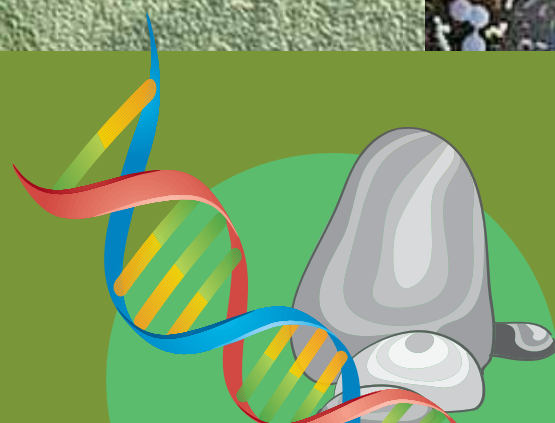


# BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

módulo

# 4

Educación Secundaria para Personas Adultas



**GOBIERNO  
DE ARAGON**

Departamento de Educación,  
Cultura y Deporte





# BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

Educación Secundaria para Personas Adultas

4  
módulo



Este material pertenece a la actuación *“Innovación educativa: materiales didácticos para el desarrollo de cursos on-line dirigidos a la población adulta”*, del Programa Operativo del Fondo Social Europeo del Gobierno de Aragón 2007-13

Primera edición septiembre 2010

Autores:

- D. Germán Tomás Mora, DNI 17142638-W, coordinador.
- D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Victoria Varona Gómez, DNI 13074811-R, responsable de las unidades 1 y 5.
- D<sup>a</sup> Silvia Laguarda Ortas, con DNI 18025006-K, responsable de la elaboración de las unidades 2 y 6.
- D<sup>a</sup> Mercedes Pérez del Castillo, DNI 18164513-X, responsable de la elaboración de los contenidos de la unidad 3.
- D<sup>a</sup> Nieves Orosa Castro, DNI 14702294-G, responsable de la elaboración de los contenidos de la unidad 4.

Diseño de maquetación y de cubierta: INO reproducciones

Edita:

Gobierno de Aragón. Dirección General de Formación Profesional y Educación Permanente. Servicio de Educación Permanente y Formación del Profesorado.

Impreso en España.

Por: INO reproducciones

Esta publicación electrónica, corresponde al *Ámbito Científico-tecnológico* para la obtención del título de Graduado Escolar en Educación Secundaria Obligatoria para las personas adultas.

El presente material tiene carácter educativo y se distribuye gratuitamente. Tanto en los textos como en las imágenes, aportadas por los autores, se pueden encontrar elementos de terceros. Si en algún momento existiera en los materiales elementos cuya utilización y difusión no estuvieran permitidas en los términos que aquí se hace, es debido a un error, omisión o cambio en la licencia original; si el usuario detectara algún elemento en esta situación podría comunicarlo al responsable de la edición, para que tal circunstancia sea corregida de manera inmediata.



# INDICE

<b>UD1. Historia de la Tierra y de la vida</b> .....	7
<b>1. La historia de la Tierra</b> .....	8
1.1. Origen de la Tierra.....	8
1.2. El tiempo geológico .....	10
1.3. Los fósiles .....	13
1.4. El calendario geológico.....	16
<b>2. La evolución biológica</b> .....	19
2.1. El origen de la vida.....	20
2.2. Teorías evolutivas.....	21
2.3. Pruebas de la evolución.....	26
2.4. La evolución humana.....	28
<b>UD2. La tectónica de placas</b> .....	33
<b>1. La tectónica de placas y sus manifestaciones</b> .....	34
<b>2. La estructura interna de la Tierra</b> .....	35
2.1. Modelo geoquímico .....	36
2.2. Modelo dinámico .....	37
<b>3. La tectónica de placas</b> .....	39
3.1. Placas litosféricas .....	40
3.2. Interacción entre procesos geológicos.....	41
<b>4. El desplazamiento de los continentes</b> .....	42
4.1. Volcanes y terremotos.....	44
4.2. Origen de los movimientos sísmicos en Aragón.....	45
<b>5. Las dorsales y el fenómeno de expansión del fondo oceánico</b> .....	46
5.1. Formación de cordilleras.....	47
<b>UD3. La célula</b> .....	51
<b>1. La célula, unidad de vida</b> .....	52
1.1. Forma y tamaño de las células.....	53
1.2. Estructura básica de las células .....	53
<b>2. Tipos de organización celular</b> .....	54
2.1. Células procariotas .....	54
2.2. Células eucariotas .....	55
<b>3. El núcleo celular</b> .....	63
<b>4. El ciclo celular</b> .....	67
4.1. La mitosis.....	68
4.2. La citocinesis .....	70
<b>5. La reproducción sexual. La meiosis.</b> .....	71
5.1. Etapas de la meiosis .....	72
5.2. Diferencias entre mitosis y meiosis .....	75
5.3. Importancia biológica de la mitosis y la meiosis.....	76
<b>6. Niveles de organización de los seres vivos</b> .....	77
<b>UD4. La herencia y la transmisión de caracteres</b> .....	81
<b>1. Genética clásica</b> .....	82
1.1. La reproducción y la herencia.....	82
1.2. Las experiencias de Mendel. Leyes de la herencia .....	82
1.3. Interpretación actual de las Leyes de Mendel .....	87



1.4. Herencia intermedia y codominante.....	90
1.5. Herencia mendeliana simple. Problemas tipos resueltos.....	92
1.6. Excepciones a las leyes de Mendel.....	92
1.7. Teoría cromosómica de la herencia. Genes ligados.....	93
<b>2. Genética humana.....</b>	<b>95</b>
2.1. La herencia en la especie humana .....	95
2.2. La herencia de los grupos sanguíneos .....	98
2.3. Herencia del sexo y ligada al sexo.....	99
2.4. Resolución de problemas de genética humana.....	101
<b>3 Genética molecular.....</b>	<b>102</b>
3.1. La información genética: los ácidos nucleicos .....	102
3.2. Estructura y funciones del ADN.....	103
3.3. Las mutaciones y su importancia biológica.....	108
3.4. Nuevas biotecnologías: aplicaciones y riesgos.....	110
<b>UD5. Dinámica de los ecosistemas .....</b>	<b>117</b>
<b>1. Seres vivos y medio ambiente .....</b>	<b>118</b>
1.1. El ecosistema .....	118
1.2. La biocenosis .....	121
1.3. Adaptaciones al medio.....	125
<b>2. Funcionamiento del ecosistema .....</b>	<b>128</b>
2.1. Relaciones tróficas .....	130
2.2. Flujo de materia y energía.....	131
2.3. Sucesiones ecológicas .....	138
<b>3. Ecosistemas de Aragón .....</b>	<b>140</b>
<b>UD6. El impacto humano sobre los ecosistemas .....</b>	<b>147</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>148</b>
<b>2. La actividad humana y el medio ambiente .....</b>	<b>148</b>
<b>3. Principales problemas ambientales en Aragón .....</b>	<b>150</b>
<b>4. La contaminación del aire .....</b>	<b>154</b>
<b>5. La contaminación del agua.....</b>	<b>164</b>
<b>6. El suelo: formación y contaminación.....</b>	<b>169</b>
<b>7. Los incendios forestales.....</b>	<b>173</b>
<b>8. Los residuos sólidos.....</b>	<b>174</b>

# HISTORIA DE LA TIERRA Y DE LA VIDA

# 1



## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La historia de los seres vivos, su diversidad y su distribución actual no pueden explicarse al margen de la historia de la Tierra. Las uniones y divisiones de los continentes, o los cambios climáticos, han causado la extinción de especies, han creado barreras favorecedoras de la diversidad de los organismos o han propiciado una selección natural. Por otra parte, también los seres vivos han provocado cambios importantes en la atmósfera y en la superficie terrestre.

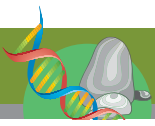
En la primera parte de la unidad estudiarás contenidos relacionados con la historia de la Tierra y los instrumentos que se utilizan para reconstruir su pasado.

En la segunda parte, estudiarás cómo aparecieron los primeros seres vivos en la Tierra, y los principios básicos de algunas teorías sobre la evolución de los organismos y la aparición de nuevas especies, incluida la especie humana.

Cuando termines de estudiar esta unidad deberás ser capaz de:

1. Explicar el origen de la Tierra y de la atmósfera actual.
2. Diferenciar los métodos de datación absoluta y relativa.
3. Describir el origen de los fósiles y la información que suministran.
4. Entender los principios básicos de superposición y sucesión faunística, y saber aplicarlos en la resolución de cortes geológicos sencillos.
5. Nombrar alguno de los yacimientos y fósiles más importantes de Aragón.
6. Conocer los acontecimientos geológicos más relevantes de la historia de la Tierra, su evolución climática y los seres vivos que sucesivamente han ido apareciendo en escena.
7. Describir la hipótesis actual sobre el origen de la vida.
8. Diferenciar entre fijismo y evolucionismo.
9. Enumerar los puntos básicos del lamarckismo y del darwinismo.
10. Explicar la teoría actual sobre la evolución.
11. Describir las pruebas del proceso evolutivo señalando su importancia.
12. Nombrar las adquisiciones que permitieron la aparición del ser humano actual, y las características que lo identifican.





## 1. LA HISTORIA DE LA TIERRA

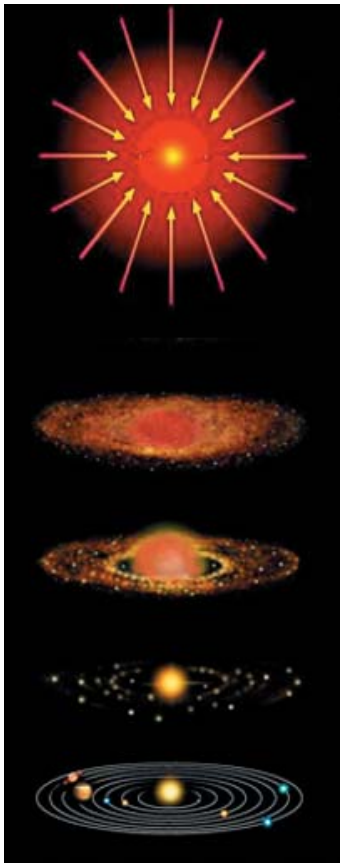
La Tierra cambia. Lo podemos comprobar observando los efectos producidos por una erupción volcánica o por un terremoto, o cuando una tormenta se lleva una playa. También, ciertas actividades humanas, como la construcción de un embalse, de una carretera o del ferrocarril, introducen cambios en la superficie terrestre. En otras ocasiones, los cambios son mucho más lentos, como la separación de América del Norte y Europa, el crecimiento del Himalaya o el retroceso de los glaciares.

Pero todos estos hechos tienen algo en común: son procesos perceptibles por el hombre, pero son muy rápidos a escala geológica, puesto que los medimos con nuestra propia escala de tiempo.

Para entender cómo funciona la Tierra hay que cambiar la escala y abarcar los 4.500 millones de años que tiene nuestro planeta. A escala geológica, una erupción, un terremoto o una obra civil son un suspiro, casi no cuentan. El mismo movimiento de los continentes resulta ser un proceso muy rápido.

Pero no solo ha cambiado el aspecto de la superficie terrestre, también han cambiado los seres vivos, y se ha modificado la atmósfera y el clima. Si pudiéramos retroceder algunos millones de años, posiblemente no seríamos capaces de reconocer nuestro propio planeta.

Pero en el futuro, ¿la Tierra seguirá cambiando? La respuesta es que sí, pero con una novedad respecto del pasado: la especie humana jugará un papel importante en los nuevos cambios.



### 1.1. Origen de la Tierra

La Tierra, al igual que el resto de los componentes del **Sistema solar**, se formó a partir del gas y polvo cósmico de una **nebulosa**. Hace unos 4.600 millones de años, el gas y el polvo de la nebulosa comenzó a contraerse, debido, posiblemente, a la onda expansiva producida por la explosión de una estrella.

La mayor parte de la materia que constituía la nube se concentró en su parte central y dio origen al **Sol**. El resto de la materia permaneció girando alrededor del Sol, en forma de disco aplanado. Este disco se fragmentó y originó pequeñas acumulaciones de materia, denominadas **planetesimales**, en dife-



rentes órbitas. Muchos de estos planetesimales colisionaron entre sí y dieron lugar a cuerpos mayores que constituyeron los futuros planetas, entre ellos la Tierra.

Durante millones de años después de su formación, **la Tierra** siguió recibiendo el impacto de otros planetesimales y meteoritos, y continuó incrementando su masa. Este bombardeo contribuyó a aumentar la temperatura del planeta y, en consecuencia, provocó su fusión.

La fusión del planeta fue la causa de la distribución de los materiales del interior de la Tierra, en sucesivas capas, de acuerdo con su densidad: los elementos pesados, como el hierro y el níquel, se hundieron y formaron el **núcleo**; los materiales más ligeros, se dispusieron en el exterior y formaron la **corteza y el manto**; los materiales gaseosos (dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno, y cantidades menores de otros gases) escaparon del interior de la Tierra, como ocurre ahora en las erupciones volcánicas, y formaron la **atmósfera** que la rodea. La aparición de la vida provocó, más tarde, una transformación de la atmósfera.

Cuando la temperatura de la atmósfera disminuyó lo suficiente, el vapor de agua se condensó y formó nubes que precipitaron enormes cantidades de agua sobre la corteza aún caliente. Finalmente, cuando la corteza se enfrió, el agua líquida se fue acumulando en las depresiones y originó los mares y océanos que constituyeron la **hidrosfera primitiva**.

### Evolución geológica

Desde su formación, los continentes y océanos del planeta no han cesado de cambiar como consecuencia de los movimientos de las placas litosféricas. Estos desplazamientos provocan la apertura y el cierre de los océanos, el alejamiento, el acercamiento y la colisión de los continentes y la formación de las cordilleras.

Hace unos 200 m.a. (millones de años) existía un supercontinente denominado **Pangea**, que se disgregó hasta constituir los continentes actuales.

Y hace 600 m. a., los continentes también se encontraban unidos formando otro supercontinente, que se fracturó al iniciarse la era primaria, y sus fragmentos volvieron a reunirse más tarde para originar el supercontinente Pangea.

### Cambios del clima

La vida existe sobre la tierra desde hace más de 3.500 m.a. y, tal y como la conocemos, solo es posible dentro de los márgenes de temperatura que permiten la existencia de agua en estado líquido. Por esta razón, suponemos que la temperatura de la superficie, en otras épocas, no fue muy diferente de la actual. No obstante, la Tierra experimenta cambios climáticos cíclicos, como son las **glaciaciones**.

Durante los periodos glaciares, el hielo avanza desde los polos y cubre gran parte de los continentes y los océanos. Se conocen periodos glaciares en todas las eras. En la actualidad vivimos un periodo interglaciar que comenzó hace unos 10.000 años.

### La atmósfera primitiva

La diferencia más importante con la atmósfera actual es que no había oxígeno y, por el contrario, era mucho más abundante el dióxido de carbono.



Hace 225 millones de años



Hace 135 millones de años

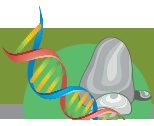


En la actualidad

### Cambios climáticos

Durante la última glaciación, el hielo llegó a cubrir el 30 % de las tierras emergidas y alcanzó un espesor de unos 4.000 metros.

Podemos conocer el clima que tuvo la Tierra en otras épocas con ayuda de las rocas. En las épocas cálidas se forman grandes depósitos de sal (evaporitas), al evaporarse el agua de los océanos; en las épocas frías se acumulan sedimentos arrastrados por los glaciares (morrenas), que originan un tipo de conglomerado especial, llamado tillita.



Tampoco existía la **capa protectora de ozono**, porque éste se forma a partir del oxígeno.

La aparición del oxígeno y la reducción del dióxido de carbono se debe a los organismos fotosintéticos. Además, la formación de la capa de ozono permitió a muchos organismos pasar del medio acuático al terrestre.



### Verdadero o falso

	Verdadero	Falso
Los componentes del sistema solar se formaron a partir de gas y polvo cósmico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
De las acumulaciones de materia que giraba alrededor del Sol se formaron los planetesimales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uno de los gases que escapó del interior de la Tierra fue el oxígeno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La fusión del planeta originó la distribución de los materiales del interior en capas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



### Elige las correctas

**Elige las respuestas correctas**

<p><b>Los continentes se alejan por el movimiento de las placas litosféricas</b></p>	
<p><b>No es necesaria el agua líquida para que exista vida</b></p>	
<p><b>El supercontinente Pangea se ha formado y disgregado una sola vez</b></p>	
<p><b>La aparición del oxígeno en la Tierra se debe a la Fotosíntesis</b></p>	

## 1.2. El tiempo geológico

La Tierra se formó hace aproximadamente 4.500 millones de años. Para comprender lo que realmente supone su edad podemos compararla con las escalas que utilizamos para medir el tiempo de la historia reciente de la humanidad. Los historiadores utilizan el siglo para situar en el tiempo un acontecimiento histórico: 100 años parece un largo periodo de tiempo para nosotros; sin embargo, para los geólogos, un siglo representa apenas un instante en la larga historia de nuestro planeta.

La unidad de medida en la escala del tiempo geológico es el millón de años. Un **eón** equivale a mil millones de años.





La imagen muestra, condensada en las 12 horas de un reloj, la historia de la Tierra. Esto nos permite hacernos una idea de la situación relativa de algunos acontecimientos en el tiempo. Pero, ¿cómo se ha logrado saber cómo sucedieron estos hechos?

Desde su formación, en la Tierra han tenido lugar procesos que han dejado sus huellas sobre las rocas. Conociendo la antigüedad de una roca podemos saber cuándo sucedieron los hechos que han quedado grabados en ella. Los geólogos utilizan dos métodos diferentes para estudiar la antigüedad de las rocas: la datación absoluta y la datación relativa.



### Gas ... ¿o líquido?

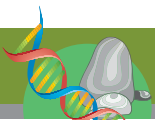
Hace unos 65 m.a., y de forma súbita en todo el mundo, desaparecieron los dinosaurios y otros muchos grupos de animales terrestres y acuáticos. Para explicar este gran desastre se ha propuesto una hipótesis, según la cual, un gran asteroide o cometa, de unos 10 km de diámetro, colisionó con la Tierra. El polvo y el humo producidos por el impacto, oscurecieron el cielo durante meses. La falta de alimento provocó la muerte de herbívoros y de carnívoros. Cuando el polvo se depositó, el aumento de CO<sub>2</sub> provocó un efecto invernadero que elevó la temperatura del planeta y originó la extinción masiva de la mayoría de los supervivientes.

### La datación absoluta

La datación absoluta consiste en determinar la edad concreta, en millones de años, en la que tuvieron lugar los acontecimientos geológicos.

Existen diferentes métodos que permiten asignar la edad absoluta de un determinado acontecimiento geológico. De todos ellos, el más útil es el **método radiométrico**. Este método se basa en que las rocas de la corteza terrestre contienen algunos elementos químicos radioactivos inestables que emiten partículas y, con el tiempo, se transforman en elementos químicos estables. Por ejemplo, el carbono 14 se transforma en nitrógeno 14; el uranio 238 se transforma en plomo 296.

El tiempo que tarda un elemento en pasar de una a otra forma es característico de cada uno. Se llama **vida media** el tiempo que tarda una cantidad inicial de elemento inestable en reducirse a la mitad. Así, el uranio 238 tiene una vida media de 4.500 millones de años, mientras que la vida media del carbono 14 es de sólo 5.730 años. Conociendo la proporción existente en una

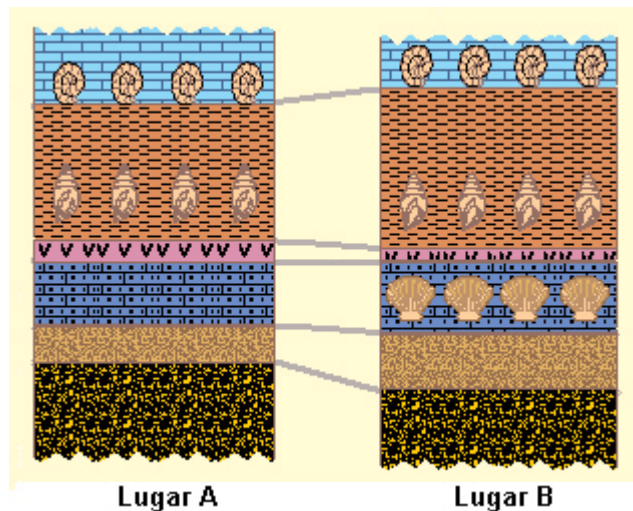


determinada roca entre el elemento estable y el inestable podremos calcular el tiempo transcurrido desde su formación.

## La datación relativa

La datación relativa consiste en establecer el orden en el que se sucedieron los acontecimientos geológicos, sin asignarles su edad concreta en millones de años. Se basa en tres principios que permiten interpretar la mayoría de las series de estratos.

**Los estratos** se forman a partir de los sedimentos que se depositan horizontalmente en el fondo de una cuenca sedimentaria. Cada estrato representa un breve episodio de la historia de la Tierra.



*Correlación de estratos del mismo periodo*

Las rocas sedimentarias se encuentran formando **estratos** que se superponen unos sobre otros. De esta disposición se desprenden el primer principio:

### Principio de la superposición de estratos

En una serie de estratos sin deformar, siempre podremos afirmar que los estratos inferiores son más antiguos (ya que se depositaron primero) que los que tienen por encima, que son cada vez más modernos. Este principio nos permite también establecer la antigüedad relativa de los fósiles: los fósiles de los estratos inferiores son más antiguos que los hallados en los superiores.

Una vez determinada la antigüedad relativa de los fósiles podemos utilizarlos para reconocer la edad relativa de estratos de diferentes lugares siguiendo un segundo principio:

### Principio de la sucesión faunística

Los estratos de diferentes lugares que contienen un mismo fósil se depositaron en la misma época y, por tanto, tienen la misma edad.

### Principio del actualismo

Los procesos geológicos que suceden en la actualidad son los mismos que tuvieron lugar en el pasado, y producen los mismos efectos. Por ejemplo, sabemos que los ríos redondean los sedimentos que transportan, por lo que hay cantos rodados en sus sedimentos. Si una roca contiene cantos rodados, podemos suponer que se ha formado a partir de sedimentos fluviales.



**Verdadero o falso**

	Verdadero	Falso
La datación relativa nos permite conocer la edad de las rocas en millones de años.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si encontramos sedimentos glaciares en una zona podemos afirmar que en algún tiempo estuvo ocupada por el hielo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si conocemos la edad de un fósil podemos saber la edad exacta del estrato que lo contiene.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El tiempo que tarda un elemento inestable en reducirse a la mitad nos permite conocer la edad exacta de una roca.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**Contesta**

Los ammonites eran moluscos marinos similares a los calamares pero con concha externa, y vivieron durante la era secundaria. Si encuentras un ammonites en una roca, ¿qué conclusiones sacarías?


**1.3. Los fósiles**

Se denominan fósiles a los restos mineralizados de seres vivos, así como las huellas o trazas de su actividad vital sobre el sustrato.

Lo más frecuente es que fosilicen las **partes duras** y menos alterables de animales y plantas, como huesos, conchas, caparzones, dientes, troncos, frutos, etc.

En muchas ocasiones, el organismo ha desaparecido por completo, pero el hueco ha sido rellenado por materia mineral y queda el **molde**, como sucede frecuentemente con las conchas.

También se consideran fósiles las **huellas** o impresiones marcadas en las rocas por organismos de cuerpo blando, como gusanos o medusas; las pisadas dejadas al desplazarse; las **galerías** construidas como vivienda o los coprolitos (excrementos).

No suelen fosilizar animales o vegetales completos, salvo si se da una serie de condiciones especiales que les permiten quedar incluidos en materiales que les preservan de la putrefacción, como el asfalto o la resina, o haber padecido una muerte por congelación.

Se han encontrado insectos y arácnidos incluidos en ámbar, rinocerontes en asfalto, mamuts congelados en el suelo siberiano o troncos de árboles ente-

**Fósiles**



Rana

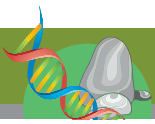


Helecho



Erizo de mar





Trilobites



Ammonites



Dinosaurio

Origen: Banco de Imágenes CNICE

rrados bajo una capa de cenizas volcánicas. En estos casos se puede estudiar la anatomía completa del organismo, ya que ha sufrido pocos cambios.

### La fosilización

Consiste en una serie de transformaciones químicas en las que se sustituyen los compuestos orgánicos por minerales, lo que permite conservar exactamente la estructura y la forma del organismo original. Este proceso dura millones de años, hasta que el resto se transforma completamente en una piedra mucho más pesada que el original.

Los restos de seres vivos que se encuentran a la intemperie se descomponen rápidamente por la acción combinada de los agentes geológicos externos y de los hongos y bacterias, pero pueden fosilizar si quedan cubiertos por un material que los aísla del contacto con la atmósfera.

### Importancia de los fósiles

La **paleontología** es la ciencia que estudia los fósiles, los organismos que han poblado la Tierra antes de nuestra época.

**Los fósiles** constituyen una fuente de información muy valiosa. **Su estudio permite conocer:**

#### Cómo fue la vida en el pasado.

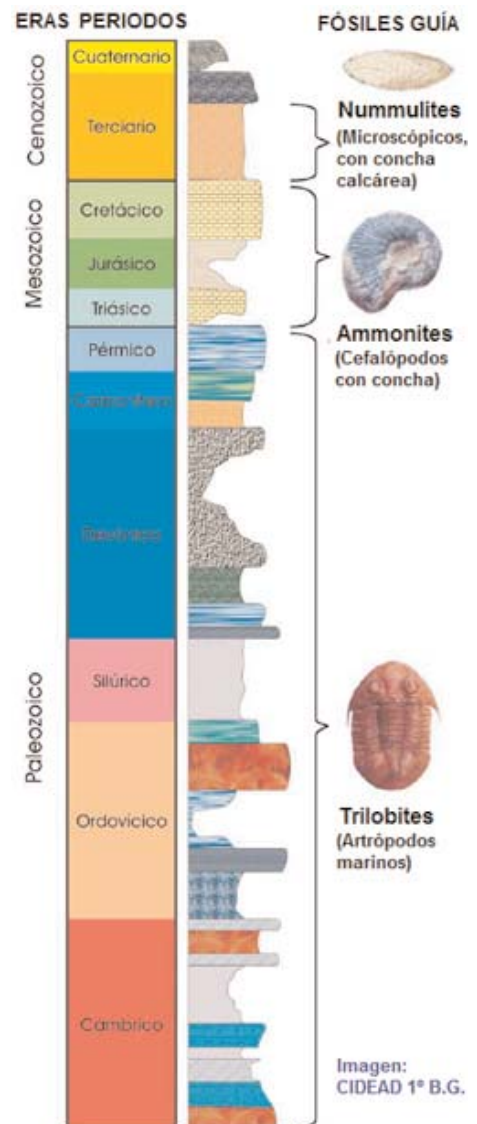
Los fósiles son los únicos documentos acerca de los organismos que poblaron la tierra en el pasado. Un análisis de los fósiles permite conocer la forma, el tamaño o la anatomía del organismo, así como su modo de vida, su alimentación o su distribución geográfica.

#### En qué ambiente se formó la roca que lo contiene.

Cada organismo ocupa un hábitat determinado, que puede ser marino o continental, de clima cálido o frío, húmedo o seco. El sedimento que enterró al organismo se transformó en la roca que hoy contiene el fósil, de manera que el ambiente en que vivió suele ser el mismo en el que se formó la roca. Esto nos permite saber si una zona que hoy es continental lo fue o no en el pasado y el clima que había.

#### Cuándo se formó la roca que lo contiene.

Los seres vivos han ido evolucionando a lo largo de la historia de la Tierra. Por esta razón, los organismos de cualquier época no coinci-





den con los de un periodo anterior o posterior. Así, si conocemos el periodo durante el que vivió un organismo podremos conocer la edad de la roca, datarla.

Pero no todos los fósiles se pueden utilizar para datar las rocas. Los fósiles más valiosos son los que corresponden a especies que vivieron durante un corto periodo de tiempo de la historia de la Tierra, pero que lograron una gran dispersión geográfica. A estos fósiles se les denomina **fósiles-guía**.

Por ejemplo, los ammonites solo vivieron durante el Mesozoico, y los trilobites, durante el Paleozoico; por lo tanto, su presencia nos permite determinar la edad de las rocas que los contienen, y se consideran fósiles guía.

### Yacimientos de fósiles en Aragón

Aragón posee uno de los conjuntos paleontológicos más importantes de todo el mundo, con una gran variedad de yacimientos y un registro fósil que abarca desde hace más de 600 millones de años hasta la actualidad. Algunos de los yacimientos más estudiados por los geólogos son:

**Yacimiento de Murero (Zaragoza).** Contienen gran cantidad de fósiles cuyo estudio ha permitido profundizar en el conocimiento de la era Primaria. Abundan especialmente los **trilobites**, con algunas especies únicas. Los trilobites son artrópodos que vivieron en el mar de aguas cálidas y poco profundas que cubría la zona.

**Yacimiento de Riela (Zaragoza).** Contiene abundantes fósiles de la era Secundaria. Predominan los invertebrados, principalmente moluscos, como **ammonites**, pero también se han encontrado huesos de reptiles marinos. Hacia mediados de la era, durante el Jurásico, también existía en la zona un ambiente marino, con aguas cálidas y tranquilas.

**Yacimiento de Arén (Huesca).** Contiene huellas y restos óseos de dinosaurios que vivieron, al final de la era Secundaria, justo antes de la extinción masiva que se produjo hace 65 millones de años. También se han encontrado restos de otros reptiles de la misma época, ya que esta zona era una marisma de clima tropical, y junto a los dinosaurios convivían todo tipo de fauna tropical, como tortugas, cocodrilos y una gran diversidad de mamíferos.

**Yacimientos de dinosaurios de Teruel.** Corresponden a la era Secundaria. Los dinosaurios más característicos, son los de gran tamaño y patas como columnas que han dejado impresiones de su paso en varios lugares. Eran cuadrúpedos y habitaban las regiones pantanosas alimentándose de vegetales. A este grupo pertenecen los grandes huesos recogidos en varias zonas. Pero también se han encontrado fósiles de dinosaurios bípedos, de tamaño relativamente pequeño y alimentación carnívora. Entre las localidades que destacan por sus fósiles de dinosaurios se encuentran: Ariño, Castellote, Galve, Peñarroya de Tastavins, Riodeva, y varias más.



### Más yacimientos .....

Castellote destaca por sus árboles fósiles, que formaron parte del bosque de la era secundaria.

Concud, destaca por sus fósiles de mamíferos.

En Rubielos de Mora, se han encontrado insectos fosilizados en ámbar.

También son muy conocidas la rana de Libros, del periodo terciario, y la mandíbula del hombre de Molinos, del periodo Cuaternario.



## Ordena

Ordena las etapas hasta que aparezca el fósil

1	Muerte del organismo
2	Sustitución de compuestos orgánicos por minerales
3	Depósito de sedimentos
4	Afloramiento en superficie
5	Erosión de las rocas
6	Paso de millones de años



## Relaciona

Relaciona cada fósil con la era en la que vivió

Secundaria	Trilobites
Primaria	Dinosaurios
Terciaria	Cráneo de roedor
Cuaternario	Mandíbula humana

### 1.4. El calendario geológico

Los geólogos han establecido un calendario geológico que divide la historia de la Tierra en eones, eras, periodos y subdivisiones menores. Estas divisiones están basadas en evidencias de grandes acontecimientos que han quedado grabados en las rocas, como grandes fenómenos tectónicos, cambios en la sedimentación y cambios en los restos fósiles.

**Las divisiones** más amplias de este calendario reciben el nombre de **eones**, pues abarcan periodos de tiempo del rango de miles de millones de años. Los eones que distinguen los geólogos son tres: Arcaico, Proterozoico y Fanerozoico. A los dos primeros eones se les denomina Precámbrico.



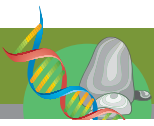
**El Precámbrico.** A pesar de que abarca la mayor parte del tiempo de nuestro planeta, es el intervalo peor conocido porque casi no se conservan restos fósiles y las rocas de esta época son muy escasas.

- **Arcaico.** Se inicia con la formación de la Tierra hace 4.500 millones de años. La vida empezó a evolucionar en los primeros mares, unos 500 millones de años más tarde. Posteriormente aparecieron los primeros organismos fotosintéticos que, al liberar oxígeno, empezaron a transformar la atmósfera; esto ocurrió hace unos 2.500 m.a.
- **Proterozoico.** Comprende aproximadamente los 2.000 millones de años siguientes. Durante este periodo evolucionaron los organismos que nos dejaron los primeros restos fósiles.





**El Fanerozoico.** Comienza hace 570 m.a. y llega hasta la actualidad. Su comienzo lo marca la abundancia de restos fósiles en los sedimentos. Se divide en tres eras: Primaria o Paleozoico, Secundaria o Mesozoico, y Cenozoico, que comprende los periodos Terciario y Cuaternario.

		Millones de años	Actual
Fanerozoico		-65	Cuaternario Terciario
		-245	Secundaria
		-570	Primaria
	Precámbrico	Proterozoico	
-2.500			Primeros organismos fotosintéticos. Aparición de la vida.
Arcaico		-4.000	Rocas más antiguas conocidas.
		-4.500	Formación de la Tierra.





La vida en la Tierra

Eras Periodos		Principales acontecimientos	
Cenozoico	Cuaternario	Primeros humanos.	
	Terciario	Se diversifican los primates. Los mamíferos conquistan la Tierra.	
	-65 m.a.		
Secundaria o Mesozoico		Aparecen las plantas con flores. Aparecen los mamíferos y las aves. Los vertebrados más abundantes son los reptiles. Entre ellos destacan los dinosaurios, que desaparecen al final de la era. Los invertebrados más abundantes son los moluscos. Entre ellos destacan los ammonites.	
	- 250 m.a.		
Primaria o Paleozoico		Vertebrados: Aparecen primero los peces y después, anfibios y reptiles. Invertebrados: Aparecen los animales provistos de caparazones, como moluscos y crustáceos; los más característicos fueron los trilobites. La vida invade los continentes: Aparecen las plantas terrestres (helechos) y los insectos. Gran diversidad de fauna marina.	
	- 570 m.a.		



Ordena

Ordena de más antiguo a más moderno los siguientes acontecimientos

1	Primeras células
2	Primeros mamíferos
3	Primeros peces
4	Origen de la Tierra
5	La atmósfera comienza a tener oxígeno
6	Extinción de los dinosaurios

## 2. LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

La variedad de seres vivos que pueblan la Tierra es el resultado de una lenta evolución de las especies, que se inició con el comienzo de la vida en nuestro planeta y continúa en la actualidad.

La evolución biológica es un hecho establecido científicamente, con un grado de certeza semejante a conceptos como la redondez de la Tierra o la constitución atómica de la materia.

El proceso de la evolución puede entenderse sin necesidad de ser un experto en Biología ni tener conocimientos científicos muy especializados. La evolución es la principal idea unificadora de la Biología, de modo que nada tiene sentido si deja de considerarse como un criterio evolutivo.





El ser humano es también un producto de la evolución. Nuestra especie es de origen reciente y tiene antecesores semejantes a los simios. Nos relacionamos con una larga serie de organismos que se prolonga hasta las primeras formas de vida. En definitiva, pertenecemos a una rama del árbol evolutivo de los seres vivos.

## 2.1. El origen de la vida

La hipótesis más aceptada en la actualidad propone que los primeros seres vivos aparecieron hace más de 3.500 m.a. como resultado de una lenta evolución a partir de la materia inerte. El proceso sería el siguiente:

**La atmósfera primitiva** era muy diferente de la actual: abundaba el dióxido de carbono, el nitrógeno, el vapor de agua, el hidrógeno, el metano y el amoníaco, pero no había oxígeno.

La energía del Sol y las descargas eléctricas de las tormentas facilitaron que los **gases de la atmósfera disueltos** en el agua de los mares reaccionaran y formaran compuestos orgánicos sencillos, que se fueron acumulando en los océanos primitivos, originando una **“sopa primitiva”**. Estos compuestos fueron reaccionando entre ellos, dando lugar a moléculas cada vez más complejas.

Entre los compuestos formados aparecieron moléculas con capacidad para hacer copias de sí mismas, de reproducirse, como lo hace el ADN. Algunas de estas **moléculas que se duplicaban** quedaron aisladas del exterior en “burbujas” formadas por una membrana. Así surgieron, hace, más de 3.500 m.a., los primeros organismos celulares: **bacterias anaerobias**, que no utilizaban el oxígeno para respirar.

Hace unos 2.000 m.a. aparecieron las **células eucariotas**, mucho más complejas; a partir de estas células, surgieron por evolución los organismos pluricelulares.

### Experimento de Miller

Consistía en dos esferas de vidrio conectadas por un tubo. El agua de una de ellas se hacía hervir y su vapor arrastraba los gases de la atmósfera primitiva (metano, amoníaco e hidrógeno y otras moléculas sencillas) hasta la otra esfera, donde descargas eléctricas simulaban la radiación solar. Posteriormente los gases se enfriaban y el agua con los productos de la reacción se recogía en un depósito.

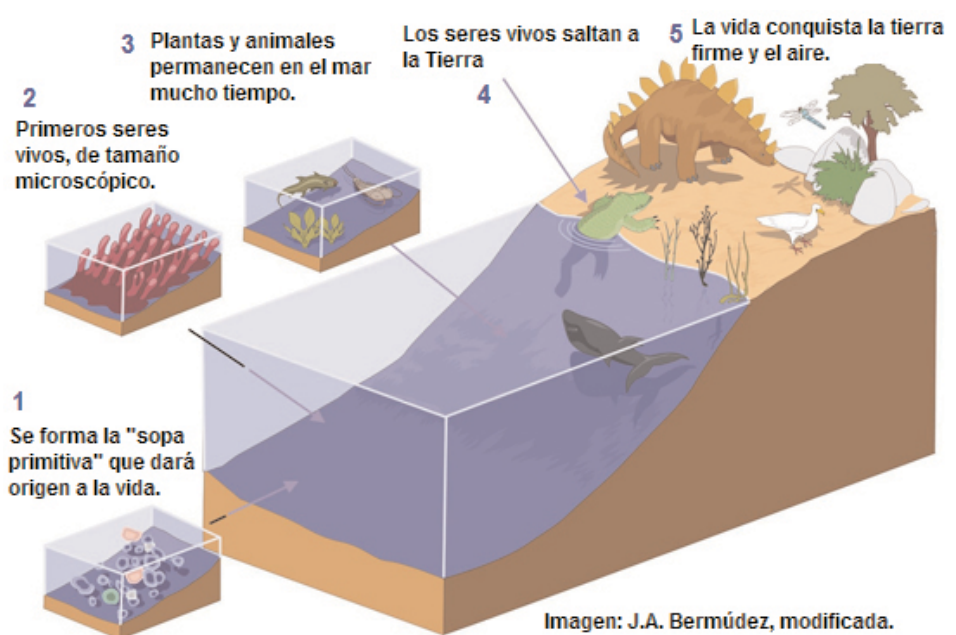
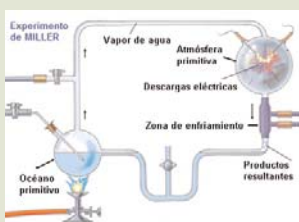


Imagen: J.A. Bermúdez, modificada.



Verdadero o falso

¿Qué afirmaciones sobre el origen de la vida son verdaderas?

	Verdadero	Falso
Tuvo lugar hace 3.500 millones de años.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La atmósfera de aquella época era rica en oxígeno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tuvo lugar en el medio acuático.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las primeras células que aparecieron eran procariotas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las primeras células que aparecieron eran aerobias.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 2.2. Teorías evolutivas

### ¿Qué es la evolución?

La evolución biológica es la transformación gradual y progresiva de formas de vida primitiva en otras más diferenciadas y complejas. Esta transformación ha ocurrido a lo largo de extensos periodos de tiempo y ha dado origen a la gran diversidad de vida existente.

En la actualidad se conocen en torno a 1,8 millones de especies de seres vivos y cada año se descubren otras nuevas.

A lo largo del tiempo se han propuesto numerosas teorías para explicar el origen de la gran diversidad de seres vivos que habitan nuestro planeta.

Antiguamente se pensaba que las especies habían mantenido su aspecto sin cambiarlo desde su creación. Más adelante, con la revolución científica del siglo XVIII y con la constatación de la extinción de algunas especies, se plantearon las primeras teorías sobre el origen de las especies.

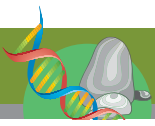
Los naturalistas del siglo XIX estaban divididos en dos corrientes: los que opinaban que todos los seres vivos existían desde el principio de los tiempos; y los que, como Lamarck y Darwin, pensaban que los seres vivos evolucionaban; es decir, cambiaban con el tiempo. A los primeros se les llamó **fijistas** y a los segundos **evolucionistas**.

### El fijismo

Es una teoría que gozó de credibilidad durante siglos. Defendía que las especies eran inalterables (fijas) y que habían sido creadas para ocupar un lugar determinado en la naturaleza. Influidos por la iglesia, muchos pensaban que todas las especies habían aparecido al principio de los tiempos por creación divina (eran los llamados creacionistas).

El descubrimiento y el estudio de los fósiles permitió conocer que muchas especies habían desaparecido a lo largo de la historia de la Tierra. Estas observaciones demostraban que los organismos cambiaban a lo largo del tiempo y, con ello, surgieron las primeras ideas evolucionistas. Sin embargo, los fijistas interpretaban estas observaciones como consecuencia de una serie de catástrofes por las que se extinguían unas especies y eran sustituidas por otras que aparecían mediante creación divina.





**J. Baptiste Lamarck**  
(1744-1829)



## La teoría de Lamarck

Lamarck fue el primer naturalista que desarrolló una teoría de la evolución razonada. Por ello, protagonizó un gran enfrentamiento con los fijistas.

Lamarck estudió los fósiles y observó que algunos tenían un aspecto intermedio entre otros más antiguos y los organismos actuales. Este hecho le hizo pensar que unos procedían de otros. **Su teoría se basa** en los siguientes puntos:

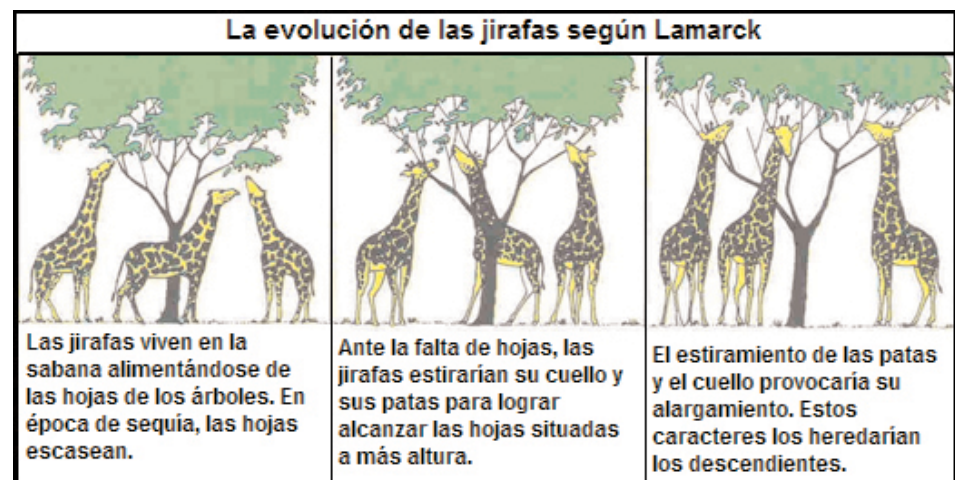
**El uso y desuso de los órganos.** Los cambios del ambiente crean necesidades en los organismos. Para adaptarse a las nuevas condiciones del medio, los animales desarrollan las estructuras y los órganos que les son necesarios. Esto origina un aumento o una disminución en el uso de algunos órganos, lo que implica su mayor o menor desarrollo y la consiguiente modificación del organismo.

**La función crea el órgano.** Cuando los cambios ambientales originen necesidades completamente nuevas, pueden surgir, como respuesta, órganos totalmente nuevos.

**Herencia de los caracteres adquiridos.** Para que los nuevos caracteres se perpetúen y acrecienten en las posteriores generaciones, tienen que ser hereditarios.

De este modo, según afirmaba Lamarck, por adaptación a los diferentes ambientes, han ido surgiendo durante millones de años las distintas especies que habitan nuestro planeta.

Esta teoría es muy fácil de aceptar, pero se ha comprobado que es errónea. Todos los intentos que se han hecho para demostrar la herencia de los caracteres adquiridos (punto clave de la teoría) han fracasado.



## Teoría de la Selección Natural

A mediados del siglo XIX el naturalista inglés **Charles Darwin** dio a conocer una teoría que intentaba explicar la evolución biológica: la teoría de la selección natural.

Esta teoría surgió de la expedición científica que realizó a lo largo de cinco años alrededor del mundo. Las rigurosas observaciones de la fauna y la flora de las zonas visitadas le sirvieron para elaborar, años después, su teoría sobre el origen de las especies por selección natural.

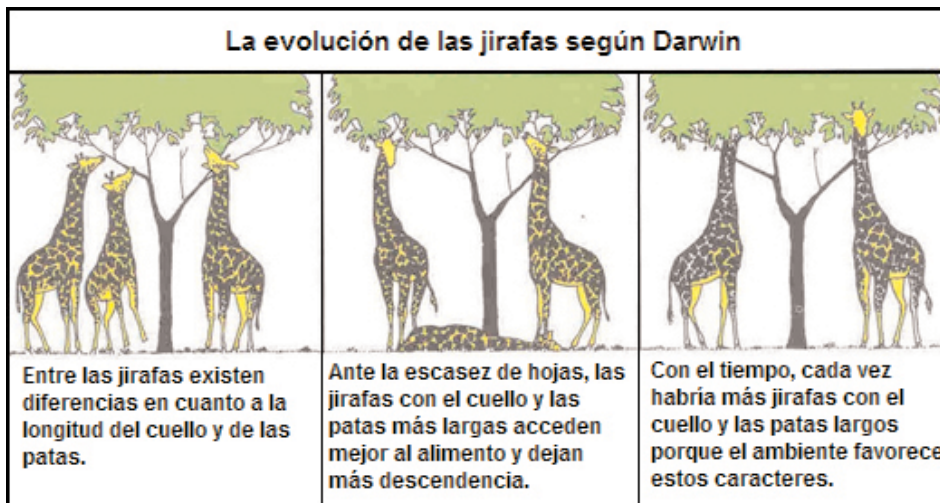
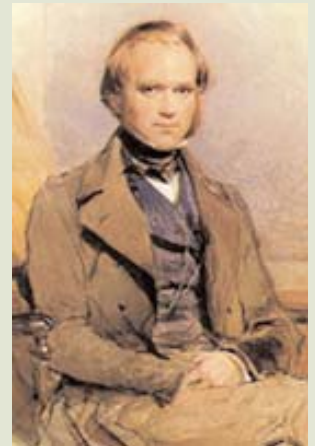


**A. Wallace**, contemporáneo de Darwin, llegó de una forma independiente a las mismas conclusiones que éste. Sus ideas también fueron fruto de expediciones científicas para estudiar la flora y la fauna de diferentes lugares del mundo.

La teoría de la evolución de las especies por **selección natural o darwinismo** se puede resumir en los siguientes puntos:

- **Existen pequeñas diferencias o variaciones** entre los individuos de una misma especie. Estas pueden afectar, por ejemplo, al tamaño, la coloración o la habilidad para obtener el alimento. La mayoría de estas variaciones son heredables.
- **Se establece una lucha por la supervivencia.** Los organismos tienden a producir el mayor número posible de descendientes, pero los recursos del medio son limitados. Así, los miembros de la especie entablan una lucha por la supervivencia y compiten entre sí por los escasos recursos.
- **Algunos organismos tienen más éxito que otros.** Los individuos que sobrevivan y se reproduzcan porque poseen algunas variaciones favorables para un determinado ambiente, dejarán más descendientes que los que tienen variaciones menos favorables.
- **La especie cambia.** Si las condiciones ambientales se mantienen, las variaciones favorables irán siendo más abundantes cada generación y las menos favorables irán desapareciendo. Así, de forma continua y gradual, la especie cambia.

**Charles Darwin**  
(1.809-1892)

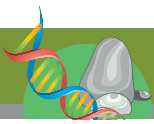


### Neodarwinismo

El neodarwinismo o teoría sintética de la evolución, nace a principios del siglo XX, de la unión de la teoría darwinista de la selección natural con los conocimientos aportados por la Genética.

Darwin no supo explicar el origen de la variabilidad entre los individuos de la misma especie. Hoy sabemos que los seres vivos son diferentes porque también lo es el ADN de sus células, y que a través del ADN de las células reproductoras se transmiten los caracteres hereditarios a los descendientes, originándose así nuevos individuos, todos distintos entre sí.

Una causa de la variabilidad genética de los organismos son las **mutaciones** (alteraciones o cambios que se producen al azar en el ADN de las células),



## Mecanismos de la evolución

**Mutaciones.** Son cambios en el ADN de las células. Constituyen la materia prima de la evolución, porque proporcionan nuevos genes que son el origen de las diferencias entre individuos, variabilidad. Cuando se producen en los gametos se transmiten a la descendencia. Las mutaciones se producen al azar, con independencia de que causen un beneficio o un perjuicio al organismo y a los descendientes.

**Recombinación.** Se produce durante la división de las células reproductoras. Los genes de cromosomas homólogos se recombinan y originan gametos diferentes que aumentan la variabilidad de los individuos.

que se transmiten a los descendientes cuando se producen en las células reproductoras.

Algunas mutaciones son perjudiciales, por ejemplo el daltonismo (no distinguen los colores rojo y verde), otras son indiferentes (algunos animales tienen los ojos de diferente color), y en muy pocos casos, la mutación es beneficiosa, dotando al individuo de mejores características (aparición de un dedo pulgar oponible, es decir, cuya yema puede tocar las del resto de los dedos, en los primates).

Cualquier individuo con una mutación favorable sobrevive con mayor facilidad (es seleccionado) y tiene más posibilidades de dejar descendencia, a la que transmite esa mutación favorable y ventajosa. Los individuos mejor adaptados son seleccionados por el ambiente y desplazan a los que están peor adaptados.

El neodarwinismo afirma que las mutaciones y la selección natural se complementan entre sí, y ninguno de estos procesos, por sí solo, puede dar lugar a un cambio evolutivo.



### Elige las correctas

#### Elige las características que correspondan al evolucionismo

Los seres vivos no cambian

Lo único que pasa con los seres vivos es que pueden desaparecer

Los seres vivos cambian como respuesta a las condiciones ambientales

Los seres vivos cambian poco a poco originando seres vivos nuevos



**Ordena**

Ordena cronológicamente las características del proceso evolutivo según la teoría de Darwin

1	Aparición de variabilidad en una población
2	Lucha por la supervivencia
3	Selección natural
4	Reproducción preferente de los individuos más aptos



**Contesta**

En una población de pulgones que se alimentan de la savia de los rosales, se produce una mutación que origina una variedad de pulgones de mayor tamaño y resistente a los insecticidas. ¿Cómo crees que evolucionará esta población de pulgones?

---



---



---



---



---

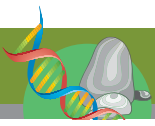


**Ordena**

¿En qué orden se producen los siguientes acontecimientos en la evolución de las jirafas?

1	Tras varias generaciones, las jirafas de cuello corto casi han desaparecido
2	Se produce una sequía prolongada durante varias generaciones
3	Poco a poco surge una especie nueva de jirafa de cuello muy largo
4	Abunda el alimento, todas las jirafas dejan descendientes
5	Por mutación aparecen jirafas con el cuello unos centímetros más largo

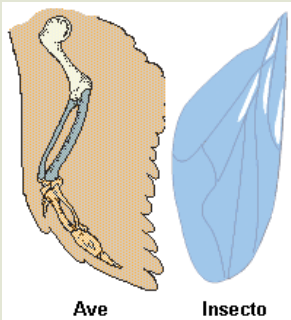




### Órganos análogos

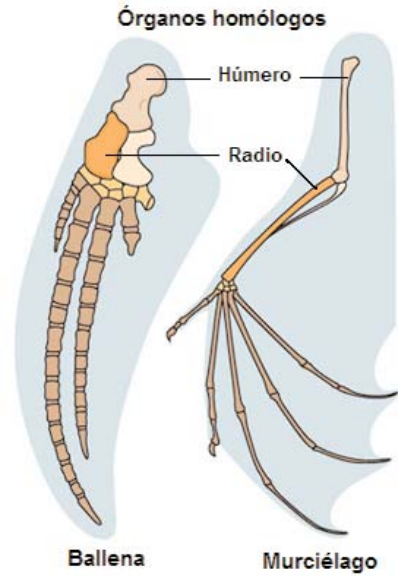
Son órganos que tienen una estructura interna muy diferente pero que realizan una misma función. Por ejemplo, las alas de una mosca y las alas de un ave; no indican ningún parentesco en cuanto a compartir antepasados comunes, sino un proceso de convergencia hacia una misma forma para realizar una misma función.

Las alas de los vertebrados, aves y murciélagos, son modificaciones de sus extremidades anteriores, mientras que las de los insectos son expansiones de su pared corporal. contradicción?



### 2.3. Pruebas de la evolución

Existen numerosas evidencias o pruebas demostrativas de que la evolución biológica es un hecho incuestionable. Estas evidencias provienen de campos científicos distintos: la paleontología, la anatomía comparada, la embriología, la biogeografía y la genética molecular.



#### Pruebas anatómicas

En muchos animales podemos observar órganos que tienen un aspecto diferente porque poseen funciones distintas, pero responden al mismo modelo de estructura básica (están constituidos por las mismas piezas). Se denominan **órganos homólogos**. La razón de esta semejanza es que todos ellos proceden de un antepasado común. Las extremidades anteriores de los vertebrados, como el brazo humano, la aleta de una ballena, o el ala de un ave son órganos homólogos.

#### Desarrollo embrionario

Las primeras etapas del desarrollo embrionario de diferentes vertebrados son muy parecidas entre sí, lo que nos indica que tuvieron un antepasado común. Los embriones se van diferenciando posteriormente durante su desarrollo, presentando más fases semejantes cuanto mayor es el parentesco entre especies.

#### Pruebas fósiles

La presencia, así como la distribución en los estratos, de los fósiles de especies extinguidas revelan la existencia de un proceso de cambio a lo largo del tiempo. Esto se refleja claramente en algunos fósiles que presentan características intermedias entre dos clases diferentes de seres vivos actuales. Por ejemplo, el fósil Archaeopterys presenta dientes y cola como los reptiles, y plumas como las aves, lo que parece demostrar que las aves actuales han evolucionado a partir de antiguos reptiles.



### Pruebas geográficas

El número de especies exclusivas de una zona es más alto cuanto más aislada está la zona. Este hecho no tendría explicación si las especies surgieran por creación; en cambio, la evolución sí lo explica, ya que cuanto más aisladas están las poblaciones más probabilidades tienen de evolucionar hacia formas diferentes.

Por ejemplo, Australia, que es un continente que se separó del resto de los continentes hace unos 70 millones de años, presenta unas especies de fauna y de flora muy distintas de las del resto de continentes. Allí hay **mamíferos marsupiales** (con marsupio o bolsa abdominal donde las crías completan el crecimiento), como el canguro y el koala, que no se han podido hallar en ningún otro lugar, y no existieron mamíferos con placenta (que permite el desarrollo completo de las crías en el útero) hasta que los llevó el ser humano. Esto se explica porque los mamíferos con placenta aparecieron en los otros continentes cuando ya se había separado el continente australiano. Al tener un sistema reproductivo más eficaz, fueron sustituyendo en estas zonas, a los mamíferos marsupiales, que solo pudieron sobrevivir en Australia.

Las grandes **aves corredoras** como el ñandú suramericano, el avestruz africano y el emú australiano son especies diferentes pero, a la vez, muy semejantes entre sí. Esta distribución se explica suponiendo que el antecesor común de estas aves vivía en el supercontinente que ocupaba el hemisferio sur. Al separarse los continentes, diferentes grupos de aves quedaron aislados y evolucionaron de forma independiente.

Lo mismo ocurrió con el camello y la llama, que han evolucionado a partir de un mismo antepasado, uno en Asia y la otra en América; y con el rinoceronte en África y el tapir en Asia, que también han surgido de un antepasado común.

### Genética molecular

Aporta las pruebas más convincentes a favor de la evolución biológica. Comparando moléculas de los distintos seres vivos, como proteínas y ADN, se puede llegar a determinar el grado de parentesco. Cuanto más parecidos son dos organismos, más coincidencias existen en las moléculas que los forman. Así por ejemplo, el ADN del chimpancé difiere sólo un 1,8 % del humano, indicando que es la especie más próxima a la nuestra.

### Órganos análogos

Una especie nueva puede formarse porque dos poblaciones de la misma especie quedan separadas por una barrera (río, cordillera, brazo de mar) que impide su libre apareamiento. Cada población se va adaptando a los diferentes ambientes en que vive, acumulando diferencias genéticas debido a las mutaciones y la selección natural. Al cabo de miles de años, las dos poblaciones son tan diferentes que ya no se cruzan entre sí, por lo que se han convertido en especies distintas.



**Completa**

La presencia en los \_\_\_\_\_, de fósiles de especies extinguidas, revela la existencia de un proceso de \_\_\_\_\_ a lo largo del tiempo. Esto se refleja claramente en algunos \_\_\_\_\_ que presentan características \_\_\_\_\_ entre dos clases diferentes de seres vivos \_\_\_\_\_. Por ejemplo, el fósil Archaeopterys presenta \_\_\_\_\_ y cola como los reptiles, y \_\_\_\_\_ como las aves, lo que parece demostrar que las \_\_\_\_\_ actuales han \_\_\_\_\_ a partir de antiguos \_\_\_\_\_.

reptiles	dientes	fósiles
intermedias	actuales	aves
estratos	plumas	cambio
evolucionado		

**Elige las correctas**

La pata de un perro y la aleta de un delfín son órganos homólogos porque:

Tienen la misma estructura interna	
Proceden del mismo antepasado	
La apariencia externa es semejante	
Su función es el desplazamiento	

**2.4. La evolución humana**

La especie humana es única en muchos aspectos, si la comparamos con las demás especies que viven sobre la Tierra. Sin embargo, como ser vivo perteneciente al reino de los **metazoos**, ha surgido a partir de los mismos procesos biológicos y evolutivos que el resto de los animales que hoy podemos ver, es decir, según el neodarwinismo. Los cambios en el medio, las mutaciones y la selección natural modelaron a un conjunto de poblaciones de primates que se fueron transformando hasta dar lugar a la cadena de **homínidos**, de la cual nosotros somos el último eslabón.

Los homínidos aparecieron hace unos cinco millones de años; se caracterizan por su **posición erguida** y por ser **bípedos** (andar sobre dos extremidades).

El bipedismo pudo haber surgir en algunos grupos de primates obligados a abandonar su vida arbórea a consecuencia de un cambio climático, ocurrido hace unos 15 millones de años, que eliminó muchos árboles.

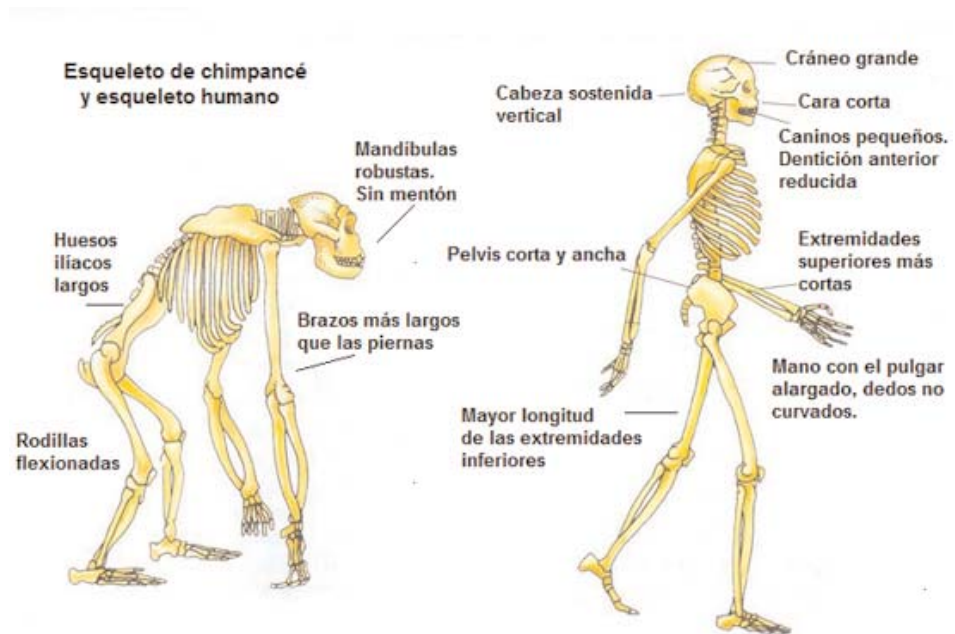


En las sabanas africanas, la posición erguida permitió a estos individuos advertir la presencia de presas y depredadores, mejorar la visión y liberar la mano, que podía ser utilizada en actividades distintas a la locomoción.

El bipedismo fue una adquisición evolutiva muy importante, pues provocó modificaciones del cráneo, necesarias para adaptarse a la posición erguida. La pelvis, la columna vertebral y las extremidades variaron su morfología y su desarrollo, y **el cerebro fue adquiriendo mayor complejidad**.

Los restos fósiles de homínidos se agrupan en **dos géneros**, el género *Australopithecus* (que no producía herramientas) y el género *Homo* (que sí producía herramientas). En la actualidad solo queda viva nuestra especie *Homo sapiens sapiens*.

Aunque el aspecto general de los *Australopithecus* fuera simiesco, eran bípedos, y tanto sus características morfológicas craneales, como su dentición, se asemejan en gran medida a los del género *Homo*.

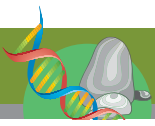


### El género *Homo*

La característica básica que define al género *Homo* es la capacidad de manejar útiles e instrumentos. Para ello, es necesario poseer una mano con un **pulgar oponible** que permita movimientos precisos de los dedos y un **cerebro** suficientemente **desarrollado** que envíe las órdenes oportunas a los músculos implicados.

El hecho de que el ser humano tenga una inteligencia mayor se debe a que su cerebro es relativamente más grande y posee una superficie (cortex) de gran tamaño, que cabe dentro del cráneo gracias a los numerosos repliegues (circunvoluciones) que presenta.





Cráneos de homínidos



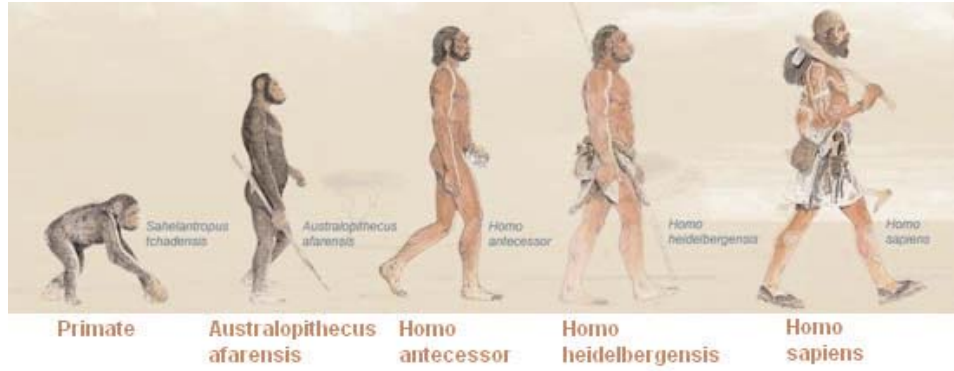
Homo sapiens (40.000 a.)



Homo erectus (1,8 m.a.)



Australopithecus ( 5 m.a.)



Ordena

Ordena cronológicamente las siguientes etapas del proceso evolutivo del ser humano

1

Desarrollo del lenguaje

2

Gran desarrollo cerebral

3

Manipulación de objetos

4

Elaboración de herramientas

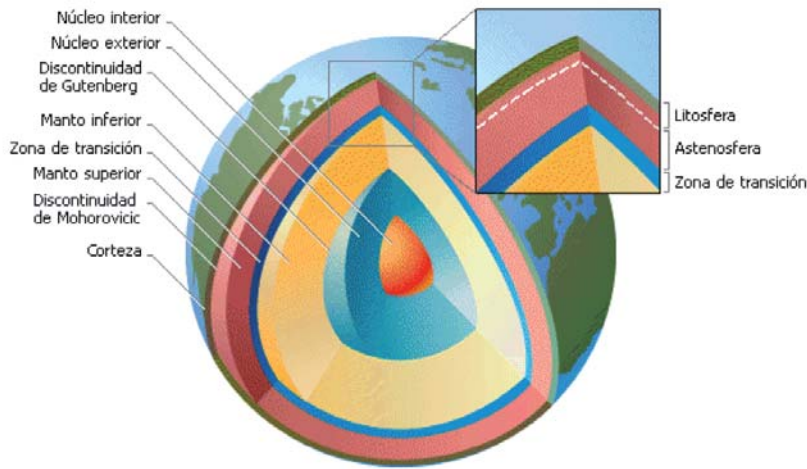
5

Posición erguida



**EJERCICIOS**

1. ¿Cómo es la estructura interna de la Tierra según el modelo geodinámico?



2. ¿Cuáles son las ideas principales de la teoría de la Tectónica de Placas?



3. ¿Cómo se puede explicar que la mayoría de volcanes y terremotos de La Tierra sucedan en determinadas zonas muy concretas?

4. ¿Por qué en las zonas de choque entre dos placas oceánicas se suele formar un arco isla?



# LA TECTÓNICA DE PLACAS

## 2



### INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

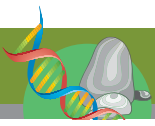
Alfred Wegener ya expuso en la Deriva Continental que todos los continentes habían estado unidos alguna vez en un gran super-continente (Pangea) y que se habían separado. Esta teoría fue desestimada por los científicos de la época porque no supo explicar cuál era el motor capaz de mover los continentes. Pocos años después, a raíz de los numerosos estudios que sobre el fondo oceánico se hicieron a partir de la segunda guerra mundial, surgió la Teoría de la Tectónica de placas, la cual es capaz de explicar, de manera global, cómo se formaron las cordilleras y los océanos, la distribución de los continentes y la presencia en el relieve oceánico de dorsales y fosas, así como la concentración de volcanes y terremotos en determinadas partes del planeta.

Saber que hay cambios que suceden a muy largo plazo en el planeta, capaces de cambiar la distribución de los continentes y océanos, nos hace ser conscientes de la magnitud de los procesos que suceden en el interior de nuestro planeta. Entender que podemos deducir la estructura interna y su funcionamiento a partir de estudios indirectos, es imprescindible para comprender esta dinámica global de nuestro planeta.

Cuando termines de estudiar la unidad, deberás ser capaz de:

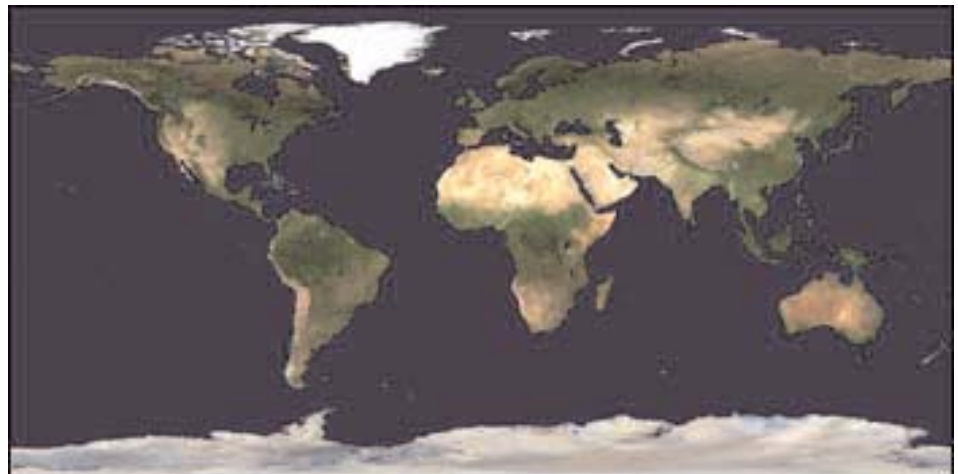
1. Identificar las capas de la estructura interna de la Tierra y sus propiedades.
2. Enumerar las ideas básicas de la Teoría de la Tectónica de Placas
3. Relacionar entre sí los fenómenos geológicos internos (formación de cordilleras, volcanes y terremotos), aplicando la teoría de la Tectónica de Placas y el modelo geodinámico.
4. Localizar la distribución de terremotos y volcanes en el planeta y asociarlo con los límites de placas.
5. Reconocer el concepto de placa litosférica.
6. Identificar los tipos de límites y movimientos relativos de las placas.
7. Explicar los fenómenos de formación de cordilleras, océanos, volcanes y terremotos, en base al movimiento de las placas.
8. Explicar el origen de las cordilleras de Aragón.
9. Relacionar los fenómenos tectónicos de Aragón con la dinámica de placas.





## 1. LA TECTÓNICA DE PLACAS Y SUS MANIFESTACIONES

La Tierra es un planeta activo y está en continuo cambio. Algunos de esos cambios se producen de forma muy evidente, como es el caso de la mayoría de los cambios externos de la superficie (erosión en la costa, transporte en un río...), pero los cambios que provienen del interior de la Tierra se producen más lentamente, de forma casi inapreciable (salvo los terremotos y las erupciones volcánicas). Aunque no seamos capaces de ver sus efectos en cortos periodos de tiempo, esos pequeños cambios internos son los responsables de la formación de las cordilleras, los océanos y la distribución de los continentes, con su acción a lo largo de millones de años.



Observando la superficie terrestre podemos ver la distribución de los continentes y los océanos. Pero si estudiamos con detalle, podríamos ver que está fragmentada en placas.

Esas placas que forman la superficie terrestre se mueven lentamente, gracias a la energía interna de la Tierra. El movimiento de separación o choque de dichas placas es lo que provoca la formación de océanos y montañas, así como la distribución de los terremotos y los volcanes en determinadas zonas del planeta.

En esta unidad veremos cómo la **Teoría de la Tectónica de placas** es capaz de explicar, de una manera global, todos los cambios que se producen la corteza terrestre, a partir del movimiento de las placas litosféricas .

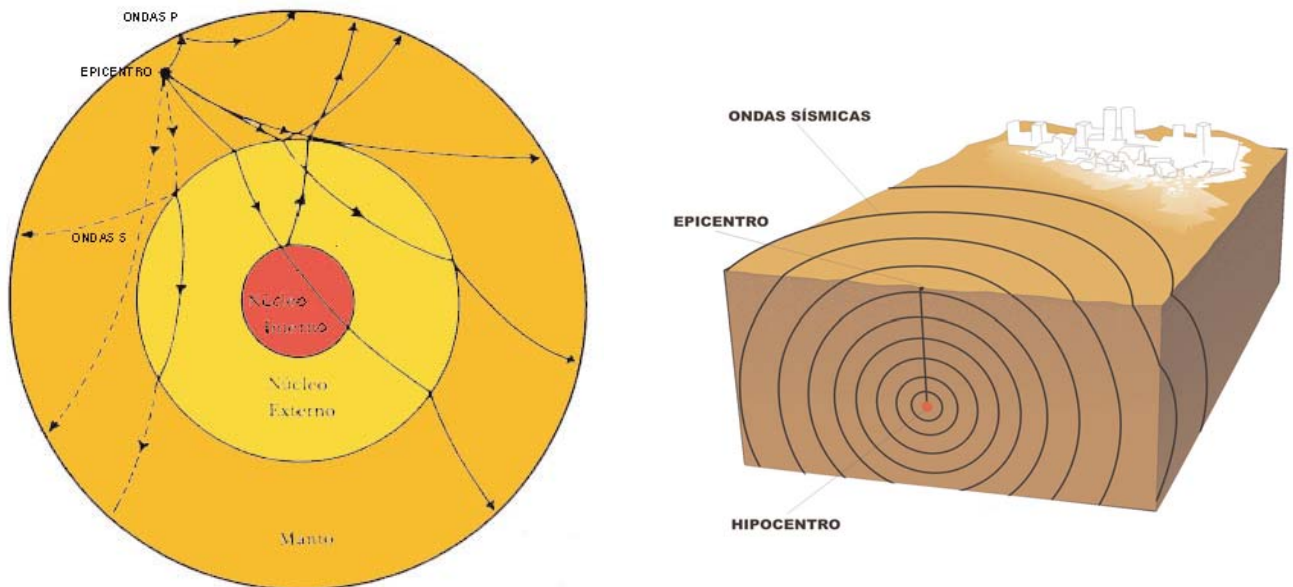




## 2. LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

Para estudiar el interior de la Tierra podemos utilizar diferentes métodos.

- **Métodos directos**, que consisten en observar y estudiar las propiedades y estructuras de las rocas que forman la superficie de la Tierra. Las rocas de la superficie se pueden tocar directamente, apreciar sus propiedades y analizarlas en el laboratorio. Este estudio directo sólo se puede realizar en la superficie y en minas y pozos, que alcanzan, como máximo, los 15 kilómetros de profundidad.
- **Métodos indirectos** (geofísicos), que permiten, a través del estudio e interpretación de datos, deducir cómo es el interior de la Tierra, (su estructura y las propiedades de sus componentes) al cual no podemos acceder directamente. A partir del estudio de algunas propiedades (densidad, magnetismo, gravedad, ondas sísmicas) e incluso el análisis de meteoritos, podemos deducir la composición interna y características del interior terrestre.

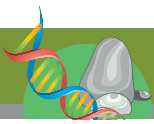


TRAYECTORIAS DE LAS ONDAS SÍSMICAS EN EL INTERIOR DE LA TIERRA  
(ONDAS S EN LÍNEAS DISCONTINUAS Y ONDAS P EN LÍNEAS CONTINUAS)

Uno de los principales métodos de estudio indirecto del interior de la Tierra es el método sísmico. Las **ondas sísmicas** (vibraciones producidas por un terremoto) se generan en el epicentro del terremoto y se propagan tanto al exterior (produciendo daños en los edificios....) como por el interior de la Tierra. El estudio de la velocidad de las ondas y de sus trayectorias han permitido conocer el interior terrestre (composición, estado físico y estructura), ya que el comportamiento de las ondas cambia en función de las propiedades y naturaleza de las rocas que atraviesan.

Las ondas sísmicas que viajan por el interior terrestre (P y S) sufren desviaciones en sus trayectorias (refracción). Cada cambio de trayectoria refleja un cambio en la composición o estado de los materiales que atraviesa. Esa zona de cambio entre materiales se denomina **discontinuidad**.

De este modo se ha podido deducir que **el interior de la Tierra es heterogéneo** y está estructurado en zonas concéntricas de propiedades diferentes.



### Ondas sísmicas

Cuando a principios del siglo XIX se calcularon algunas de las propiedades de la tierra (volumen, densidad...), se pudo observar que la densidad promedio de la Tierra era mucho mayor que la de las rocas de la superficie. Esto indicaba que la Tierra no era homogénea.

Cuando años más tarde se estudió el comportamiento de las ondas sísmicas se pudo determinar el actual modelo del interior terrestre.

Recuerda que, cuando se produce un terremoto se originan tres tipos de ondas sísmicas:

- \* Ondas P, se transmiten tanto en medios sólidos y líquidos. Son las más rápidas
- \* Ondas S, sólo se transmiten en medios sólidos. Llegan en segundo lugar.
- \* Ondas L y R, son ondas superficiales.

Si la Tierra fuera homogénea, las ondas sísmicas viajarían en línea recta, sin desviaciones en sus trayectorias.



### Contesta

¿Cuál es el principal método de estudio del interior de la Tierra? Explica en qué consiste


### 2.1. Modelo geoquímico

Hay dos modelos con los que se puede explicar cómo es el interior terrestre: el modelo geoquímico, basado en la composición química del interior, y el dinámico, basado en el comportamiento mecánico de los materiales del interior terrestre.

El **modelo geoquímico** divide el interior terrestre en zonas de diferente composición química y mineralógica o diferente estado físico de sus componentes. Cada zona tiene diferentes propiedades que la siguiente, con lo cual cambia su respuesta ante las ondas sísmicas. Estos cambios vienen marcados por las **discontinuidades**.

- **Corteza:** continental y oceánica. Es la capa más externa de la Tierra. Hay dos tipos de corteza: corteza **oceánica**, que es la de menos espesor (5-12 Km) y la más reciente. Está constituida, principalmente, de rocas densas como el basalto y el gabro, y la corteza **continental**, que es mucho más antigua (contiene rocas de más de 3800 millones de años) y con mayor espesor (en zonas de montaña puede alcanzar los 70 Km). Está formada por una gran variedad de rocas, desde sedimentarias a metamórficas e ígneas, pero en su interior dominan los granitos y andesitas. El límite inferior de la corteza es la discontinuidad de Mohorovicic.
- **Manto:** Bajo la corteza se encuentra una capa que va desde los 50 a los 2900 Km de profundidad (desde la discontinuidad de Mohorovicic a la de Gutenberg) y que constituye gran parte del volumen de la Tierra. Su principal componente es la peridotita. Las altas presiones y temperaturas que hay en esta capa hacen que los minerales más abundantes (olivino y piroxenos) aparezcan con estructuras más compactas y densas.

En esta capa se originan los movimientos de **convección**, que son el motor del movimiento de las placas y el origen de los fenómenos internos (terremotos y volcanes y formación de cordilleras).

Dentro del manto se diferencian varias zonas:

- Mano superior, hasta los 670 Km de profundidad, con estructuras menos compactas.
- Zona de transición, entre 400 y 670 Km de profundidad, en la que hay anomalías.
- Manto inferior, hasta los 2900 Km de profundidad, con estructuras más densas.



- Núcleo: externo e interno. Zona más interna de la Tierra, está formado por un núcleo externo líquido (compuesto por hierro, óxidos de níquel y azufre y silicio), que va desde los 2900 hasta los 5100 Km, y el núcleo interno, sólido, que llega hasta los 6370 Km y está constituido por una aleación de hierro y níquel. La rotación del núcleo externo líquido sobre el núcleo interno sólido origina el campo magnético terrestre.

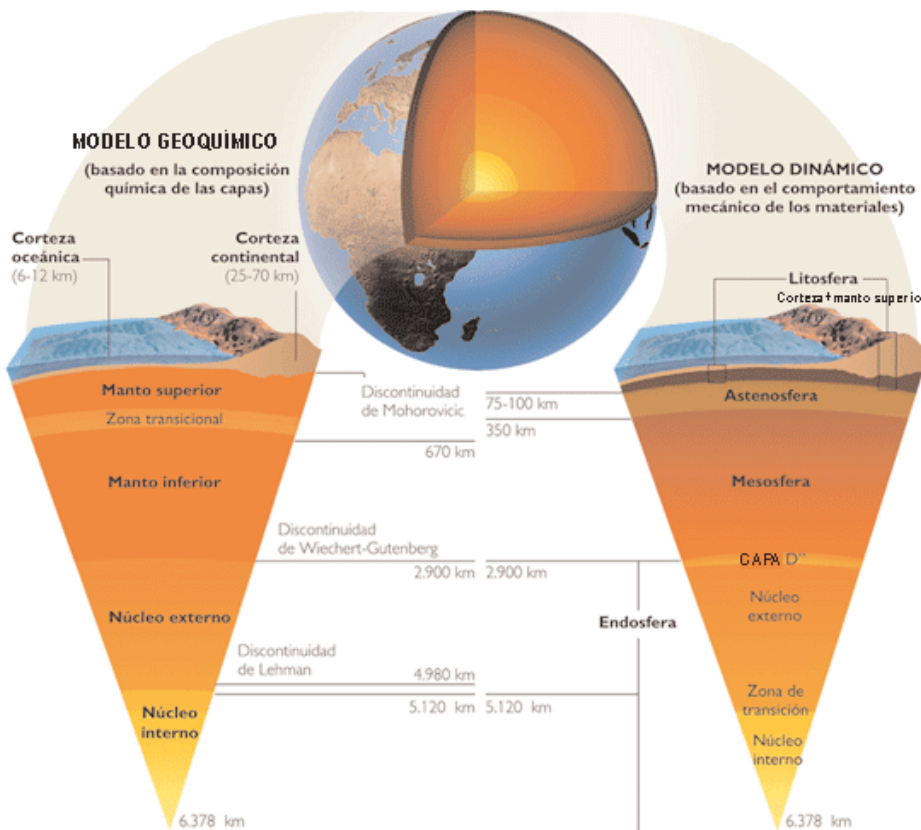


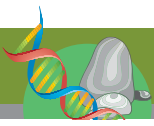
**Completa el texto**

Hay   a   tipos de modelos que explican el interior terrestre. El modelo   b   está basado en la composición química. El modelo   c  , en cambio, se basa en el comportamiento de los materiales del interior. Cada una de las capas están separadas por   d  , en las que hay cambios en las ondas sísmicas.

a	dos	tres	varios
b	geoquímico	geográfico	geodinámico
c	geoquímico	geodinámico	geológico
d	continuidades	discontinuidades	discordancias

**2.2. Modelo dinámico**





El **modelo dinámico**: divide el interior terrestre en zonas que, por tener diferentes propiedades físicas (estado físico, densidad, rigidez..), tienen diferente comportamiento ante las presiones.

- **Litosfera**: capa que comprende la corteza (continental y oceánica) y parte del manto superior, tiene un espesor de unos 100 Km. Es rígida y está dividida en fragmentos, llamados **placas litosféricas**. Las placas se mueven, alejándose o chocando unas de otras, lo que da lugar a algunos fenómenos (terremotos, zonas volcánicas)
- **Astenosfera**: zona del manto superior, en la que los materiales están semi-fundidos (por lo cual las ondas sísmicas disminuyen su velocidad) y tiene una gran plasticidad, lo que facilita la formación de corrientes de convección, que a su vez pueden mover las placas.
- **Mesosfera**: zona del manto inferior, entre la astenosfera y la capa D. En ella se producen corrientes de convección que propagan el calor desde el núcleo hacia las zonas más superficiales y que son el motor de las placas.
- **Capa D**: nivel parcialmente fundido, acumula parte de los materiales de las placas que subducen. En esta zona se generan las corrientes de convección (el motor del movimiento de las placas) y, en ocasiones, escapa calor de forma puntual, generando plumas del manto relacionadas con vulcanismos puntuales (punto caliente, vulcanismo de Hawai).
- **Endosfera**: zona más interna, comprende el núcleo. Las temperaturas son muy elevadas (4500°C) y se propagan a las capas más externas. Las altas presiones hacen que el interior sea sólido. El movimiento del núcleo externo fluido genera el campo magnético terrestre.

Ambos modelos están en continua revisión, y se intenta mejorar con los avances técnicos. Hay que tener en cuenta que los dibujos-esquemas de capas concéntricas son simplificaciones y que la realidad las capas del interior de la Tierra en ocasiones no son continuas y no mantienen un grosor constante.



Relaciona

Une cada una de las capas de la Tierra con su característica

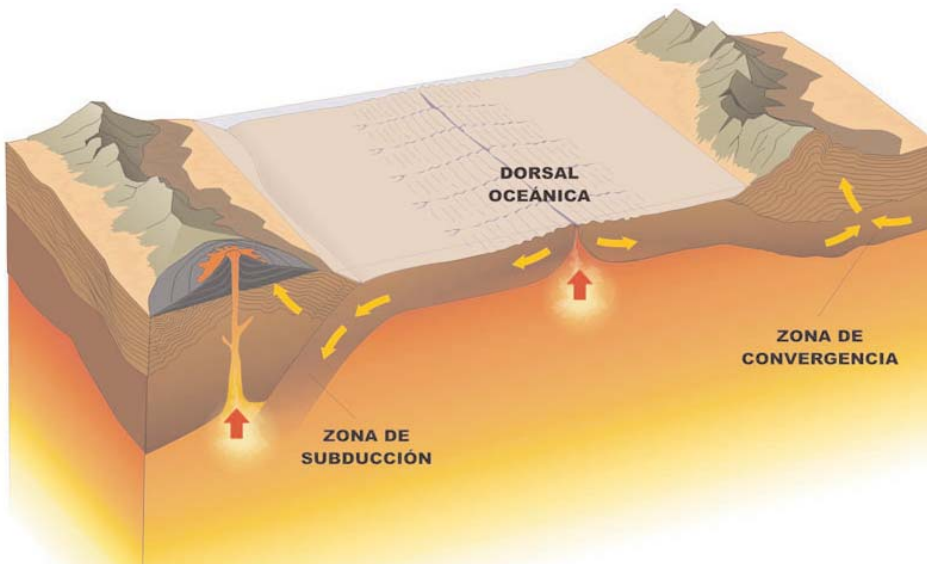
En estado líquido	Corteza
Consistencia por hierro y níquel	Manto
Facilita el movimiento de las placas	Núcleo externo
Fragmentada en placas	Núcleo interno
Puede ser de dos tipos, continental y oceánica	Litosfera
Capa más voluminosa de la Tierra	Astenosfera





### 3. LA TECTÓNICA DE PLACAS

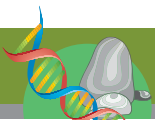
Observando un mapa de la superficie de la Tierra, podemos ver la distribución y forma de los continentes y océanos, en los que podemos localizar zonas con grandes cordilleras, otras zonas donde son frecuentes los terremotos y los volcanes, y otras donde los océanos se expanden. Todos estos fenómenos tienen un mismo origen: el calor interno de la Tierra, tal y como defiende la Teoría de la Tectónica de Placas.



La **Teoría de la Tectónica de Placas** surgió en los años 60 a raíz del conocimiento del fondo oceánico. Esta teoría trata de explicar, de una manera global, la situación actual de los continentes y el origen y la distribución geográfica de las cordilleras y de los principales fenómenos internos que suceden en la Tierra (volcanes y terremotos) partir del movimiento relativo de las placas litosféricas, placas litosféricas que son movidas a su vez por las corrientes de convección del manto.

La teoría de la Tectónica de placas se basa en varias ideas clave:

- La litosfera está dividida en grandes fragmentos, las **placas** litosféricas.
- Bajo la litosfera está la **astenosfera**, zona donde los materiales son más plásticos y semifundidos, debido a las altas temperaturas, y que favorece el movimiento de la litosfera.
- En el manto se producen **corrientes de convección**, debido al calor interno de la Tierra.
- Las placas litosféricas se mueven, debido a las corrientes de convección del manto, chocando entre sí, separándose o teniendo movimientos laterales entre sí.
- En las **dorsales** oceánicas se forma litosfera oceánica y se destruye en las **fosas** oceánicas.



Verdadero o falso

Indica cuáles de estas afirmaciones sobre la Teoría de la Tectónica de placas son falsas o verdaderas

	Verdadero	Falso
La litosfera está fragmentada en placas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los materiales rígidos de la astenosfera no facilitan el movimiento de las placas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las corrientes de convección del manto mueven las placas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En las dorsales se destruye litosfera y se crea en las fosas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.1. Placas litosféricas

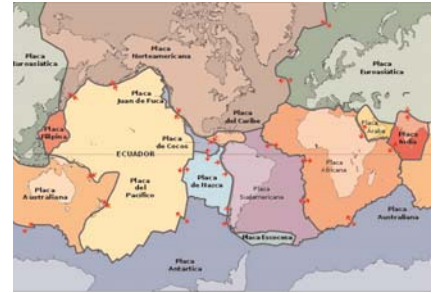
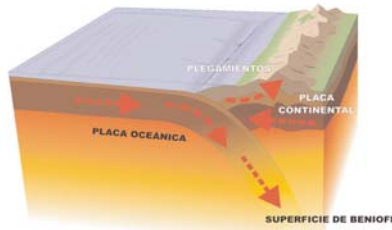
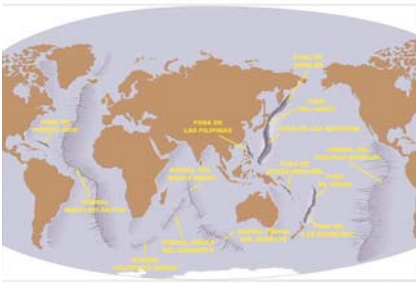
Hemos visto que la capa más externa del modelo dinámico es la litosfera, una capa formada por corteza más parte del manto superior, que se encuentra fracturada en fragmentados que denominamos **placas**. Estas placas son sólidas y se encuentran sobre la astenosfera, zona de materiales plásticos que favorece su movimiento, generado por las corrientes de convección.

Observando un mapa en el que aparezcan las placas litosféricas podemos ver que hay varios tipos de placas:

- Placas **oceánicas**, formadas exclusivamente por corteza oceánica (placa de Nazca o placa Pacífica).
- Placas **continentales**, constituidas por corteza continental (placa arábiga).
- Placas **mixtas**, la mayoría, formadas en parte por corteza continental y corteza oceánica (placa euroasiática, placa suramericana).

Los límites o bordes entre placas son, a su vez, de tres tipos:

- **Borde constructivo**. Se llaman así porque en ellos se encuentran las **dorsales** oceánicas, a través de las cuales sale material fundido del interior de la Tierra y se forma corteza oceánica. Son zonas donde se fracturan los continentes, se forman océanos y las placas se separan (límite divergente).
- **Borde destructivo**. Son las zonas de **subducción**, en las cuales dos placas chocan entre sí, pero al ser una más densa que otra, ésta última se introduce debajo de la más ligera (límite convergente). Esta colisión generará terremotos (debido a la tensión que se acumula), la formación de volcanes y arcos islas. Las **cordilleras**, también se originan en estas zonas de choque de placas.
- **Límite pasivo**. Coincide con las **fallas transformantes**, cuando el movimiento relativo entre las placas no es de separación ni de choque, sino de roce lateral (límite transformante). Los terremotos suelen ser fenómenos asociados a este tipo de límite (falla de San Andrés, cerca de la ciudad de San Francisco).



Relaciona

Hay varios tipos de límites según el movimiento de las placas. Relaciona cada límite con aquél proceso o forma que le corresponda.

Choque de placas

Dorsal

Límite pasivo

Subducción

Borde constructivo

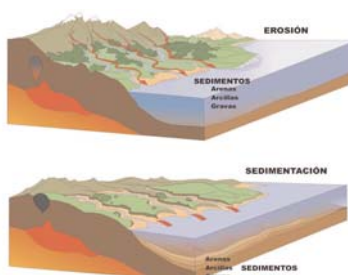
Borde destructivo

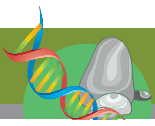
Cordillera

Falla transformante

3.2. Interacción entre procesos geológicos

Los procesos geológicos internos, generados por la energía interna de la Tierra, suelen ser fenómenos **constructivos** de relieve. Los volcanes expulsan materiales magmáticos al exterior de la superficie, creando conos volcánicos y otros relieves característicos. Del mismo modo, aunque de forma más lenta y casi inapreciable a simple vista, los continentes se mueven, se separan y chocan, generando océanos y cordilleras. Todos los materiales y relieves de la superficie terrestre son posteriormente erosionados, transportados y sedimentados por la acción de los fenómenos geológicos externos (viento, sol, mares, ríos) que irán **modelando** las formas y tratando de igualar la distribución de los materiales, desde las zonas donde se acumulan (relieves) altas a las zonas bajas (depresiones), por acción de la gravedad. Se generan de este modo rocas sedimentarias a partir de rocas ígneas y metamórficas, características de los procesos geológicos internos.





2012

La película 2012 trata sobre una catástrofe planetaria provocada por el calentamiento excesivo del núcleo de la Tierra: volcanes, terremotos, tsunamis. ¡Puro espectáculo! Pero merece la pena ver el movimiento de las placas, olas enormes, volcanes por todos lados, etc.

Eso sí, muchas de sus escenas no resisten un análisis científico: ¡una ola llega a cubrir prácticamente el Everest! Y eso son muchos metros de ola. Demasiados.



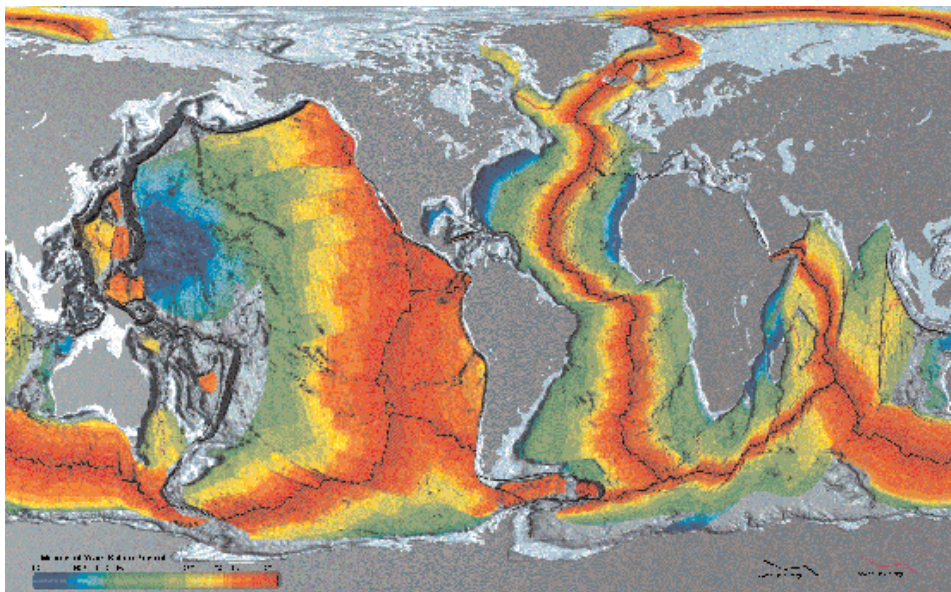
Contesta

¿Qué relación existe entre los fenómenos geológicos externos y los internos?

Blank writing area for the answer.

4. EL DESPLAZAMIENTO DE LOS CONTINENTES PRUEBAS

Como el movimiento relativo de las placas es de sólo unos centímetros al año, es complicado probarlo, ya que no se aprecia a simple vista y su resultado final sólo es apreciable al cabo de millones de años. Actualmente se puede utilizar la tecnología para hacer mediciones precisas, gracias a los satélites, y comprobar que ese movimiento se realiza y que el Océano Atlántico es cada vez más ancho, a razón de unos 2 cm. al año.



Pero cuando surgieron las primeras teorías que trataban de explicar que los continentes se movían, no existían esos avances tecnológicos y era necesario recurrir a otro tipo de pruebas.

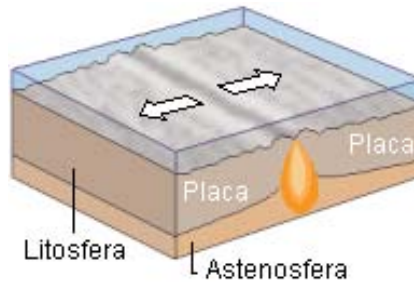
Ya para defender la Teoría de la Deriva Continental, Wegener utilizó varios tipos de pruebas:

- Pruebas geográficas y geológicas: la forma de los continentes, que encajaban unos con otros (Sudamérica y África), con algunos depósitos geológicos singulares (¿depósitos glaciares o de épocas cálidas?) sucedía lo mismo.
• Pruebas paleontológicas: en continentes separados actualmente se podían encontrar fósiles de los mismos animales terrestres, que sólo se podían explicar si hace millones de años estos continentes hubieran estado unidos entre sí.





El estudio del fondo oceánico aportó muchas pruebas del desplazamiento de los continentes, como las **anomalías magnéticas**. En 1963, Vine y Matthews estudiaron el fondo oceánico, descubriendo que en las rocas del fondo del océano se pueden identificar inversiones de la polaridad del campo magnético terrestre. Cada cierto tiempo se produce una inversión magnética (el polo norte magnético, que actualmente está situado cerca del polo norte geográfico, pasa al sur y viceversa) y este cambio queda reflejado en las rocas y minerales que tienen componentes metálicos. Observando las inversiones se puede ver que están distribuidas de manera simétrica a ambos lados de las dorsales oceánicas, siendo los materiales más recientes los que están cerca de la dorsal y los más antiguos, los que están más alejados. Esta distribución sólo puede explicarse a través la **expansión del fondo oceánico**, tal y como propuso Hess. Es decir, en las dorsales oceánicas se forma corteza oceánica a partir del ascenso de material magmático que viene del manto. Ese material se acumula a ambos lados, se enfría, formando así parte de la corteza oceánica y va siendo empujado y alejado por nuevos materiales magmáticos que salen del interior, creciendo la corteza oceánica a partir de la dorsal. En las fosas se construye la corteza oceánica, pero entonces es necesario un lugar donde exista destrucción: ese lugar son las fosas oceánicas, donde la corteza oceánica se introduce de nuevo en el interior de la Tierra.



Otra prueba que demuestra el desplazamiento de los continentes es el estudio de zonas, como **RiftValley** en África, cerca del mar rojo, donde el continente actualmente se está fragmentando.



**Elige las correctas**

Indica cuáles de las siguientes frases son correctas

Las inversiones magnéticas del fondo oceánico se distribuyen de forma asimétrica

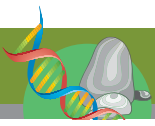
Las inversiones magnéticas quedan fijadas en los componentes metálicos de las rocas

Cerca de las dorsales está la corteza oceánica más reciente

La formación de corteza oceánica es de tan sólo unos cuantos metros al año

Las rocas de la litosfera oceánica no reflejan inversiones del campo magnético





### 4.1. Volcanes y terremotos

Observando en un mapa la distribución de volcanes y terremotos del planeta, podemos ver que se distribuyen de una manera muy concreta, coincidiendo en su gran mayoría con los límites de las placas litosféricas. Esto es debido a que en los límites de placas se encuentran las dorsales oceánicas y las zonas de subducción.

En las dorsales oceánicas sale magma desde el interior, por lo cual son zonas de vulcanismo (Islandia).

En las zonas de subducción, la placa oceánica choca contra otra placa (oceánica o continental) y se introduce bajo ella, generando grandes tensiones que se liberan en forma de terremotos. En las zonas de subducción, los terremotos se detectan sobre la zona de hundimiento, siguiendo una línea que se denomina plano de Benioff. A su vez, en las zonas de subducción parte de los materiales que forman la litosfera que se hunde, se calientan y funden pudiendo ascender hasta la superficie dando lugar a volcanes (Andes, Japón...).



Hay unos volcanes, denominados de intraplaca, que se llaman así por no coincidir con los límites de placas. Se generan a partir de puntos calientes, anomalías térmicas por las que ascienden directamente del manto material ígneo (Islas Hawaii).

#### Contesta

Es habitual que en algunas regiones de la Tierra se produzcan terremotos y erupciones con cierta frecuencia. ¿Están relacionadas entre sí la actividad volcánica y sísmica? Explica tu respuesta

Blank response area consisting of five horizontal lines.



Es habitual que en algunas regiones de la Tierra se produzcan terremotos y erupciones con cierta frecuencia. ¿Están relacionadas entre sí la actividad volcánica y sísmica? Explica tu respuesta.

#### 4.2. Origen de los movimientos sísmicos en Aragón

Las zonas sísmicamente más activas de España son: Galicia, el sureste de la Península, Levante y la zona Pirenaica. La ubicación de estas zonas se puede explicar conociendo la historia geológica de nuestro entorno.

La placa ibérica (constituida por la Península Ibérica y parte de corteza oceánica circundante) es una placa de pequeñas dimensiones que ha sufrido, desde hace millones de años, una serie de choques y fases de separación entre las grandes placa Euroasiática y Africana. En el Triásico, el macizo del Ebro era una de las pocas zonas emergidas de la Península; posteriormente, en el cretácico superior la península Ibérica (que se encontraba aislada de Europa y África) gira y se desplaza hacia Francia, colisionando con Europa y produciendo una serie de movimientos compresivos (orogenia Alpina) que darán lugar a una cordillera intracontinental, los Pirineos, así como el Sistema Ibérico y la depresión del Ebro, como fosa sedimentaria.

Al ser los Pirineos, y sus áreas circundantes, una zona de choque de placas, es bastante frecuente que en esta zona tengan lugar terremotos. De todos modos, aunque la posibilidad de ocurrencia de terremotos es elevada, por la situación geológica, la peligrosidad no lo es tanto, ya que la magnitud de los terremotos no es muy alta y las infraestructuras están preparadas, lo que disminuye los efectos que pueden causar. En el Sistema Ibérico es posible también la ocurrencia de terremotos, pero generalmente de menor magnitud.

En la Península Ibérica, las previsiones de ocurrencia de grandes terremotos indican que se puede producir un gran terremoto cada 100 años, aproximadamente.

#### La ruta transpirenaica

Si entras en el sitio web de la ruta transpirenaica podrás seguir la historia geológica del Pirineo y ver un efecto del baile de los continentes.



#### Elige las correctas

Indica cuáles de las siguientes frases son verdaderas

**Aragón es una de las zonas sísmicamente activas de la península**

**La magnitud de los terremotos en Aragón es muy alta**

**Los Pirineos es la única zona sísmicamente activa de Aragón**

**El origen de la sismicidad en Aragón se debe a que es una zona de choque de placas**



### 5. LAS DORSALES Y EL FENÓMENO DE EXPANSIÓN DEL FONDO OCEÁNICO

Las dorsales oceánicas son cordilleras submarinas, de forma que a ambos lados de las mismas se puede observar la existencia de una perfecta simetría de las bandas magnéticas. Eso nos indica que las dorsales son zonas en las que se va formando litosfera oceánica; es decir, que el fondo oceánico está en continua expansión.

El proceso de formación de un océano es un proceso lento que pasa por diferentes etapas:

- Inicio de formación de la dorsal (anomalía térmica, el material caliente asciende del manto), produciendo un abombamiento, que poco a poco se va fracturando, generando unas fallas que hacen que la litosfera se vaya estirando y adelgazando. Se forma una zona de rift, o fosa tectónica a favor de las fallas, y en la zona más baja de la depresión el magma llega a la superficie y se forma la dorsal. Poco a poco, la continua actividad de la dorsal hace que la zona vaya siendo cada vez más extensa y se vaya hundiendo, y poco a poco pueda ser inundada por agua. Primero se formará un mar estrecho (tipo Mar Rojo) que separará las dos zonas continentales y que con la actividad de la dorsal irá creciendo en anchura, hasta formar un gran océano.

Las dorsales son zonas de formación de litosfera oceánica, pero como la superficie de la Tierra se mantiene constante, es necesario que existan zonas de destrucción de litosfera. Además, cuando se estudia la antigüedad de las rocas del fondo oceánico, se puede comprobar que tienen, como máximo, 180 millones de años, mientras que algunas rocas continentales llegan a los 3800 millones de años. Esas zonas de destrucción de corteza son las fosas (zonas de subducción).



#### Ordena

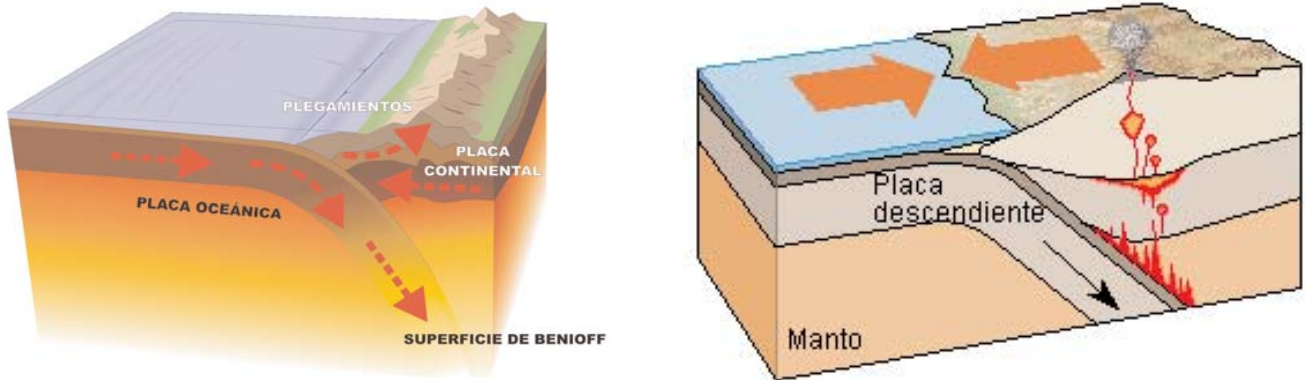
#### Ordena los procesos que darían lugar a un océano

1	Crecimiento del mar hasta llegar a un gran océano
2	Abombamiento y fractura de la zona
3	Estiramiento y adelgazamiento de la litosfera
4	Anomalía térmica en una zona continental
5	Inundación de la zona por el agua (mar estrecho)



### 5.1 Formación de cordilleras

Las zonas de destrucción de litosfera son las zonas de subducción. Se les llama también límites destructivos o convergentes porque son las zonas donde las placas chocan entre sí y termina volviendo al manto la litosfera que se crea en las dorsales: Esa destrucción se produce al mismo ritmo que se forma en las dorsales. Conforme la litosfera oceánica se aleja de la dorsal, se enfría y se acumulan sobre ellas sedimentos, con lo cual cuando llega a las zonas de subducción son más densas y termina por hundirse bajo otra placa.



En las zonas de choque pueden darse varias situaciones, dependiendo del tipo de placa que choque:

- Si la colisión se produce entre dos placas oceánicas, se origina una **fosa oceánica**, zona de gran profundidad donde se hunde una de las placas bajo la otra. Muchas veces asociadas a este tipo de límite, se crean **arcos islas**, generados a partir de los materiales que se acumulan en el choque y a algunos materiales volcánicos que provienen de la placa que se hunde, ya que se funde parcialmente y parte de esos materiales fundidos vuelven a ascender a través de fracturas. Los arcos islas se caracterizan por una gran actividad volcánica y sísmica. Ejemplos: arco isla del Pacífico (Filipinas y la fosa de las Marianas).
- Cuando la colisión es entre una placa oceánica y una placa continental, la placa oceánica se hunde con facilidad porque es más densa que la continental. Uno de los rasgos más característicos de estas zonas es la formación de una cordillera pericontinental alargada, siguiendo la zona de choque, como consecuencia de la acumulación y plegamiento de sedimentos acumulados en las fosas oceánicas. En estas cordilleras hay un gran número de volcanes, formados como consecuencia del ascenso de parte del magma que producido en la subducción de la placa. También son zonas sísmicamente activas, debido a las tensiones que se acumulan en el choque (Andes).
- La colisión entre dos placas continentales. Se produce en los últimos estadios de choque entre dos placas mixtas, ya que la litosfera oceánica va desapareciendo, el océano que separa las dos zonas continentales, entre las cuales hay una zona de subducción, se va estrechando poco a poco hasta que desaparece y colisionan las zonas continentales, formando una cordillera intracontinental. Los materiales que forman estas cordilleras provienen de la acumulación, fractura y plegamiento de todos los sedimentos que, anteriormente, estaban en la zona oceánica. Primero se acumulan en

#### Terremotos

En el sitio web de Consumer puedes acceder a una infografía en la que se simulan las placas y sus movimientos, el origen de los terremotos, cómo se registran, etc.



el océano, formando un prisma de acreción, pero conforme se reduce el océano, esos materiales emergen y formarán la cordillera intracontinental. Parte de los materiales que subducen se funden pero no pueden salir al exterior (debido al mayor grosor de la corteza continental); por eso son característicos en estas cordilleras los materiales plutónicos, pero no hay volcanes. Las grandes tensiones que se generan en el choque producen una gran actividad sísmica (Himalaya, Pirineo, Alpes).



## Relaciona

Une cada tipo de límite con la cordillera o formación geológica a la que da lugar

**Cordillera intra-continental  
(Himalaya)**

**Cordillera tipo andino**

**Arco isla y fosa**

Colisión entre placas  
oceánicas

Colisión entre placa oceánica  
y continental

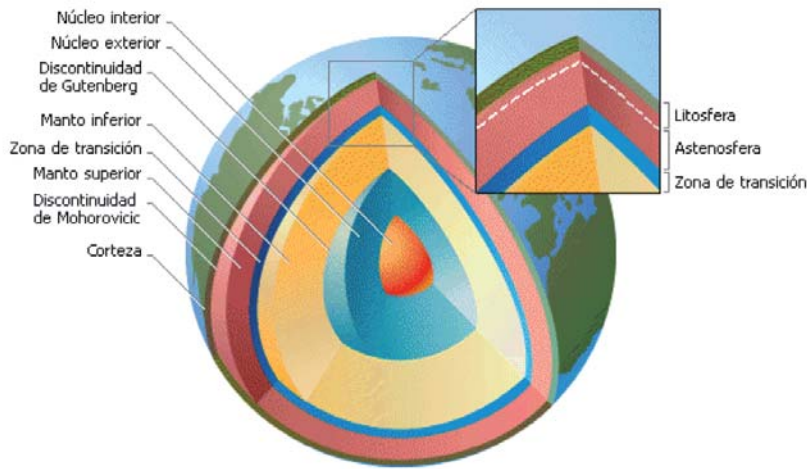
Colisión entre placas  
continentales





**EJERCICIOS**

1. ¿Cómo es la estructura interna de la Tierra según el modelo geodinámico?



2. ¿Cuáles son las ideas principales de la teoría de la Tectónica de Placas?



3. ¿Cómo se puede explicar que la mayoría de volcanes y terremotos de La Tierra sucedan en determinadas zonas muy concretas?

4. ¿Por qué en las zonas de choque entre dos placas oceánicas se suele formar un arco isla?





## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En esta unidad se estudia la célula como unidad vital de los seres vivos, así como los procesos implicados en la reproducción celular. Estos aspectos son fundamentales para la comprensión de las unidades posteriores.

En primer lugar se estudia el concepto de célula y los tipos de organización celular, procariota y eucariota. También se describen los componentes básicos de ambos tipos de organización.

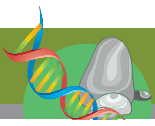
A continuación, se describe el núcleo celular y los cromosomas como estructuras básicas en el proceso de reproducción celular.

Posteriormente se describen la mitosis y la meiosis como mecanismos de reproducción celular en las células somáticas y sexuales respectivamente.

Finalmente, se estudian los niveles de organización de los seres vivos, y se proporcionan enlaces que muestran imágenes de microscopía de algunos de los niveles de organización bióticos.

Cuando termines de estudiar la unidad deberás ser capaz de:

1. Conocer que la célula es la unidad anatómica y fisiológica de los seres vivos.
2. Comprender los principales postulados de la teoría celular.
3. Diferenciar la célula procariota de la eucariota y conocer cuáles son los organismos que poseen cada una de ellas.
4. Conocer las diferencias fundamentales entre la célula eucariota animal y la célula eucariota vegetal.
5. Enumerar los distintos orgánulos celulares y conocer la estructura y función de cada uno de ellos.
6. Identificar los componentes del núcleo y su organización en función de las fases del ciclo celular.
7. Reconocer las partes de un cromosoma.
8. Describir las fases de la mitosis, comprendiendo los procesos implicados en cada etapa y su significado biológico.
9. Conocer los principales procesos que tienen lugar en la meiosis y su significado biológico.
10. Conocer las principales diferencias entre mitosis y meiosis.
11. Distinguir los distintos niveles de organización de los seres vivos.



## El descubrimiento

El descubrimiento de la célula se debe a Robert Hooke quien en 1665, usando un microscopio muy simple, observó láminas de corcho. Así, descubrió que tienen una estructura en forma de celdillas como las de un panal de abejas. A estas celdillas se les llamó células.

Poco después, en 1674 Anthony Van Leeuwenhoek descubrió células vivas y microorganismos en leche y líquidos en descomposición.

Posteriormente y gracias al perfeccionamiento del microscopio y al descubrimiento de técnicas para teñir preparaciones, se descubrieron las estructuras celulares.

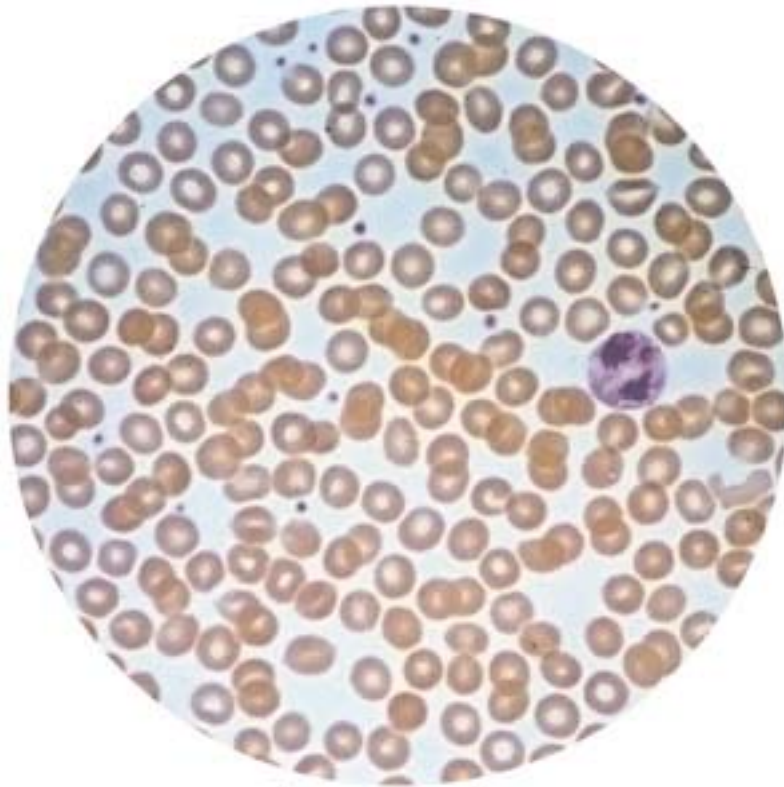
Así, Robert Brown, en 1831, descubrió el núcleo celular. Purkinje, en 1838, llamó protoplasma al líquido que llena la célula. El botánico Schleiden, en 1838, afirmó que todos los vegetales están formados por células y en 1839 Schwann afirmó que todos los animales están formados por células. Virchow, en 1855, estableció que toda célula proviene de otra preexistente.

## 1. LA CÉLULA, UNIDAD DE VIDA

Todos los seres vivos están constituidos por células.

La célula es la parte más pequeña viva capaz de desempeñar las funciones de un ser vivo: nutrición, relación y reproducción.

Por su pequeño tamaño, el descubrimiento de la célula y de sus componentes no se produjo hasta la invención del microscopio.



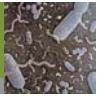
*Células sanguíneas*

A partir de este hallazgo, durante los siglos XIX y XX se desarrolla la **teoría celular**.

Esta teoría puede resumirse en las siguientes afirmaciones:

- La célula es la unidad estructural de los seres vivos, ya que todos los seres vivos están formados por una o más células.
- La célula es la unidad funcional de todos los seres vivos, puesto que la célula lleva a cabo todas las funciones vitales (nutrición, relación y reproducción).
- Toda célula procede de otra célula preexistente y se origina por la división de esta última.
- La célula es la unidad genética de todos los seres vivos. La célula contiene el material hereditario a través del cual transmite sus características a la generación siguiente.

**En consecuencia, la célula se puede definir como la unidad estructural, funcional y genética de todos los seres vivos.**



### Contesta

¿Por qué se dice que la célula es la unidad estructural de los seres vivos?


### 1.1. Forma y tamaño de las células

El tamaño de las células es diferente de unas a otras dependiendo de su función. La mayoría de ellas son tan pequeñas que únicamente se pueden observar con el microscopio. Su tamaño se mide en micras ( $\mu\text{m}$ ). No obstante, existen células muy grandes, observables a simple vista, como las células musculares o los óvulos de las aves (la yema del huevo es una célula).

La forma de las células también depende de la función y de su modo de vida. Así, algunas células que flotan en medios líquidos, como las de la sangre, son esféricas; los espermatozoides disponen de una cola móvil que les permite desplazarse; las neuronas son estrelladas para facilitar el establecimiento de conexiones entre ellas que les permitan recibir y transmitir información; etc.



### Contesta

¿Qué factor determina básicamente la forma de las células? Explícalo con algún ejemplo

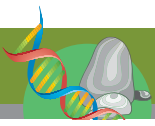

### 1.2. Estructura básica de las células

Todas las células tienen la misma estructura básica, la cual consta de tres partes fundamentales:

#### La membrana plasmática

Es una cubierta muy fina que rodea la célula y la separa del medio externo. Sus funciones son: regular la entrada y salida de sustancias, proteger la célula, detectar estímulos del medio externo y comunicar las células entre sí.



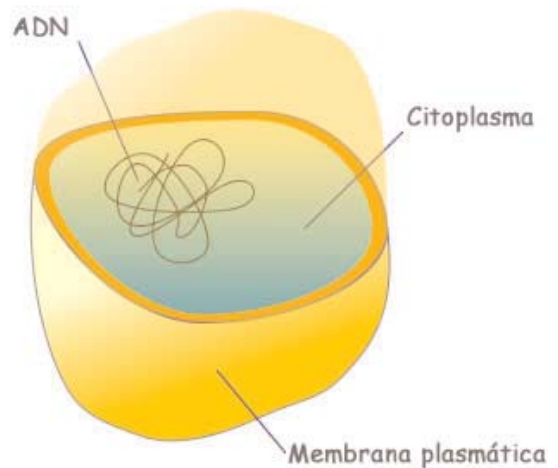


### El citoplasma

Está formado por un líquido de consistencia gelatinosa. En él se producen la mayor parte de las reacciones metabólicas de la célula y se encuentran dispersos los orgánulos.

### El ADN

En esta molécula se encuentra la información genética o hereditaria. Esta información se transmite a las células hijas.



## 2. TIPOS DE ORGANIZACIÓN CELULAR

Existen dos modelos de organización celular según la complejidad de su estructura interna: células **procariotas** y células **eucariotas**.

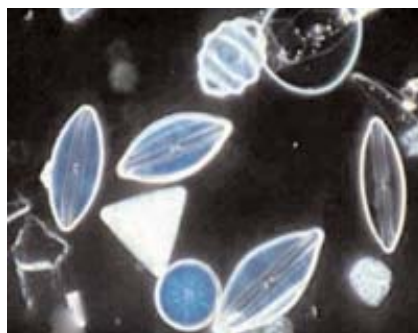
La diferencia fundamental entre ambas es la disposición del ADN en su interior. Mientras que en las células procariotas el ADN se encuentra libre en el citoplasma (en una región con límites poco definidos llamada **nucleoide**), en las células eucariotas se halla protegido en el interior del núcleo, orgánulo limitado por la **envoltura nuclear**.

Además, los únicos orgánulos presentes en todas las células procariotas son los **ribosomas**. Las células eucariotas, por el contrario, poseen numerosos orgánulos celulares.

Las bacterias, organismos unicelulares, son los únicos seres formados por células procariotas. Todos los demás seres vivos (algas, protozoos, hongos, plantas y animales) están constituidos por células eucariotas.



*Células eucariotas*



*Algas*



*Célula eucariota animal (óvulo)*

### 2.1. Células procariotas

Los primeros organismos vivos que aparecieron en la Tierra hace unos 3.500 millones de años estaban constituidos por una célula procariota. Su estructura interna es muy sencilla: su ADN está disperso en el citoplasma en una región no aislada con límites poco definidos llamada nucleoide. El tamaño de las células procariotas oscila entre 1 y 10  $\mu\text{m}$ . Estas células están formadas por:

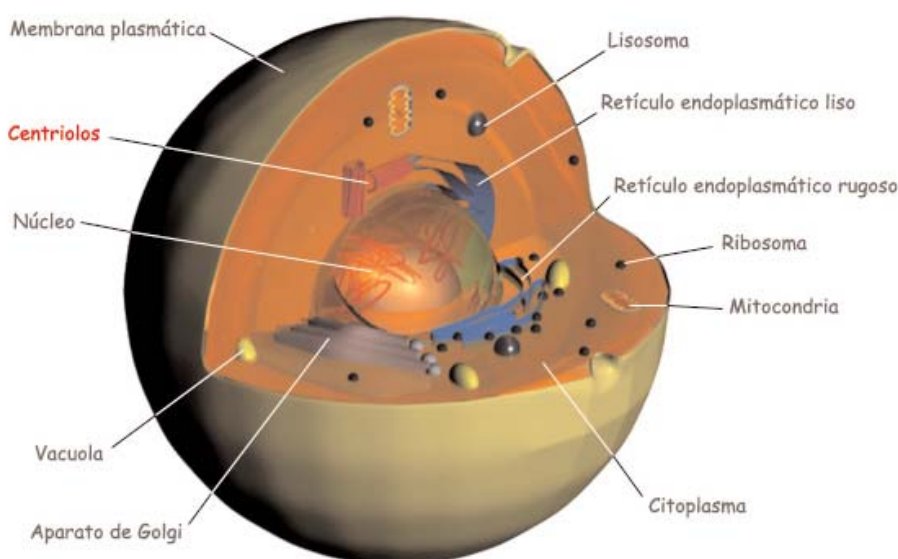
- **Cápsula:** cubierta exterior presente sólo en algunas bacterias.
- **Pared celular:** estructura rígida que da forma a la bacteria.
- **Membrana plasmática:** está por debajo de la pared celular y controla la entrada y salida de sustancias. En algunas zonas se pliega hacia dentro, formando los mesosomas que intervienen en la respiración celular y en la reproducción.
- **Citoplasma:** parte interior de la célula.
- **ADN:** es una única molécula de ADN circular que contiene la información genética.
- **Ribosomas:** orgánulos repartidos por el citoplasma que se ocupan de la síntesis de proteínas.
- **Flagelos:** prolongaciones del citoplasma que intervienen en el desplazamiento.
- **Fimbrias:** estructuras cortas y numerosas que fijan la bacteria al sustrato.

## 2.2. Células eucariotas

Las células **eucariotas** surgieron a partir de la evolución de las células procariotas. Su estructura interna es más compleja que la de la célula procariota, ya que poseen orgánulos rodeados de membrana que llevan a cabo las diversas funciones celulares, su ADN está protegido por una membrana nuclear y su tamaño es mayor que el de la célula procariota.

Se pueden distinguir dos tipos de células eucariotas en función de los orgánulos que poseen:

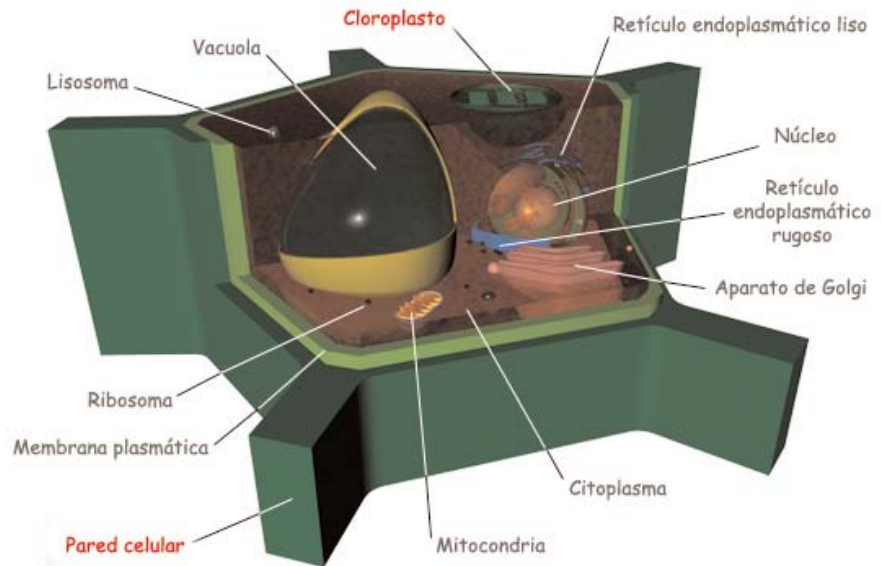
- Las **células animales**, que presentan centriolos, carecen de pared celular y cloroplastos y sus vacuolas son pequeñas. Son propias de animales y protozoos.



*Célula animal*



- Las **células vegetales**, que poseen pared celular rodeando externamente a la membrana plasmática. Además, presentan grandes vacuolas que les sirven para almacenar sustancias y cloroplastos que les permiten realizar la fotosíntesis. Carecen de centriolos. Son propias de las plantas. Asimismo, los hongos presentan un tipo de célula muy similar, aunque en este caso, carecen de cloroplastos puesto que no realizan la fotosíntesis.



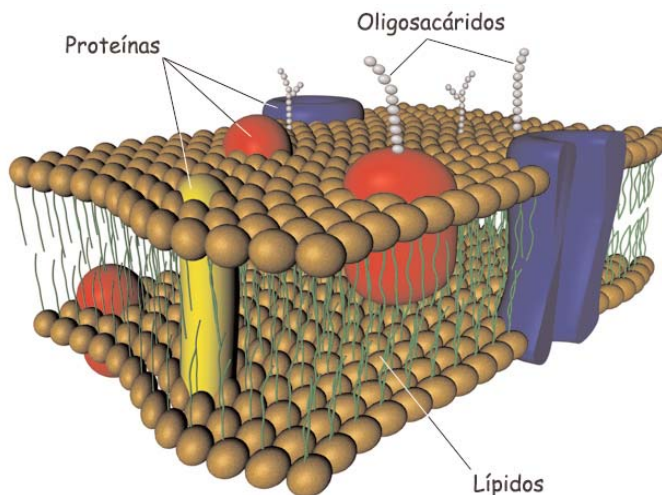
*Célula vegetal*

### Componentes y orgánulos celulares presentes en todas las células eucariotas

Todas las células eucariotas, tanto animales como vegetales, poseen:

- **Membrana plasmática**

Es la capa que rodea a la célula, aislándola y regulando el paso de sustancias entre el interior y el exterior de la célula. Está formada por una bicapa de lípidos, entre los que se intercalan proteínas.



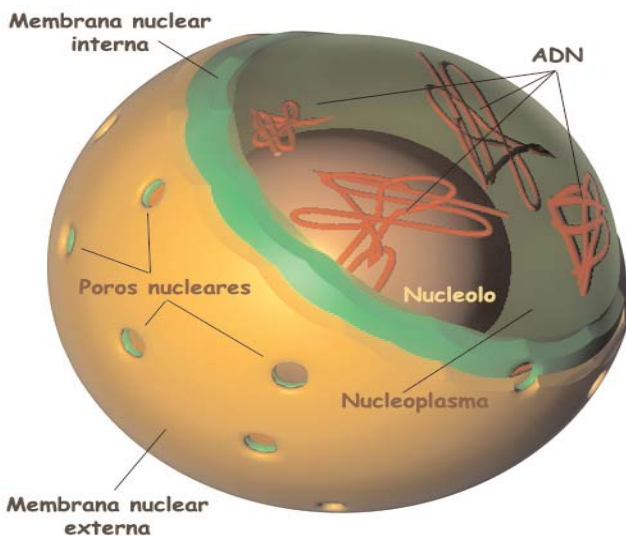
*Membrana plasmática*

### • Núcleo

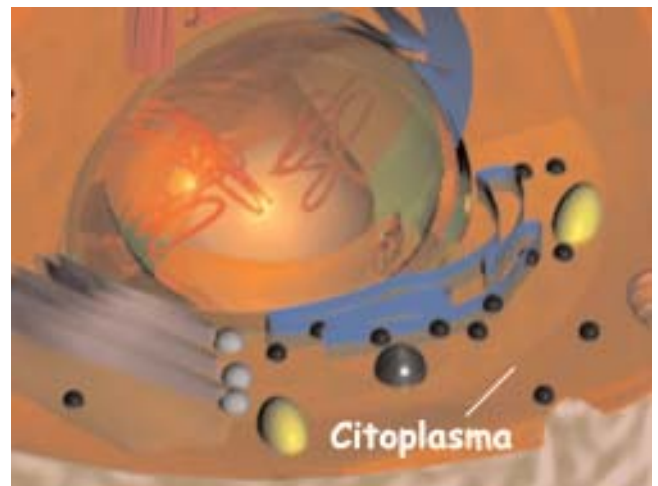
Contiene el material genético en su interior y está separado del resto de la célula por una doble membrana, que presenta poros para permitir el intercambio de sustancias.

### • Citoplasma

Es la parte de la célula situada entre la membrana plasmática y el núcleo. Está formado por un medio acuoso (citósol), una red de fibras proteicas (citoesqueleto) que intervienen en los movimientos celulares, fijan la posición de los orgánulos e intervienen en la división celular y los orgánulos celulares.



*Célula vegetal*



*Célula vegetal*

### Orgánulos celulares

Son estructuras inmersas en el citósol que ejercen diversas funciones. En la siguiente página se describe cada uno de ellos.

### Orgánulos celulares

Los siguientes son los orgánulos celulares presentes en todas las células eucariotas, tanto animales como vegetales.

#### • Ribosomas

Son pequeños gránulos dispersos por el citósol o adheridos al retículo endoplasmático.

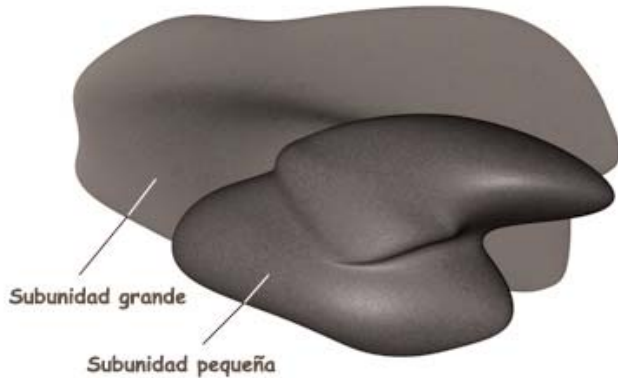
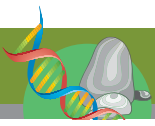
Elaboran las proteínas que la célula necesita.

#### • Retículo endoplasmático (RE)

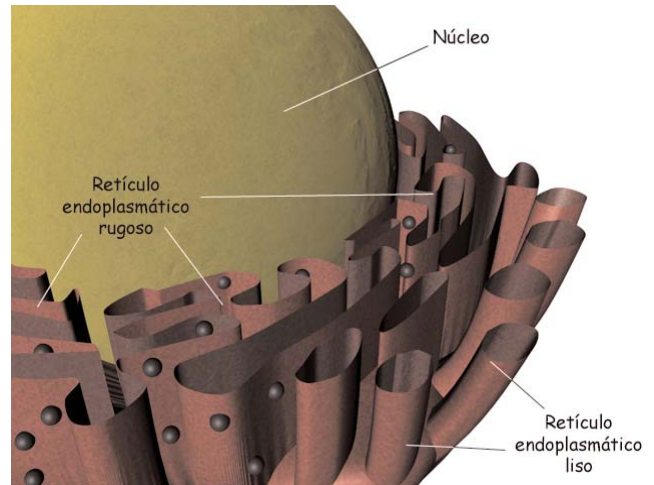
Está formado por una red de sáculos aplanados y túbulos que pueden conectar con la membrana nuclear. Si lleva adosados ribosomas a su membrana se llama retículo endoplasmático rugoso (RER) y si no los lleva retículo endoplasmático liso (REL).

En el RER se sintetizan proteínas y en el REL se elaboran lípidos y se destruyen sustancias tóxicas.





*Ribosomas*



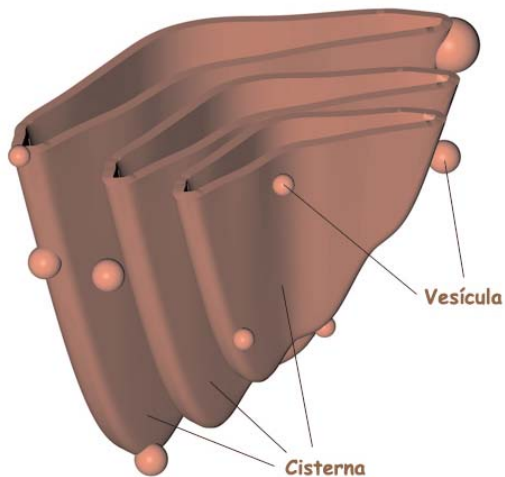
*Retículo endoplasmático*

• **Aparato de Golgi**

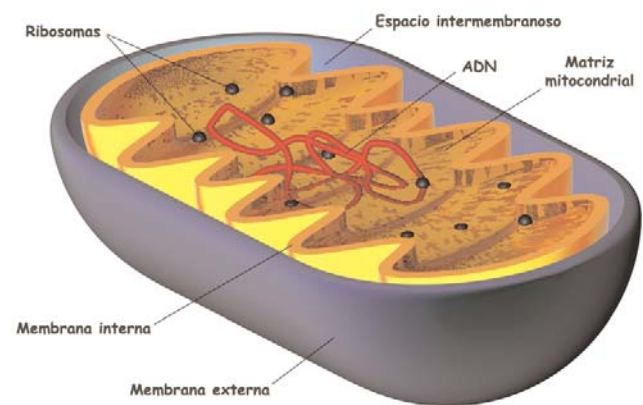
Está formado por la agrupación de sáculos aplanados o cisternas no comunicados entre sí y vesículas adheridas a ellos. En ellos se acumulan las sustancias procedentes del retículo endoplasmático. Estas sustancias pueden sufrir transformaciones a su paso por los sáculos y luego son segregadas al exterior mediante las vesículas de su periferia.

• **Mitocondrias**

Son orgánulos con forma esférica o alargada constituidos por dos membranas. La membrana externa es lisa y la interna presenta repliegues denominados crestas mitocondriales. En las mitocondrias se produce la respiración celular, proceso metabólico que permite la obtención de energía a partir de los nutrientes.



*Sección del aparato de Golgi*



*Sección de una mitocondria*

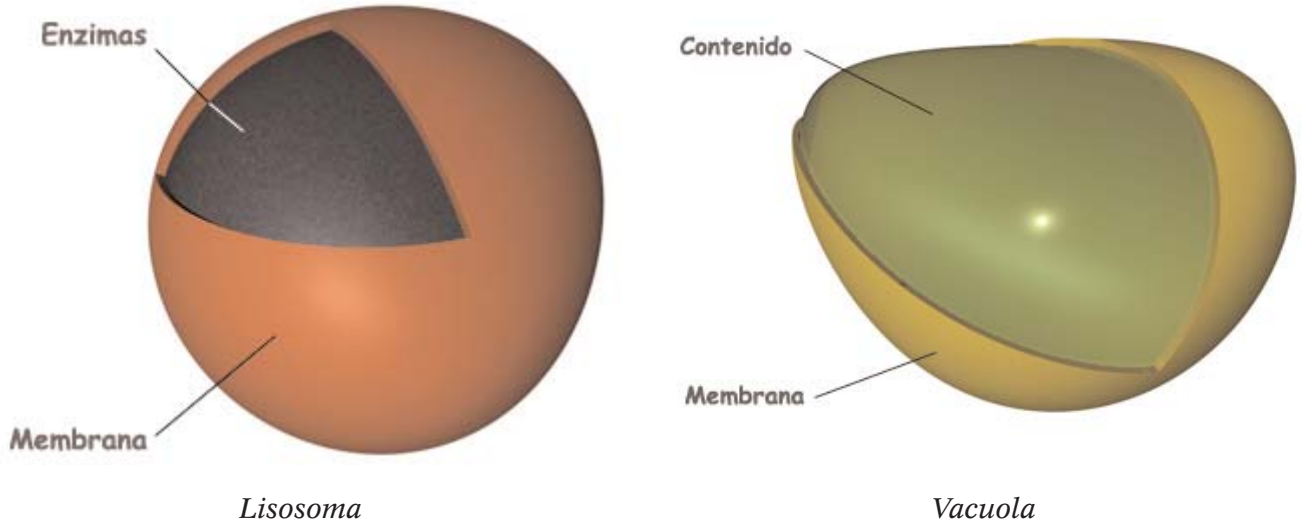
• **Lisosomas**

Son vesículas con membrana que contienen en su interior enzimas digestivas. Su función es la digestión de moléculas incorporadas por la célula o de orgánulos viejos de la célula.



• **Vacuolas**

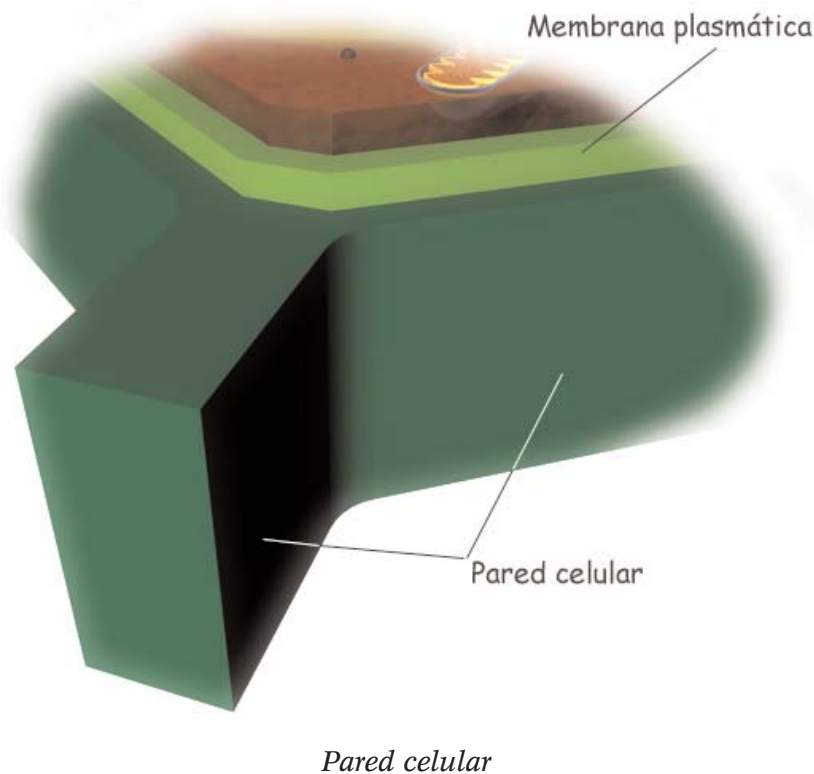
Son vesículas membranosas de tamaño y forma variable, que son más frecuentes y de mayor tamaño en células vegetales que animales. Se encargan del almacenamiento de productos como agua, sustancias de reserva, pigmentos o sustancias de desecho.



**Componentes y orgánulos celulares propios de células vegetales**

• **Pared celular**

Es una capa protectora de las células vegetales, situada sobre la membrana plasmática y constituida fundamentalmente por celulosa. Sus funciones son dar forma a la célula y protegerla.



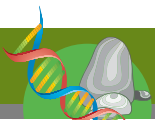
**Teoría endosimbiótica**

Las **mitocondrias** y los **cloroplastos** poseen ribosomas y ADN circular en su interior.

Estos hallazgos unidos al hecho de que su tamaño es semejante al de las bacterias sirvieron para el establecimiento de la teoría endosimbiótica.

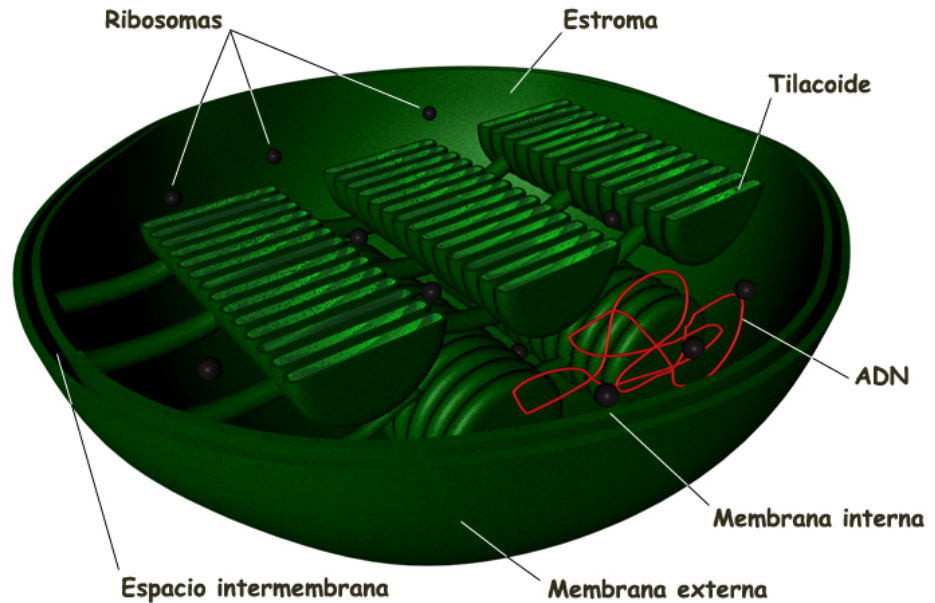
Esta teoría supone que las mitocondrias y cloroplastos evolucionaron a partir de **bacterias** que fueron fagocitadas por una célula eucariota ancestral.

Entre las bacterias y la célula se estableció una relación de **simbiosis**, en la que la célula eucariota proporcionaba un medio ambiente estable y de material nutritivo a las bacterias, que a su vez aportaban energía (mitocondrias primitivas) y materia orgánica (cloroplastos primitivos) a la célula.



• **Cloroplastos**

Están constituidos por una doble membrana que contienen en su interior, bañados en un líquido denominado estroma, sacos apilados llamados tilacoides. Estos sacos contienen clorofila y en ellos se produce la fotosíntesis, proceso metabólico en el que se fabrican moléculas orgánicas a partir de inorgánicas.



*Cloroplastos*

**Componentes y orgánulos celulares propios de células animales**

• **Centriolos**

Son dos estructuras cilíndricas dispuestas perpendicularmente entre sí. Sus funciones son el control y reparto equitativo del material genético durante las divisiones celulares y la regulación del movimiento de cilios y flagelos.



*Centriolos*



**Elige las correctas**

**Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:**

**Las células procariotas son las células de los vegetales**

**Las células eucariotas no poseen membrana nuclear**

**Las vacuolas de las células animales son mayores que las de las vegetales**

**Cualquier célula posee ribosomas**

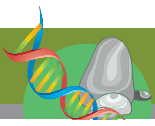
**Los cloroplastos son orgánulos relacionados con la fotosíntesis**

**Las bacterias están constituidas por una célula procariota**

**Las mitocondrias son características de las células vegetales**

**La pared celular sólo está presente en las células animales**

**Las células animales son las únicas que disponen de centriolos**



Relaciona

Relaciona los siguientes orgánulos celulares con la función que desempeñan:

Mitocondrias	Realiza la respiración celular
Vacuolas	Facilita el desplazamiento de la célula
Cilios y flagelos	Fabrican proteínas
Lisosomas	Contiene la información genética
Cloroplastos	Llevan a cabo la digestión de nutrientes
Núcleo	Realizan la fotosíntesis
Membrana plasmática	Almacenan agua
Ribosomas	Controla el paso de sustancias entre la célula y el medio



Completa

Algunos orgánulos son propios de un tipo de células eucariotas. Por ejemplo, sólo la célula animal tiene \_\_\_\_\_ y sólo la vegetal \_\_\_\_\_.

Otros orgánulos presentan diferencias morfológicas; las \_\_\_\_\_ de las células vegetales son \_\_\_\_\_ y las animales.

El retículo endoplasmático \_\_\_\_\_ tiene ribosomas adosados.

La función de los \_\_\_\_\_ es la síntesis proteica. El \_\_\_\_\_ contiene el material genético de la célula.

grandes	rugoso	vacuolas
pequeñas	núcleo	cloroplastos
centriolos	ribosomas	



### Contesta

¿Qué orgánulos estarán especialmente desarrollados en una célula muscular y en un glóbulo blanco? Razona tu respuesta


### 3. EL NÚCLEO CELULAR

El núcleo de la célula contiene la información genética y las instrucciones para el funcionamiento y la reproducción celular.

Generalmente, todas las células presentan un núcleo, aunque hay excepciones, como los glóbulos rojos que carecen de él y las células musculares que tienen muchos.

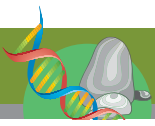
El núcleo se puede encontrar en dos estados diferentes: reposo y división celular. En la siguiente imagen se observan células de raíz de cebolla con núcleos en ambos estados. En la parte inferior aparece un núcleo en división. El resto son núcleos en reposo.



#### La estructura del núcleo (en reposo)

La estructura del núcleo es diferente dependiendo del estado en que se encuentre (reposo o división celular). En este apartado se describe la estructura correspondiente a su estado de reposo. Las características propias del estado de división celular se describirán al analizar el ciclo celular.





En estado de reposo, el núcleo es una estructura con forma esférica, que en las células animales ocupa una posición generalmente central y en las vegetales está desplazado hacia los laterales por la vacuola.

En él se distinguen los siguientes componentes:

- **Envoltura nuclear**

Está formada por dos membranas, la externa y la interna, separadas por un espacio intermembrana. La membrana externa se comunica con el retículo endoplasmático. Las membranas están interrumpidas por poros que regulan el paso de sustancias entre el núcleo y el citoplasma.

- **Nucleoplasma**

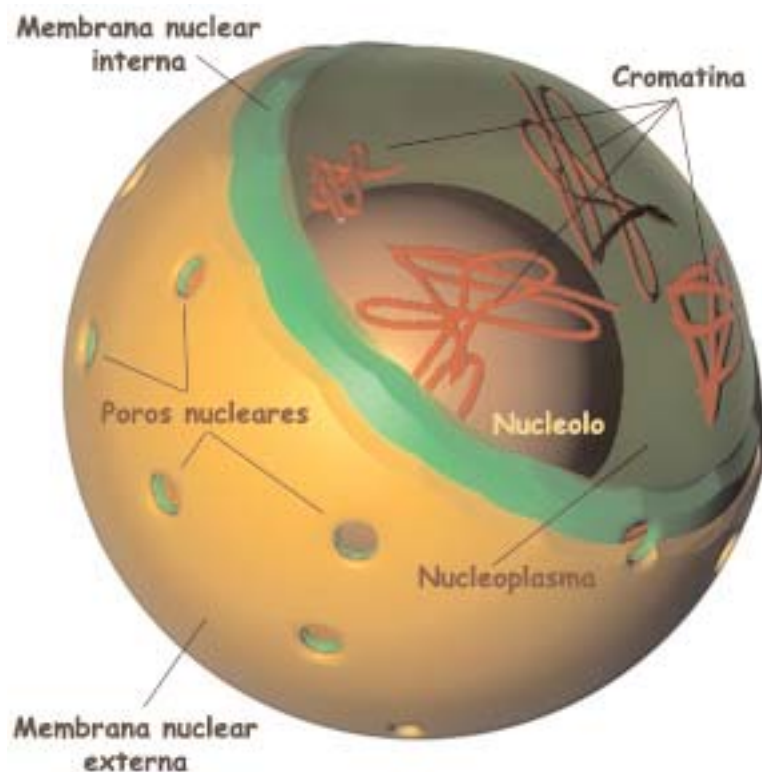
Es un líquido en el que se encuentran inmersos los componentes nucleares.

- **Nucléolo**

Es una estructura más o menos esférica carente de membrana que aparece en el núcleo en reposo. Su principal función es la síntesis de ribosomas.

- **Cromatina**

Está constituido por filamentos de ADN que se asocian a proteínas y están dispersos por el nucleoplasma. En ellos se encuentra la información necesaria para el funcionamiento celular. Cuando el núcleo está en división la cromatina se condensa y forma los cromosomas.



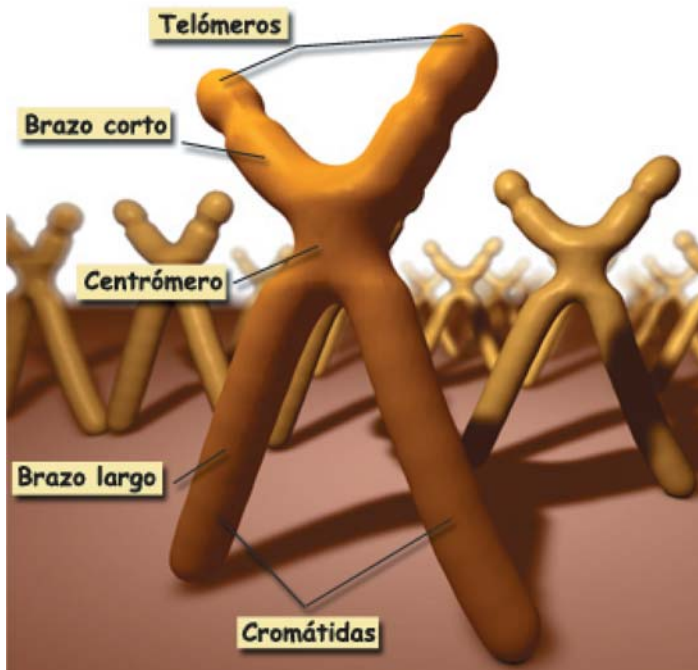
### Los cromosomas

Los cromosomas son estructuras filamentosas que se observan en la célula cuando ésta entra en división. Se forman por el empaquetamiento del ADN y su función es repartir la información genética de la célula madre entre las células hijas.

Químicamente están compuestos por cadenas de ADN empaquetados a las que se unen proteínas.

Cada cromosoma está formado por dos **cromátidas** unidas entre sí por un estrechamiento denominado **centrómero**. Cada cromátida está formada por dos **brazos** de igual o distinta longitud. Los extremos de los brazos se llaman **telómeros**. Las cromátidas de cada cromosoma contienen una molécula de cromatina condensada que es idéntica en las dos cromátidas; por ello se les llama cromátidas hermanas.

Todas las células de un ser vivo y todos los individuos de la misma especie tienen un número característico de cromosomas, con un tamaño y forma constante. Por ejemplo, en el caso del ser humano, tenemos 46 cromosomas mientras que una mosca doméstica presenta 12 cromosomas, el perro 78 y la planta del algodón dispone de 52. El número de cromosomas, por lo tanto, no guarda relación directa con la complejidad de los organismos.



Se distinguen varios tipos de cromosomas atendiendo a la longitud de los brazos:

- **Metacéntricos:** cuando los brazos tienen la misma longitud; por lo tanto, el centrómero se sitúa en la parte media del cromosoma.
- **Submetacéntricos:** los brazos son ligeramente desiguales ya que el centrómero está desplazado a uno de los lados.
- **Acrocéntricos:** los brazos presentan muy diferente longitud (uno es muy largo y otro muy corto). El centrómero se sitúa muy cerca del extremo terminal.
- **Telocéntricos:** sólo existe un brazo en el cromosoma, estando el centrómero situado en un extremo del cromosoma.

Atendiendo al número de cromosomas los organismos pueden ser:

### El cariotipo

El cariotipo es el conjunto de cromosomas de un organismo, ordenados en parejas de cromosomas homólogos por tamaño, de mayor a menor. Su estudio permite detectar enfermedades genéticas.

En el cariotipo se pueden distinguir dos tipos de cromosomas:

**Cromosomas sexuales o heterocromosomas:** es un par de cromosomas que determina el sexo. A uno se le llama X y al otro Y. En los humanos, los hombres son XY porque poseen un cromosoma X y otro Y y las mujeres son XX, ya que tienen dos cromosomas X.

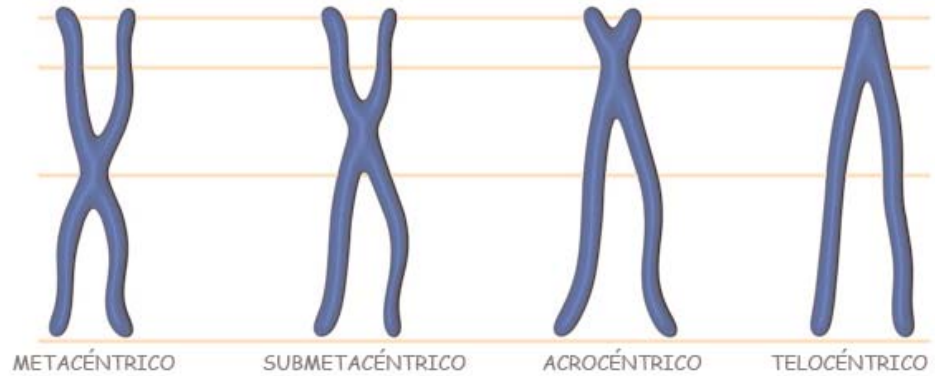
**Autosomas:** Son el resto de cromosomas no sexuales y son iguales para el sexo masculino y femenino.

En los humanos hay 46 cromosomas, de los cuales 22 pares son autosomas y un par son cromosomas sexuales. La siguiente imagen muestra dicho cariotipo humano (masculino).





- **Organismos haploides:** cuando poseen sólo un juego de cromosomas en sus células. Se representan con la letra  $n$ .
- **Organismos diploides:** cuando poseen un número par de cromosomas en sus células somáticas (no reproductoras). Los organismos diploides se representan con  $2n$ .
- **Organismos poliploides:** si el número de cromosomas es  $3n$ ,  $4n$ ,  $5n$ , etc.



Elige las correctas

Señala cuáles de las siguientes estructuras son características del núcleo celular en reposo

Envoltura nuclear

Cromátida

Nucleolo

Cromatina

Huso acromático

Cromosoma

--



**Relaciona**

Relaciona las siguientes estructuras nucleares con las características que les corresponden

Síntesis de ribosomas	Nucleolo
Rodea al núcleo	Nucleoplasma
Son los extremos de los brazos de los cromosomas	Cromatina
Líquido que contiene a los componentes del núcleo	Envoltura nuclear
Filamentos de ADN que se asocian a proteínas	Telómeros



**Verdadero o falso**

	Verdadero	Falso
Las células haploides tienen $2n$ cromosomas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las células somáticas son el óvulo y el espermatozoide	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Una célula haploide humana tiene 23 cromosomas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los cromosomas no sexuales se llaman autosomas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La mujer tiene dos heterocromosomas distintos entre sí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un cromosoma metacéntrico tiene uno de los brazos más corto que el otro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En un cromosoma telocéntrico ambos brazos son iguales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**4. EL CICLO CELULAR**

Todas las células, sean procariontas o eucariotas, se reproducen dando lugar a células hijas. Estas células crecerán y realizarán sus funciones hasta que se reproduzcan nuevamente.

El ciclo celular es la secuencia ordenada de fenómenos que ocurren en la vida de una célula, desde que se origina a partir de una célula preexistente, hasta que se divide para dar lugar a nuevas células hijas.

En el ciclo celular se pueden distinguir dos períodos de distinta duración:

• **Interfase**

Ocupa la mayor parte de la vida de la célula. Transcurre entre dos mitosis y en ella la célula experimenta los siguientes procesos:



- Aumenta de tamaño hasta alcanzar su estado adulto y lleva a cabo un metabolismo activo para sintetizar moléculas orgánicas y producir energía.
- Duplicación o replicación del ADN para que cada célula hija reciba la misma cantidad de ADN que la célula madre.
- Producción de nuevos orgánulos.

### • Fase de división celular o fase M

Consta de dos etapas, la fase de mitosis o división del núcleo y la citocinesis o división del citoplasma. Esta etapa es muy corta y dura alrededor del 10% del ciclo celular.

En los organismos unicelulares la reproducción coincide con la formación de un nuevo individuo. En los pluricelulares, las nuevas células se utilizan para el crecimiento o para sustituir a las células muertas.

En los organismos pluricelulares todas las células del organismo se forman por división del núcleo por mitosis, excepto los gametos o células reproductoras, que lo hacen por meiosis.



### 4.1. La mitosis

La mitosis consiste en la división del núcleo y reparto de los cromosomas en cantidades iguales entre las dos células hijas.

Durante la interfase, antes de que comience la mitosis, el ADN y los centriolos se duplican.

La mitosis se divide para su estudio en varias fases: profase, metafase, anafase y telofase.



• **PROFASE**

Los filamentos de cromatina se condensan y se forman los cromosomas, cada uno formado por dos cromátidas unidas por el centrómero. La membrana nuclear y el nucléolo desaparecen, dispersándose en el citoplasma.

En las células animales los centríolos se dirigen cada uno a un polo de la célula y se forma entre ellos un haz de fibras que recibe el nombre de huso acromático. Los cromosomas se unen a estas fibras por los centrómeros.

En las células vegetales no hay centríolos y el huso se forma sólo con los filamentos.

• **METAFASE**

Los cromosomas ya están totalmente condensados y se disponen en el centro de la célula, formando la placa ecuatorial del huso acromático, uniéndose a sus fibras por el centrómero.

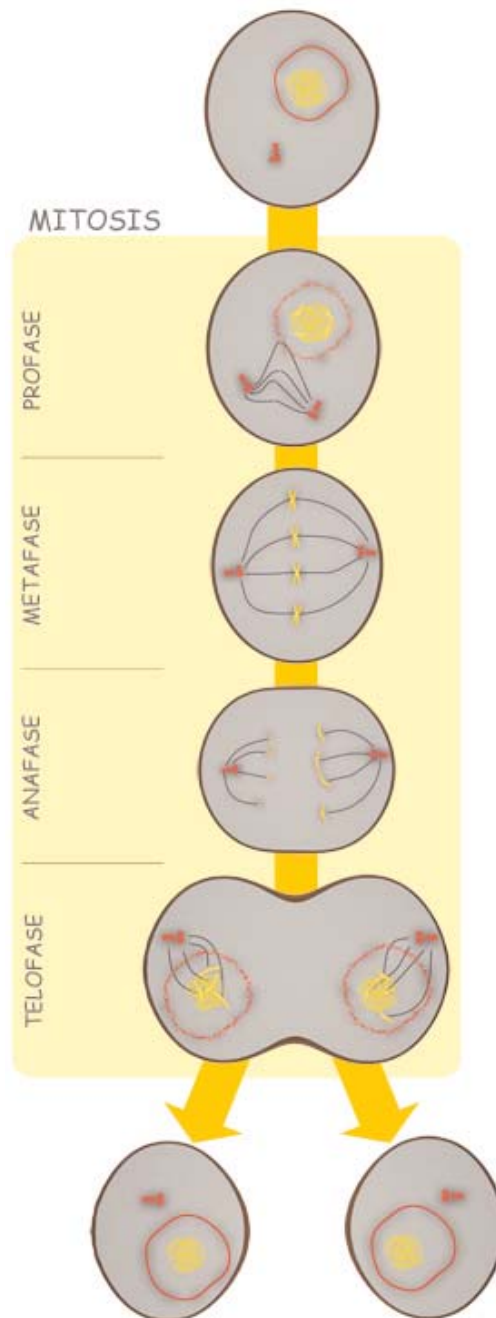
• **ANAFASE**

Las fibras del huso acromático se acortan y tiran de las cromátidas hermanas de cada cromosoma separándolas y llevándolas una a cada polo de la célula.

• **TELOFASE**

Desaparecen las fibras del huso acromático. Reaparece el nucléolo y comienza a formarse la membrana nuclear. Los cromosomas se condensan para constituir la cromatina.

De forma simultánea con la mitosis, al final de la anafase comienza la citocinesis, proceso paralelo que produce la división de la célula.



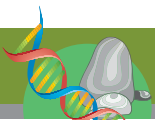
**Reproducción de células procariotas**

En las células procariotas la división celular se produce en dos etapas, una primera de crecimiento y otra posterior de división.

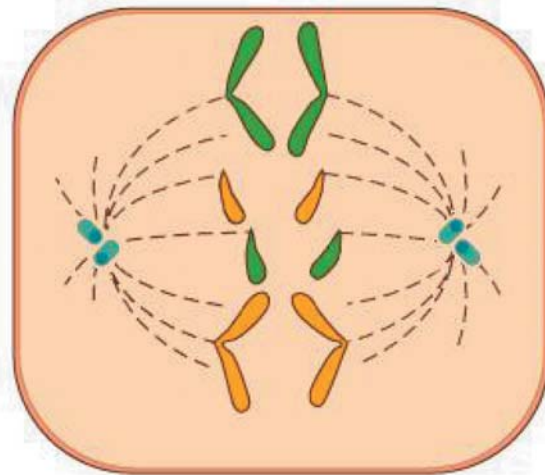
En la etapa de crecimiento, se produce la duplicación del ADN de la bacteria, dando lugar a dos copias idénticas. Cada copia se dirige a un polo de la célula, de manera que cada una de las células recibe uno de los ADN bacterianos.

Posteriormente, en la etapa de división, se desarrolla un tabique transversal que crece hacia dentro y separa a las células hijas.

La reproducción bacteriana es muy rápida; si se dan las condiciones adecuadas, pueden dividirse cada 20 minutos. ¡En estas condiciones, en un sólo día una única célula da lugar a 5·10<sup>21</sup> células!



 **Contesta**



¿A qué fase de la mitosis corresponde la imagen superior?

---

---

---

---

---

 **Relaciona**

Relaciona cada fase de la mitosis con los procesos que se desarrollan en ella

<b>Profase</b>	Los cromosomas se hacen visibles
<b>Anafase</b>	Los cromosomas se sitúan en el centro del huso acromático
<b>Metafase</b>	Las cromátidas hermanas se separan y se dirigen a los polos
<b>Telofase</b>	Se forman dos envolturas nucleares y dos nucléolos

#### 4.2. La citocinesis

Tras la división del núcleo comienza la división del citoplasma y la distribución de los orgánulos entre las nuevas células hijas.

En las células animales ocurre por estrangulamiento de la célula madre en la zona central.



En las células vegetales no se produce estrangulamiento debido a la rigidez de la pared celular. En su lugar, se forma una placa celular que separa las células hijas y da lugar a una nueva pared celular.



**Ordena**

**Ordena temporalmente los siguientes acontecimientos del ciclo celular:**

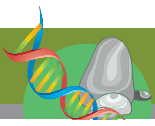
1	Reaparece el nucléolo, comienza a formarse la membrana nuclear y los cromosomas se descondensan
2	Las cromáticas hermanas de cada cromosoma se separan y van una a cada polo de la célula
3	Los centriolos se dirigen cada uno a un polo de la célula y se forma el huso acromático
4	Comienza la división del citoplasma y la distribución de los orgánulos entre las nuevas células hijas
5	El ADN y los centriolos se duplican
6	Los filamentos de cromatina se condensan y se forman los cromosomas; la envoltura nuclear se dispersa en el citoplasma
7	Los cromosomas se unen a las fibras del huso por los centrómeros
8	Los cromosomas se disponen en el centro de la célula, formando la placa ecuatorial del huso acromático

**5. LA REPRODUCCIÓN SEXUAL. LA MEIOSIS**

La reproducción sexual consiste en la unión de dos células procedentes de dos individuos diferentes, denominadas gametos, para formar una nueva célula llamada cigoto. Esta célula, a partir de la cual se desarrollará un nuevo individuo, tiene el mismo número de cromosomas que las células de los organismos progenitores. Para que esto pueda ser posible, los gametos disponen de la mitad de cromosomas que el resto de células de los progenitores. Lógicamente, si los gametos se formaran por mitosis tendrían igual número de cromosomas que las demás células del organismo, y en cada generación se duplicaría el número de cromosomas de la especie.

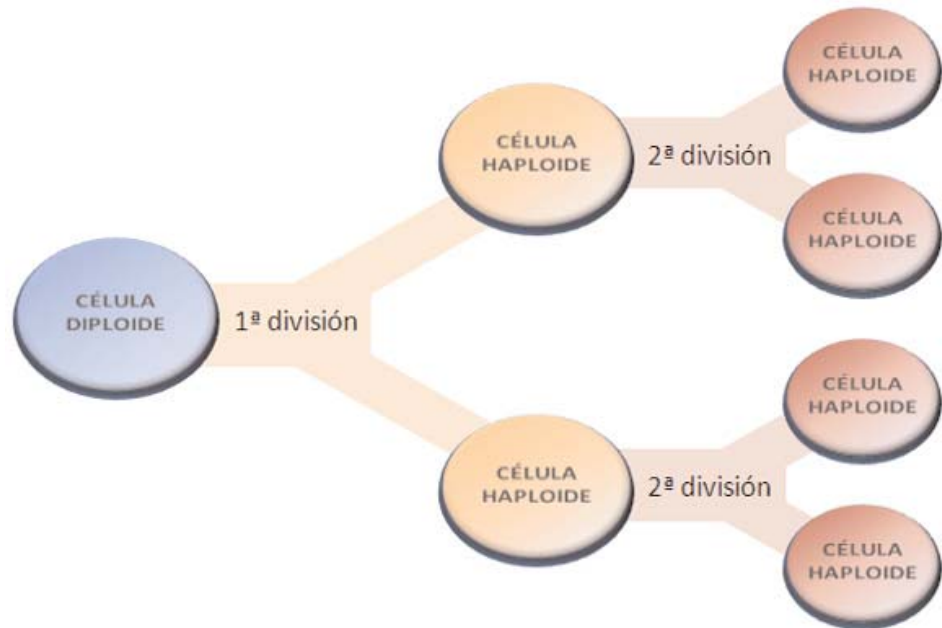
Para que el número de cromosomas de la célula permanezca constante se produce un tipo de división celular especial conocida con el nombre de meiosis. En este proceso se reduce a la mitad el número de cromosomas de la célula progenitora. Al mismo tiempo, la meiosis origina un aumento de la variabilidad genética.

La meiosis consiste en dos divisiones celulares consecutivas entre las cuales no se produce duplicación del material genético. En el proceso se forman



cuatro células hijas (haploides) cada una con la mitad de cromosomas que la célula madre.

Antes de que empiece el proceso, durante la interfase, en el núcleo tiene lugar la duplicación del ADN. A continuación se producen dos divisiones sucesivas. La primera división es distinta a una división normal por mitosis; en ella el número de cromosomas queda reducido a la mitad, por lo que se denomina división reduccional. La segunda división es semejante a una división por mitosis.



## 5.1. Etapas de la meiosis Primera división meiótica

Consta de las 4 fases de la mitosis, aunque en las mismas no ocurran los mismos fenómenos que en la mitosis.

### • Profase I

En una célula diploide sus cromosomas se condensan hasta hacerse visibles. En las células animales los centriolos se dirigen cada uno a un polo de la célula y se forma entre ellos un haz de fibras que recibe el nombre de huso acromático. En las células vegetales no hay centriolos y el huso se forma sólo con los filamentos. Los cromosomas homólogos (cada uno con sus dos cromátidas) se colocan unidos por parejas y se produce el intercambio de fragmentos entre cromosomas homólogos (recombinación). Como consecuencia del mismo, las células hijas son genéticamente distintas a la célula madre.

### • Metafase I

Los cromosomas homólogos unidos por parejas se disponen en el plano ecuatorial del huso acromático.

### • Anafase I

Cada uno de los miembros de las parejas de cromosomas homólogos emigra hacia un polo de la célula. En cada polo, al final del proceso hay un grupo de  $n$  cromosomas cada uno con dos cromátidas.

• **Telofase I y citocinesis**

En cada polo se forma un nuevo núcleo y la célula se divide obteniéndose dos células con  $n$  cromosomas cada una. Se ha reducido a la mitad el número de cromosomas, por lo que a esta primera división meiótica se la conoce también como **división reduccional**.

**Segunda división meiótica**

Se produce inmediatamente después de acabar la primera división en cada una de las dos células resultantes y es ya una mitosis normal. Consta de las 4 fases características de la mitosis.

• **Profase II**

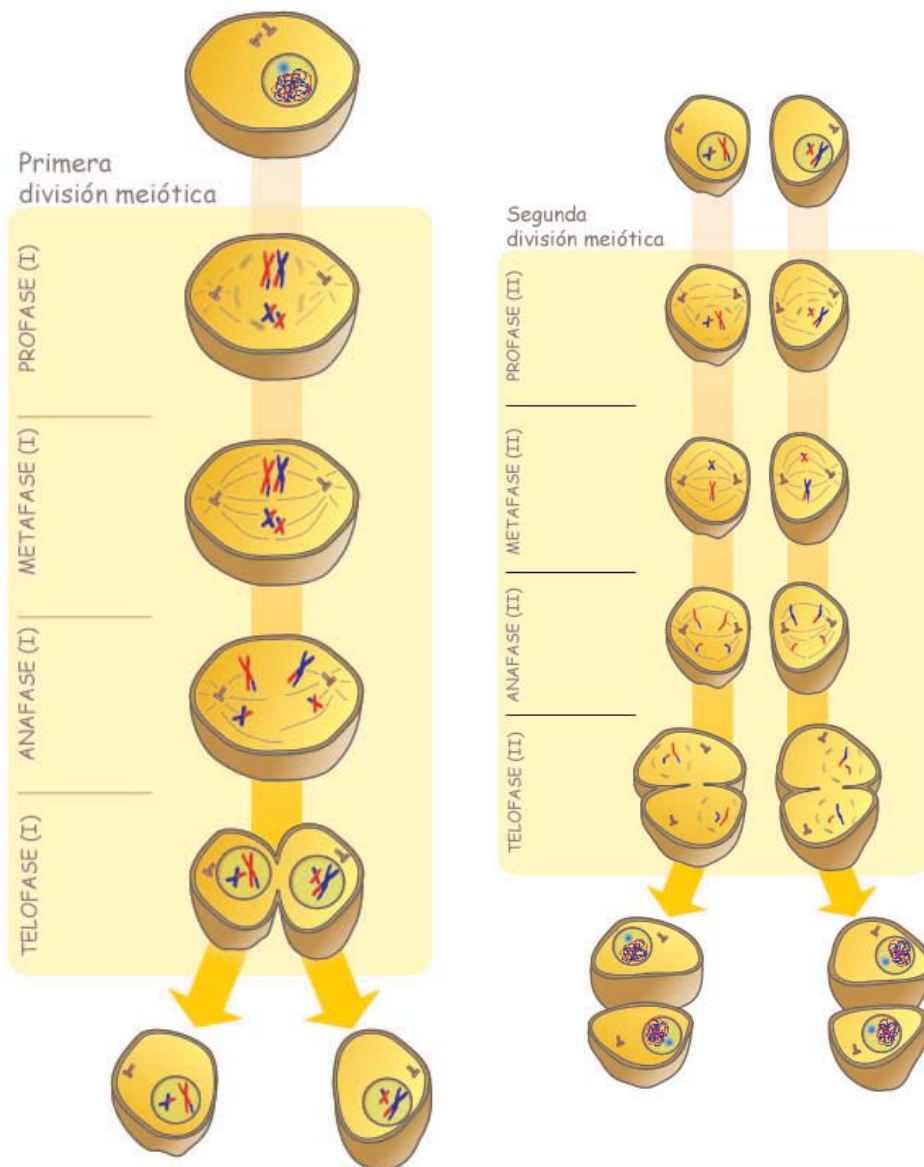
Sin pasar por la interfase, y por lo tanto sin que se haya producido duplicación del ADN, los cromosomas se condensan hasta hacerse visibles. En las células animales los centríolos se dirigen cada uno a un polo de la célula

**Formación de los gametos**

El proceso de formación de los gametos se llama **gametogénesis**.

En el caso de los gametos masculinos se habla de **espermatoagénesis**. Se lleva a cabo en los testículos. Las células de partida son diploides y sufren meiosis originando 4 células haploides. Estas células sufrirán un proceso de diferenciación celular dando lugar a los espermatozoides. Dos de ellos llevarán un cromosoma X y los otros dos un cromosoma Y.

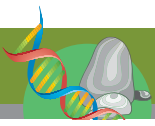
La **ovogénesis** es el proceso de formación de los gametos femeninos. Se realiza en los ovarios. Las células de partida son diploides y sufren meiosis originando 4 células haploides, un gameto femenino u óvulo y tres corpúsculos polares que no se desarrollan. Todos los óvulos llevan el cromosoma X.



*Primera división meiótica*

*Segunda división meiótica*





y se forma entre ellos un haz de fibras que recibe el nombre de huso acromático. En las células vegetales no hay centriolos y el huso se forma sólo con los filamentos.

- **Metafase II**

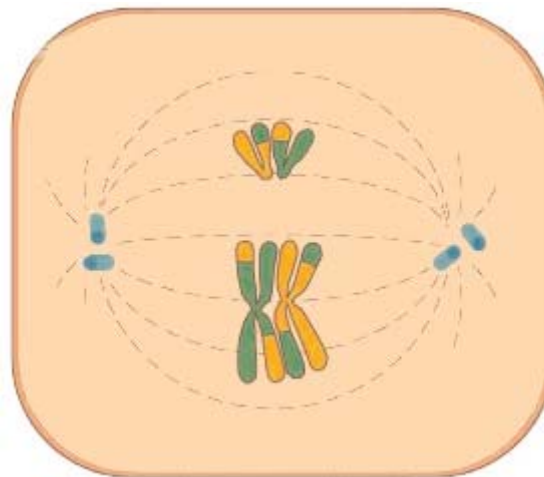
Los cromosomas se colocan en el plano ecuatorial de la célula.

- **Anafase II**

Se separan las dos cromátidas de cada cromosoma y se desplazan hacia los polos de la célula.

- **Telofase II y citocinesis**

Se obtiene como resultado final cuatro células haploides (dos de cada una de las células formadas en la primera división) cuyos núcleos tienen sólo  $n$  cromosomas.



¿A qué fase de la meiosis corresponde la imagen superior?




**Verdadero o falso**

Di si las siguientes afirmaciones sobre los procesos que se dan durante la meiosis son verdaderas o falsas:

	Verdadero	Falso
En la meiosis sólo se duplica una vez el ADN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En la anafase de la primera división meiótica se separan cromosomas homólogos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En la metafase de la primera división meiótica se produce la recombinación genética (sobrecruzamiento)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En la anafase de la segunda división meiótica los cromosomas homólogos se disponen por parejas en el centro de la célula	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En la primera división meiótica el número de cromosomas se ha reducido a la mitad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tras la meiosis de una célula se forman 4 células, cada una con la mitad de la información genética de la original	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En la profase de la primera división meiótica los cromosomas tienen una cromátida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En la anafase de la segunda división meiótica se separan las cromátidas hermanas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**Elige la correcta**

Si una célula somática de un individuo diploide tiene 20 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tiene una célula sexual?

10	<input type="checkbox"/>
20	<input type="checkbox"/>
2n	<input type="checkbox"/>
Depende de si es masculina o femenina	<input type="checkbox"/>

**5.2. Diferencias entre mitosis y meiosis**

En la siguiente tabla se resumen las diferencias principales que existen entre la mitosis y la meiosis.



**Ciclos biológicos**

El ciclo biológico es el conjunto de fases diferenciadas por las que pasa un organismo desde que se forma el cigoto hasta que se origina un individuo adulto.

Se distinguen tres tipos de ciclos biológicos:

1. En el **ciclo haplonte** los individuos adultos son haploides. Por mitosis generan gametos haploides que se fusionan y dan un cigoto diploide que experimenta meiosis y origina un individuo adulto haploide. Este ciclo es propio de algas y hongos unicelulares. La única célula diploide es el cigoto.

2. En el **ciclo diplonte** el individuo adulto es diploide. En él, los gametos son las únicas células haploides y se originan por meiosis. Tras la fecundación se origina un cigoto diploide que da lugar a un individuo adulto diploide. Se da en casi todos los animales, protozoos y algunas algas y hongos.

3. En el **ciclo diplohaplonte** se da alternancia de generaciones, hay individuos adultos haploides y diploides. La fase diploide, conocida como esporofito, genera por meiosis esporas haploides. Éstas dan una forma adulta haploide, el gametofito, que origina a su vez gametos haploides. Tras la fecundación de los gametos se origina un cigoto diploide que dará lugar al esporofito. Se presenta en plantas, algunas algas y algunos hongos.

	MITOSIS	MEIOSIS
<b>CÉLULAS IMPLICADAS</b>	Se produce en las células somáticas. Puede ocurrir en células haploides o diploides ya que los cromosomas homólogos no están emparejados.	Sólo se produce en las células madre de los gametos. Se produce sólo en células diploides ya que precisa que los cromosomas homólogos estén emparejados.
<b>NÚMERO de DIVISIONES</b>	UNA sola división celular.	DOS divisiones celulares.
<b>En la ANAFASE ...</b>	... se separan cromátidas hermanas.	... en la primera división se separan pares de cromosomas homólogos. En la segunda división se separan cromátidas.
<b>SOBRECruzAMIENTO</b>	No se produce.	Se produce entre cromosomas homólogos.
<b>DURACIÓN</b>	Corta.	Larga.
<b>RESULTADO</b>	Dos células hijas con igual información genética.	Cuatro células hijas genéticamente distintas, con la mitad de la información genética de la célula madre.
<b>FINALIDAD</b>	Crecimiento y renovación de células y tejidos. Mantenimiento de la vida del individuo.	Continuidad de la especie y aumento de la variabilidad genética.

**5.3. Importancia biológica de la mitosis y la meiosis**

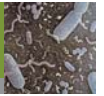
La mitosis y la meiosis son dos procesos de reproducción celular. No obstante, tienen un significado biológico distinto.

En los organismos unicelulares, la mitosis tiene como finalidad la reproducción asexual del propio organismo, de modo que se produce un incremento de la población de la especie. Los individuos así generados son idénticos al progenitor.

Los organismos pluricelulares utilizan la división celular por mitosis para su propio crecimiento, para renovar células destruidas y para renovar tejidos dañados.



*La meiosis ocasiona la variabilidad genética, originando individuos diferentes en una misma especie y posibilitando la evolución de la especie*



Por el contrario, la meiosis origina células sexuales haploides, como medio para asegurar un número constante de cromosomas en los organismos a lo largo de sucesivas generaciones. Así mismo, gracias al intercambio de la información genética que se produce en la primera división meiótica, asegura la variabilidad genética de la descendencia. Dicha variabilidad permite la evolución de las especies, su adaptación a ambientes cambiantes y por lo tanto aumenta sus posibilidades de supervivencia.

## 6. NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS

La materia se organiza en diferentes niveles de complejidad creciente denominados **niveles de organización**. Cada nivel proporciona a la materia propiedades que no se encuentran en los niveles inferiores.

Los niveles de organización de la materia se pueden agrupar en **abióticos** y **bióticos**. Los abióticos abarcan tanto a la materia inorgánica como a los seres vivos, mientras que los bióticos sólo se encuentran en los seres vivos.

Los niveles de organización **abióticos** son:

- **Nivel subatómico**, formado por las partículas constituyentes del átomo (protones, neutrones y electrones).
- **Nivel atómico**, compuesto por los átomos que son la parte más pequeña de un elemento químico. Ejemplo: el átomo de hierro o el de carbono.
- **Nivel molecular**, formado por las moléculas que son agrupaciones de dos o más átomos iguales o distintos. Dentro de este nivel se distinguen las macromoléculas, formadas por la unión de varias moléculas, los complejos supramoleculares y los orgánulos formados por la unión de complejos supramoleculares que forman una estructura celular con una función.

Los niveles de organización **bióticos** son:

- **Nivel celular**, que comprende las células, unidades más pequeñas de la materia viva.
- **Nivel tejido**, o conjunto de células que desempeñan una determinada función.
- **Nivel órgano**, formado por la unión de distintos tejidos que cumplen una función.
- **Nivel aparato y sistema**, constituido por un conjunto de órganos que colaboran en una misma función.
- **Nivel individuo**, organismo formado por varios aparatos o sistemas.
- **Nivel población**, conjunto de individuos de la misma especie que viven en una misma zona y en un mismo tiempo.
- **Nivel comunidad**, conjunto de poblaciones que comparten un mismo espacio.
- **Ecosistema**, conjunto de comunidades, el medio en el que viven y las relaciones que establecen entre ellas.

### Cultivo de células madre

Las células madre son células no diferenciadas que pueden dar lugar a cualquier célula del cuerpo humano. Al proceso por el que una célula no diferenciada da lugar a una célula especializada se le llama diferenciación.

Esta característica hace que puedan ser empleadas con fines terapéuticos para curar enfermedades degenerativas como el Alzheimer o enfermedades cardiovasculares.

Las células madre se obtienen fundamentalmente de embriones en sus primeras fases de desarrollo, que poseen gran cantidad de estas células y permiten obtenerlas fácilmente.

También hay células madre en tejidos adultos, con poca especialización y con capacidad de replicarse ante daños en las células del tejido.

El primer cultivo de células madre embrionarias humanas con fines terapéuticos se realizó en 1998. Desde entonces se han producido grandes avances. No obstante, éste es un campo que plantea dilemas éticos.

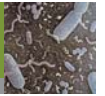


**Observación al microscopio de algunos niveles bióticos**



*Estomas entre células vegetales (microscopía óptica)*





## EJERCICIOS

1. Responde a las siguientes cuestiones sobre las células del hígado de los ratones:

- ¿Son células con organización procariota o eucariota? ¿Por qué?
- ¿Qué rasgos caracterizan a este tipo de organización?
- ¿Qué diferencia podrías encontrar entre estas células y las de un lirio?
- ¿Son células diploides o haploides?
- ¿Qué tipo de división experimentarían, mitosis o meiosis?
- En el hígado el metabolismo es muy activo ¿Qué orgánulo estará muy desarrollado?

2. Indica razonadamente qué le ocurriría a una célula eucariota animal que no tuviera:

- ADN.
- Mitocondrias.
- Nucléolo.
- Centriolos.

3. Explica las diferencias entre las siguientes etapas de la mitosis y la meiosis:

- La metafase de la primera división meiótica y la metafase de una mitosis.
- La anafase de la primera división meiótica y la anafase de una mitosis.



# LA HERENCIA Y LA TRANSMISIÓN DE CARACTERES

# 4

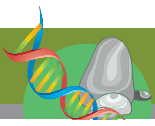


## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Las personas siempre han sabido que los descendientes de cualquier ser vivo eran similares a los progenitores, ya que la experiencia indicaba que cuando se sembraban semillas de maíz sólo crecía maíz o que los hijos de los gatos eran siempre gatos. Aunque sin comprender el fundamento científico subyacente, casi desde el Neolítico se sabía que muchas características anatómicas, fisiológicas y de comportamiento se repetían en seres emparentados entre sí. Así, mediante cría o siembra selectivas, se fueron obteniendo la mayoría de nuestros animales domésticos y plantas cultivadas. La ciencia que permite entender cómo se transmiten o heredan los caracteres se denomina Genética y en esta unidad vamos a ocuparnos de ella, es decir, de estudiar los procesos y mecanismos por los que, a través de la reproducción, los hijos reciben de sus padres en forma “cifrada” toda la información necesaria para desarrollar los caracteres que les transmiten. Describiremos la localización, estructura y función de la materia portadora de dicha información hereditaria, compuesta básicamente por ADN, y revisaremos algunos de los principales avances que se han producido en ese campo del conocimiento en las últimas décadas.

Cuando termines de estudiar la unidad deberás ser capaz de:

1. Comprender los principios básicos de la transmisión de los caracteres de una generación a las siguientes.
2. Definir los conceptos genéticos esenciales, como ADN, gen, cromosoma, carácter, etc.
3. Enunciar las Leyes de Mendel y predecir los resultados de cruzamientos sencillos, aplicando dichas leyes básicas de la Genética.
4. Distinguir entre herencia dominante, intermedia y codominante.
5. Explicar la composición y estructura básica del ADN y del ARN y su función en la herencia y expresión de los caracteres
6. Comprender cómo se heredan algunas características, tanto dominantes como recesivas, en las personas.
7. Explicar el proceso de la herencia del sexo en la especie humana y de algunas características que se heredan ligadas o influidas por él.
8. Definir el concepto de mutación y explicar sus consecuencias generales.
9. Entender la base genética de algunas enfermedades humanas hereditarias frecuentes.
10. Conocer algunos procedimientos de manipulación del material hereditario, como las técnicas de ingeniería genética y la clonación.
11. Describir y justificar algunas aplicaciones y riesgos de la biotecnología moderna.

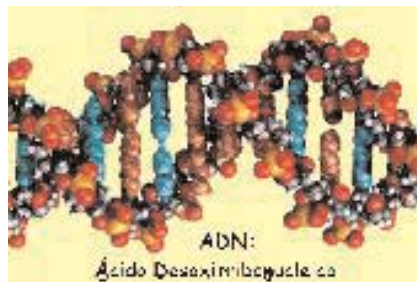


## 1. GENÉTICA CLÁSICA

Actualmente se llama **Genética** a la ciencia que estudia la naturaleza, organización, función, expresión, transmisión y evolución de la información hereditaria codificada de los organismos. En esta unidad vamos a examinar los mecanismos por los que, a través de la reproducción, los hijos reciben de sus padres toda la información necesaria para desarrollar los caracteres que les hacen semejantes a ellos. Empezaremos describiendo las experiencias de Mendel, quien al ser el primero en proponer una explicación del modo en que se transmiten o heredan los caracteres, es considerado padre de la **Genética**. También repasaremos la estructura y función de la materia hereditaria o portadora de dicha información, compuesta básicamente por **ADN**, y describiremos y revisaremos algunos de los principales avances que se han producido en ese campo en las últimas décadas.

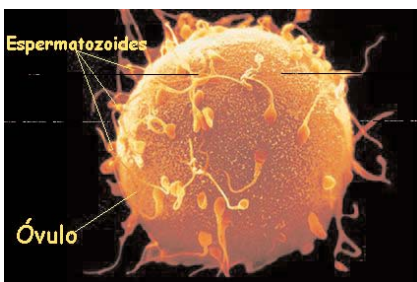


Gregor Johann Mendel 1822-1884



### 1.1. La reproducción y la herencia

Como recordarás, la **reproducción** incluye todos los procesos que permiten a los seres vivos originar otros similares a ellos mismos mediante el desarrollo de un “programa” que se transmite de progenitores a descendientes, es decir, que se hereda. Si el nuevo ser procede de la unión o **fecundación** de células exclusivamente destinadas a la reproducción o **gametos**, hablamos de **reproducción sexual**. Puesto que los gametos suelen proceder de dos progenitores distintos, como ocurre por ejemplo en los animales, los descendientes suelen ser diferentes a ellos y entre sí. Por el contrario si el nuevo organismo se origina a partir de células no especializadas hablamos de **reproducción asexual**. En este caso el individuo resultante suele ser idéntico al progenitor ya que posee la misma información: es un “clon” natural. Así se reproducen las bacterias o animales muy simples como las esponjas. Las plantas pueden reproducirse sexualmente, por ejemplo mediante semillas, o asexualmente como en el caso de un trozo de patata que origina una nueva planta.



### 1.2. Las experiencias de Mendel. Leyes de la herencia

Hasta mediados del siglo XIX se habían cruzado diferentes variedades de seres vivos buscando obtener individuos con ciertas características deseadas.



Sin embargo los hijos de los híbridos así logrados no conservaban muchas veces los rasgos modificados. **Gregorio Mendel (1822-1884)**, monje austriaco natural de Heizendorf, hoy Hyncice (actual Rep. Checa), es considerado como padre de la Genética porque fue el primer investigador que entre 1856 y 1863 realizó numerosos cruzamientos controlados aplicando el método científico y expresando sus resultados en términos matemáticos o estadísticos. Obtuvo así unas leyes que pueden aplicarse en la mayoría de los casos para comprender y predecir la herencia de los caracteres. Presentó las conclusiones de sus “*Experimentos de hibridación de plantas*” ante la Sociedad de Historia Natural de Brünn en 1865 y se publicaron en 1866, aunque pasaron totalmente desapercibidas hasta que en **1900 De Vries, Correns y Tschermack**, obtienen, independientemente unos de otros, resultados similares que publican como redescubrimiento de los principios de Mendel.



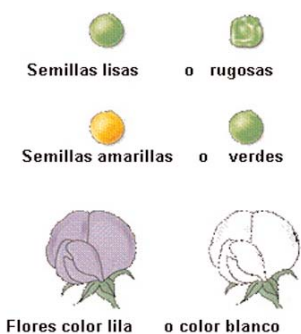
Mendel eligió para sus experiencias ejemplares de guisante de olor *Pisum sativum*, fáciles de cultivar en su convento de Brünn. Es una planta que crece rápidamente, presenta variedades con características fáciles de observar y que se puede autopolinizar o conseguir en ella fecundación cruzada con una sencilla manipulación. Además del acierto en la elección de esa especie para sus trabajos, Mendel tuvo la idea genial de estudiar en cada uno de sus cruzamientos iniciales la transmisión de un sólo rasgo o **carácter**. Con ese fin seleccionó plantas que fueran lo que él llamó **razas puras** para cada característica, es decir que por autofecundación produjeran sólo descendientes con dicha cualidad. Así aisló plantas que presentaban hasta 7 rasgos con dos alternativas (**caracteres antagónicos**): semillas de superficie lisa o rugosa; de color amarillo o verde; vaina hinchada o no; flores con pétalos blancos o lilas, etc.

### Genética

El término **Genética** fue propuesto por Bateson en 1906 para designar la Ciencia que estudia la herencia y la variación en los seres vivos. Procede del griego "gen", que significa llegar a ser o a convertirse en algo.

#### ¿Reproducción asexual o sexual?

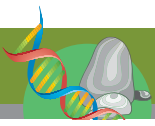
Cuando una especie está muy bien adaptada y el ambiente es estable, la reproducción asexual resulta muy conveniente. Si las características del entorno varían, es más ventajosa la reproducción sexual, puesto que al originarse organismos diferentes siempre habrá alguno con las características adecuadas para sobrevivir en las nuevas condiciones. Por esta razón, la mayoría de las especies más evolucionadas o complejas se reproducen sexualmente.



Vaina		Tallo	
Forma	Color	Lugar	Tamaño
Lleno	Amarillo	Vainas axilares. Las Flores crecen a lo largo	Largo (~3m)
Constreñido	Verde	Vainas terminales. Las Flores crecen arriba	Corto (~30cm)

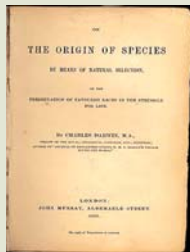






### Mendel y Darwin

En 1859 Darwin publicó "El Origen de las Especies" en el que proponía que la naturaleza **seleccionaba** a los organismos mejor adaptados para sobrevivir y, por tanto, transmitir sus ventajosas características a sus descendientes. En 1871 publicó "El origen del hombre", en el que planteaba un pasado común para el hombre y los primates. Estas ideas fueron enérgicamente rebatidas y rechazadas en la sociedad de la época, mayoritariamente defensora de las ideas creacionistas. Es comprensible que, frente a una polémica tan trascendental, los descubrimientos de Mendel sobre la herencia en los guisantes pasaran totalmente desapercibidos.



### Completa

La ciencia que estudia la transmisión de los caracteres hereditarios se llama \_\_\_\_\_. El primer científico que propuso unas leyes generales para explicar cómo se produce la herencia fue \_\_\_\_\_. Si un organismo forma células especializadas para reproducirse se dice que su reproducción es \_\_\_\_\_ y a dichas células se les llama \_\_\_\_\_.

Genética	Sexual	Mendel
Gametos		

### Primera Ley

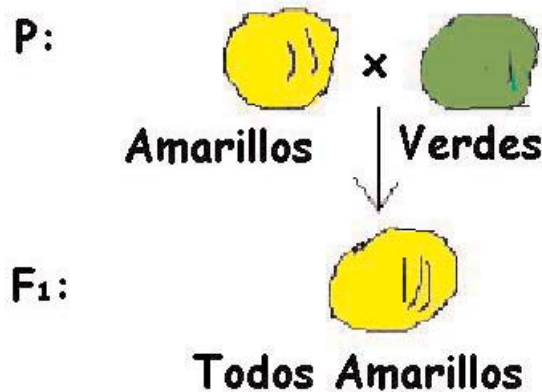
Mendel cruzó sendas plantas de raza pura para cada una de las características, evitando ahora la autopolinización al eliminar los estambres de una de ellas, a la que fecundaba con polen de la otra. Observó que todas las plantas obtenidas de ese cruzamiento, a las que llamó **primerageneración filial** o  $F_1$ , eran iguales entre sí y presentaban el rasgo de uno de los progenitores de la generación cruzada que denominó **parental** o **P**, según el esquema siguiente:

P: Semilla lisa x rugosa:  $F_1$ : 100 % Semilla lisa

P: Semilla amarilla x verde:  $F_1$ : 100 % Semilla amarilla

P: Vaina hinchada x no hinchada:  $F_1$ : 100 % Vaina hinchada

P: Flores color lila x blanco:  $F_1$ : 100 % Flores color lila



A ese rasgo que se repetía en los descendientes lo llamó **carácter dominante** y al que aparentemente había desaparecido lo llamó **recesivo**. A la vista de los resultados enunció su **1ª Ley o de la uniformidad de la  $F_1$** : cuando se cruzan dos razas puras para un carácter, la primera generación de los híbridos obtenidos es uniforme u homogénea para dicho carácter.



Elige las correctas

Mendel eligió las plantas de guisante para sus experiencias porque

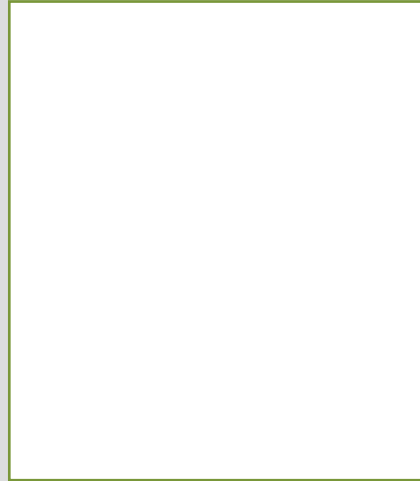
Poseían propiedades medicinales

Tenían un precio muy razonable

Eran fáciles de cultivar

Presentaban rasgos de fácil observación

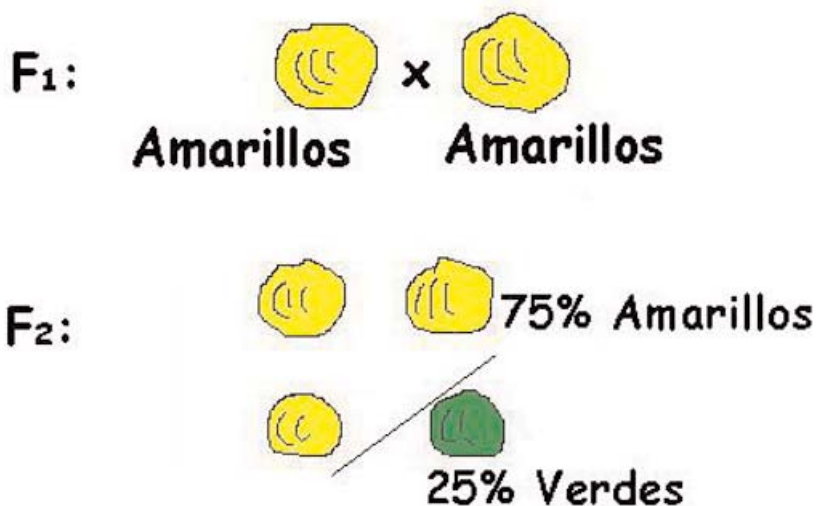
Eran muy nutritivas



### Segunda Ley

A continuación cruzó dos individuos de cada  $F_1$  entre sí (o autofecundó los híbridos  $F_1$ ), obteniendo una **segunda generación filial** o  $F_2$  con los resultados siguientes:

$F_1$ : Semilla **lisa** x **lisa**:  $F_2$ : 5474 Semilla **lisa** y 1850 **rugosa** (aprox. **3:1**)  $F_1$ : Semilla **amarilla** x **amarilla**:  $F_2$ : 6022 Semilla **amarilla** y 2001 (**verde 3:1**)  $F_1$ : Vaina **hinchada** x **hinchada**  $F_2$ : 882 Vaina: **hinchada** y 299 (**no hinchada 3:1**)  $F_1$ : Flores color **lila** x **lila**:  $F_2$ : 705 Flores color **lila** y 224 color **blanco 3:1** )



Mendel dedujo que cada rasgo o carácter estaba determinado por **dos** informaciones o **factores**, transmitidos cada uno de ellos por uno de los progenitores quienes, previamente, separaban al azar sus dos informaciones. Propuso así la 2ª **Ley** llamada **de la segregación o disyunción de los factores o caracteres antagónicos y de su combinación al azar entre los descendientes**.



### Tercera Ley

Mendel se preguntó, entonces, qué influencia mutua tendrían entre sí dos o más caracteres a la hora de heredarse. Para dilucidarlo, seleccionó razas puras para dos caracteres diferentes o no antagónicos, cuya herencia por separado ya había estudiado. Primero realizó el cruzamiento que se indica:

**P:** Semilla **amarilla** y **lisa** x Semilla **verde** y **rugosa**: **F<sub>1</sub>**: 100 % Semilla **amarilla** y **lisa**.



Comprobó así que con dos caracteres también se cumplía su 1ª Ley, ya que todos los individuos obtenidos eran iguales entre sí, presentando los dos caracteres dominantes.

Al cruzar dos de estos individuos de la **F<sub>1</sub>** o autofecundar dichos **dihíbridos**, obtuvo una **segunda generación filial** o **F<sub>2</sub>** de 556 semillas con las siguientes características: 315 semillas **amarillas** y **lisas**; 108 semillas **amarillas** y **rugosas**; 101 semillas **verdes** y **lisas** y 32 semillas **verdes** y **rugosas**, que corresponden a unas proporciones relativas de **9:3:3:1**, es decir, 9 individuos con las dos características dominantes y 3 con una dominante y otra recesiva por cada uno con los dos caracteres recesivos. Esto llevó a Mendel a proponer su 3ª Ley o **de la herencia independiente de los caracteres no antagónicos**, que afirma que los distintos caracteres se heredan independientemente unos de otros.

Como vamos a ver a continuación, con los conocimientos adquiridos desde 1866, es mucho más sencillo comprender cómo se produce la herencia. La genialidad de Mendel radica en haber deducido las leyes de la herencia, sin conocer ni la naturaleza, ni la estructura o el funcionamiento de la materia hereditaria.



Verdadero o falso

Según la primera ley de Mendel, cuando se cruzan dos razas puras los descendientes siempre:

	Verdadero	Falso
Son iguales a uno de los progenitores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Son iguales entre sí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Son diferentes unos de otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Exhiben, si existen, los caracteres dominantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Relaciona

Relaciona las dos columnas:

Factores antagónicos	Alternativas de un rasgo mendeliano
Segunda generación filial	La generación que se cruza inicialmente
Híbridos	Los descendientes de cruzar la 1ª generación filial
Parental	Que tienen los dos factores antagónicos distintos

### 1.3. Interpretación actual de las Leyes de Mendel

Debido al avance extraordinario de los conocimientos sobre el material hereditario producidos a lo largo del siglo pasado y hasta la actualidad, conviene comprender y dominar el significado preciso de **algunos términos genéticos básicos** para poder interpretar adecuadamente las leyes de la herencia.

Los factores hereditarios de los que hablaba Mendel son los **genes** y sus alternativas (factores antagónicos) se denominan **alelos**. Por convenio los alelos se representan con la misma letra, siendo preceptivo adjudicar la mayúscula al alelo dominante: por ejemplo **A** para el gen que determina color amarillo en los guisantes y **a** para el gen del color verde. La inmensa mayoría de los organismos y células tienen dos alelos para determinar cada carácter porque son **diploides**. Sin embargo en los organismos o células **haploides**, como los gametos, sólo hay un gen por carácter. Cuando los dos alelos son iguales hablamos de ser **homocigótico** o **raza pura** para ese carácter y si son diferentes lo llamamos **híbrido** o **heterocigótico**. A un organismo que es híbrido para dos, tres o muchos caracteres lo denominaremos dihíbrido, trihíbrido o polihíbrido. Los alelos que se manifiestan en los seres heterocigóticos se llaman **dominantes** y los que no se muestran se denominan **recesivos**. El patrimonio genético o conjunto de genes que un indi-



viduo posee constituye su **genotipo**, mientras su **fenotipo** incluye los caracteres que exhibe; es decir, los genes que se expresan en él. El fenotipo está determinado por el genotipo, pero también por el ambiente que condiciona su manifestación. Por ejemplo una planta con genotipo para tener una talla alta si carece de nutrientes no alcanzará su tamaño potencial.

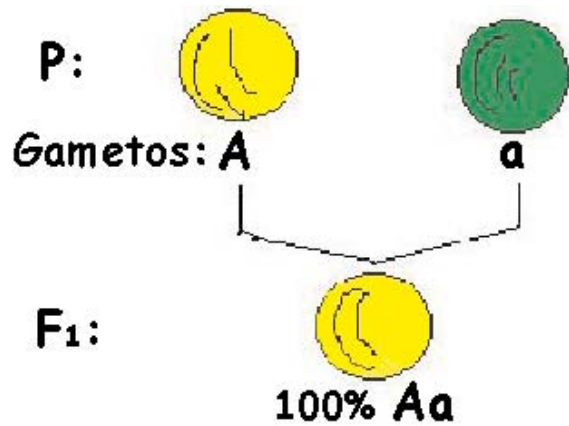
Los **genes** se encuentran en el núcleo y están en los cromosomas que aparecen cuando se condensa la cromatina o material hereditario, ubicados en unas posiciones fijas llamadas locus (plural loci). Los seres diploides tenemos pares de cromosomas con los mismos genes: se llaman **cromosomas homólogos** y los genes que ocupan los mismos loci en sendos cromosomas homólogos son los **alelos**. Por tanto, en las células diploides existen dos alelos para cada carácter. Como recordarás, los **gametos** se forman por un proceso de división especial que se denomina **meiosis**, durante el cual el número de cromosomas se reduce a la mitad, recibiendo cada gameto uno de los dos homólogos de cada par. Por tanto, en un gameto al ser **haploide** sólo hay un alelo para cada carácter. Al unirse los gametos por fecundación ( ) se forma una célula x diploide llamada **cigoto** que por mitosis originará todas las células diploides del organismo adulto.

Veamos ahora cómo se pueden representar las experiencias de Mendel.

**1ª Ley o de la uniformidad de la primera generación filial:** cuando se cruzan dos razas puras la primera generación es uniforme.

A= alelo para color amarillo (dominante); a=alelo para color verde (recesivo).

Generación parental P:	Amarillo raza pura <b>AA</b>	Verde raza pura <b>aa</b>	Fenotipo Genotipo
Gametos distintos posibles:	A	x	a
1ª Generación filial F <sub>1</sub> :	100% <b>Aa</b> Amarillos heterocigóticos o híbridos		Genotipo Fenotipo



 **Contesta**

Averigua cómo será la descendencia del cruzamiento entre dos razas puras de guisante, una de semilla rugosa y otra de semilla lisa. (Recuerda que el carácter liso es dominante sobre el rugoso en los guisantes). ¿Qué ley de Mendel se aplica?

---

---

---

---

---

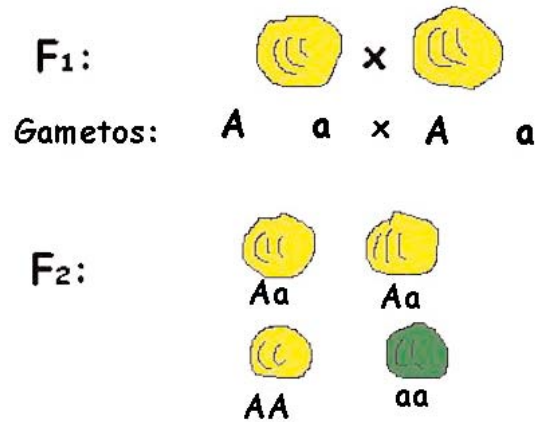
---





**2ª Ley o de la segregación o disyunción de los caracteres antagónicos:** los factores hereditarios (alelos) se separan (durante la formación de los gametos o meiosis) y se recombinan al azar entre los descendientes.

F <sub>1</sub>	Amarillo heterocigótico <b>Aa</b>	Amarillo heterocigótico <b>Aa</b>	
Gametos distintos posibles:	a      A	A      a	
2ª Generación (III) F <sub>2</sub>	25% AA Amarillo raza pura	25% Aa y 25% Aa 50% Amarillo heterocigótico	25% aa Verde raza pura



**Relaciona**

Relaciona las dos columnas:

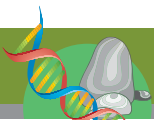
Fenotipo	Conjunto de genes de un individuo
Heterocigótico	Organismo o célula con un solo gen por carácter
Haploide	Individuo híbrido
Genotipo	Conjunto de caracteres manifestados por un ser
Recesivo	Gen o carácter que no se manifiesta en un híbrido

**Cruzamiento prueba**

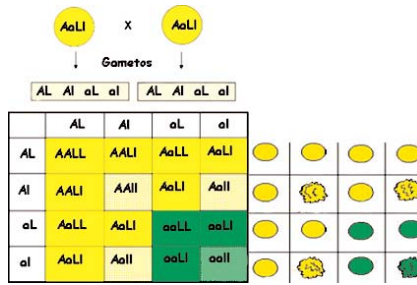
Cuando un organismo exhibe el fenotipo recesivo no hay duda de que es raza pura para esa característica. Pero también es sencillo averiguar si un ser que presenta el fenotipo dominante para un carácter es homocigótico o híbrido. Se llama **cruzamiento prueba o retrocruzamiento**: consiste en cruzar al individuo "problema" con el homocigótico recesivo para ese carácter. Según la primera ley, si todos los descendientes son iguales, el organismo con el fenotipo dominante era raza pura, mientras que si era híbrido se obtendrán descendientes con los dos fenotipos. Ejemplo: si tenemos guisantes con la semilla lisa no podemos saber a priori si son LL o Ll. Para ello se cruzan con guisantes de semilla rugosa (necesariamente ll). Si la F<sub>1</sub> es uniforme (lisa en este caso) significa que el guisante problema sólo ha formado gametos L, es decir era raza pura, pero si en ella aparecen guisantes lisos y rugosos al 50%, significa que era híbrido y ha producido unos gametos L y otros l.

**Tercera ley de Mendelo de la herencia independiente de los caracteres no antagónicos.** En la tabla 1 puedes ver que, al cruzar dos razas puras para dos caracteres, también se cumple la 1ª ley mendeliana pues todos los guisantes de la F<sub>1</sub> son iguales entre sí.

Cuando estas plantas (AaLl) de la F<sub>1</sub> formen ahora gametos antes de la fecundación habrá en cada caso cuatro combinaciones posibles para que cada gameto lleve una información o alelo para cada carácter: AL; Al; aL; al. Para visualizar más fácilmente los resultados del cruzamiento se suele utilizar una tabla llamada **cuadro de Punnet**:



Generación parental P:	Amarillo liso raza pura <b>AALL</b>	Verde rugoso raza pura <b>aall</b>	Fenotipo  Genotipo
Gametos distintos posibles:	AL x al		
1ª Generación filial F <sub>1</sub> :	100% <b>AaLl</b> Amarillos lisos dihíbridos o heterocigóticos para ambos caracteres		Genotipo  Fenotipo



Gametos F <sub>1</sub> / Gametos F <sub>1</sub>	AL	Al	aL	al
AL	1. <b>AALL</b>	2. <b>AALl</b>	3. <b>AaLL</b>	4. <b>AaLl</b>
Al	2. <b>AALl</b>	5. <b>AaIl</b>	4. <b>AaLl</b>	6. <b>AaIl</b>
aL	3. <b>AaLL</b>	4. <b>AaLl</b>	7. <b>aaLL</b>	8. <b>aaLl</b>
al	4. <b>AaLl</b>	6. <b>AaIl</b>	8. <b>aaLl</b>	9. <b>aaIl</b>

Analizando los resultados se puede ver que hay 16 combinaciones, pero sólo **9 genotipos** y **4 fenotipos** diferentes, tal como se muestra en las tablas adjuntas. Se verifica que se cumplen las **proporciones fenotípicas 9:3:3:1** establecidas por Mendel.

(Nota: Al analizar los fenotipos se debe recordar que en el caso de los caracteres recesivos como sólo se manifiestan en homocigosis es innecesario indicar que son razas puras).

Como se ha indicado Mendel estudió otras características del guisante, contabilizando siempre los resultados, pudiendo comprobar repetidamente el cumplimiento de sus **leyes de la herencia**.

**Completa**

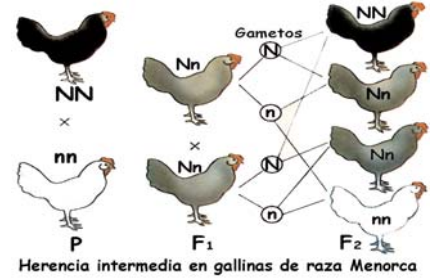
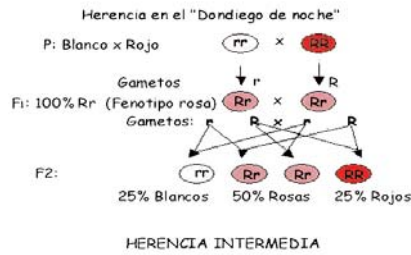
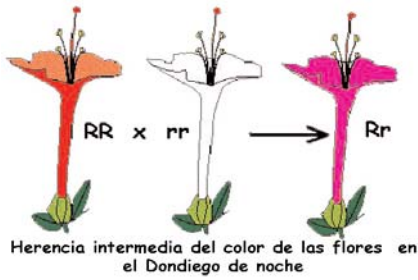
Los gametos se originan por un proceso de división llamado \_\_\_\_\_. Al unirse en la \_\_\_\_\_ originan una célula diploide llamada \_\_\_\_\_ que contiene pares de cromosomas con los mismos genes denominados cromosomas \_\_\_\_\_. Según la segunda ley de Mendel los alelos se \_\_\_\_\_ durante la formación de los gametos y se combinan al azar entre los \_\_\_\_\_. La \_\_\_\_\_ ley de Mendel establece que los distintos caracteres no antagónicos se heredan independientemente unos de otros.

homólogos	cigoto	fecundación
tercera	separan	descendientes
meiosis		

**1.4. Herencia intermedia y codominante**

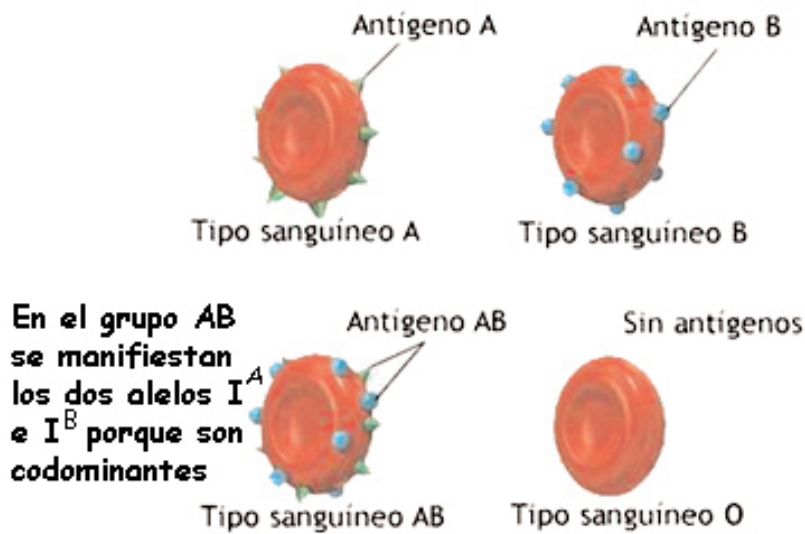
Como hemos visto en los guisantes, los híbridos manifiestan el fenotipo correspondiente a sólo uno de los alelos que tienen. Cuando un carácter, como el color de los guisantes, se comporta de este modo se dice que sigue un patrón de **herencia dominante**.

Pero hay otros caracteres que no se heredan de esa manera. Por ejemplo el color de los pétalos de las flores de algunas plantas como el dondiego de noche: los híbridos del cruce de dos razas puras de flores blancas (rr) y flores rojas (RR) tienen un genotipo Rr y un fenotipo intermedio entre los de sus progenitores, es decir rosa. Este modo de **herencia** se denomina **intermedia** y se dice que los dos alelos son **equipotentes**.

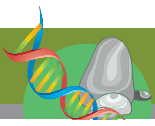


Otros caracteres presentan **codominancia**; es decir, los híbridos manifiestan los dos fenotipos correspondientes a los dos alelos diferentes que poseen. Por ejemplo, en algunas variedades de pollos los híbridos resultantes del cruce de gallinas de plumaje negro (NN) con gallos de plumas blancas (nn), tienen plumas de ambos colores. Más adelante veremos otro ejemplo de codominancia en el estudio de los grupos sanguíneos, ya que las personas de grupo sanguíneo AB presentan simultáneamente características de los grupos llamados A y B.

### Grupos sanguíneos humanos: A, B, O.



En los casos de herencia intermedia y codominante se cumplen las leyes de Mendel, aunque aparecen fenotipos nuevos que distorsionan las proporciones de los mismos. Por convenio, se sigue utilizando la misma letra para los dos alelos que rigen el carácter, aunque se puede designar con mayúscula a cualquiera de ellos ya que no hay dominancia ni recesividad.



### 1.5. Herencia mendeliana simple. Problemas tipo resueltos

**Contesta**

En una especie de planta el color de las flores sigue una herencia intermedia entre el azul oscuro y el blanco. Si se cruzan dos razas puras de ambas variedades ¿cómo serán los descendientes? (Letra b)

Blank lines for writing the answer to the first problem.

**Contesta**

En una raza de perros el pelo rizado domina sobre el liso (Letra r). Una pareja de pelo rizado tuvo un cachorro de pelo liso y otro de pelo rizado. Indica cómo será el genotipo de la pareja y de los cachorros. ¿Cómo puede averiguarse si el cachorro de pelo rizado es raza pura para ese carácter mediante un solo cruzamiento?

Blank lines for writing the answer to the second problem.

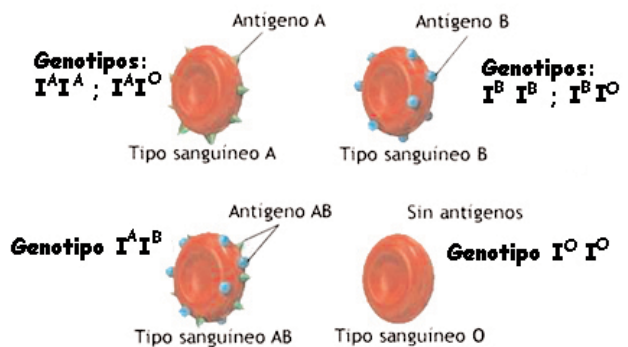
### 1.6. Excepciones a las leyes de Mendel

La herencia de algunos caracteres parece incumplir las Leyes de Mendel porque las proporciones genotípicas o fenotípicas resultantes son diferentes a las esperadas. Podemos considerar estos casos como aparentes anomalías o excepciones entre las que podemos citar:



Algunos **fenotipos** producidos por **alelos múltiples** para el color de los ojos en *Drosophila melanogaster*

#### Grupos sanguíneos humanos: A, B, O.



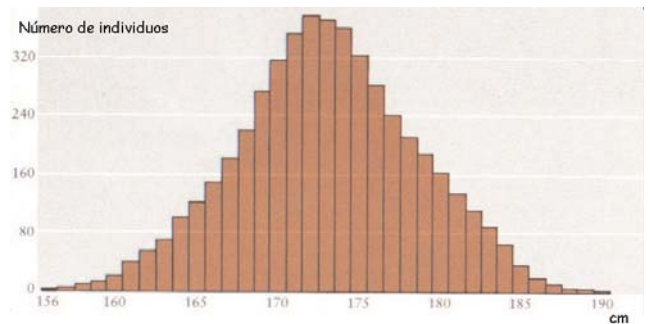
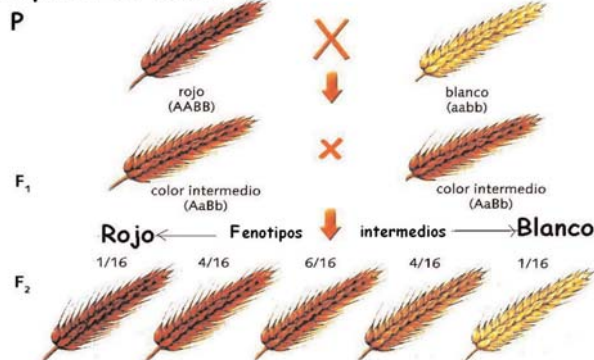


1. Las **mutaciones**, que hacen aparecer fenotipos nuevos y, por tanto, no predecibles.
2. La presencia de **genes letales**, que provocan la muerte de algunos individuos modificando así las proporciones genotípicas y fenotípicas.
3. Los **alelos múltiples**. En los caracteres mendelianos típicos existen sólo dos alelos posibles (por ejemplo amarillo A o verde a) Pero para algunos caracteres, aunque cada individuo sólo posee dos genes, los alelos o alternativas posibles son más de dos. Un ejemplo sería la herencia del color de los ojos en la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*)

Otro ejemplo de alelos múltiples es la herencia de los grupos sanguíneos ABO. En este caso hay tres alelos posibles:  $I^A$   $I^B$   $I^O$ . Los dos primeros son codominantes y ambos dominan sobre el  $I^O$ . Al combinarlos se obtienen 6 genotipos posibles y 4 fenotipos, tal como se muestra en la imagen.

4. Las herencias polímera o cuantitativa. En este caso el carácter no depende de un solo par de genes, sino de varias parejas de alelos que contribuyen de manera sumativa a la aparición del fenotipo. Se generan muchos fenotipos, con diferencias mínimas entre ellos, que pueden ordenarse progresivamente, tal como sucede con el color de la piel o del pelo o con la estatura en los humanos.

**Herencia cuantitativa del color en el trigo: dos pares de alelos**



**Carácter cuantitativo: Estatura de una población humana**

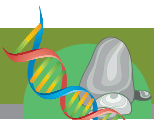
5. **Excepción a la 3ª Ley de Mendel: los genes ligados.** Tal como veremos al explicar la teoría cromosómica de la herencia, todos los caracteres determinados por genes situados en un mismo cromosoma tienden a heredarse conjuntamente y no de manera independiente como postula la 3ª Ley de Mendel. Por eso se denominan **caracteres y genes ligados**.

**1.7. Teoría cromosómica de la herencia. Genes ligados**

En 1902, Sutton, en EEUU, y Boveri, en Alemania, señalaron el paralelismo entre la herencia de los factores hereditarios y el comportamiento de los cromosomas durante la meiosis y la fecundación e intuyeron que los “factores hereditarios” de Mendel estaban en los cromosomas. Pero fue el grupo del biólogo norteamericano T. H. **Morgan** (Premio Nobel 1933) quien con sus trabajos sobre la mosca de la fruta o del vinagre (*Drosophila melanogaster*) completó y demostró esa afirmación.

Morgan observó que tanto las hembras como los machos de dicha mosca tenían tres pares de cromosomas homólogos o **autosomas**, y un par de cromosomas diferentes según el sexo (iguales en la hembra XX y distintos en el





### Cromosomas homólogos

Recuerda que los dos genes (alelos) que determinan un carácter en un organismo se encuentran en la misma posición en sendos **cromosomas** del mismo tamaño y forma llamados **homólogos**. Las especies, que tienen dos cromosomas de cada tipo se denominan **diploides** y su número de cromosomas se representa con **2n**.

macho XY) a los que denominó **heterocromosomas** o **cromosomas sexuales**. Mediante cruzamientos en *Drosophila* descubrió que había cuatro grupos de caracteres que, en la mayoría de las ocasiones, se transmitían juntos puesto que si aparecía uno de ellos se encontraban todos los del grupo. Al ver que el número de grupos de genes que se heredaban conjuntamente coincidía con el de tipos de cromosomas de la mosca (4) dedujo que los genes estaban en los cromosomas y que los pertenecientes al mismo cromosoma tendían a heredarse juntos, por lo que los denominó **genes ligados**. Morgan también determinó que los genes se disponen linealmente en los cromosomas ocupando en él lugares fijos y concretos denominados **loci** (locus en singular) y que el fenómeno de la **recombinación genética** o intercambio de fragmentos de cromosomas que ocurre durante la **meiosis** puede hacer que en un pequeño porcentaje de ocasiones los genes ligados se hereden de manera independiente.

A partir de todas sus observaciones, **Morgan** formuló la denominada **Teoría cromosómica de la herencia**, que puede resumirse en los siguientes postulados:

### Teoría cromosómica de la herencia



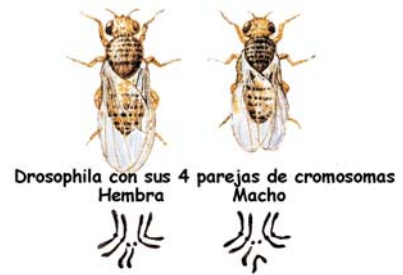
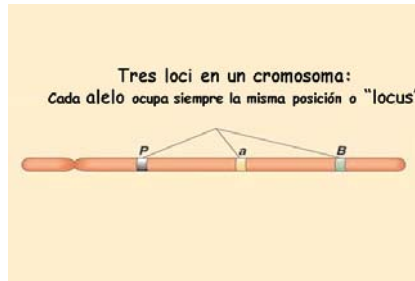
W. Sutton  
1877-1916



T. Boveri  
1862-1915



T. Morgan  
1866-1945



Los factores (genes) que determinan los caracteres hereditarios se localizan en los cromosomas, disponiéndose linealmente a lo largo de los mismos.

Cada gen ocupa un lugar específico o locus (en plural "loci") dentro de un cromosoma concreto.

En los organismos diploides los cromosomas llamados homólogos contienen alelos (o "factores antagónicos") para los mismos rasgos hereditarios situados en los mismos loci, por lo que cada carácter está regido por un par de genes alelos.

Los genes localizados en el mismo cromosoma están ligados entre sí y se transmiten de forma conjunta (excepto en una pequeña proporción de ocasiones en las que se separan por recombinación durante la meiosis que origina los gametos).

### Completa

La teoría cromosómica de la herencia indica que los genes están situados en los \_\_\_\_\_ ocupando cada uno una posición fija llamada \_\_\_\_\_. Los genes del mismo cromosoma tienden a heredarse \_\_\_\_\_ y por eso se llaman genes \_\_\_\_\_.

ligados

locus

juntos

cromosomas



## 2. GENÉTICA HUMANA

Los mecanismos de transmisión de los caracteres humanos son idénticos a los del resto de los seres vivos. Como en ellos, los genes de los progenitores son heredados por los descendientes, y las diferencias entre los individuos son el resultado de sus **genes** y del **ambiente**. Las características genéticas heredadas se pueden mejorar o potenciar con un estilo de vida saludable, si bien los efectos en el fenotipo de los individuos debidos exclusivamente al ambiente no se transmiten a su descendencia.

Los estudios genéticos en las personas son más complicados que en otras especies, puesto que no se pueden planificar cruzamientos al azar, y en general existen pocos descendientes de cada pareja. Sin embargo, se tiene un conocimiento bastante amplio de la herencia en nuestra especie resultante del estudio de la transmisión de algunos caracteres en animales similares y del análisis de los antecedentes familiares para algunas características o alteraciones que se repiten en personas emparentadas.

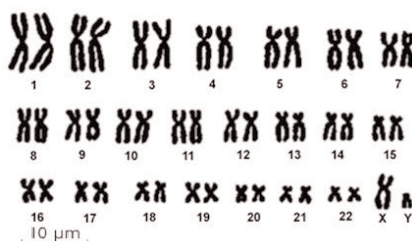
### 2.1. La herencia en la especie humana

La especie humana posee 46 cromosomas en todas sus células somáticas, que son diploides (2n). Los gametos son nuestras únicas células haploides (n) y para la formación del nuevo ser tanto el óvulo como el espermatozoide aportan un juego completo de cromosomas, es decir 23, con lo que se garantiza la conservación del número característico de la especie. Como ya se ha dicho, en ellos están los genes, es decir, la información necesaria para el desarrollo de todas las características hereditarias del nuevo organismo. Los cromosomas que son comunes en ambos sexos se llaman **autosomas** y los que son diferentes se denominan **heterocromosomas** o **cromosomas sexuales**: son homólogos en la mujer **XX** y diferentes entre sí en el hombre **XY**.

El conjunto de todos los cromosomas de una célula constituye su **cariotipo**: en él se reflejan el número y el aspecto de todos los que caracterizan a la especie. La representación gráfica del cariotipo, con los cromosomas numerados y ordenados por parejas de homólogos, tamaños y formas se denomina **cariograma** o **idiograma**.

### La misma sangre

En todos los idiomas existen numerosas expresiones que relacionan los vínculos familiares con la posesión de la misma "sangre". De hecho la palabra castellana consanguinidad se considera sinónima de parentesco. Pero lo que heredamos de nuestros padres no es la sangre, sino los genes que determinarán tanto nuestro grupo sanguíneo como el resto de nuestros caracteres hereditarios.



Existe una gran diversidad entre las personas en cuanto a sus rasgos faciales, al color del pelo o de los ojos, la constitución corporal, la estatura, etc. Algunas peculiaridades aparecen a lo largo de la vida del individuo, como consecuencia de las condiciones en las que se desarrolla, y no se transmiten a la descendencia: se llaman **caracteres adquiridos**. Otros, sin embargo, son **caracteres hereditarios** ya que con frecuencia se repiten a lo largo de las generaciones. A veces las diferencias entre individuos son pequeñas y graduales, como en el caso del color de la piel o del peso: se les llama por ello



**caracteres cuantitativos** y en general su manifestación está muy influenciada por el “ambiente” que condiciona la expresión del genotipo. Por el contrario, en los denominados **caracteres cualitativos** se observan diferencias discontinuas o bruscas, como por ejemplo el tipo de factor Rh sanguíneo humano, que solo puede ser positivo o negativo, o el albinismo, ausente o presente.

El estudio de los cromosomas humanos ha permitido localizar muchos de sus genes. En la tabla 1 se muestran algunas variaciones humanas discontinuas “intrascendentes” con herencia autosómica.



Capacidad de enrollar la lengua

Ejemplos de variaciones discontinuas 'intrascendentes' con herencia autosómica	
Gen Dominante	Gen Recesivo
Capacidad de enrollar la lengua en "U"	Incapacidad
Capacidad para degustar PTC <small>feniltiocarbamida</small>	Incapacidad
Labios gruesos	Labios delgados
Pelo sobre la frente en "Pico de viuda"	Nacimiento normal del pelo en la frente
Rh positivo	Rh negativo
Pelo rizado	Pelo liso
Pelo oscuro	Pelo claro
Ojos oscuros	Ojos claros
Pestañas largas	Pestañas cortas
Grupos sanguíneos A y B	Grupo O
Barbilla partida	Barbilla no partida
Lunares en la cara	Sin lunares
Pecas	Sin pecas
Oreja con lóbulo despegado	Oreja con lóbulo pegado
Dedo meñique torcido	Dedo meñique no torcido
Pulgar no hiperextensible	Pulgar hiperextensible

También ha posibilitado la comparación entre los cromosomas de personas sanas y enfermas para comprender la relación entre ciertas anomalías génicas y los trastornos que ocasionan. En la tabla 2 aparecen algunas alteraciones y enfermedades humanas hereditarias.



Polidactilia en pies



Sindactilia en pie





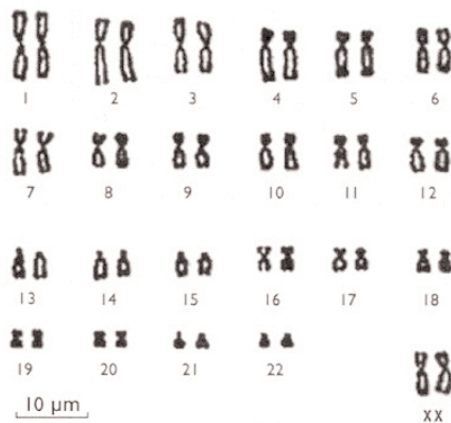
Ejemplos de alteraciones y enfermedades con herencia autosómica	
Gen Dominante	Gen Recesivo
Braquidactilia (dedos cortos) Polidactilia (más de 5 dedos) Sindactilia (menos de 5 dedos) Pigmentación normal Enanismo (acondroplasia) Oído normal Corea de Huntington o baile de San Vito Glóbulos rojos normales Pulmones sanos	Dedos normales Número normal de dedos Número normal de dedos Albinismo (ausencia de pigmentos en piel, pelo...) Estatura normal Sordomudez Sano Anemia falciforme (eritrocitos anómalos) Fibrosis quística (exceso de mucosidad bronquial)

### Copito de nieve

Existen varios tipos de **albinismo** según como se vea afectada la pigmentación de los ojos (iris) la piel y el pelo, aunque para simplificar se considera como un único defecto congénito debido a un gen recesivo (a) frente al dominante (A) que determina coloración normal. Existen ejemplares albinos en casi todos los grupos animales, aunque entre nosotros quizás el más conocido fuera el gorila "**Copito de nieve**" que vivió más de 30 años en el zoo de Barcelona hasta que en 2003 falleció a causa de un cáncer de piel. Tuvo 21 hijos, ninguno de los cuales fue albino.



### Contesta



Después de ampliar la imagen obtenida observando al microscopio una célula humana del tejido epitelial del interior de la boca (mucosa bucal), se han recortado y ordenado las estructuras alargadas que se muestran: a) ¿Cómo se llaman esas "estructuras"? b) ¿Qué indican los números que aparecen debajo de ellas? c) ¿Se trata de una célula haploide o diploide? d) ¿Cuántas cromátidas tiene cada cromosoma de la figura? e) ¿Cómo se llaman los dos cromosomas que tienen el mismo número? f) ¿La célula procede de un hombre o de una mujer?

---



---



---



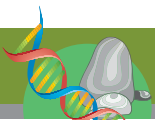
---



---



---



### Peligros de la consanguinidad

Los genes recesivos sólo se manifiestan en homocigosis. Muchos de estos pueden transmitirse en una familia, permaneciendo "ocultos" o sin manifestarse durante generaciones. Pero si los progenitores están emparentados la probabilidad de homocigosis aumenta notablemente. Por esa razón, cuanto mayor sea el grado de parentesco o **consanguinidad** en una pareja mayor es la posibilidad de que los caracteres y las enfermedades hereditarias recesivas se manifiesten en los descendientes.

Los peligros genéticos de la consanguinidad son conocidos desde tiempo inmemorial. Sirvan como prueba tres refranes tradicionales:

- "Pariente con parienta no hacen buena ralea"
- "Casamientos de parientes traen mil inconvenientes" (Cervantes, "La entretenida")
- "Dicen y decimos que es peligroso el trato entre primas y primos"

### 2.2. La herencia de los grupos sanguíneos

La sangre humana se puede clasificar en grupos según el llamado **sistema ABO**. En la membrana de los glóbulos rojos existen unas proteínas que funcionan como **antígenos**, es decir, son reconocidas y rechazadas por el sistema inmune de una persona en cuyos eritrocitos esté ausente produciendo **anticuerpos** específicos para neutralizarlos, que se localizan en su plasma sanguíneo.

La herencia de los grupos sanguíneos es un caso de **alelismo múltiple**, una de las excepciones a las leyes de Mendel, ya que existen tres alelos posibles: **I<sup>A</sup>**, **I<sup>B</sup>**, **I<sup>O</sup>**, aunque cada persona sólo tiene dos de entre ellos. En lugar de haber sólo dos fenotipos, aparecen más, y no se obtienen las proporciones mendelianas esperadas. En la tabla 1 puedes ver las combinaciones posibles.

Es fácil deducir que las personas del grupo O pueden donar sangre a todos los grupos, pero sólo pueden recibirla de los de su mismo grupo. Las de los grupos A y B pueden recibir sólo de su grupo o del grupo O y pueden donarla a los de su grupo y al AB. Quienes sean de este grupo AB sólo pueden donar sangre a los pertenecientes a su mismo grupo, pero pueden recibirla de cualquiera de ellos.

Existe otro antígeno en los glóbulos rojos que se llama **factor Rh** y también puede provocar incompatibilidad. Pero en este caso se trata de un **carácter mendeliano normal** que presenta herencia dominante con sólo dos alelos posibles: El alelo R produce presencia de antígeno Rh y es dominante sobre el r que determina su ausencia. Quienes pertenecen al grupo Rh sólo pueden recibir sangre de ese mismo tipo mientras los Rh<sup>+</sup> pueden recibir sangre tanto de tipo Rh<sup>-</sup> como de Rh<sup>+</sup>.







	Grupo A		Grupo B		Grupo AB	Grupo O
Genotipos posibles	IA IA	IA i	IB IB	IB i	IA IB	ii
Fenotipo	Grupo A Homocigoto	Grupo A Heterocigoto	Grupo B Homocigoto	Grupo B Heterocigoto	Grupo AB	Grupo O
Globulos rojos	Con antígenos A		Con antígenos B		Antg. A y B	Sin antígenos
Plasma	Anticuerpos anti-B		Anticuerpos anti-A		Sin anticuerpos	Anti-A y anti-B

	Rh +		Rh -
Genotipos posibles:	RR	Rr	rr
Fenotipo	Grupo Rh+ Homocigoto	Grupo Rh+ Heterocigoto	Grupo Rh negativo
Eritrocitos	Con antígenos R		Sin antígenos R
Plasma	Sin anticuerpos anti-Rh		Con anticuerpos anti-Rh

### 2.3. Herencia del sexo y ligada al sexo

Tal como vimos por ejemplo en el caso de Drosophila, en muchos animales además de los autosomas hay una pareja de cromosomas que son diferentes en el macho y en la hembra. Se llaman **cromosomas sexuales** o **heterocromosomas** y son responsables de ese conjunto complejo de caracteres que llamamos sexo. En uno de los sexos hay dos heterocromosomas homólogos (**sexo homogamético**) y en el otro, dos cromosomas sexuales diferentes entre sí, es decir no homólogos. Este último (**sexo heterogamético**) determinará si los descendientes serán machos o hembras puesto que podrá formar dos tipos de gametos para ese carácter, mientras el sexo homogamético siempre producirá un solo tipo. En la especie humana y en los mamíferos, anfibios y ciertos peces los individuos de sexo femenino tienen dos cromosomas homólogos (XX) y los de sexo masculino dos diferentes (XY). En las aves o las mariposas los machos son homogaméticos (ZZ) y las hembras heterogaméticas (ZW).

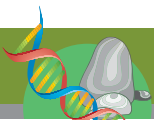
En nuestra especie, el cromosoma Y es mucho más pequeño y contiene muchos menos genes que el X. Ambos heterocromosomas tienen una pequeña porción que es homóloga para poder emparejarse durante la meiosis y así realizar dicho proceso correctamente. Para compensar el mayor número de genes presentes en las mujeres debido a que tienen dos cromosomas X, uno de ellos no se expresa sino que siempre se inactiva y aparece en el borde del núcleo celular, formando el llamado corpúsculo de Barr.

### Transfusiones

Cuando se necesita una transfusión hay que comprobar la compatibilidad sanguínea entre donante y receptor. Para ser compatibles el receptor éste debe poseer en sus glóbulos rojos los mismos antígenos que va a aportar el donante. De este modo no serán reconocidos como "extraños" por lo que no habrá en el plasma del receptor anticuerpos contra ellos y no se producirá la peligrosa aglutinación sanguínea que se manifiesta cuando se ponen en contacto dos tipos de sangre no compatibles.

Grupo sanguíneo	Reacción con la sangre de...	Puede donar sangre a...	Puede recibir sangre de...
A	A, B	A, B	A, O
B	A, B	B, O	B, O
AB	A, B	AB, O	A, B, AB, O
O	Ninguno	O	A, B, AB, O
Rh+	Rh+ y Rh-	Rh+	Rh+ y Rh-
Rh-	Rh-	Rh-	Rh-





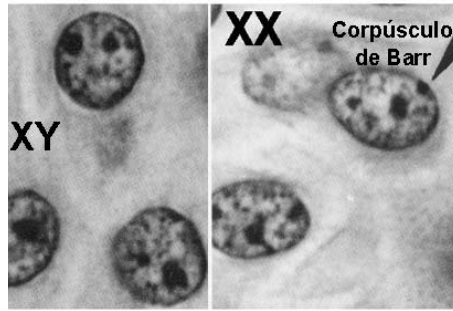
**Más variantes...**

En algunas especies el sexo no está determinado por dos cromosomas sexuales. En algunos casos lo establece una sola **pareja de genes**, o la **relación** entre el número de cromosomas X y el número de series de **autosomas** (mosca del vinagre), o el hecho de ser **haploides** o **diploides** (abejas: los machos son haploides 16 cr y las hembras diploides 32 cr), etc.

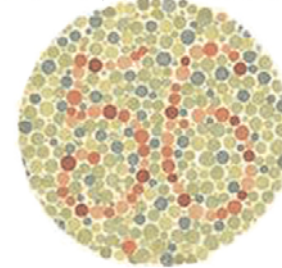
En muchos reptiles como cocodrilos y algunas tortugas el sexo lo determina fundamentalmente la **temperatura de incubación** de los huevos y no los genes o los cromosomas. Así en cocodrilos los huevos incubados a más de 27° C originan machos y los que se desarrollan a temperatura más baja producen hembras, mientras en algunas tortugas como la mordedora sucede al revés: si la temperatura de los huevos no supera los 22° C todos los huevos originan machos y si es cercana a los 30° sólo nacen hembras.

**El sexo de los hijos**

No deja de ser paradójico (y tremendamente injusto) que, en las sociedades donde tener un heredero masculino era esencial, si una pareja no tenía hijos varones normalmente el marido repudiaba a la mujer, cuando, como hemos visto ella siempre proporciona en sus óvulos cromosoma X y, por tanto, quien determina el sexo del hijo es el tipo de espermatozoide, X o Y, que fecunda al óvulo.

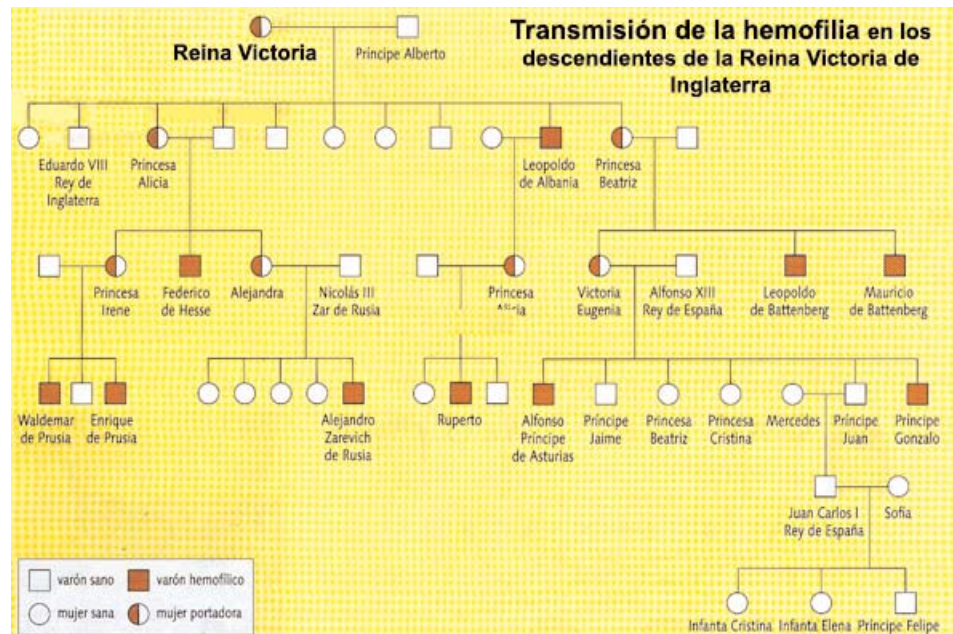


Los daltónicos no pueden ver el número en el círculo



Los genes que se encuentran en el mismo cromosoma tienden a heredarse juntos: se dice que están ligados. Por tanto, los genes situados en la porción no homóloga de los cromosomas X e Y están **ligados al sexo**. Como puede verse en la tabla 1, se transmiten ligadas al cromosoma X anomalías tales como el raquitismo no sensible a vitamina D (dominante), la distrofia muscular, la hemofilia A o el daltonismo (recesivas). Como ejemplos de genes ligados al cromosoma Y se pueden citar los responsables de la pilosidad en las orejas y el gen TDF o del factor de diferenciación testicular que determina que la gónada del embrión se convierta en masculina.

Existen caracteres determinados por genes que no se encuentran en los cromosomas sexuales, sino en los autosomas, pero cuya manifestación depende del sexo del individuo. Se dice que su **herencia está influida por el sexo**. En la tabla 2 se muestran algunos ejemplos.



Ejemplos de caracteres con herencia ligada al sexo (genes ligados al cromosoma X)	
Gen Dominante	Gen Recesivo
Visión normal	Daltonismo
Coagulación normal	Hemofilia
Normalidad	Distrofia muscular de Duchenne
Normalidad	Mucopolisacaridosis
Normalidad	Hidrocefalia
Síndrome de X-frágil	Desarrollo mental normal

Ejemplos de caracteres con herencia influida por el sexo	
Gen Dominante	Gen Recesivo
Índice más corto que el anular (en hombres)	Índice más largo (en hombres)
Índice más largo que el anular (en mujeres)	Índice más corto (en mujeres)
Calvicie (en hombres)	No calvicie
No Calvicie (en mujeres)	Calvicie (en mujeres)
Mechón de pelo blanco (mismo patrón que calvicie)	



**Verdadero o falso**

	Verdadero	Falso
La herencia de muchos caracteres humanos sigue las leyes de Mendel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las diferencias entre humanos dependen exclusivamente de sus genes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los cromosomas sexuales se llaman también autosomas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En nuestra especie el tipo de espermatozoide que interviene determina el sexo del hijo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La calvicie humana depende de un gen situado en los cromosomas sexuales (ligado al sexo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**2.4. Resolución de problemas de genética humana**



**Contesta**

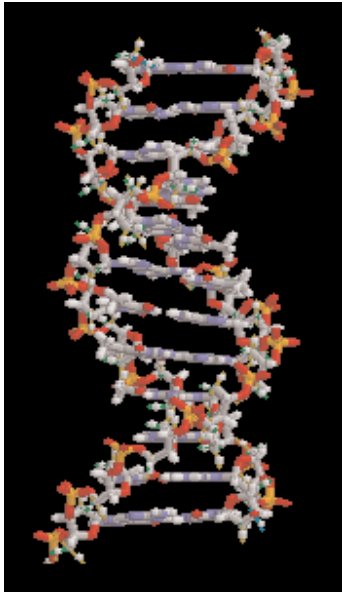
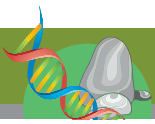
Existe un tipo de sordomudez hereditaria debida a un gen recesivo. Si una pareja con oído normal, cuyas madres respectivas son ambas sordas, tiene un hijo ¿qué probabilidades existen de que sea sordomudo? (Letra s)




**Contesta**

Una pareja en la que la mujer pertenece al grupo O Rh- y el hombre es AB Rh+ reclaman como suyo un bebé cuya sangre es A Rh+ ¿Qué opinarías como juez sobre esta demanda?

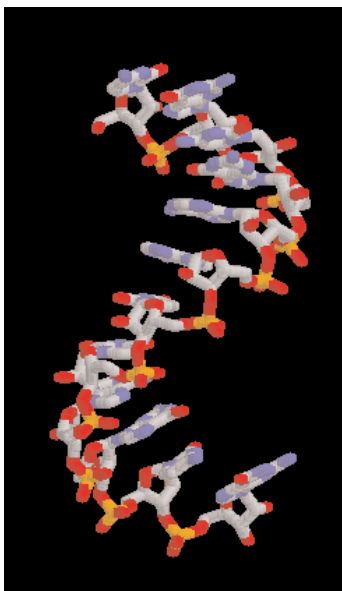


### 3. GENÉTICA MOLECULAR

Desde la década de 1940 ya se sabía que el material que controlaba la aparición de los caracteres hereditarios residía en el núcleo celular y tenía cierto carácter ácido, aunque también contenía proteínas. Utilizando moléculas marcadas con átomos radiactivos se comprobó que los virus que infectaban bacterias sólo les introducían ácidos nucleicos y no las proteínas de su cápsida. Experimentos posteriores concretaron que la molécula portadora de la información genética era el ADN.

En los años 50 muchos equipos científicos interdisciplinares aportaron nuevos datos que permitieron a **Francis Crick** y **James Watson** proponer en **1953** el modelo de estructura del ADN que se conoce con el nombre de “**Doble Hélice**”. El conocimiento de sus características facilitó un vertiginoso avance en la llamada **Genética Molecular**, cuyo objetivo es la comprensión de la composición y funcionamiento de los genes y su posible manipulación.



#### 3.1. La información genética: los ácidos nucleicos

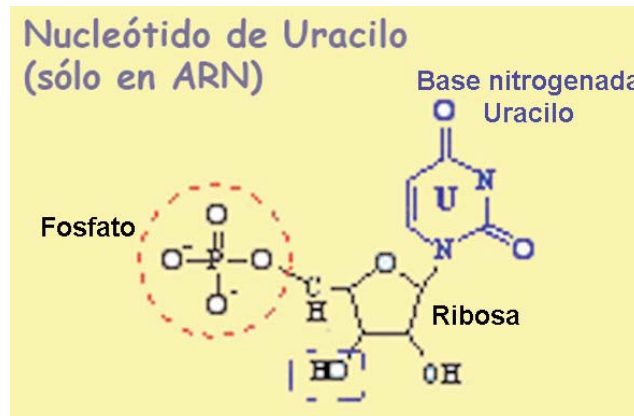
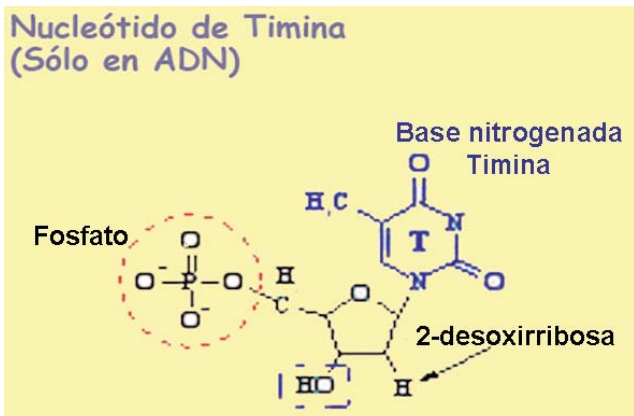
En todos los seres vivos existen dos tipos de ácidos nucleicos: **ADN** y **ARN**, excepto en los virus, que sólo poseen uno de los dos. Aunque el portador de la información es el ADN, para que pueda expresarse tienen que intervenir también distintos tipos de ARN.

Los ácidos nucleicos están formados por unidades llamadas **nucleótidos** unidas entre sí. Un nucleótido, a su vez, se forma por unión de un glúcido de 5 carbonos (**ribosa** en ARN, **desoxirribosa** en ADN), ácido fosfórico y una base nitrogenada que puede ser adenina **A**, guanina **G**, timina (exclusiva del ADN) **T**, citosina **C** o uracilo (exclusiva del ARN) **U**. La información contenida en los ácidos nucleicos reside en la **secuencia** de los nucleótidos,



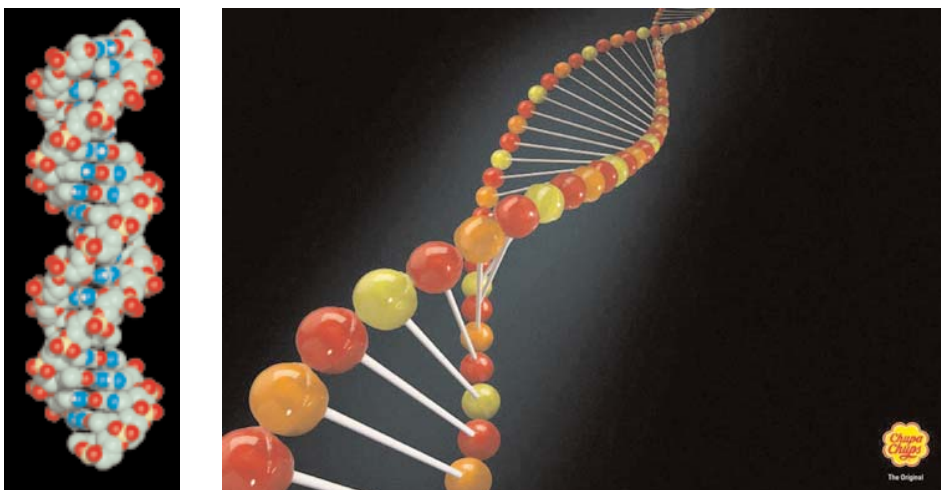
más concretamente en el tipo y orden de sus bases nitrogenadas, ya que el resto de los componentes es común para todos los nucleótidos.

En general, el ARN contiene una sola cadena de nucleótidos y es una molécula mucho más pequeña que el ADN. Los ARN reciben distintos nombres, tales como ribosómico, transferente o mensajero, dependiendo de la función que desempeñan en las células.



### 3.2. Estructura y funciones del ADN

En 1953 **Watson y Crick** propusieron un modelo de estructura para el ADN por el que les concedieron el Premio Nobel de Medicina en 1962. Es la **doble hélice** y tiene las siguientes características:



Está formada por **dos cadenas** de nucleótidos asociadas por sus bases y enrolladas en forma de hélice alargada, con unas dimensiones fijas.

Debido a la disposición “antiparalela” de las dos cadenas, cada nucleótido de una cadena se une al que está enfrente, en la otra cadena, mediante enlaces débiles llamados puentes de hidrógeno y de una manera precisa: siempre se unen dos bases **complementarias**, una púrica y una pirimidínica, concretamente **A con T** y **G con C**.

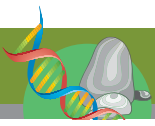
Durante la interfase, es decir, cuando la célula no se está dividiendo, el ADN de su material hereditario forma filamentos finos y largos que se comprimen asociándose con diferentes proteínas para formar la llamada cromatina.

#### Rosalind Franklin

Las imágenes del ADN obtenidas mediante difracción de rayos X por **Rosalind Franklin** en 1951, fueron decisivas para que en 1953 Francis Crick y James Watson elaboraran el modelo de la Doble Hélice, por el que recibieron junto a un compañero de Franklin, Maurice Wilkins, el Premio Nobel de Medicina en 1962. Rosalind Franklin había fallecido prematuramente en 1958, debido a un cáncer posiblemente ocasionado por la exposición a las radiaciones que conllevaba su trabajo. De todos modos, dada su condición de mujer, existen fundadas dudas sobre si se le hubiera concedido el Nobel aunque hubiera estado viva.

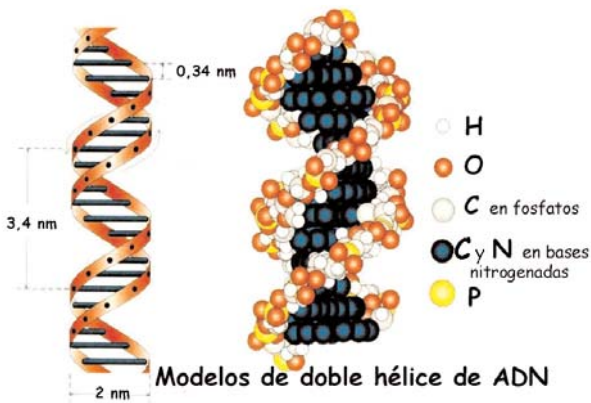
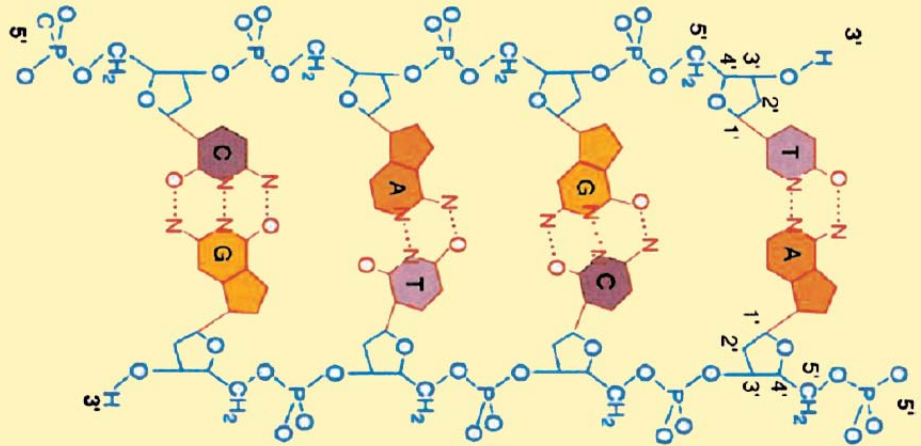




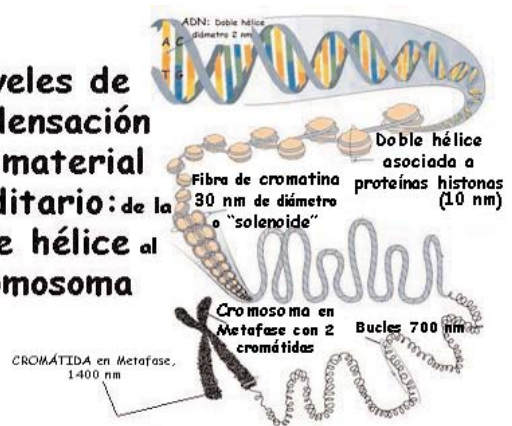


Cuando la célula inicia su división, cada porción de cromatina correspondiente a una molécula de ADN se condensa progresivamente para dar una unidad denominada cromosoma. El número de cromosomas de una especie es fijo.

### ADN: dos cadenas de nucleótidos complementarios (A-T y G-C)



### Niveles de condensación del material hereditario: de la doble hélice al cromosoma



### Contesta

Al analizar una cadena de nucleótidos se ha encontrado la siguiente secuencia: ...AUUACCAGCAUAGGC... ¿De qué molécula se trata?

---



---



---



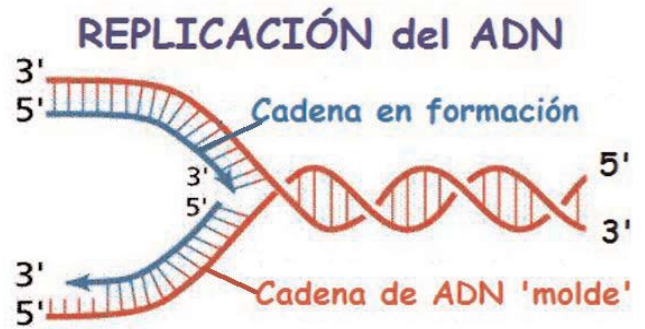
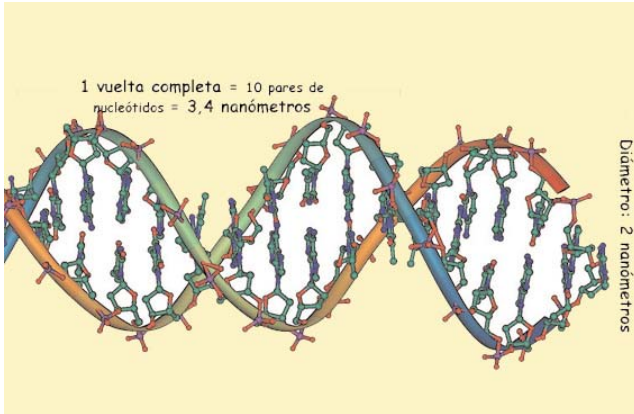
---



---

### Funciones del ADN

El ADN, como portador del mensaje genético, tiene dos misiones principales: Controla la vida celular y la aparición de los caracteres.



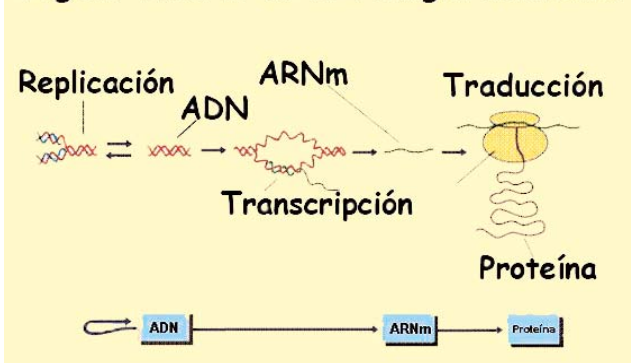
Durante la división celular garantiza la transmisión fiel de la información hereditaria de una célula u organismo a sus descendientes.

Puede llevarlas a cabo porque tiene la capacidad exclusiva de duplicarse en el núcleo (**replicación**) y de “copiar” o transmitir su información al ARN (**transcripción**). El ARN formado saldrá del núcleo con la información copiada y los ribosomas la interpretarán para sintetizar las proteínas en el proceso llamado **traducción**. Esas proteínas son las responsables de la aparición de los diferentes caracteres en una célula o en un organismo.

El mecanismo de la **replicación** o autoduplicación del ADN fue inmediatamente intuido por Watson y Crick al proponer la estructura de la doble hélice: las dos cadenas de nucleótidos del ADN se separaban, como una cremallera, y cada una de ellas servía de molde para la síntesis de una nueva cadena, siguiendo la regla de la complementariedad de las bases (A se une a T y G se une a C). Así cada molécula de ADN daría lugar a otras dos idénticas a ella. Esto sucede antes de que la célula se divida y por eso cada uno de los cromosomas que se forman al inicio de la división tiene dos copias exactas de sí mismo que son las dos cromátidas que luego repartirá entre las células hijas.

El ADN también puede transferir parte de la información de una de sus dos cadenas a otra molécula similar más pequeña y de una sola hebra llamada ARN mensajero (**ARNm**). El proceso se llama **transcripción**. Como en el ARN no hay timina, la complementariedad de las bases en este proceso hace que si en el ADN hay A en el ARN en formación se una un ribonucleótido de uracilo: es decir la complementariedad será A-U y G-C.

'Dogma' central de la Biología Molecular



El código genético o clave genética

		Segundo nucleótido del codón					
		U	C	A	G		
P r i m e r n u c l e ó t i d o	U	Phe UUU Phe UUC Leu UUA Leu UUG	Ser UCU Ser UCC Ser UCA Ser UCG	Tyr UAU Tyr UAC Stop UAA Stop UAG	Cys UGU Cys UGC Stop UGA Trp UGG	U C A G	T e r c e r o n u c l e ó t i d o
	C	Leu CUU Leu CUC Leu CUA Leu CUG	Pro CCU Pro CCC Pro CCA Pro CCG	His CAU His CAC Gln CAA Gln CAG	Arg CGU Arg CGC Arg CGA Arg CGG	U C A G	T e r c e r o n u c l e ó t i d o
	A	Ile AUU Ile AUC Ile AUA Met AUG	Thr ACU Thr ACC Thr ACA Thr ACG	Asn AAU Asn AAC Lys AAA Lys AAG	Ser AGU Ser AGC Arg AGA Arg AGG	U C A G	T e r c e r o n u c l e ó t i d o
	G	Val GUU Val GUC Val GUA Val GUG	Ala GCU Ala GCC Ala GCA Ala GCG	Asp GAU Asp GAC Glu GAA Glu GAG	Gly GGU Gly GGC Gly GGA Gly GGG	U C A G	T e r c e r o n u c l e ó t i d o



Para mantener sus funciones las células necesitan sintetizar proteínas constantemente. La información necesaria para ello también reside en el ADN. La síntesis la llevan a cabo los **ribosomas** y se denomina **traducción** porque dichos orgánulos interpretan la información contenida en la secuencia de nucleótidos del ARN para ir uniendo en un orden preciso los aminoácidos de la proteína. Las diferentes proteínas que existen contienen cantidades variables de 20 aminoácidos distintos. El diccionario que permite realizar dicha traducción se llama **clave** o **código genético** y es común para todos los seres vivos: cada triplete o grupo de tres nucleótidos del ARNm es una palabra o **codón** y significa un **aminoácido** concreto.

En todos los seres vivos, excepto en algunos virus, el flujo de la información genética se produce en el sentido: ADN (**transcripción**) ARNm (**traducción**) proteínas. Esta expresión, enunciada por Crick en 1970, se llamaba Dogma central de la Biología Molecular, hasta que se descubrieron los retrovirus, en los que no se verifica.

En la síntesis de las proteínas, además de cada ARNm específico que es quien contiene el mensaje del ADN, intervienen otros dos tipos de ARN similares en muchos organismos: distintos tipos de ARN transferentes (**ARNt**), que transportan cada uno un aminoácido específico hasta los ribosomas y los ARN ribosómicos (**ARNr**) que forman parte de dichos orgánulos.



### Concepto moderno de gen

Las proteínas sintetizadas en el proceso de traducción son las responsables de acelerar determinadas reacciones químicas en los seres vivos o de constituir estructuras o realizar funciones que provocan la aparición de los diferentes caracteres. Por tanto actualmente se considera como **gen** aquel segmento de ADN que contiene información para la síntesis de una **proteína**, responsable, a su vez, de la aparición de un **carácter**.



**Ordena**

Ordena de manera descendente los siguientes términos (de mayor a menor contenido de material hereditario):

1	Genoma
2	Gen
3	Base nitrogenada
4	Cromosoma
5	Nucleótido



**Contesta**

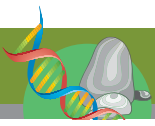
Si una tenemos una cadena de nucleótidos de ADN cuya secuencia es ... AAAGCCATATATCCTCCA ... Indica cómo será la cadena complementaria y a qué ARNm dará lugar la transcripción de la cadena dada




**Verdadero o falso**

	Verdadero	Falso
El ARN es una molécula más grande y compleja que el ADN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Todos los seres vivos excepto los virus tienen ARN y ADN El ADN está formado por dos cadenas de nucleótidos complementarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La doble hélice es la estructura habitual del ARN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En la síntesis de proteínas intervienen ARNm, ARNt y ARNr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>





**Relaciona**

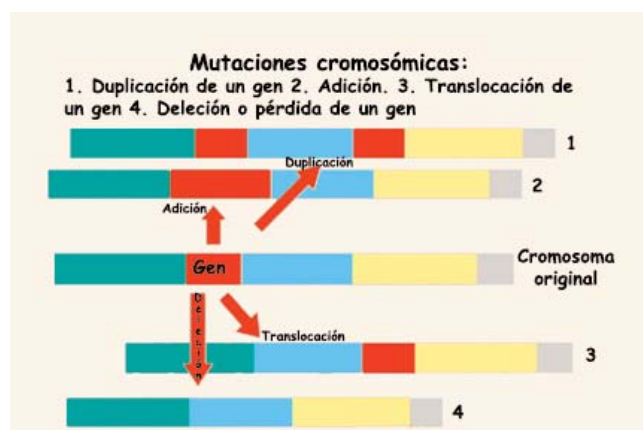
Relaciona las dos columnas de la manera más correcta posible:

Traducción	Proceso de síntesis de ADN
Replicación	Proceso de síntesis de ARN
Código o clave genética	Molécula que transporta aminoácidos hasta los ribosomas
Aminoácidos	Proceso de síntesis de proteínas
Transcripción	Unidades que componen las proteínas
ARNt	Correspondencia entre codones y aminoácidos

### 3.3. Las mutaciones y su importancia biológica

Las mutaciones son cambios bruscos en el fenotipo que proceden de alteraciones del material genético. Se producen por errores en la duplicación del ADN o en los mecanismos naturales de reparación de los mismos o por fallos en el reparto de los cromosomas durante la división celular.

Las mutaciones **espontáneas** son muy infrecuentes pero pueden ser **inducidas** mediante agentes ambientales denominados mutágenos como algunas radiaciones muy energéticas (rayos gamma, UV, X), sustancias químicas (ácido nitroso, humo del tabaco) ciertos virus o incluso determinados genes alterados (oncogenes). Si aparecen en las células **somáticas** sólo afectan al individuo en el que se originan y no se transmiten a los descendientes, pero si se producen en las células **germinales** pueden ser heredadas.







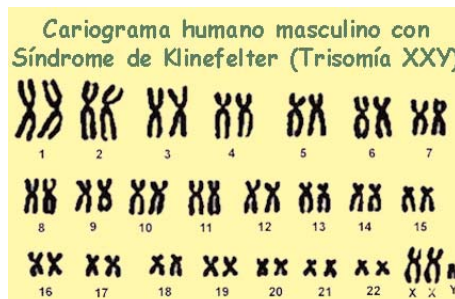
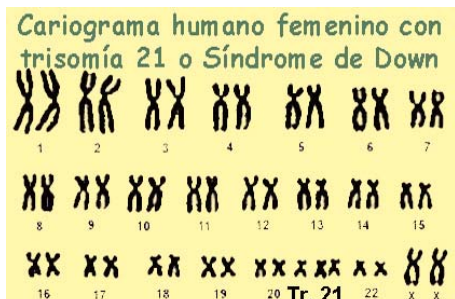
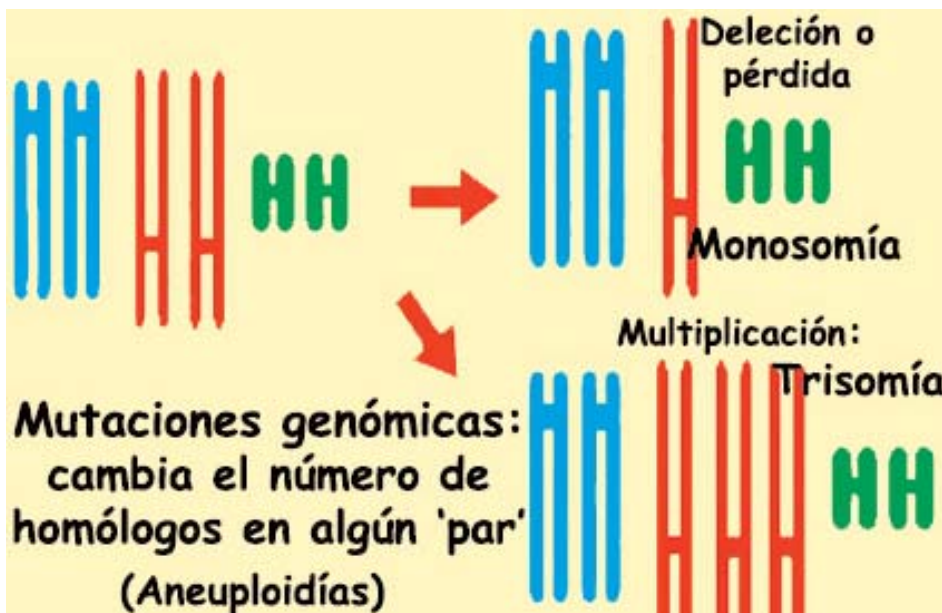
Atendiendo a la cantidad de material hereditario afectado se distinguen mutaciones **génicas**, que sólo dañan un gen,  **cromosómicas** que alteran varios genes y modifican el tamaño o la forma de los cromosomas pero no su número, y  **genómicas** o  **cariotípicas** que afectan al número de cromosomas, bien porque en alguna pareja de homólogos no hay dos (por ejemplo en el síndrome de Down o trisomía 21 en el que hay 3 cr de tipo 21) o bien porque el número de series de cromosomas (n) no es dos (como sucede en los mutantes llamados triploides 3n, tetraploides 4n o poliploides).

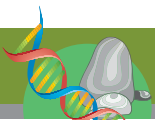
En todos los organismos se han descubierto enzimas que reparan los daños producidos por mutágenos ambientales y por errores en la replicación del ADN. Sin esas enzimas, los niveles de mutación serían incompatibles con la supervivencia. Los fallos ocasionales en los mecanismos de reparación permiten la aparición de mutaciones. Muchas de ellas son perjudiciales y con el tiempo tienden a desaparecer de las poblaciones, pero algunas son beneficiosas, neutras o ligeramente perniciosas y se mantienen. Tienen gran importancia biológica como una de las fuentes de **variabilidad** o diversidad  **genética** en las poblaciones de seres vivos que ha hecho y hace posible el proceso de evolución.

**Algunas mutaciones cromosómicas y genómicas**

Se cree que el 10% de los recién nacidos padecen o padecerán alguna malformación o enfermedad de carácter genético. En la tabla adjunta se citan ejemplos de algunas mutaciones cromosómicas y genómicas frecuentes, su incidencia y efectos principales.

Mutación	Frecuencia (1/100000)	Efectos
Trisomía 13 (Síndrome de Patau)	1/10000	Letal en casi todos los casos, retraso mental
Tris. 18 (Síndrome de Edwards)	1/10000	Deficiencia mental profunda
Trisomía 21 (Síndrome de Down)	1/1000	Letalidad reducida, retraso mental, rasgos morfológicos
Trisomía (XXX) (Síndrome de Triple X)	1/10000	Rasgos infantiles, estatura mental ligera
Trisomía XXXY (Síndrome de Klinefelter)	1/1000	Estatura, desarrollo masculino, rasgos algo femeninos, poca inteligencia
Trisomía XXXX	1/100000	Retraso mental leve, estatura elevada y agresividad
Monosomía X (O de Turner)	1/25000	Estatura, genitales reducidos, baja estatura, ciertos aspectos masculinos
Deleción crom. 5 (Síndrome de Cri-du-chat)	1/500000	Retraso psicomotor, crios en pequeño, llanto peculiar
Deleción cromosoma Y	Baja	Retraso mental, deformaciones óseas y dentales





## Elige las correctas

Elige las expresiones que sean correctas para las mutaciones en general

Afectan a cualquier tipo de cromosoma

Pueden ser provocadas por factores ambientales

Favorecen el aumento de la biodiversidad

Perjudican la evolución de las especies

No se heredan

Son más graves cuanto mayor es la cantidad de material genético afectado

Son fallos en la duplicación del ADN o en la división celular

Son más frecuentes en organismos jóvenes

### 3.4. Nuevas biotecnologías: aplicaciones y riesgos

El conocimiento de los genes ha hecho posible en las últimas décadas modificar la información genética de algunas especies para diseñar organismos con características determinadas. La **Ingeniería genética** agrupa un conjunto de técnicas que permiten analizar, aislar, multiplicar, modificar, suprimir o añadir genes a las moléculas de ADN de los organismos. Así se pueden identificar, cortar y empalmar genes procedentes de dos seres pertenecientes a la misma o a distinta especie, creando combinaciones (*ADNs recombinantes*) que no existen en la naturaleza. Con esta tecnología se ha conseguido, por ejemplo, insertar genes de insulina humana en bacterias o genes de hormona de crecimiento humana en ratones, que los expresan como si fueran genes propios. También se han obtenido plantas como patatas y fresas que resisten las heladas o que fabrican ciertos insecticidas como sucede en maíz transgénico Bt o peces que pueden sobrevivir en ambientes mucho más fríos que los que habitaban originalmente. Aunque a veces se utilizan como sinónimos, el término **organismo genéticamente modificado OGM**, se aplica a un ser cuyos genes han sido alterados de manera artificial, reservándose el nombre de **organismos transgénicos** para designar a los que contienen genes procedentes de otras especies. Los alimentos que los contienen son los llamados alimentos transgénicos.

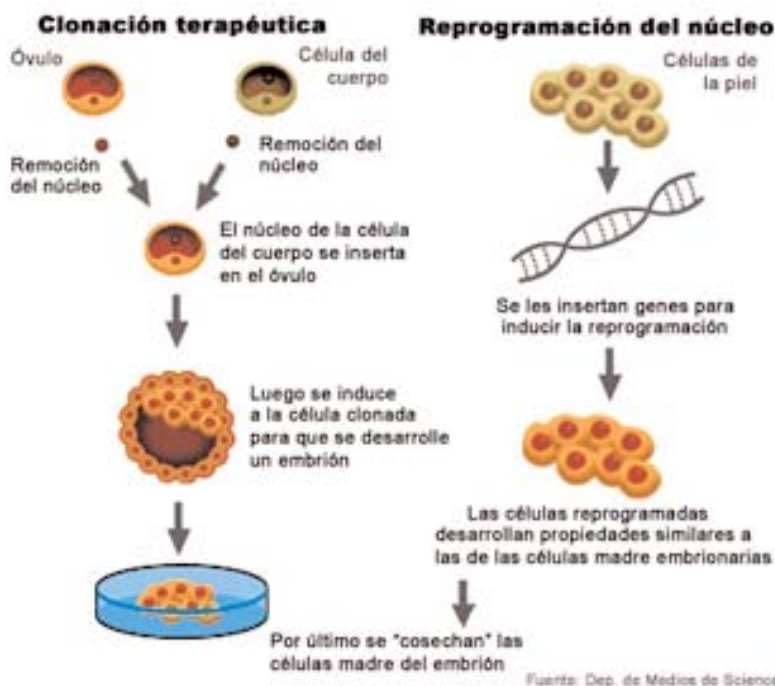
El proceso de consecución de un individuo transgénico es enormemente complejo y costoso, especialmente cuando se trata de un mamífero. Para garantizar la permanencia en el tiempo de las mejoras genéticas logradas y



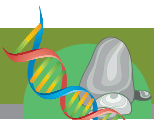
que normalmente no se heredaban, se puso a punto la técnica de multiplicación no sexual llamada **clonación** consistente en conseguir individuos idénticos a otro extrayendo el núcleo (2n) de una célula somática del individuo original e introduciéndolo en un óvulo de su misma especie al que previamente se le ha extraído el núcleo (n). El óvulo así manipulado se comporta como si hubiera sido fecundado y comienza a dividirse para originar un embrión que se implanta en el útero de una hembra portadora. Si el embrión llega a término dará lugar a un animal idéntico al donador del núcleo introducido, ya que contiene su mismo ADN, es decir su misma información genética. Por este procedimiento nació la famosa oveja **Dolly** en 1996.



La clonación de animales parece que va a permitir recuperar especies en peligro de extinción e incluso extinguidas, obtener mejoras controladas y más rápidas en razas de ganado o producir animales que fabriquen proteínas humanas o medicamentos importantes.







### Sorpresas del P. Genoma Humano

En febrero de 2001 se publicaron en las revistas *Nature* y *Science* los borradores de las secuencias del genoma humano deducidas por el equipo internacional del **Proyecto genoma humano** y por el grupo de la empresa privada Celera Genomics respectivamente.

Los resultados señalan que tenemos aproximadamente sólo el doble de los genes que posee *Drosophila melanogaster* (entre 25.000 y 30.000). Además hay regiones con muy pocos genes, zonas de secuencias muy repetitivas llamadas "junk DNA" o "ADN basura" y sólo aproximadamente el 0,1% de las secuencias del ADN humano difiere de unos individuos a otros, mientras el 99,9% restantes son idénticas. Por eso se sospecha que las regiones de ADN que aparentemente carecen de genes deben tener un importante papel regulador en la expresión del material hereditario y en la aparición de las características de cada organismo y se sugiere llamarlo "**ADN de función desconocida**" en lugar de "ADN basura".

En el caso de los seres humanos, sólo está legalmente permitida la clonación terapéutica, consistente en multiplicar o clonar células indiferenciadas (**células madre**) que se cultivan para producir diversos tejidos y órganos. La clonación plantea numerosas cuestiones éticas, como por ejemplo si es legítimo obtener las células madre a partir de embriones o sólo es correcto extraerlas a partir de tejidos y órganos adultos.

En la década de 1980 se inició el **Proyecto Genoma Humano**, con el objeto de conocer todos los genes de nuestra especie, su secuencia de nucleótidos y su modo de expresarse. En él han colaborado científicos de diversos países, tanto desde el ámbito público como del privado, que publicaron sus resultados finales en abril de **2003**. Entre sus conclusiones cabe destacar el hecho de que tenemos alrededor de **25000 genes** (y no más de 100000 como se creía), de los que más del 99,9% son idénticos en todas las personas. Además compartimos muchos de ellos con otras especies: el 60% con las moscas, más del 90% con los ratones y hasta el 98% con los chimpancés. Entre las aplicaciones del conocimiento del genoma humano cabe citar la posibilidad de detectar y curar enfermedades genéticas antes de que se produzcan, cambiar genes defectuosos (terapia génica) o diseñar de fármacos "personalizados" teniendo en cuenta las características genéticas de cada paciente, etc. Pero también existe el riesgo del mal uso de los "informes" genéticos humanos, que deben ser siempre voluntarios y confidenciales para evitar discriminar a personas portadoras de ciertos genes.

Aunque la humanidad ha utilizado desde la antigüedad de manera intuitiva y experimental técnicas de biotecnología para elaborar pan, cerveza, vino, queso... o para seleccionar ciertas variedades de plantas o razas animales de interés, los recientes avances experimentales en el ámbito de la genética molecular han ampliado sus aplicaciones terapéuticas, medioambientales, alimentarias, agronómicas, etc. En efecto, el dominio de las técnicas de ingeniería genética, incluyendo la producción creciente de organismos transgénicos, simplifica la obtención de medicamentos complejos y la curación de ciertas enfermedades genéticas, facilita el tratamiento de los residuos agrícolas e industriales y la obtención de energía a partir de biomasa, favorece el aumento de la producción y la calidad de los alimentos, etc.

Sin embargo, existe el riesgo de que los microorganismos modificados transfieran genes o toxinas indeseables a otras especies y lleguen a afectar al hombre o de que las plantas transgénicas hagan desaparecer en poco tiempo a las autóctonas adaptadas a sus ecosistemas tras miles o millones de años de evolución. También se teme el incremento de algunas alergias producidas por alimentos transgénicos, como las que provocan en personas alérgicas al pescado algunos vegetales que contienen genes de peces árticos para incrementar su resistencia al frío. Además se han concedido numerosas patentes sobre fragmentos de genes y genes de diferentes organismos, que llevan asociado el derecho exclusivo a su utilización comercial y no parece ético reservar a unos pocos la explotación de ese "patrimonio" natural. Afortunadamente, ya en 1997 la Unesco proclamó la inviolabilidad del genoma humano, declarando que ninguna parte del mismo es patentable y existen ya numerosos comités internacionales nacionales de **Bioética** que aconsejan seguir siempre el "**principio de precaución**" y velan por el respeto a los valores éticos en todas las investigaciones biotecnológicas.



Federico Mayor Zaragoza estableció el Comité Internacional de Bioética de la Unesco

Comité de Bioética de España creado en 2007



**Completa**

La ingeniería genética permite analizar y modificar los \_\_\_\_\_ de los seres vivos. Un organismo \_\_\_\_\_ contiene algún \_\_\_\_\_ de otra especie. Las técnicas de manipulación genética presentan numerosos problemas \_\_\_\_\_. Para tratar de evitarlos han surgido comités nacionales e internacionales de \_\_\_\_\_. El proyecto \_\_\_\_\_ ha permitido corroborar que las diferencias genéticas entre las personas sean mínimas.

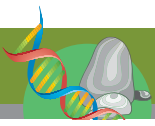
Bioética	gen	transgénico
Genoma Humano	genes	éticos

**Tarea pendiente**

Secuenciar los genes ha sido una tarea mucho más sencilla que conocer su función. Aunque el proceso es complejo, mediante ingeniería genética se pueden insertar ahora genes en un organismo o sustituirlos por otros alterados y crear así mutantes artificiales en los que estudiar los cambios que se producen. Como compartimos más del 90 % de los genes con los ratones y son fáciles de mantener y criar en los laboratorios, han sido elegidos como modelos para estudiar los genes humanos y llegar así a comprender mejor nuestro genoma. Desde un punto de vista biológico, el PGH ha sido sólo el preámbulo de otro más interesante y dinámico llamado Proyecto Proteoma Humano que permitirá conocer cómo nuestros genes originan las proteínas cuyas funciones mantienen nuestra vida.







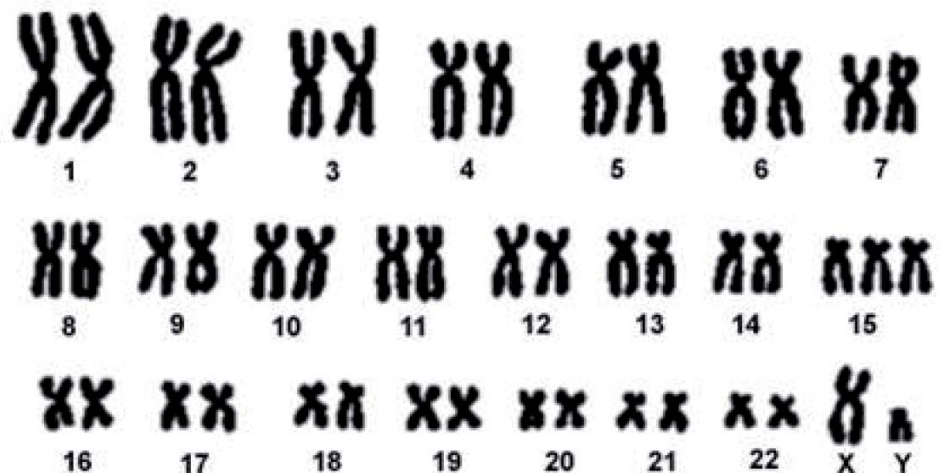
EJERCICIOS

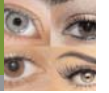
1. Relaciona correctamente las dos columnas:

1. Proceso de síntesis de ADN	a) Mutágenos
2. Proceso de síntesis de ARN	b) Trisomía
3. Moléculas que transportan aminoácidos hasta los ribosomas	c) Replicación
4. Proceso de síntesis de proteínas	d) Aminoácidos
5. Unidades que componen las proteínas genética	e) Código o clave
6. Correspondencia entre codones y aminoácidos	f) Traducción
7. Sustancias que aumentan la tasa de mutación	g) Transcripción
8. Mutación que incrementa en 1 el nº de homólogos	h) ARNs de transferencia
9. Cambio en la secuencia de nucleótidos de un gen	i) Mutación genómica
10. Aumento en el número de cromosomas de un ser	j) Mutación génica

- a) ¿Son células con organización procariota o eucariota? ¿Por qué?
- b) ¿Qué rasgos caracterizan a este tipo de organización?
- c) ¿Qué diferencia podrías encontrar entre estas células y las de un lirio?
- d) ¿Son células diploides o haploides?
- e) ¿Qué tipo de división e

2. Después de ampliar la imagen obtenida observando al microscopio una célula humana, se han recortado y ordenado las estructuras individuales que aparecían obteniéndose la siguiente ilustración:





a) ¿Qué son esas "estructuras"? b) ¿Qué indican los números que aparecen debajo de ellas? c) ¿La célula de la que se obtuvieron era haploide o diploide? d) ¿Cuántas cromátidas tiene cada cromosoma de la figura? e) ¿Cómo se llaman los dos cromosomas que tienen el mismo número? f) ¿La célula procede de un hombre o de una mujer? g) ¿Tiene alguna anomalía?

3. Se ha obtenido una cadena de nucleótidos como la que sigue: ...ATCAC-CAGTTTGTTC... a) ¿A qué tipo de molécula pertenece? b) ¿Cuál sería la secuencia de una cadena complementaria? c) ¿Al transcribirse la primera cadena a qué ARN dará lugar? d) ¿Cómo se llamaría un cambio en el orden de los nucleótidos de la primera cadena?

4. En una variedad de mosca *Drosophila*, el color del cuerpo gris está determinado por el alelo dominante A y el color negro por el recesivo a. Las alas de tipo normal por el dominante N y las alas vestigiales por el recesivo n. Se cruzaron dos moscas de raza pura una gris de alas largas y otra negra de alas vestigiales. a) ¿Cómo serán las descendientes? b) Si se cruza una de ellas con otra mosca negra de alas cortas ¿qué tipo de moscas podemos obtener? c) ¿Cómo se llama este cruzamiento y para qué se utiliza?

5. En un juzgado se presenta una mujer del grupo AB Rh- solicitando que se haga reconocer a un hombre del grupo O Rh+ la paternidad de su bebé. Si el hijo pertenece al grupo O Rh-, ¿qué decisión tomará el juez?





## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Una parte de los contenidos de la unidad te resultarán conocidos porque los habrás estudiado en el segundo bloque.

En la primera parte se estudian los factores que constituyen los ecosistemas, algunas interacciones entre ellos, y las características que han desarrollado los seres vivos para vivir en los dos medios.

A continuación, estudiarás cómo pasa la materia y la energía de unos seres vivos a otros. Verás cómo la materia va describiendo ciclos entre los organismos y el medio ambiente, y cómo la energía se va transformando a medida que fluye por los distintos niveles de seres vivos y es utilizada por éstos.

En la última parte estudiarás cómo cambian los ecosistemas a lo largo del tiempo, y también, algunas características y algunos organismos de los ecosistemas más representativos de esta comunidad.

En la unidad siguiente verás el efecto de las actividades humanas en el funcionamiento de los ecosistemas.

Cuando termines de estudiar la unidad deberás ser capaz de:

1. Identificar los componentes de un ecosistema.
2. Enumerar los principales factores ambientales.
3. Analizar las relaciones existentes entre los seres vivos y su entorno.
4. Explicar las principales interacciones entre los organismos de la misma o de diferente especie.
5. Identificar los tipos de organismos y las funciones que desempeñan en el ecosistema.
6. Representar e interpretar las relaciones alimenticias que se dan en la naturaleza.
7. Representar e interpretar la circulación de materia y energía.
8. Esquematizar el ciclo del carbono y del nitrógeno en los ecosistemas.
9. Explicar las principales adaptaciones que presentan los seres vivos a los dos medios.
10. Relacionar la pérdida de energía de un nivel con la explotación del ecosistema.
11. Distinguir entre sucesiones primarias y secundarias.
12. Interpretar el proceso de sucesión ecológica que ocurre en los ecosistemas.
13. Explicar algunas características de los ecosistemas más importantes de esta comunidad.
14. Nombrar la vegetación y la fauna más representativa de los ecosistemas estudiados.



## 1. SERES VIVOS Y MEDIO AMBIENTE

La vida se desarrolla en una delgada capa de la Tierra, de apenas 20 kilómetros de espesor, denominada **Biosfera**.

Ningún ser vivo puede vivir aislado. Para sobrevivir, todos los organismos necesitan relacionarse con el medio que les rodea e, inevitablemente, la vida de cada organismo afecta a la vida de los demás.

En la biosfera existen dos medios básicamente diferentes: el **medio acuático** y el **medio terrestre** o aéreo.

En ambos medios existen millones de especies diferentes, y cada una de ellas, está adaptada a unas condiciones ambientales particulares. Su **adaptación** es consecuencia de la selección natural, que ha actuado a lo largo de muchas generaciones.



### El mejillón cebra

Es un pequeño molusco de agua dulce o salobre. Procede de los mares Negro y Caspio donde habita en equilibrio con los otros componentes del ecosistema. Por su pequeño tamaño y su elevada capacidad filtradora de sustancias tóxicas, no es comestible.

El artículo está publicado en la revista Natural de Aragón.



### 1.1. El ecosistema

Se denomina **ecosistema** al conjunto constituido por un medio físico (el biotopo), por los organismos que viven en él (la biocenosis o comunidad), y por las relaciones que se establecen entre todos sus componentes y el medio en el que viven. La ciencia que estudia los ecosistemas se denomina **Ecología**.

Según el medio dominante los ecosistemas se suelen dividir en:

- **Ecosistemas terrestres:** se asientan en el suelo y están muy influidos por las características climáticas.
- **Ecosistemas acuáticos:** su entorno principal es el agua y su salinidad, así como los materiales que forman el fondo de las zonas húmedas.

Como **ejemplos** de ecosistemas:

- **El lago** es un ecosistema acuático con agua dulce más o menos transparente, con el fondo cubierto de sedimentos. Viven plantas acuáticas, algas, peces, aves, insectos acuáticos, gusanos, y muchos otros organismos.





- **La estepa** es un ecosistema que se asienta sobre suelos pobres, con largos periodos de sequía y precipitaciones escasas. Viven plantas y animales que soportan estas condiciones: esparto, tomillo, romero, liebre, avutarda, alondra, insectos, lagartijas.
- **Un árbol** puede ser un ecosistema. Tiene humedad, zonas con diferente intensidad de luz y de viento. Sobre él viven musgos, líquenes, larvas de insectos, gusanos, arañas, aves, pequeños roedores.

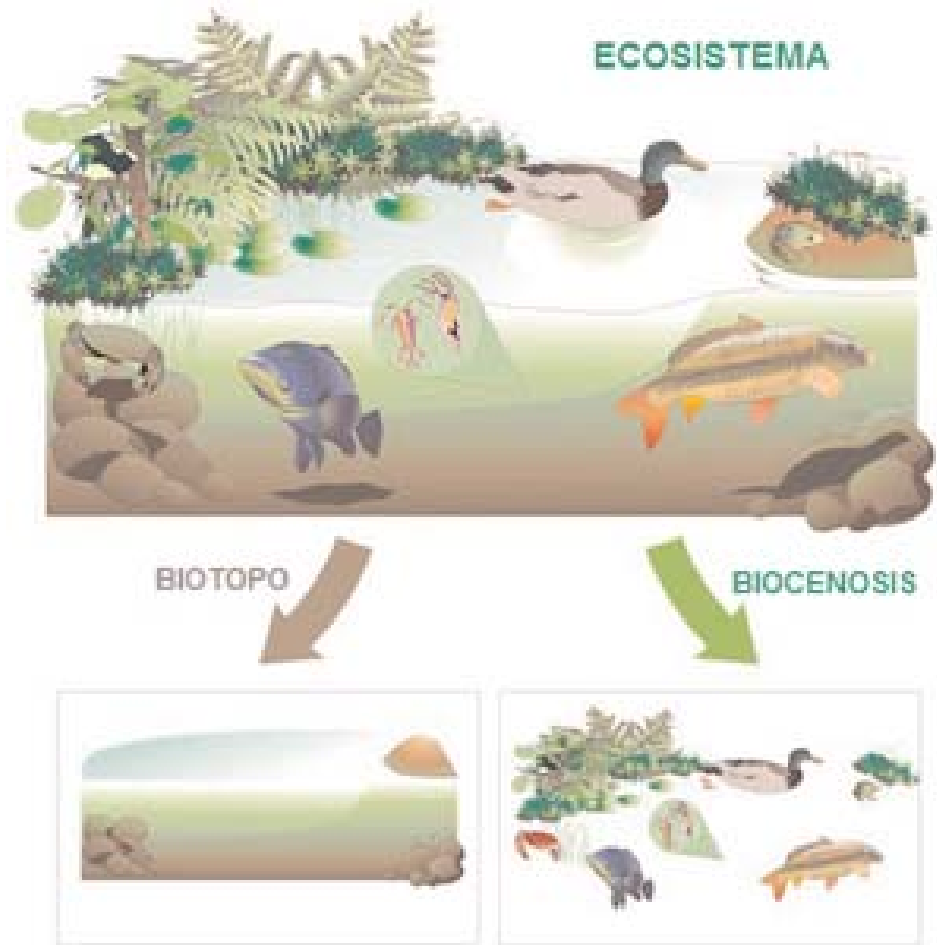
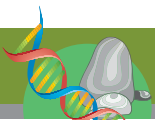
### El biotopo

El **biotopo** es el lugar o el medio físico del ecosistema en el que se desarrollan los seres vivos. Está constituido por un sustrato (agua, suelo, rocas, aire, etc.) y por las condiciones físicas y químicas del medio (temperatura, composición del suelo, luminosidad, etc.).

Se llaman **factores ambientales** al conjunto de condiciones físicas y químicas que influyen en el biotopo y en la vida de los seres vivos del ecosistema.

Los principales factores ambientales son:

- **La luz.** Es necesaria para los organismos fotosintéticos y condiciona su situación en el ecosistema.
- **El agua.** Su presencia es indispensable para el desarrollo de todos los organismos.
- **La temperatura.** Condiciona el grado de calor o frío del entorno de los seres vivos.



- **La salinidad del agua.** Es la cantidad de sales disueltas en el agua (dulce, salada, salobre).
- **El pH.** Determina el grado de acidez o basicidad del medio en el que viven los organismos.

Entre los numerosos factores ambientales, que influyen en el ecosistema, hay un delicado equilibrio. Generalmente, la variación de un factor del biotopo provoca cambios en los demás.

Por ejemplo, el clima de de la estepa se caracteriza por la escasez y la irregularidad de las precipitaciones, y esto influye en la fertilidad del suelo.

El biotopo del **medio terrestre** se caracteriza por el tipo de suelo y su grado de humedad, la temperatura del aire, la cantidad de luz, el sustrato sobre el que se asienta el organismo.

El biotopo del **medio acuático** se caracteriza por el grado de salinidad del agua (dulce, salada, salobre), por su transparencia y luminosidad, su temperatura, la cantidad de gases y nutrientes disueltos.



**Elige la correcta**

**Indica qué característica no pertenece al biotopo**

Salinidad del agua	<input type="checkbox"/>
Temperatura del aire	<input type="checkbox"/>
Humedad del suelo	<input type="checkbox"/>
Absorción de nutrientes	<input type="checkbox"/>
Ausencia de luz	<input type="checkbox"/>



**Contesta**

**Explica la frase: El todo (ecosistema) es más que la suma de las partes (biotopo + biocenosis o comunidad)**


**1.2. La biocenosis**

Los individuos aislados tienen pocas probabilidades de sobrevivir. Por este motivo, se agrupan con otros individuos de su misma especie.

Se denomina **población** al conjunto de individuos de una misma especie que viven en un lugar determinado. Por ejemplo, la población de garzas de una laguna.

Al conjunto de poblaciones que viven en el mismo lugar y que se relacionan entre sí se denomina **biocenosis**.

Las biocenosis tienen tamaños muy diferentes: pueden ser los habitantes de una charca, los de un pinar o los de un tronco caído, dependiendo del tamaño del ecosistema.

Se denomina **hábitat** de un organismo o de una especie al tipo de lugar donde encuentra las condiciones que necesita para vivir (en el suelo, en el fondo del lago, debajo de una piedra, en el acantilado, etc.). Es como saber su dirección.

Se denomina **nicho ecológico** a la función que desempeña un organismo en el ecosistema. Es como saber la profesión del organismo (es un depredador, es un comedor de semillas, es un descomponedor de materia, etc).

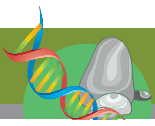
**Algunos ejemplos:**

El **roble melojo**. Su hábitat es la media montaña, soporta bien las heladas, vive en suelos silíceos y algo húmedos. Es un organismo fotosintético que produce materia orgánica (hojas, madera, bellotas).

**Estrategias de crecimiento**

Las especies adaptadas a vivir en ambientes inestables, están capacitadas para reproducirse rápidamente y dejar muchos descendientes en previsión de una mortalidad elevada. Poseen esta estrategia, las plantas y los animales de pequeño tamaño.

Por el contrario, a las especies adaptadas a vivir en ambientes muy estables, no les resulta conveniente tener muchos descendientes porque podrían agotar los recursos, cuidan a sus crías y viven más tiempo. Siguen esta estrategia muchos mamíferos y aves.



**El zorro.** Su hábitat son las zonas boscosas, aunque también se encuentra en zonas abiertas. Excava madrigueras en el suelo y se oculta durante el día. Su función es la de un depredador de pequeños mamíferos como ratones y conejos, de aves e insectos.

**La estrella de mar.** Son organismos marinos que viven en el fondo, a veces enterrados en la arena. Son depredadores de moluscos y de otros invertebrados.



### Relaciones intraespecíficas

Ningún organismo vive solo: durante algún momento de su vida comparte el biotopo y los recursos del medio con otros organismos de su misma especie.

Las **relaciones intraespecíficas** son interacciones que se establecen entre los organismos de una misma especie en un ecosistema.

Estas relaciones pueden ser beneficiosas para la especie si favorecen la cooperación entre los organismos o perjudiciales si provocan la competencia entre ellos.

La **competencia** se produce cuando los individuos compiten por:

- Los recursos del medio (alimento, luz, nutrientes del suelo, un lugar del territorio).
- La reproducción (luchando por el sexo opuesto).
- Por dominancia social (un individuo se impone a los demás).

La **asociación** en grupos se produce para obtener determinados beneficios:

- Mayor facilidad para la caza y la obtención del alimento.
- Defensa frente a los depredadores.
- Facilidad de reproducción por la aproximación de los sexos.
- Cuidado y protección de las crías.

Por ejemplo, los conejos de una zona muy saturada, estarán débiles por la falta de alimento, esto les dificultará la huida de los depredadores y les impedirá sacar adelante una camada numerosa.

La competencia entre los individuos de una misma especie actúa como un proceso selectivo en el que sobreviven los organismos mejor adaptados.

### Pareja de aves

En muchas especies de aves, el macho es de colores brillantes. Estos le facilitan la procreación, pero también así es visto más fácilmente y depredado. De esta forma se facilita la supervivencia de hembras y crías al mantener saciados a los depredadores y eliminar la competencia por el alimento.

Imagen: Manuel Navia Murgueitio.







### Tipos de asociaciones intraespecíficas

A pesar de la competencia, los seres vivos obtienen grandes beneficios de la vida en común. Existen diferentes **tipos de asociaciones intraespecíficas**:

**Colonial.** Los individuos que constituyen una colonia proceden de la reproducción asexual de un mismo progenitor y permanecen unidos toda su existencia. Facilita la captura del alimento y la reproducción. Por ejemplo, las colonias de corales.

**Familiar.** La componen individuos emparentados entre sí, generalmente los progenitores y las crías. Facilita la procreación y el cuidado de éstas. Son ejemplos las familias de aves y de mamíferos.

**Estatal.** Estos individuos, que proceden de una hembra fecundadora, presentan una diferenciación anatómica y fisiológica que permite una división del trabajo comunitario. Es característica de insectos sociales (abejas, hormigas, termitas).

**Gregaria.** Está formada por individuos que tienden a vivir juntos con el fin de ayudarse mutuamente. A veces, estas agrupaciones son transitorias, como en el caso de las migraciones. Algunos ejemplos son: bandada de aves, manada de ñus, banco de peces.



### Relaciones interespecíficas

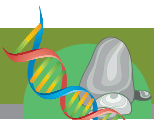
Se denominan **relaciones interespecíficas** a las que se establecen entre las diferentes especies de un ecosistema.

Algunas de las **relaciones más frecuentes** son:

**La depredación.** Es una relación en la que una especie (el depredador) obtiene un beneficio en contra de otra especie que es perjudicada y que nor-







### Margaritona

Es un molusco bivalvo de agua dulce (náyade) y de gran tamaño (hasta 17 cm) que habitaba gran parte de los ríos europeos y de África del Norte. Ahora solo quedan unos pocos ejemplares, la mayoría en el Canal Imperial de Aragón. La característica más destacable es que sus larvas deben introducirse en las branquias de un pez específico para completar el desarrollo.

Imagen: El Periódico de Aragón.



malmente muere (la presa). Son depredadores el lobo, las aves rapaces, las serpientes, y otros carnívoros; son presas, la gacela, el conejo, los pájaros.

**El parasitismo.** Es una relación en la que un organismo (el parásito) vive a expensas de otro (el hospedador) del que obtiene lo necesario para vivir y sale, por tanto, perjudicado de la relación, pero normalmente no muere: el pulgón se alimenta de la savia de las plantas, las garrapatas se alimentan de la sangre de los mamíferos.

**El mutualismo.** En esta relación, las dos especies obtienen un beneficio mutuo. Cuando las dos especies no pueden vivir de forma separada la relación se denomina **simbiosis**. El líquen es una asociación de simbiosis entre un alga y un hongo. El alga produce alimento por fotosíntesis y el hongo aporta humedad y fijación al sustrato. Las garrapatas se alimentan de los parásitos a la vez que libran a los búfalos de ellos.

**El comensalismo.** Es una relación en la que una especie (el comensal) obtiene un beneficio de otra sin que esta tenga ningún perjuicio, permaneciendo por tanto indiferente. El cangrejo ermitaño se aprovecha de la concha vacía de otra especie para su protección. El pez rémora se alimenta de los restos de la comida que deja el tiburón.



### Elige la correcta

¿Qué tipo de relación se establece entre una garrapata y un perro?

Mutualismo	<input type="checkbox"/>
Parasitismo	<input type="checkbox"/>
Depredación	<input type="checkbox"/>
Comensalismo	<input type="checkbox"/>



### Elige las correctas

Selecciona las opciones relacionadas con el nicho ecológico del lobo

Excava madrigueras

Tiene hábitos nocturnos

Amamanta a sus crías

Vive en páramos y bosques



 **Relaciona**

**Relaciona las asociaciones con sus tipos**

Estatal	Banco de peces
Gregaria	Hormiguero
Colonial	Corales
Familiar	Elefantes con sus crías

### 1.3. Adaptaciones al medio

Las **adaptaciones** son características de los seres vivos que favorecen su supervivencia. Todas son consecuencia del proceso continuo de selección natural. Los individuos que, por azar, han nacido con alguna característica ventajosa, tienen más probabilidades de llegar a adultos, reproducirse, y transmitir estas características a sus descendientes. De esta manera, el medio ambiente va modelando las formas y los comportamientos de los organismos que viven en él.

Las adaptaciones, generalmente implican mutaciones o cambios genéticos. Pueden ser de **tres tipos**:

- **Anatómicas**, como las alas de las aves; el tipo de dentición, adaptado a la dieta; o la forma de las hojas de las plantas, para captar mejor la luz.
- **De comportamiento**, como las migraciones de las aves.
- **Fisiológicas**, como la capacidad de algunos animales de captar el oxígeno disuelto en el agua o de regular la temperatura.

A continuación, verás las principales características que permiten a los organismos vivir en alguno de los dos grandes medios: el medio acuático y el medio terrestre.

#### Medio acuático

Las **principales adaptaciones** de los organismos al medio acuático son:

**A la salinidad.** Algunos seres vivos tienen su organismo tan estrechamente adaptado a una determinada concentración salina, que no soportan el cambio del agua dulce a la salada o viceversa. Se les denomina **estenohalinos**. Suelen vivir en zonas alejadas de la costa, como las sardinas y los atunes. Por el contrario, hay otros que toleran indistintamente ambos medios acuáticos. Es el caso de las anguilas y el salmón, que durante unas épocas viven en el mar y durante otras en los ríos. Reciben el nombre de **eurihalinos**. Son característicos de estuarios y desembocaduras de los ríos.

**A la presión hidrostática.** La mayoría de animales y plantas que viven a grandes profundidades carecen de cavidades, y sus tejidos empapados de

#### Mimetismo

Es una habilidad que poseen ciertos seres vivos para asemejarse a otros de su entorno y a su propio entorno para obtener alguna ventaja. Una especie de sabor agradable puede imitar a otra de sabor desagradable o tóxica. Así, el depredador que captura a la especie nociva aprende a evitar cualquier presa de aspecto similar. Es el caso de la serpiente de coral, muy venenosa, cuya coloración es imitada por una falsa coral totalmente inofensiva.





agua apenas pueden comprimirse y por tanto deformarse. Muchos peces poseen **vejiga natatoria**, una cavidad que se llena o vacía de aire y les permite ascender o descender en el agua.

**A la densidad.** El agua, al poseer una densidad muy cercana a la de los seres vivos, favorece la flotabilidad, y muchos organismos **carecen de elementos de sostén** del cuerpo. Así, las algas carecen de tejidos leñosos; muchos animales marinos, como las medusas, carecen de esqueleto y sin embargo mantienen sus partes turgentes y erguidas.

**Para vencer la viscosidad.** El cuerpo de los animales que tienen que moverse activamente en el agua, como ocurre con los peces, tiene forma **fusiforme** para reducir al mínimo el rozamiento, musculatura muy desarrollada y extremidades en forma de **aletas**. En otros casos, la adaptación se lleva a cabo por mecanismos de **propulsión**, impulsando un chorro de agua en sentido contrario a la dirección del movimiento, como ocurre con el calamar o la sepia.



**Al movimiento del agua.** Los organismos de las zonas costeras poseen caparazones, que los protegen de los golpes de las olas (cangrejos), y órganos de fijación para no ser arrastrados (mejillones), o bien, viven enterrados en la arena (almejas).

**A la respiración.** Los organismos típicamente acuáticos disponen de **branquias** y toman el oxígeno disuelto en agua. Los vertebrados terrestres que se han adaptado al agua, como ballenas, delfines o cocodrilos, toman aire y respiran por pulmones.



### Medio terrestre

Las **principales adaptaciones** de los organismos al medio terrestre son:

**Protección contra la desecación.** Algunos animales terrestres permanecen aún vinculados al agua para evitar la desecación de su cuerpo (anfibios). Pero la mayor parte de los organismos terrestres han tenido que proteger su cuerpo contra la desecación. En unos casos segregando mucosidades que mantienen húmeda la piel (caracoles, lombriz de tierra); en otros, recubriendo su cuerpo con cutículas o caparazones (insectos) o con escamas (reptiles). En las plantas se desarrollan también dos tipos de tejidos protectores: epidermis y corcho.

**Sostén del cuerpo.** Los seres vivos terrestres necesitan disponer de elementos de sostén, dado que su peso no se halla compensado, como en los acuáticos, por el empuje de flotación. Desarrollan un esqueleto y extremidades de muy diverso aspecto. En las plantas, el tejido leñoso les proporciona la rigidez necesaria para que el cuerpo no se aplaste.

**Protección a las variaciones de temperatura.** Los organismos se defienden mediante diversos mecanismos adaptativos, como el enquistamiento (protozoos), el letargo (reptiles) o las migraciones (grullas). Los animales homeotermos (aves, mamíferos) mantienen constante su temperatura corporal. Muchas plantas durante la época fría pierden las hojas, o bien, pierden la parte aérea y desarrollan estructuras subterráneas (bulbos, tubérculos) con sustancias de reserva.

**Protección del proceso de reproducción.** La fecundación es interna, mientras que en el medio acuático, generalmente es externa. Algunos animales (aves, reptiles, insectos) son ovíparos, ponen huevos, y tras la fecundación, el embrión que se forma se encuentra aislado del medio por cubiertas impermeables. En los animales vivíparos (la mayoría de los mamíferos) el embrión se desarrolla dentro del cuerpo de la madre.

**Adaptación a la respiración aérea.** Supone esta adaptación la pérdida de las branquias y la adquisición de un aparato respiratorio que pueda tomar el oxígeno del aire, y que puede ser de tipo pulmonar o traqueal (insectos).

**Adaptación de los vegetales a la nutrición aérea.** Cuando los vegetales conquistan la tierra desarrollan raíces, que tienen por misión no solo sujetar la planta al suelo, sino también tomar de éste las sustancias necesarias. Para transportar las sustancias absorbidas y distribuir los nutrientes elaborados por la planta se desarrolla un sistema de vasos conductores.

### Hibernación

Es una especie de sueño profundo que permite a los animales ahorrar energía durante el invierno, cuando el alimento escasea. Su metabolismo se hace más lento, y desciende la temperatura corporal y la frecuencia respiratoria.

La marmota, un roedor que habita en Los Pirineos, pasa la mitad de su vida hibernando en madrigueras.





**Elige las correctas**

El salmón es un pez eurihalino porque

Realiza migraciones

Se adapta a las bajas temperaturas

Soporta las variaciones de salinidad

Puede vivir en el mar y en el río

**Verdadero o falso**

	Verdadero	Falso
Los embriones de los reptiles no están protegidos por cubiertas impermeables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los vasos conductores son muy necesarios para las plantas terrestres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La piel con escamas permite a los anfibios evitar la desecación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El esqueleto y los tejidos leñosos permiten a los organismos terrestres mantenerse erguidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

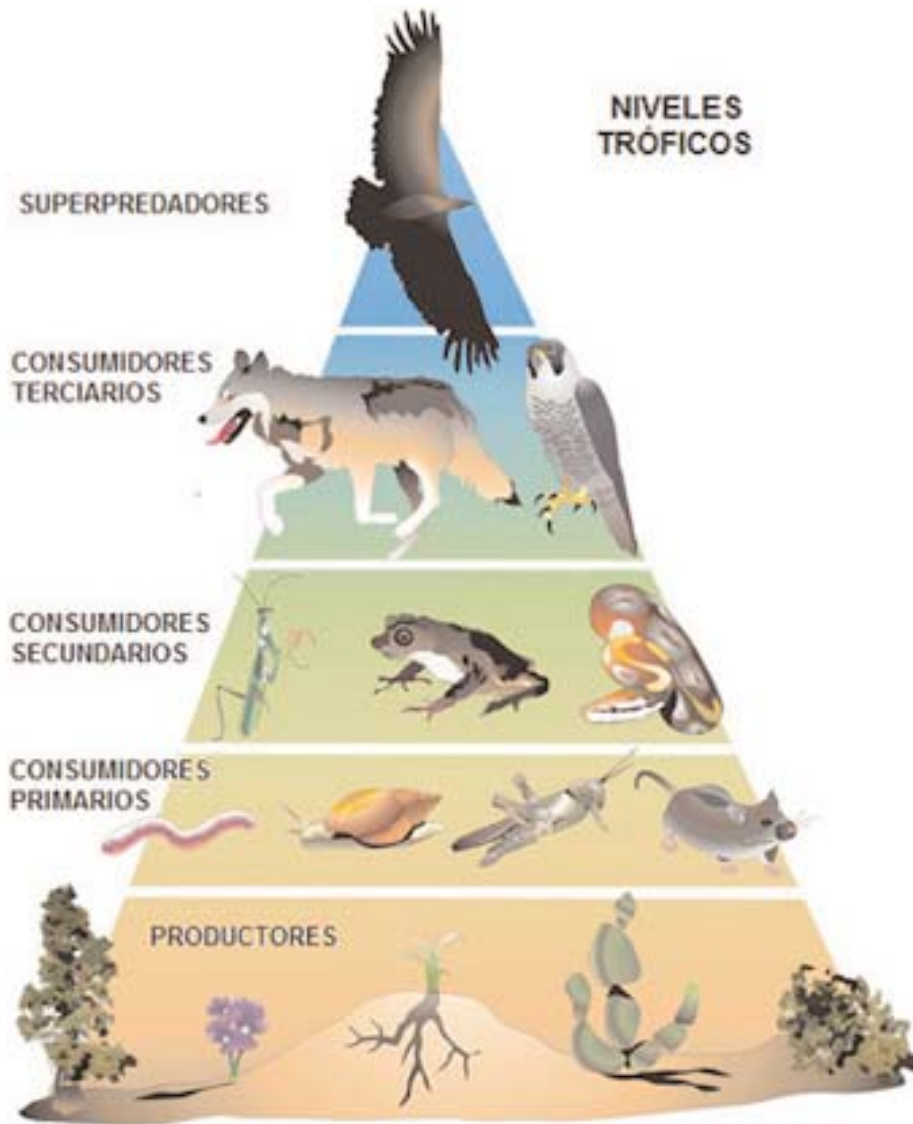
## 2. FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA

### Niveles tróficos

Todos los organismos de un ecosistema obtienen la energía a partir de las moléculas orgánicas aunque no todos consiguen estas moléculas del mismo modo.







### Otros consumidores

Hay animales que se alimentan de materia orgánica muerta, pero sólo los hongos y las bacterias descomponedoras son capaces de transformarla por completo en materia inorgánica.

Los carroñeros (buitre) se alimentan de cadáveres; los coprófagos (escarabajo pelotero), de excrementos; los detritívoros (lombriz), de materia orgánica fragmentada.

Un **nivel trófico** está constituido por los organismos que obtienen la materia y la energía de la misma forma.

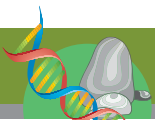
**Productores.** Son los organismos que producen materia orgánica a partir de materia inorgánica. Pertenecen a este nivel trófico los seres **autótrofos** (plantas, algas y algunos microorganismos).

**Consumidores primarios.** Son los organismos que se alimentan directamente de los productores. Los organismos **heterótrofos** que pertenecen a este nivel trófico son los animales herbívoros en los ecosistemas terrestres y el zooplancton en los ecosistemas acuáticos.

**Consumidores secundarios.** Son los organismos que se alimentan de los consumidores primarios. Se trata, por tanto, de animales carnívoros.

**Consumidores terciarios.** Son los organismos que se alimentan de los consumidores secundarios. También se les conoce como superdepredadores.

Son **también consumidores** otros seres heterótrofos, como los protozoos, los animales parásitos, o los animales carroñeros, ya que necesitan tomar la materia orgánica ya elaborada por los productores.



**Descomponedores.** Este nivel trófico está constituido por bacterias y hongos, que se alimentan de los restos producidos por los demás seres vivos. Transforman la materia orgánica (cadáveres, heces) en materia inorgánica utilizable por los productores. Por este motivo son esenciales para que la materia se recicle.

### 2.1. Relaciones tróficas

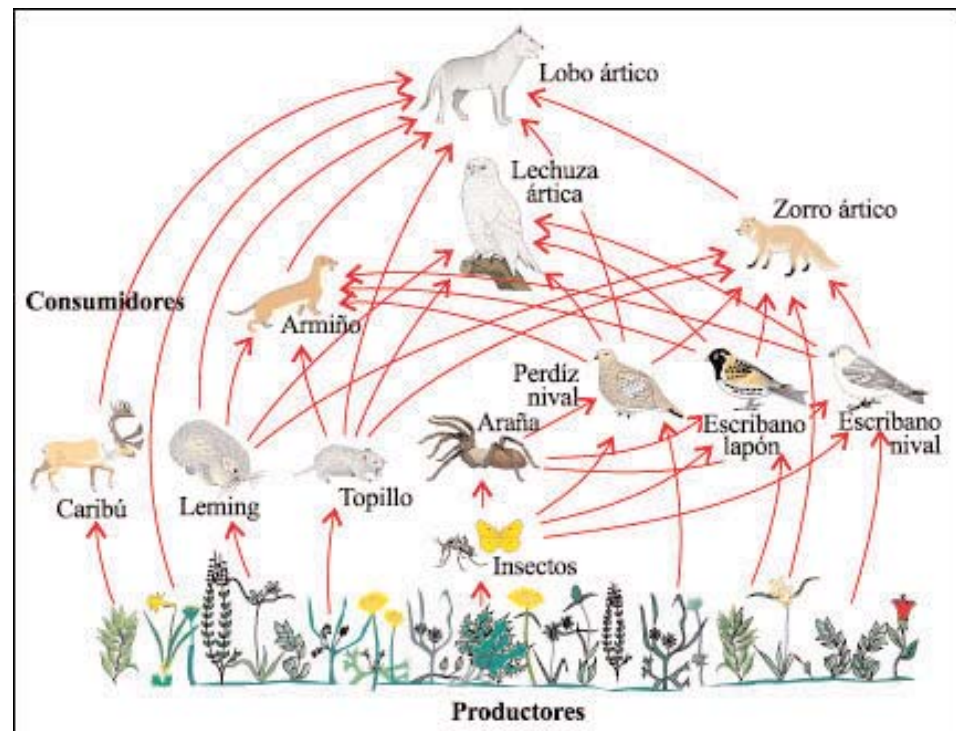
Se denominan **relaciones tróficas** las relaciones de dependencia alimentaria que se establecen entre los distintos organismos de un ecosistema.

Los organismos de un nivel trófico pueden vivir porque toman la materia y la energía necesarias de los organismos de un nivel trófico inferior. De este modo, se hace una cadena en la que cada grupo se alimenta del anterior y sirva de alimento al siguiente.

Las **cadena tróficas** son representaciones gráficas que indican mediante flechas la dirección que siguen la materia y la energía entre los organismos de un ecosistema.

Sin embargo, las cadenas tróficas no tienen lugar de un modo aislado, están interrelacionadas: una especie puede alimentarse de otras especies que pertenecen a diferentes cadenas, y a su vez, puede servir de alimento a distintas especies. Por este motivo, en la naturaleza, más que cadenas, existen **redes tróficas**.

Una **red trófica** es un conjunto de cadenas tróficas interconectadas que expresan todas las posibles relaciones alimentarias que se dan entre los organismos de un ecosistema.





**Relaciona**

Relaciona los elementos de ambas columnas

Consumidor secundario	Trigo
Descomponedor	Conejo
Consumidor primario	Lobo
Productor	Hongo



**Ordena**

En un campo de cultivo, las raíces sirven de alimento a los grillos y a las larvas de insectos. Las musarañas comen larvas y grillos, y sirven de alimento para zorros y ratoneros. Ordena los organismos para construir una cadena trófica

1	Musaraña
2	Raíces
3	Zorra
4	Larvas de insectos

**Bioacumulación**

Algunos pesticidas tardan años en descomponerse en formas menos tóxicas, además son difíciles de eliminar por los organismos y tienden a acumularse en sus tejidos.

Cuando unos organismos van siendo comidos por otros, el pesticida se va concentrando en los últimos niveles tróficos. De esta forma, un pesticida que se encuentra en concentraciones muy bajas, nada peligrosas, en un bosque o un lago, termina estando en concentraciones decenas de veces más altas en los tejidos grasos de animales, como aves rapaces, mamíferos depredadores o peces, que están situados en lo más alto de las cadenas tróficas.

Entre 1953 y 1960 miles de japoneses de Minamata se intoxicaron al consumir peces y moluscos que habían acumulado mercurio en su organismo. Novecientos murieron y otros muchos quedaron afectados irreversiblemente.

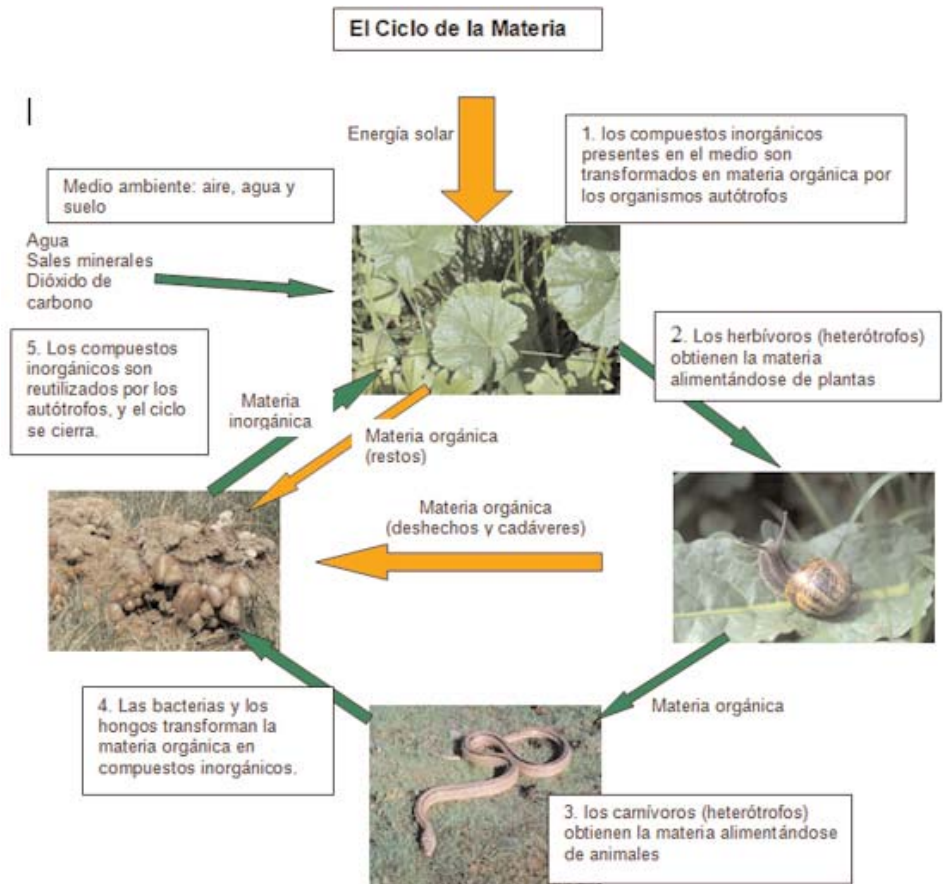
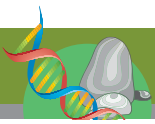
**2.2. Flujo de materia y energía**

**El ciclo de la materia**

Los ecosistemas, como cualquier industria, necesitan materia y energía para funcionar. Ambos términos, aunque se citen por separado, son una misma cosa ya que la materia contiene energía.

La materia que se encuentra en los ecosistemas es utilizada de forma cíclica, una y otra vez: esta materia está formada por moléculas inorgánicas (agua y sales minerales) y orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas) que se transforman químicamente, aunque los elementos químicos que la constituyen (carbono, nitrógeno, fósforo, etc.) permanecen.

La materia pasa del medio a los seres vivos, y viceversa, describiendo un **ciclo cerrado**.



### El flujo de la energía

La energía, a diferencia de lo que ocurre con la materia, no se recicla: fluye en una sola dirección desde los organismos autótrofos hasta los heterótrofos, y finalmente se disipa en el medio.

Entra al ecosistema como energía luminosa, se transforma en energía química dentro de los compuestos orgánicos de los seres vivos y después se disipa en forma de calor.

Los organismos autótrofos, como las plantas, las algas y algunas bacterias, captan una pequeña parte de la energía solar y, mediante la **fotosíntesis**, la utilizan para transformar la materia inorgánica, pobre en energía, en materia orgánica, rica en energía química.

La energía química almacenada en las plantas pasa a los animales herbívoros a través del alimento, y de éstos a los animales carnívoros.

Sin embargo, cada vez que se produce la transferencia de un nivel al siguiente, de un organismo a otro, se pierde energía. Y esta progresiva reducción de la energía es la que determina que no haya más de cuatro o cinco niveles tróficos.

La pérdida se produce por dos motivos:

- Una parte de la energía almacenada en los organismos, se utiliza para el mantenimiento de las funciones vitales, y es devuelta al medio en forma de calor.
- Otra parte de la energía almacenada, lo constituye los desechos y la materia que no se consume (hojas, ramas, excrementos, restos de animales) que pasa directamente a las bacterias y los hongos.

**Aprovechamiento de la energía**

**Aprovechamiento de la Energía**

Energía ↓

98 % E. no asimilada  
1% E. perdida en la respiración  
1 % E. disponible para los consumidores (Producción)

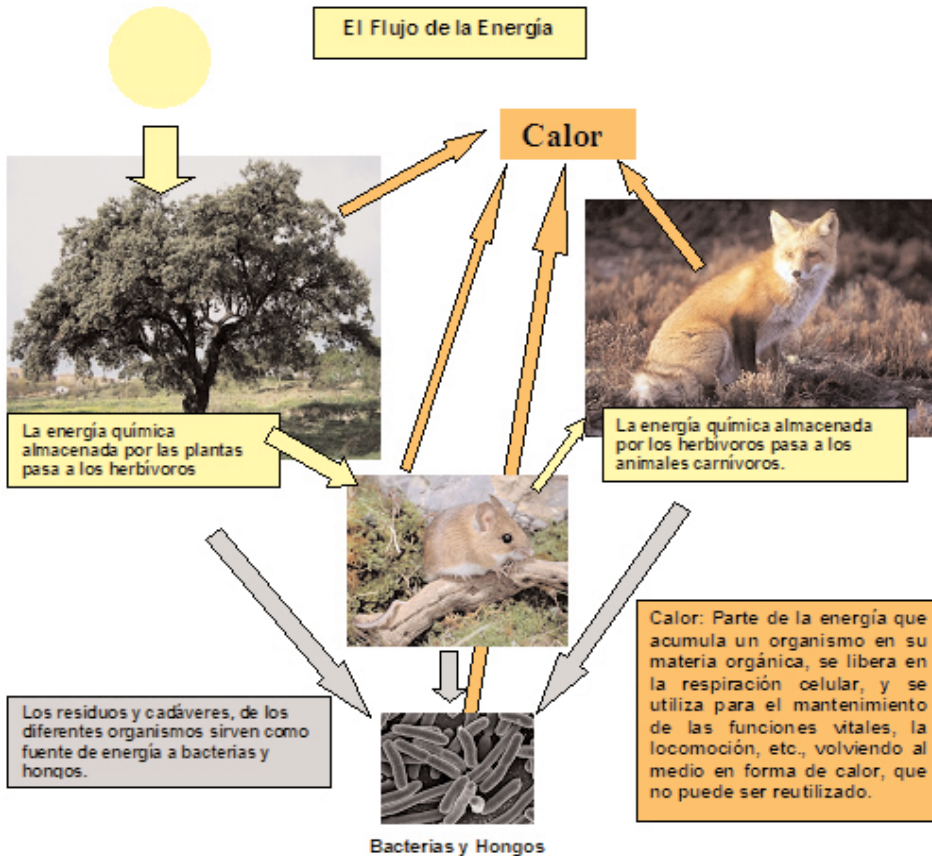
Energía ↓

30 % E. perdida en la respiración  
10 % E. disponible para otros consumidores (Producción)

Energía ↓ 60 % E. no asimilada

Excrementos





**En el ser humano ....**

Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, es más eficiente una alimentación fundamentalmente herbívora (legumbres, cereales, frutas y verduras), ya que se aprovecha más la energía y se podrá alimentar a mayor número de individuos.

**Pirámides ecológicas**

Las pirámides ecológicas son una representación gráfica de los niveles tróficos de un ecosistema. Cada nivel trófico se representa por un rectángulo. El rectángulo que forma la base corresponde a los productores y sobre él, de forma ordenada, se disponen los otros niveles tróficos. La longitud del rectángulo es proporcional al valor de la característica medida.

Las pirámides pueden informar de diferentes valores: cantidad de biomasa, número de individuos o energía que se almacena.

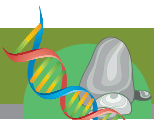
Se denomina **biomasa** a la cantidad de materia orgánica de cualquier nivel trófico o de cualquier ecosistema. En la biomasa se almacena la energía solar. Se suele medir en gramos o kilogramos por unidad de superficie o de volumen ( $g/cm^2$ ,  $Kg/m^3$ ).

Se denomina **producción** al aumento de biomasa por unidad de tiempo. El valor de la producción es muy importante, ya que es la cantidad de materia orgánica que cada nivel trófico pone a disposición del nivel siguiente.

**Pirámide de energía (o de producción).** Cada rectángulo representa la energía acumulada en ese nivel trófico (lo que ha crecido la biomasa) durante un periodo de tiempo y que está disponible para ser utilizada por el siguiente nivel. En estas pirámides el rectángulo que representa los productores es siempre el mayor y van haciéndose menores en los sucesivos niveles de consumidores.

**Pirámide de biomasa.** En estas pirámides, los rectángulos se construyen con los datos de la cantidad de biomasa (materia orgánica) de cada nivel trófico. En este tipo, la biomasa de un nivel puede ser superior a la del nivel inferior

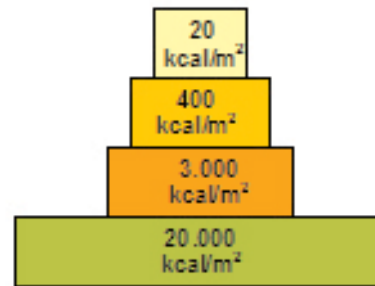




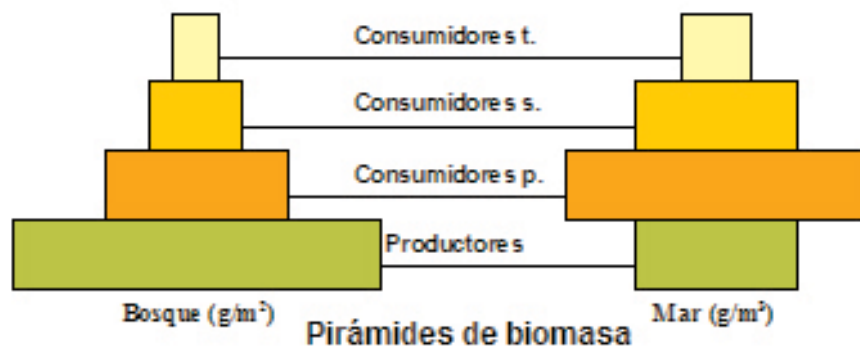
### Productividad del ecosistema

La productividad es la producción por unidad de biomasa (P/B). En general, los organismos más pequeños, de vida más corta y reproducción rápida, son los más productivos. Por ejemplo, una población de algas que se reproduce en 24 horas presenta una productividad diaria del 100 %, mientras que la productividad de los vegetales terrestres no pasa del 1 %.

### Pirámides ecológicas



Pirámide de energía (producción por año)



Pirámides de biomasa



Pirámides de números

(pirámide invertida). Esto ocurre, por ejemplo, en los ecosistemas acuáticos, donde los productores tienen poca biomasa pero crecen y se reproducen a gran velocidad.

**Pirámides de números.** En estas pirámides los rectángulos representan el número de individuos que contiene cada nivel trófico. También en este caso las pirámides pueden ser invertidas. Por ejemplo, el número de insectos herbívoros (consumidores) es muy superior al número de plantas (productores).



**Contesta**

Para obtener 1 Kg de carne de vaca se necesitan 16 Kg de forraje en la alimentación del animal. ¿Qué ocurre con los 15 Kg de biomasa de diferencia?




**Verdadero o falso**

	Verdadero	Falso
Los compuestos orgánicos contienen energía química.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La energía que contiene un nivel trófico es una pequeña parte de la que tenía el nivel anterior.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La materia y la energía se pueden reciclar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las pirámides tróficas representan la pérdida de materia y de energía a través de los organismos del ecosistema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

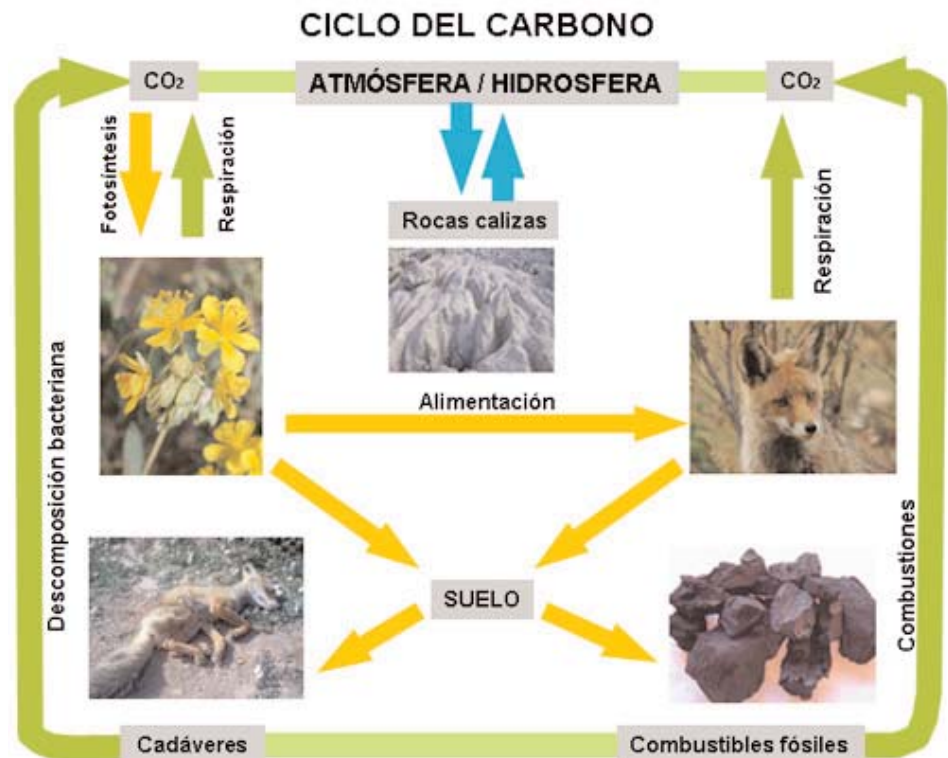
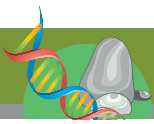
**Ciclo del carbono**

Los elementos químicos más importantes que constituyen las moléculas de los seres vivos son el carbono, el nitrógeno y el fósforo. Estos elementos, al igual que el resto de los elementos químicos que constituyen las moléculas de los seres vivos, son los mismos que han existido en la Tierra desde su origen. Pasan por los seres vivos, la atmósfera, la hidrosfera, el suelo y los minerales y rocas, constituyendo diferentes moléculas. Por este motivo, llevan a cabo ciclos en los que participa tanto la materia viva como la materia inerte.

El carbono se encuentra en estado gaseoso, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en la atmósfera y disuelto en el agua de los océanos, de donde es captado por los organismos productores. Éstos lo combinan con el hidrógeno del agua, durante la fotosíntesis, para formar moléculas orgánicas (glúcidos, proteínas, etc.).

El carbono pasa desde los productores a los demás niveles tróficos mediante la alimentación. La respiración y la putrefacción de todos los organismos devuelven el dióxido de carbono a la atmósfera, en forma de gas.

Cuando la descomposición de la materia orgánica se produce en zonas sin oxígeno, como pantanos y turberas, ésta puede convertirse con el tiempo en combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural). Cuando estos combustibles arden, el carbono vuelve, en grandes cantidades a la atmósfera, en forma de dióxido de carbono y entonces el ciclo se cierra.



En la próxima unidad estudiarás el papel que desempeña este gas en la temperatura de la Tierra.

## Bacterias nitrófilas

Son capaces de tomar el nitrógeno del aire y transformarlo en compuestos que pueden utilizar las plantas. Algunas viven libres en el suelo, otras, viven en simbiosis en las raíces de leguminosas y forman nódulos, como *Rhizobium*. Estas bacterias proporcionan a la planta los compuestos nitrogenados y de ellas obtienen el alimento.

## Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial para los seres vivos, ya que forma parte de las proteínas y de los ácidos nucleicos.

La principal fuente de nitrógeno es el nitrógeno atmosférico (78 % del aire), pero no es accesible para la mayoría de los organismos, y solo son capaces de utilizarlo algunas bacterias que viven en el suelo.

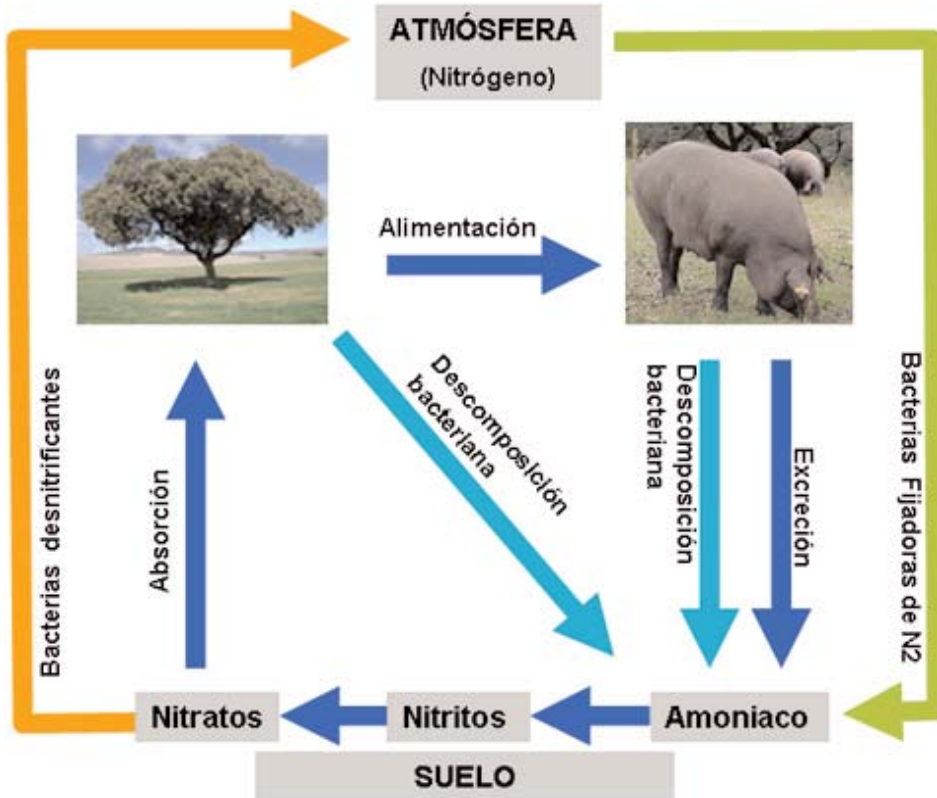
Estas bacterias (bacterias fijadoras) forman compuestos inorgánicos (nitratos) que pueden ser absorbidos por las plantas, y el resto de los seres vivos incorporan el nitrógeno a través de las cadenas tróficas.

Los residuos (cadáveres, hojas, excrementos, orina) son descompuestos y transformados en sales minerales (nitratos).

El ciclo se cierra con otras bacterias del suelo, las bacterias desnitrificantes, que devuelven el nitrógeno a la atmósfera.



### Ciclo del nitrógeno



Elige las correctas

Selecciona los procesos que devuelven el carbono a la atmósfera

- Actividad volcánica
- Fotosíntesis
- Combustiones
- Respiración
- Descomposición bacteriana



Ordena

Describe el recorrido de un átomo de nitrógeno que forma parte de una molécula de nitrato, a través de los componentes de un ecosistema hasta que es devuelto al suelo

1	Suelo
2	Nitrato
3	Bacterias
4	Conejo
5	Heces humanas
6	Alfalfa

### 2.3. Sucesiones ecológicas

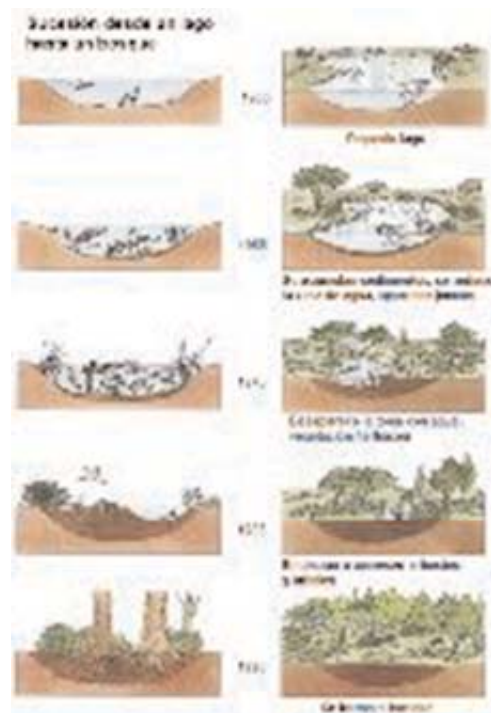
Se denomina **sucesión ecológica** a la serie de transformaciones que sufre un ecosistema a lo largo del tiempo como consecuencia de los cambios que se producen en las poblaciones que lo integran y en las condiciones del entorno, dando lugar a un ecosistema cada vez más organizado y complejo.

**Tipos de sucesiones:**

- Sucesiones primarias
- Sucesiones secundarias

**Sucesión primaria.** El proceso de sucesión se inicia de forma natural en un medio de nueva formación, donde no ha existido antes vegetación. Por ejemplo, la colonización de suelos volcánicos arrojados en las erupciones.

**Sucesión secundaria.** El proceso de sucesión se inicia en un lugar ocupado anteriormente por otro ecosistema, pero que ha sido modificado por causas naturales o humanas. Es el caso de la regeneración de un bosque después de un incendio o la recuperación natural de un campo de cultivo abandonado.







### Características de una sucesión

Las sucesiones que se producen en condiciones naturales siguen las mismas fases, con cambios parecidos y terminan en comunidades similares. Presentan varias características:

Aumento de peso y volumen de los organismos del ecosistema (biomasa).

- Aumento de la biodiversidad y densidad de organismos.
- Aumento de la complejidad de las redes tróficas.
- Aumenta la resistencia a los cambios que se pueden producir en el ecosistema.

### Fases de las sucesiones

El proceso de sucesión puede durar cientos de años, dependiendo del ecosistema inicial y de las condiciones en que se desarrolle.



**Fase inicial.** Se produce el establecimiento en el suelo de especies pioneras, organismos de estructura sencilla y rápida reproducción como líquenes y musgos, que realizan la fotosíntesis y comienzan a transformar los componentes del suelo.

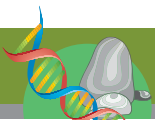
**Fase media.** Se establecen especies vegetales más complejas, que generan raíces y aportan materia orgánica al suelo, lo que permite la aparición de gusanos, artrópodos y otros organismos más complejos.

**Fase de maduración.** Con el desarrollo del suelo aparecen arbustos y árboles de mayor porte, que favorecen la presencia de nuevas especies, tanto animales como vegetales, completando la red trófica del ecosistema.

**Fase final o clímax.** Es el punto de máximo desarrollo del ecosistema en el que se dan unas condiciones estables y de equilibrio entre todos sus componentes, con el máximo de diversidad de especies. Salvo la existencia de grandes alteraciones climáticas, desastres naturales o por la acción humana, el ecosistema clímax tiende a permanecer estable cientos de años.

Las sucesiones secundarias pueden iniciarse a partir de cualquier etapa. Se producen más rápidamente porque se parte de un lugar donde ha existido suelo y pueden quedar semillas u otros restos de la comunidad anterior.

Las encinas y los alcornoques, característicos de la zona mediterránea, o los robles y las hayas, característicos del bosque húmedo, aparecen cuando las sucesiones que han tenido lugar en esas zonas se estabilizan, representan la etapa más evolucionada del ecosistema.



## Verdadero o falso

Indica si son verdaderas o falsas las siguientes frases sobre las sucesiones ecológicas

	Verdadero	Falso
Las sucesiones primarias se inician en terrenos desprovistos de vegetación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los líquenes predominan en las últimas etapas de la sucesión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Después de un incendio se inicia una sucesión secundaria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los seres vivos no introducen cambios en el medio físico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La comunidad de un ecosistema en equilibrio se denomina comunidad clímax.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 3. ECOSISTEMAS DE ARAGÓN

El territorio de Aragón se caracteriza por presentar un relieve con grandes contrastes de altitud, y una gran variedad de climas locales y de sustratos geológicos. Se diferencian tres unidades de relieve:

- La Cordillera Pirenaica.
- La Depresión del Ebro.
- La Cordillera Ibérica.

En esta región se encuentran representados la mayoría de los ecosistemas de la Península Ibérica.

#### Los ecosistemas que más destacan son:

- Montaña y alta montaña.
- Bosque caducifolio y de coníferas.
- Bosque mediterráneo.
- Barrancos, cañones y cortados.
- Humedales.
- Ríos, sotos y riberas.
- Estepa

**Montaña y alta montaña.** Está situado por encima de los 2000 m de altitud. Se encuentra en El Pirineo, en las Sierras de Gúdar y Javalambre y en El Moncayo. En invierno, las condiciones climáticas son extremas, con temperaturas bajas y precipitaciones de nieve.

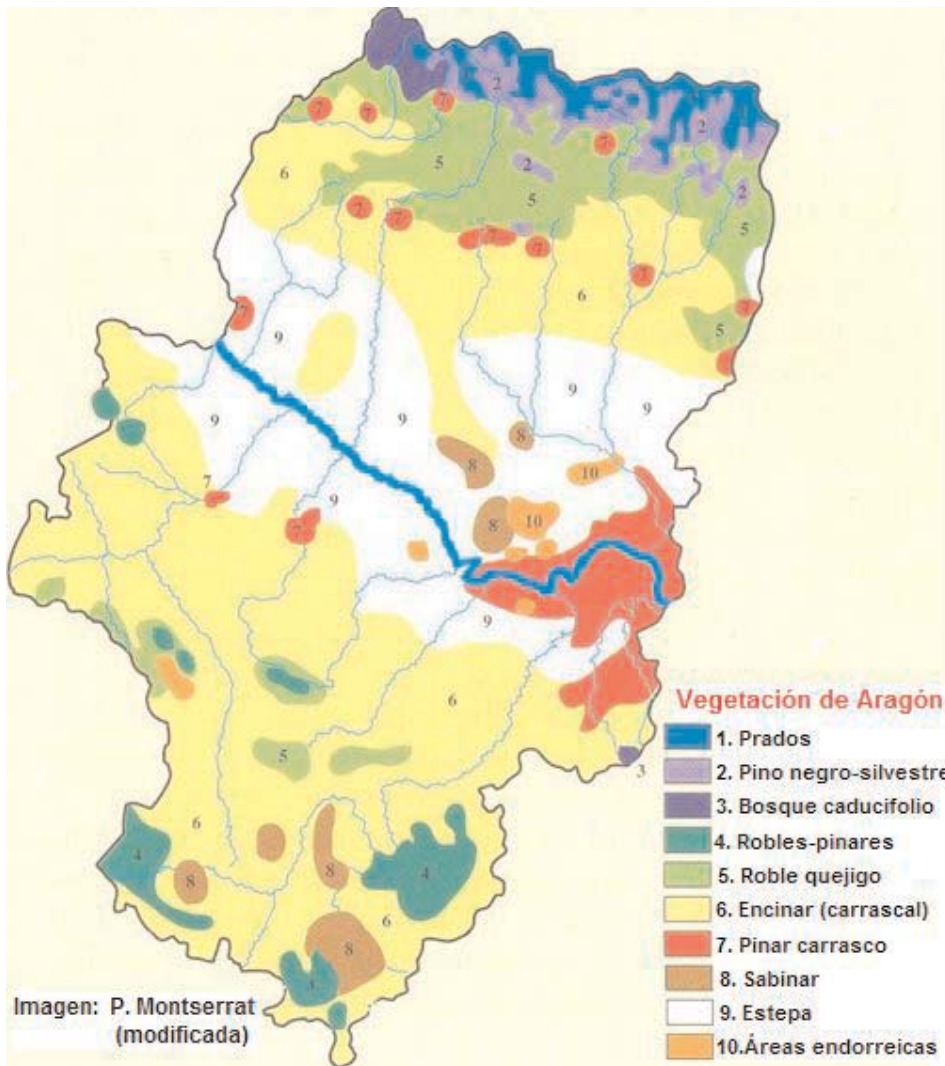
La vegetación que se desarrolla en las zonas más altas son los **prados**, formados básicamente por plantas herbáceas; a menor altitud, el árbol que domina es el **pino negro**, con arbustos de rododendro y sabinas rastreras; en primavera y verano brotan las flores (genciana, orquídeas, ranúnculos, narcisos, lirios, ...). Entre los animales adaptados a estas condiciones destacan el oso pardo, el sarrío o rebeco, la marmota, el armiño, el gorrión alpino y el treparriscos. Durante el verano, cuando el ganado sube a los pastos pueden verse carroñeros como el buitres, el quebrantahuesos o el milano real.

#### Endemismo

Es una especie que sólo se pueden encontrar de forma natural en un determinado lugar. Por ejemplo, el lince es endémico de la Península Ibérica.

La planta *Borderea chouardii* es un endemismo excepcional, ya que sólo se encuentra en las paredes rocosas de una sierra prepirenaica.



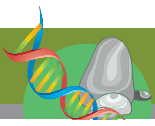


**Bosque caducifolio y de coníferas.** Se desarrollan en zonas menos elevadas del Pirineo, en las laderas del Moncayo y en las sierras turolenses. La vegetación de estos bosques necesita humedad abundante. El árbol más característico del **bosque caducifolio** es el **haya**, junto a él, crecen en los valles frescos, arces, abedules y sauces; todos ellos tienen hojas grandes y ramas dispuestas casi horizontalmente para aprovechar al máximo la luz disponible. En el sotobosque crecen arbustos y plantas herbáceas (fresas, arándanos). En otoño pierden las hojas y se genera un suelo rico en humus, que favorece la abundancia de animales invertebrados. Los **bosques de coníferas** están formados por **pino silvestre o negro y abetos**, entre ellos crecen algunos arbustos, como el boj, y gran cantidad de hongos, especialmente rebollones.

La variedad de plantas y frutos de ambos tipos de bosque permite el mantenimiento de una importante actividad animal (ardillas, topillos, ratones, gato montés, gineta, urogallo, pájaros carpintero, azor).

**Bosque mediterráneo.** Es propio de zonas poco lluviosas y con largos periodos de sequía. En otros tiempos este bosque constituía gran parte del paisaje aragonés, pero actualmente se encuentra reducido a manchas dispersas por toda la región.

Los vegetales que viven en estas zonas economizan mucho el agua y presentan hojas pequeñas y duras, para reducir las pérdidas por transpiración.



Como las temperaturas no son muy bajas la mayoría de las plantas son de hoja perenne. El árbol más representativo es la **encina**, aunque apenas quedan restos de encinares en Aragón; también predominan, el **pino carrasco**, muy resistente para sobrevivir con altas temperaturas y pocas precipitaciones, y la **sabina albar**. Entre encinares, pinares de carrasco y sabinares, crecen arbustos de aliaga, tomillo, romero o espliego.

En cuanto a los animales, habitan abundantes invertebrados (cigarras, escorpiones), mamíferos (liebres, conejos, erizos, jabalíes) y aves (perdiz roja, tortola, cuco).

**Barrancos, cañones y cortados.** Son lugares creados por la acción del agua y del viento sobre las rocas, principalmente sobre la roca caliza. Entre los lugares más significativos se encuentran: El Cañón de Añisclo, los Cañones de Guara, los Mallos de Riglos, las Hoces del río Piedra, El Parrisal, etc.

La vegetación que se desarrolla en estas zonas debe crecer en las grietas, donde el suelo es escaso, y soportar fuertes vientos. Para sobrevivir a la escasez de nutrientes algunas plantas se han hecho insectívoras, como la grasiella, que tiene hojas pegajosas para atrapar y digerir los insectos; una especie muy vistosa que crece en las en estos lugares es la corona de rey.

La fauna más significativa de las paredes rocosas son las aves, especialmente las rapaces, porque en ellas fijan sus nidos: buitre leonado, alimoche, cernícalo, halcón peregrino, búho real, lechuza, mochuelo.

**Humedales.** Son áreas de agua estancada, con presencia, al menos temporal, de una lámina de agua superficial. Los humedales más importantes son los ibones y las lagunas saladas.

**Los ibones** son lagos de origen glaciario que se encuentran en el Pirineo; se caracterizan por permanecer helados gran parte del año y ser bastante profundos. Los animales más característicos que podemos encontrar en ellos





son los tritones y las ranas. Los ibones tienden a ir colmatándose por acumulación de sedimentos y restos vegetales, formándose las turberas.

**Las saladas** son lagunas endorreicas, sin conexión con la red fluvial. El agua se acumula temporalmente y puede terminar evaporándose. Son típicas de paisajes áridos. Las más importantes son la Laguna de Gallocanta y la de Chiprana. Su principal característica es la elevada concentración de sales. En las zonas más próximas al agua crece la salicornia, una planta carnosa muy característica y resistente a la sal. Los pocos invertebrados que viven en las saladas pueden resistir durante meses en forma de huevos o quistes, cuando la laguna se seca, y eclosionar cuando se inunda con las lluvias. Las grandes lagunas, como Gallocanta, son zonas de paso de miles de grullas y lugar de residencia temporal de cientos de especies (ánade real, cerceta común, pato colorado, aguilucho lagunero).

**Ríos, riberas y sotos.** En los ecosistemas fluviales se diferencian dos zonas: el soto o bosque de ribera y el cauce con la corriente de agua. Los sotos desempeñan un importante papel ecológico. En primer lugar, en épocas de avenida **frenan la erosión** del agua, y retienen limos y nutrientes; en segundo lugar, las riberas sirven de refugio a la fauna y actúan como **corredores ecológicos** que interconectan espacios naturales por los que la fauna puede desplazarse. Muchas de las pequeñas aves migratorias no podrían trasladarse a sus lugares de invierno si no fuera por estos sotos que les permiten recorrer, de salto en salto y de rama en rama, distancias que de otro modo serían incapaces de atravesar.

Los árboles más característicos son los **álamos** (chopos), los **saucos** y los **fresnos**, que son capaces de resistir las grandes crecidas del río, y entre ellos se encuentra la zarza, el rosal silvestre y el espino blanco. En cuanto a la fauna, el mamífero más representativo es la nutria; y entre las numerosas aves que viven en los sotos destacan el ruiseñor, el chochín, el pájaro moscón, el pájaro carpintero y diversas aves acuáticas (garzas, garcilla, focha, etc.); también abundan los anfibios (ranas y sapos); y los reptiles (culebras de agua y galápagos). En el curso alto y medio de los ríos podemos encontrar truchas, y en el curso bajo: lucios, carpas y barbos. Entre los insectos, destaca la libélula.

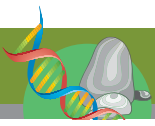
**Estepa.** Son áreas de relieve llano o suavemente ondulado, con temperaturas extremas y precipitaciones escasas e irregulares. Se encuentran ampliamente distribuidas en la Depresión del Ebro, destaca la zona de Los Monegros y los alrededores de Belchite.

La vegetación esteparia está constituida por especies muy resistentes a la insolación, a la sequedad y al frío, y están muy preparadas para evitar la pérdida de agua. Dominan las plantas herbáceas, como el esparto, y las plantas leñosas, con hojas diminutas y semisecas o con hojas transformadas en espinas, con abundantes pelos y muy aromáticas. Algunas de las más frecuentes son el tomillo, el romero, la ontina y la aliaga.

En los suelos donde predomina el yeso se desarrollan abundantes líquenes, y plantas de gran interés científico, como la gipsofila o albada. En Europa occidental, el yeso sólo abunda en la Península Ibérica, y especialmente en la Depresión del Ebro.

La fauna esteparia está adaptada a los espacios abiertos y la escasa vegetación. Predominan las aves (avutarda, alondras, gangas); los insectos (escarabajos); los arácnidos (tarántula) y los reptiles (lagartijas, lagarto ocelado).





 **Relaciona**

Relaciona las plantas con el ecosistema correspondiente

Álamo

Tomillo

Encina

Haya

Bosque caducifolio

Bosque mediterráneo

Bosque de ribera

Estepa

 **Elige las correctas**

Selecciona las aves que sean características de la estepa

Avutarda

Buitre leonado

Ganga

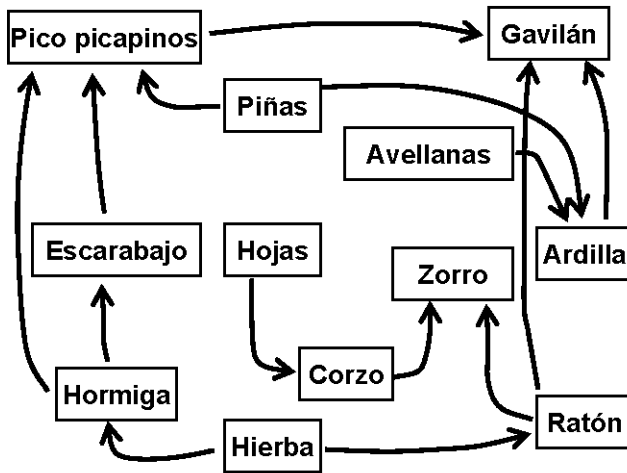
Pájaro carpintero

Urogallo



**EJERCICIOS**

1. El siguiente esquema representa la red trófica de un bosque:



- Construye tres cadenas tróficas.
- Agrupar los organismos en columnas según el nivel trófico al que pertenecen.
- ¿Cuándo se dice que dos organismos pertenecen al mismo nivel trófico? ¿Algún organismo de esta red pertenece a más de un nivel trófico? ¿Cuál?
- ¿Falta algún nivel trófico? ¿Cuál? ¿Quiénes lo forman?

2. Los zorros y las aves rapaces suelen ocupar los últimos eslabones de las cadenas tróficas. Nadie se los come, así que podríamos pensar que son prescindibles en el ecosistema. ¿Qué sucedería si se decidiera eliminar a estos depredadores del ecosistema para poder disponer de más conejos?

3. El clima es el principal factor que influye en la distribución de la vegetación, y como varía con la altitud, la vegetación se distribuye en pisos o bandas.

Realiza un esquema con los pisos de vegetación que podemos encontrar en el Pirineo.



# EL IMPACTO HUMANO SOBRE LOS ECOSISTEMAS

# 6



## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Tanto en la unidad anterior como en otros cursos ya has visto la dinámica de los ecosistemas y de los diferentes constituyentes de la Tierra, nuestro planeta, y has aprendido cómo funciona cada uno de los medios (atmósfera, hidrosfera, biosfera y geosfera). En esta unidad verás cómo todos ellos forman parte de un todo: el planeta Tierra y, por lo tanto, cualquier actividad que el ser humano realiza tiene su repercusión en el medio.

Podemos y debemos utilizar nuestros conocimientos para ser ciudadanos responsables y colaborar en el mantenimiento de nuestro medio. Hemos de ser conscientes de que formamos parte del gran ecosistema de la tierra y de que cualquier actividad que realicemos tiene un impacto sobre los ecosistemas, pero también de que podemos llegar a minimizar este impacto para que generaciones venideras puedan disfrutar de la naturaleza como lo hemos hecho nosotros.

Cuando termines de estudiar la unidad, deberás ser capaz de:

1. Enumerar los principales problemas ambientales de nuestra comunidad autónoma.
2. Relacionar los problemas ambientales con las actividades humanas que los provocan.
3. Diferenciar entre un aire contaminado y uno que no lo está.
4. Identificar los principales contaminantes de la atmósfera.
5. Definir los fenómenos de lluvia ácida, de la destrucción de la capa de ozono y del incremento del efecto invernadero.
6. Reconocer y localizar las diferentes fuentes de contaminación.
7. Conocer estrategias de solución (medidas preventivas y correctoras) para los diferentes problemas ambientales.
8. Discriminar entre diferentes acciones aquellas que degradan los suelos.
9. Valorar la importancia y necesidad de la conservación de los suelos.
10. Enumerar los problemas generados por los plaguicidas.
11. Enumerar los diferentes tipos de residuos.
12. Identificar los problemas que generan los residuos y proponer la mejor solución.
13. Plantear algunas posibilidades de mejora en los hábitos cotidianos para los principales problemas ambientales.



## 1. INTRODUCCIÓN

Tanto en la unidad anterior como en otros cursos ya has visto la dinámica de los **ecosistemas** y de los diferentes constituyentes de la Tierra, nuestro planeta, y has aprendido cómo funciona cada uno de los medios (atmósfera, hidrosfera, biosfera y geosfera). En esta unidad verás cómo todos ellos forman parte de un todo: el planeta Tierra y, por lo tanto, cómo cualquier actividad que el ser humano realiza tiene su repercusión en el medio.

Podemos y debemos utilizar nuestros conocimientos para ser ciudadanos responsables y colaborar en el mantenimiento de nuestro medio. Hemos de ser conscientes de que formamos parte del gran ecosistema de la tierra y de que cualquier actividad que realicemos tiene un **impacto** en el **medio ambiente**, pero también de que podemos llegar a minimizar este impacto para que generaciones venideras puedan disfrutar de la naturaleza como lo hemos hecho nosotros.

En esta unidad aprenderás los principales **problemas ambientales** del planeta, sus causas y sus consecuencias, así como posibles soluciones.



## 2. LA ACTIVIDAD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE

El ser humano forma parte del **ecosistema** terrestre. En este sentido, somos un ser vivo más dentro del ecosistema de la Tierra: dependemos de los recursos existentes (oxígeno para respirar, agua, suelo, materiales...), interactuamos con otras especies, ejercemos cierta influencia en el medio....

Pero nuestra especie es diferente a las demás. El desarrollo social y tecnológico y nuestra capacidad para manipular el ecosistema en nuestro provecho ha hecho que la influencia que ejercemos sobre el medio se haya ido incrementando a lo largo del tiempo y su impacto sea, en ocasiones, mayor y más negativo que otras especies.

El ecosistema terrestre, al igual que otros ecosistemas maduros, para mantenerse en equilibrio, necesita que haya procesos de **autorregulación**: si el ser humano perturba el ecosistema, éste se verá afectado y se producirán cambios, de diferente importancia, que pueden modificar su estructura.

Dos han sido los factores desequilibrantes de los ecosistemas, desde el punto de vista del ser humano: el **desarrollo tecnológico** y la **explosión demográfica**. La explosión demográfica ha traído consigo una **sobreexplotación** de los recursos, que ha tenido un gran efecto en el medio ambiente.

### La huella ecológica

Es el área productiva (cultivos, bosques, etc) que se necesita para obtener los recursos que consume y procesar los desechos que genera una persona.





Estos efectos son, en numerosas ocasiones, negativos. Los denominamos **impacto ambiental**. Las principales actividades que el ser humano desarrolla para satisfacer sus necesidades son: la industria, la minería, la agricultura, la ganadería, la pesca, las actividades urbanas (generación de residuos) y las obras públicas.

De todos modos, el impacto del ser humano sobre los ecosistemas no se da por igual en todo el planeta. Hay zonas y ecosistemas que son más frágiles a los cambios, y además el consumo es mayor en los países más desarrollados que en los que están en vías de desarrollo. El mundo desarrollado cuenta con el 20% de la población, pero consume un 80% de los recursos, mientras que en los países en vías de desarrollo se encuentra el 80% de la población pero disponen del 20% de los recursos.

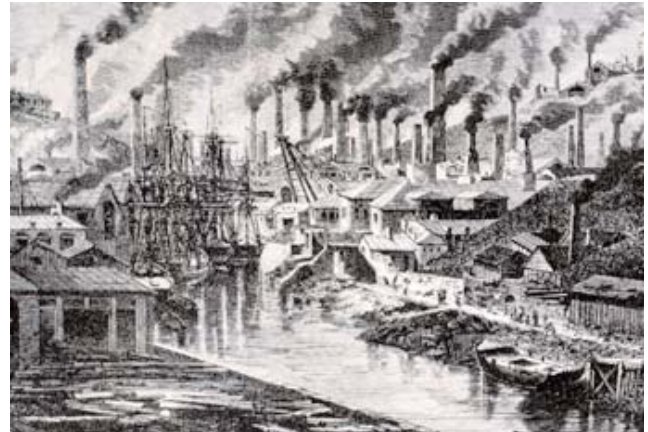
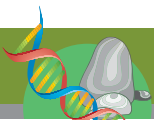
Lo importante es saber cómo funciona el medio en el que vivimos, que dependemos de los recursos que nos ofrece y que debemos tratar de mantenerlo y limitar el impacto que ejercemos sobre él.

### **Evolución de la interacción de las actividades humanas con el medio ambiente**

La civilización humana supone la colonización del planeta por el ser humano, explotando los recursos disponibles, con las consecuencias que ese uso y a veces abuso supone.

Las primeras poblaciones del ser humano en la Tierra afectaron de distintas formas al medio, y, conforme las sociedades han ido cambiando, también lo ha hecho la manera en la que han afectado a los ecosistemas que le rodeaban y de los que formaba parte. Podemos verlo en las distintas etapas:

- **Etapas de cazador-recolector.** Las primeras poblaciones eran nómadas y los impactos que generaban eran mínimos (poco más que los incendios para cazar algunas presas...).
- **Etapas agrícolas.** La agricultura apareció hace 10.000 años, y las poblaciones humanas se hicieron sedentarias. Nacieron las ciudades, las especializaciones (artesanos...) y el comercio. Los impactos ya fueron mayores, con lo que aumentó la presión sobre el medio (nuevas especies, creación de rutas, residuos, erosión, deforestación...), pero todo dentro de un límite normal.



- **Etapa industrial.** Con la aparición de la máquina de vapor y los combustibles fósiles (carbón y petróleo) crecen las ciudades, aumenta la industrialización y los impactos ambientales (contaminación atmosférica). La población migra del campo a la ciudad.
- **Etapa tecnológica,** en la que nos encontramos actualmente. El uso de la energía eléctrica, nuclear y las renovables marcan la línea, pero el petróleo sigue siendo muy importante. Algunas ciudades se han transformado en megápolis. Los impactos son a nivel global.

## Ordena

Ordena cronológicamente los siguientes tipos de impactos:

1	Grandes impactos globales (calentamiento global, agujero de la capa de ozono...) producido por el gran desarrollo de ciudades y tecnologías
2	Al aparecer las ciudades y el comercio surgen algunos problemas ambientales como deforestaciones y acumulaciones de residuos
3	Comienzan a producirse importantes problemas atmosféricos con el uso de combustibles fósiles en la revolución industrial
4	Impactos mínimos, sólo algunos incendios para cazar presas

### 3. PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES EN ARAGÓN

Los principales problemas ambientales que se dan en España están referidos a tres grandes temas: **el agua** (distribución desigual de los recursos hídricos, agotamiento y contaminación de los acuíferos), **la pérdida de suelo y la desertización** (en ocasiones motivada por los incendios y relacionada también con la pérdida de biodiversidad) y **el cambio climático** y todo lo referente a la **contaminación atmosférica**.

En general, en Aragón se van a dar los mismos problemas ambientales que en el resto de la nación, pero las especiales características de esta región (des-



arrollo industrial, distribución de la población, clima, disponibilidad de agua, orografía, tipo de suelo...) hace que aparezcan matices diferenciadores.

La Comunidad Autónoma Aragonesa tiene una baja densidad de población, de 25 hab/km<sup>2</sup>, existiendo importantes desequilibrios territoriales, ya que la mayoría de sus habitantes están en la ciudad de Zaragoza. Esta distribución hace que los problemas ambientales sean diferentes en cada zona, dependiendo de las actividades realizadas en cada lugar y de la densidad de población, así como de otros factores ambientales. También hay que tener en cuenta que muchos problemas ambientales no dependen de las características naturales, sino que han sido producidos por una mala gestión en algunos sectores (industriales, agrícolas...).



• **Distribución desigual de los recursos hídricos**

El río Ebro es la arteria hídrica de la Comunidad Autónoma de Aragón, atravesándola de noroeste a sureste. La mayor parte del agua se utiliza para cubrir las necesidades de la población, pero hay un elevado porcentaje que se pierde en las redes de distribución. En el sector agrario existen deficiencias en la utilización del agua debido a que los regadíos utilizan técnicas poco adecuadas (riego por manto o gravedad) y hay poco regadío modernizado (goteo).

• **Calidad de aguas superficiales y contaminación**

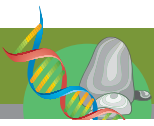
La Cuenca del Ebro, tiene toda una serie de puntos negativos, que van asociados a un conjunto de fenómenos que pueden alterar la calidad de aguas. Estas contaminaciones pueden ser de **tipo natural** como son el arrastre de componentes salinos al atravesar formaciones evaporíticas, por lixiviación de los suelos, o **de tipo antrópico** como son el uso en el medio natural de toda una serie de abonos, pesticidas usados para la agricultura, que luego pasan a las aguas por retorno de los regadíos, así como la aportación de los vertidos contaminantes del medio industrial y urbano.

La calidad de las aguas superficiales evoluciona negativamente conforme nos aproximamos a los núcleos de población e industriales, y una vez atravesados estos puntos de vertido, dicha calidad, en raras ocasiones es mejo-

**Información ambiental de Aragón**

En el sitio web del Gobierno de Aragón hay información sobre medio ambiente: legislación, proyectos, noticias, y enlaces a otros contenidos relacionados, tales como el Instituto Aragonés del Agua, el aula de Medio Ambiente Urbano, etc.

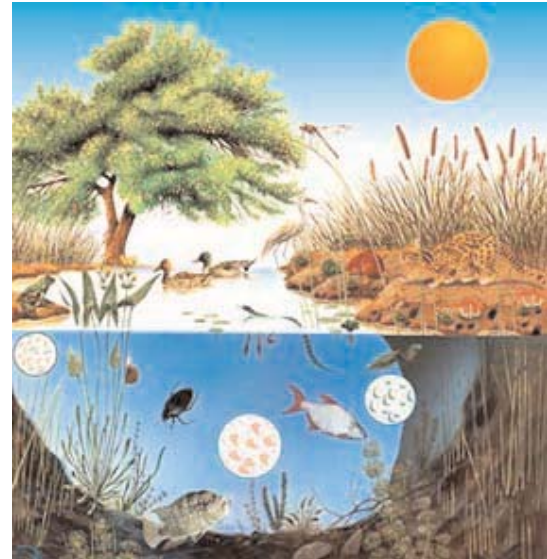




rada por la existencia de depuradoras. Las zonas críticas de contaminación de la red hidrográfica son el Gállego y el Ebro

### • **Agotamiento y contaminación de los acuíferos**

Se detectan efectos de **agotamiento** y **salinización** de los acuíferos originados por **sobreexplotación**, presentes en el mundo agrícola e industrial.



### • **Pérdida de suelo y desertización. Contaminación de suelos**

Entre los problemas ambientales que afectan a Aragón destaca por su gravedad el de la erosión, siendo esta Comunidad la segunda región más erosionada después de Murcia. Las causas son, principalmente, las afecciones a la cubierta vegetal producidas por diferentes actividades (desarrollo rural, industrial,...) que hacen que la erosión sea más importante al desaparecer las raíces que sujetan el suelo. Los cambios en las pendientes, producidos por muchas obras públicas, también aumentan el riesgo de erosión

Otro problema ambiental preocupante es la contaminación del suelo. En la Comunidad Autónoma de Aragón hay detectados 717 emplazamientos identificados como potencialmente contaminados.

Actualmente existen, siempre que se realiza cualquier actuación, unas pautas para minimizar la afección y reducir el impacto negativo.

### • **Cambio climático y contaminación atmosférica**

Cada sector (agricultura, ganadería, comercio, industria...) genera unos contaminantes característicos. Respecto a la contaminación atmosférica, los datos procedentes del inventario sobre contaminación atmosférica (Cambio Climático en Aragón) indican que las dos principales fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera son:

- El sector **industrial**. Gran parte de las emisiones procedentes del sector industrial, se originan en la producción de energía eléctrica (incluyendo la central térmica de Andorra, Teruel), debido al alto contenido en azufre de los carbones utilizados.
- El **transporte** es una fuente difusa (no focalizada) responsable de la emisión de varios contaminantes a la atmósfera, principalmente de CO<sub>2</sub>.



• **Otros problemas ambientales**

La contaminación en zonas industriales y urbanas (sobre suelo, agua y atmósfera) es un problema preocupante en las zonas más desarrolladas de la comunidad. También es un tema ambiental prioritario en estas áreas la elevada **producción de residuos** y sus problemas de gestión, .

En zonas más rurales, principalmente en los valles pirenaicos, fenómenos como el turismo descontrolado y la urbanización que ha llevado emparejada, ha deteriorado numerosas áreas. Es también preocupante en estas áreas rurales el abandono de residuos en zonas no habilitadas para ello, generando daños en el medio ambiente.

Otro problema ambiental importante es la aparición de especies amenazadas de flora y fauna: las especies se extinguen o se ven amenazadas por diversas razones, aunque la causa primera es la **destrucción del hábitat**. El drenaje de zonas húmedas, la conversión de áreas de matorrales en tierras de pasto, la tala de los bosques, la urbanización y la suburbanización, así como la construcción de carreteras y presas, han reducido notablemente los hábitats disponibles.

 **Relaciona**

Une el problema ambiental con la actividad humana que lo genera

Uso de pesticidas, abonos y vertido de contaminantes

Industria y transporte

Sobreexplotación

Desarrollo rural e industrial, obras públicas

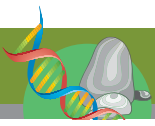
Contaminación del agua

Agotamiento y salinización de acuíferos

Desertización y pérdida de suelos

Contaminación atmosférica





## 4. LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La capa de gases que rodea la tierra y está atraída por la fuerza de la gravedad forma la **atmósfera**. Los gases atmosféricos forman una mezcla homogénea que conocemos por aire. Su composición es:

**Composición de aire:**  
20.95 % de Oxígeno  
78.08 % de Nitrógeno  
0.03 % de CO<sub>2</sub>  
Otros gases (O<sub>3</sub>, Kriptón...)  
vapor de agua (variable)

El aire es esencial para la vida, en particular por su contenido en oxígeno, pero la composición natural del aire que hemos indicado ha ido cambiando a lo largo de la historia y, de manera más significativa, desde la revolución industrial.

Un **contaminante** es cualquier sustancia o forma de energía que se introduce en un medio (en este caso en el aire, pero puede ser también en el suelo o el agua) y cambia las propiedades naturales de dicho medio.

Los contaminantes pueden tener dos tipos de orígenes diferentes:

- Natural, cuando son procesos naturales los que desprenden las sustancias que cambian la composición del aire; por ejemplo: el polen en primavera, una erupción volcánica, que expulsa al aire de cenizas y gases...
- Artificial, cuando son las actividades humanas (industrias, ciudades, transporte...) las que emiten sustancias o formas de energía que modifican la composición del aire. Son los más preocupantes a nivel global (CFCs...).



Los contaminantes pueden ser, a su vez, de diferentes tipos:

- **Contaminantes sólidos:** partículas de polvo, polen, cenizas...
- **Formas de energía:** el calor, la radiación...también se considera un contaminante ya que modifica las condiciones naturales del medio en el que se encuentra.



- **Contaminantes primarios:** aquellos que son emitidos directamente a la atmósfera (polvo,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ , CFCs...)
- Contaminantes secundarios: son los que se forman al reaccionar los primarios (formación de ácidos de azufre y nitrógeno).

Según el tipo de contaminante (natural, artificial, primario, secundario...), se va a producir un efecto u otro en el medio ambiente. Vamos a ver a continuación los principales problemas ambientales que actualmente se dan en el medio atmosférico.





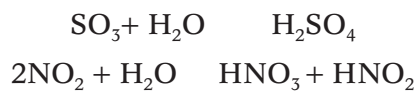
**Relaciona**

Empareja correctamente los siguientes términos:

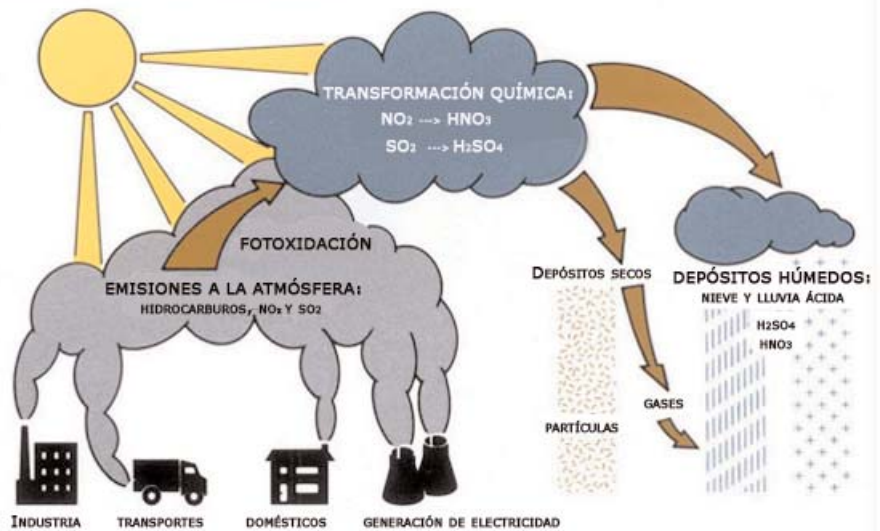
Ácido sulfúrico	Contaminante natural
CFCs	Contaminante artificial
Dióxido de azufre	Contaminante primario
Cenizas volcánicas	Contaminante secundario

**La lluvia ácida**

La **lluvia ácida** es aquella que tiene un **pH** menor del habitual. Se produce cuando las precipitaciones arrastran contaminantes (óxidos de azufre y de nitrógeno, principalmente), que provienen de la quema de combustibles fósiles, y reaccionan con el agua, produciendo ácido sulfúrico y ácidos nitroso y nítrico:



**FORMACIÓN DE LA LLUVIA ÁCIDA**



Las precipitaciones ácidas suelen ser líquidas, lluvia, pero también puede haber en forma sólida, hielo o nieve. La lluvia ácida es un problema ambiental atmosférico de tipo regional. Normalmente, el área afectada está más o menos cercana a la fuente de contaminación, pero puede encontrarse en otra región o lugar a la que los vientos dominantes de la zona envían los contaminantes, que reaccionan en zonas altas de la atmósfera con el agua y luego caen en forma de precipitaciones ácidas.





### Consecuencias

- Al caer sobre las aguas, éstas se acidifican. El nivel de acidez de los lagos aumenta, lo que produce la desaparición paulatina de su fauna.
- En el suelo hacen que se disuelvan los materiales pesados y que disminuya la concentración de nutrientes, con graves consecuencias para los vegetales y microorganismos que habitan en él. Además, pueden dañar directamente las hojas de los vegetales. También puede corroer algunos materiales urbanos (metales, materiales de construcción...).

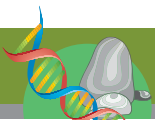


### Soluciones

Entre las medidas que se pueden tomar para reducir los efectos de la lluvia ácida estarían:

- Disminuir el uso de combustibles con contenidos de azufre y potenciar el uso de otros menoscontaminantes (gas natural).
- Utilizar filtros y otras tecnologías para atrapar los contaminantes en las zonas de emisión.
- Potenciar el uso de fuentes de energía alternativas no contaminantes.

En el caso de actuaciones sobre zonas ya alteradas por la lluvia ácida, la solución sería utilizar compuestos alcalinos en ríos y lagos para aumentar el pH.



Completa el texto

La lluvia ácida es aquella que tiene un  a  más bajo de lo normal. Se produce cuando algunos contaminantes, como el  b  o los óxidos de nitrógeno (NOx) reaccionan con el  c , produciendo ácidos (sulfúrico y nítrico) que caen con las precipitaciones. Esto provoca que se  d  las aguas y los suelos y que las plantas se dañen.

a	pH	peso	eH
b	dióxido de azufre	dióxido de cloro	óxido de azufre
c	agua	amoníaco	ozono
d	acidifiquen	oscurezcan	acumulen

El agujero de la capa de ozono

Formando parte de la estructura de la atmósfera, dentro de la **estratosfera**, hay una capa de gran importancia para la vida en la Tierra. Es la **capa de ozono**. Se trata de una zona donde la concentración de **ozono** es mayor y se regenera de manera natural, continuamente.

ESCALA DE UNIDADES DOBSON



LOS VALORES MENORES DE 200 UD SE CONSIDERAN UNA PÉRDIDA IMPRESCINDIBLE DE OZONO

El ozono es un gas formado por tres átomos de oxígeno, O<sub>3</sub>. Esta capa actúa como un filtro y retiene la **radiación ultravioleta**, siendo de gran importancia para la vida, ya que esta radiación es perjudicial para los seres vivos.

El agujero de ozono de la Antártida fue observado por vez primera durante los años 1980-84. Ya había datos anteriores que indicaban su aparición, pero durante la década de los ochenta su crecimiento se hizo mucho mayor.

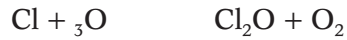
El agujero de la capa de ozono no es realmente un agujero, sino un adelgazamiento de la capa. El grosor de la capa de ozono se mide en Unidades Dobson (DU). Los niveles normales de ozono en la Antártida son de 300 DU y suele descender hasta las 150 DU.



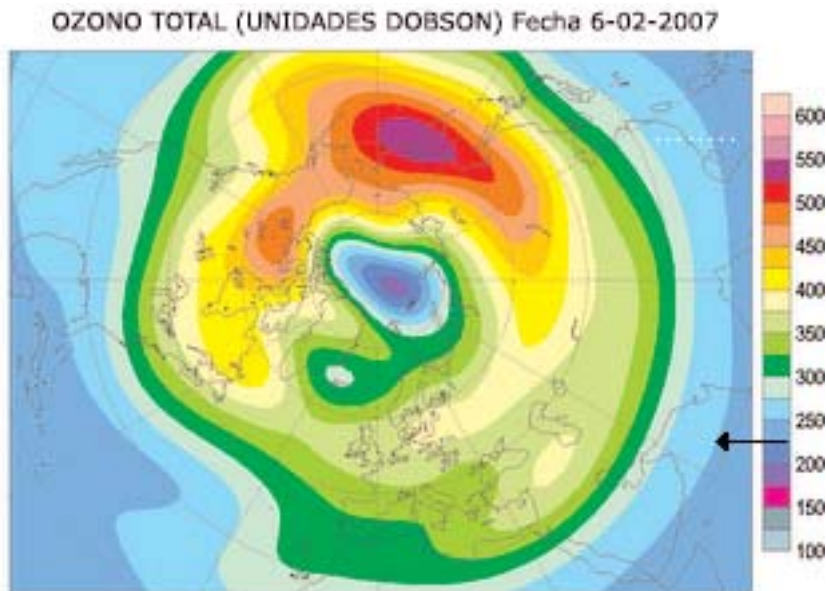


### Causas del agujero de ozono en la Antártida

Algunas sustancias, como los **CFCs** (clorofluorcarbonos) y los óxidos de nitrógeno son responsables de la destrucción de la capa de ozono. El cloro de los CFCs se combina con el Ozono ( $O_3$ ) y captura los átomos de oxígeno, formando óxidos de cloro e impidiendo así la regeneración de la capa de ozono.



Estas reacciones, y las especiales condiciones atmosféricas de la Antártida, hacen que la capa de ozono se haga más fina allí y permita la entrada de radiación U.V. (ultravioleta) responsable de afecciones en el ser humano (cáncer de piel, problemas en la vista, debilitamiento del sistema inmunitario) y de mutaciones en vegetales y animales. Debido a la baja concentración de ozono en los polos, principalmente en el polo sur, es por lo que se habla de **agujero de la capa de ozono**.

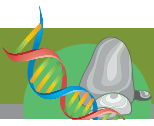


El agujero de ozono alcanza su máximo en septiembre, cuando las frías temperaturas y la luz solar comienzan a aparecer sobre el horizonte Antártico y empiezan a producirse reacciones químicas que destruyen el ozono. En octubre, la destrucción del ozono se detiene y el agujero se reduce en área y profundidad. Durante el periodo de octubre a diciembre, la zona de ozono destruido va hacia latitudes medias, disminuyendo la cantidad de ozono en esas latitudes.

Los CFCs se utilizan habitualmente como refrigerantes para neveras y cámaras frigoríficas, en aerosoles y para fabricar espumas plásticas. Los óxidos de nitrógeno y otros gases, provienen de los carburantes de aviones a reacción.

### Evolución y soluciones

A partir del Protocolo de Montreal de 1987, se exigió la cooperación de las naciones para lograr la reducción progresiva de los CFCs y de otros elementos químicos que destruyen la capa de ozono. Tuvieron que pasar 7 años para que los científicos comprobaran la primera disminución en la cantidad de CFCs presentes en la “troposfera”, que es la capa más baja de la atmósfera.



A pesar de las exitosas medidas que han disminuido la producción de CFCs, los científicos no esperan ver una reducción importante del agujero de ozono antes de otra década. Esto es debido a la larga **vida media** de los CFCs que ya están en la atmósfera. La recuperación completa se espera, de manera orientativa, para alrededor del 2070, ya que no se sabe cómo va a afectar el cambio climático a la recuperación del agujero de la capa de ozono.



## Elige las correctas

Elige cuales de estas afirmaciones son correctas

El agujero de la capa de ozono se encuentra en el Ecuador

La capa de ozono está situada en la troposfera

El agujero de la capa de ozono no es realmente un agujero, sino un adelgazamiento de la capa de ozono

Vive en páramos y bosques

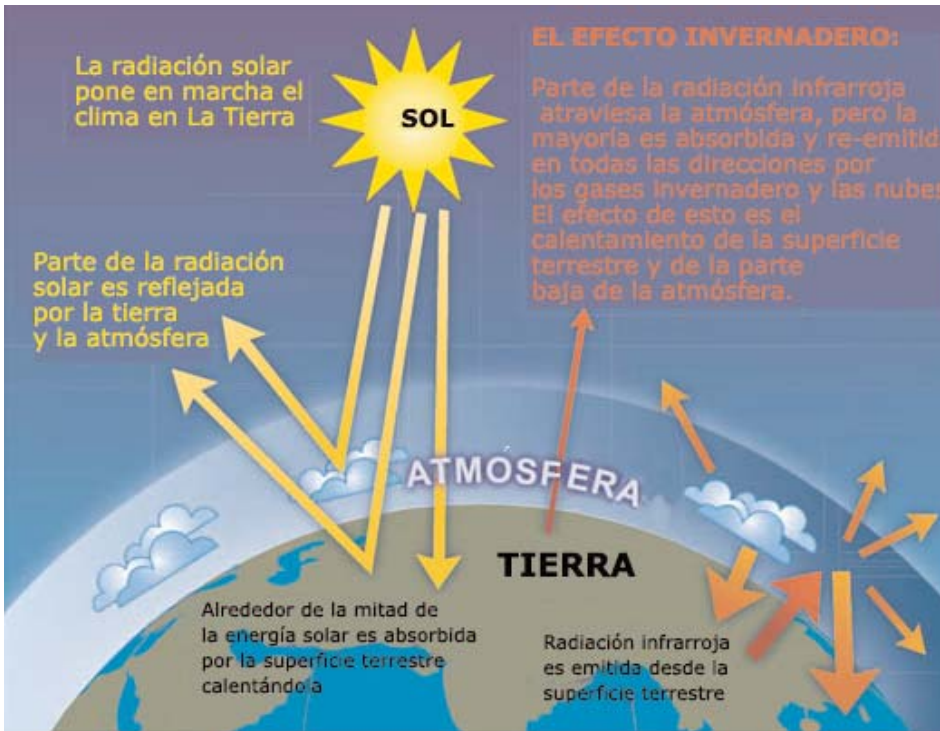
## El efecto invernadero

La temperatura media de la Tierra es de unos 15°C, lo que hace que éste sea un planeta apto para el desarrollo de la vida. Pero ¿por qué se dan estas condiciones de temperatura en la Tierra? Por su distancia del Sol debería tener una temperatura menor, pero la presencia de algunos gases atmosféricos, como el CO<sub>2</sub> y el metano, retienen la radiación solar devolviéndola al exterior más lentamente.

Éstos gases, denominados **gases de efecto invernadero (G.E.I.)** se acumulan en la parte baja de la atmósfera, debido a su elevada densidad, y forman una pantalla para la radiación del Sol, haciendo la Tierra apta para la vida.

La energía que viene del Sol, por tener una temperatura muy elevada, está formada por radiación de longitudes de onda menores (principalmente ultravioleta, visible e infrarroja), que traspasan la atmósfera con facilidad. La energía que emite la Tierra, por tener una temperatura menor, está formada por radiación de longitudes de onda mayores (principalmente infrarroja y algo de visible), que es absorbida por los gases de efecto invernadero y es retenida, devolviéndose al exterior de manera más lenta, lo que hace que la Tierra tenga esa temperatura media.

El efecto invernadero es un efecto natural, beneficioso y necesario para el desarrollo de la vida en la Tierra, pero el incremento de la contaminación y de la emisión de gases (CO<sub>2</sub>) procedentes de la combustión del carbón, el petróleo y el gas natural, tanto de la industria como del transporte y los hogares, el metano procedente de la ganadería intensiva y los residuos sólidos,



doso urbanos o los CFCs de los aerosoles y refrigeradores, está contribuyendo a aumentar el efecto natural invernadero de la atmósfera, lo cual provoca el llamado **calentamiento global**.

Éste calentamiento global contribuye al **cambio climático**, ya que se ven afectas muchas variables del clima, como la circulación de los vientos, el ciclo hídrico, etcétera. Las consecuencias pueden ser desde grandes sequías a grandes inundaciones.



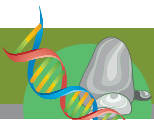
**Verdadero o falso**

Indica cuál de estas frases es la correcta

	Verdadero	Falso
El efecto invernadero es perjudicial para La Tierra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los gases de efecto invernadero retienen la radiación infrarroja calentando la superficie terrestre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El dióxido de carbono y el metano son gases de efecto invernadero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El efecto invernadero es lo mismo que el calentamiento global	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**El cambio climático**

Llamamos **calentamiento global** al aumento de temperatura media que sufre el planeta provocado por las emisiones que producen las actividades del ser humano.



### El cambio climático

El Ministerio de Medio Ambiente proporciona información actualizada en su sitio web.

A lo largo de la historia de la Tierra ha habido varios cambios climáticos:

- En los últimos 1.8 millones de años, ha habido varias glaciaciones, que se intercalaban con periodos de clima más cálido (periodos interglaciares).
- En algunas épocas de la era Mesozoica (hace 65-225 millones de años), la temperatura era 5 °C por encima de la media actual.

En ambos casos, las diferencias de temperaturas medias eran sólo de unos 5°C (por debajo cuando hablamos de glaciaciones o por encima cuando hablamos de periodos cálidos), con lo cual podemos comprender que **una pequeña variación de las temperaturas medias de la Tierra puedan llegar a tener efectos importantes** y, por lo tanto, la preocupación actual.

Todos estos cambios eran debidos a diferentes variaciones de las condiciones planetarias y extraplanetarias (cambios en la órbita terrestre, en la actividad solar...) que hacían que cambiaran a su vez la incidencia de los rayos solares y, por tanto, la temperatura global. El problema actual es que el efecto invernadero está siendo incrementado por la acción del ser humano.



El (**panel intergubernamental del cambio climático IPCC**), organismo internacional dentro de las Naciones Unidas encargado de coordinar los estudios sobre este tema, publicó en 1995 un informe en el que decía que había evidencias de cierta influencia del ser humano sobre el clima global.

De todos modos, los estudios climáticos son complejos, ya que hay un gran número de factores que influyen en el clima. Esto hace que haya científicos que defienden que no hay evidencias de que el ser humano influya en el clima. Puede que no haya una total evidencia de que el cambio climático sea producido por las emisiones del ser humano, pero lo cierto es que hay muchas y fundamentadas sospechas y, como las consecuencias son muy graves, es lógico tomar las oportunas medidas para impedir que sigan creciendo las emisiones de gases invernadero (GEI)

El Cambio Climático Global es una modificación del clima que le es atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición global atmosférica, aumentando la concentración de gases invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) y los clorofluorocarbonos (CFCs). Estos gases atrapan





una cantidad creciente de radiación infrarroja terrestre, y se prevee que harán aumentar la temperatura planetaria entre 1.5 y 4.5 °C.

### Consecuencias

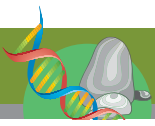
Aunque existe un acuerdo general sobre estas conclusiones, hay una gran incertidumbre con respecto a las magnitudes y las tasas de estos cambios a escalas regionales



El incremento del efecto invernadero provoca un aumento de las temperaturas planetarias y, entre sus consecuencias están:

- Fusión parcial de los casquetes polares
- Aumento del nivel del mar, provocado por este deshielo de los casquetes. A su vez esto provocaría la desaparición de islas (Polinesia) y la inundación de zonas con poca altura (la mayoría de la población vive en ciudades costeras).
- Cambios en la dinámica oceánica. El agua fría y dulce que produce el deshielo de los casquetes polares puede cambiar las corrientes oceánicas, que a su vez regulan el clima. El aumento de la temperatura produce desertización, que a su vez aumenta el riesgo de incendios y la sequía de ríos y pozos. Pueden verse afectas la fauna y flora de zonas críticas. Algunas enfermedades tropicales pueden extenderse a zonas donde no solían darse. En países muy pobres y de zonas desérticas (África) puede haber hambrunas y muerte por desnutrición al producirse la pérdida de cosechas.





Los costos económicos y sociales del cambio climático son muy difíciles de cuantificar.

**Soluciones**

La toma de decisiones es compleja, pero entre las soluciones para minimizar los daños estarían:

- Uso de tecnologías eficaces que disminuyan la emisión de gases, en todos los ámbitos (producción de energía, industria, agricultura...).
- Medidas políticas, económicas y sociales.

Las medidas para disminuir las emisiones de GEI se están haciendo a través de organismos como el IPCC (International Panel Climatic Change) y de los acuerdos internacionales sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, como el conseguido en la Conferencia Internacional celebrada en **Kioto** en diciembre de 1997.



**Verdadero o falso**

Elige la opción correcta:

	Verdadero	Falso
El cambio climático actual, ha sido el único cambio climático en la historia de La Tierra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si no se toman medidas, las consecuencias del cambio climático, sólo afectarán a pequeñas áreas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pequeños incrementos de 0.1-0.2° C pueden tener consecuencias a nivel planetario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aunque no se esté seguro de que el ser humano cause el cambio climático, es mejor tomar medidas porque las consecuencias serán muy graves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

El agua es una sustancia básica para la vida, pero no siempre cumple las condiciones de **calidad** necesarias para su uso. Los ríos, lagos y mares reciben desde hace años, las basuras producidas por el ser humano.

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de **autodepuración**, es decir, que con su movimiento natural es capaz de eliminar la contaminación, sobre todo cuando se trata de contaminantes naturales (polen, arena, restos





vegetales...) o si los artificiales no son peligrosos ni están en grandes cantidades.

El agua queda contaminada cuando sus propiedades (color, sabor, olor, temperatura...) y composición natural han sido alteradas por la introducción de sustancias, formas de energía o elementos extraños, haciendo que no sea adecuada para el uso al que estaba destinada.

Los contaminantes pueden ser de varios tipos:

- **Contaminantes físicos:** aumento de temperatura (contaminación térmica), procedente de los vertidos de aguas calientes de los circuitos de refrigeración de fábricas o centrales térmicas; partículas radiactivas, procedentes de accidentes de centrales nucleares; y contaminantes naturales (polvo, arena, arcillas) que son arrastrados en épocas de tormentas a ríos y lagos.
- **Contaminantes químicos:** proceden, en su mayoría, de aguas residuales urbanas e industriales, de vertederos, de campos agrícolas y actividades ganaderas... Los más abundantes son cloruros, sulfatos, fosfatos, compuestos nitrogenados, metales pesados, pesticidas y materia orgánica.
- **Contaminantes biológicos:** los microorganismos patógenos (bacterias, virus...), que pueden transmitir enfermedades (cólera, gastroenteritis...) suelen proceder de aguas residuales urbanas y de residuos ganaderos.

Dependiendo del tipo de contaminante, **las consecuencias de la contaminación de las aguas** pueden ser:

- Transmisión de enfermedades.
- Disminución del oxígeno del agua, afectando a la vida de los organismos acuáticos (mueren peces...).
- Los metales pesados pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.
- Eutrofización de las aguas.
- Las partículas arrancadas del suelo aumentan la turbidez, dificultando la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

La contaminación puede ser producida por cualquiera de los sectores de actividad, teniendo en cada caso unas características diferentes. El origen puede ser agrícola (fertilizantes, materia orgánica, sales, pesticidas...), industrial (metales pesados, calor, productos químicos tóxicos...) o tener un origen urbano (materia orgánica, jabones...).

### Eutrofización

Los **nitratos** y **fosfatos** son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo (nutrientes), pero si se encuentran en cantidad excesiva, debido a malas prácticas agrícolas o al uso de jabones, inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la **eutrofización** de las aguas.

Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable, que ha perdido su calidad. El ecosistema acuático prácticamente se destruye.



 **Relaciona**

Relaciona correctamente los términos con su definición:

Mecanismo natural de eliminación de contaminantes de agua

Eutrofización

Mecanismo por el cual un agua se hace apta para el consumo humano

Potabilización

Fenómeno de contaminación del agua por exceso de nutrientes

Depuración

Mecanismo artificial de eliminación de contaminantes de agua

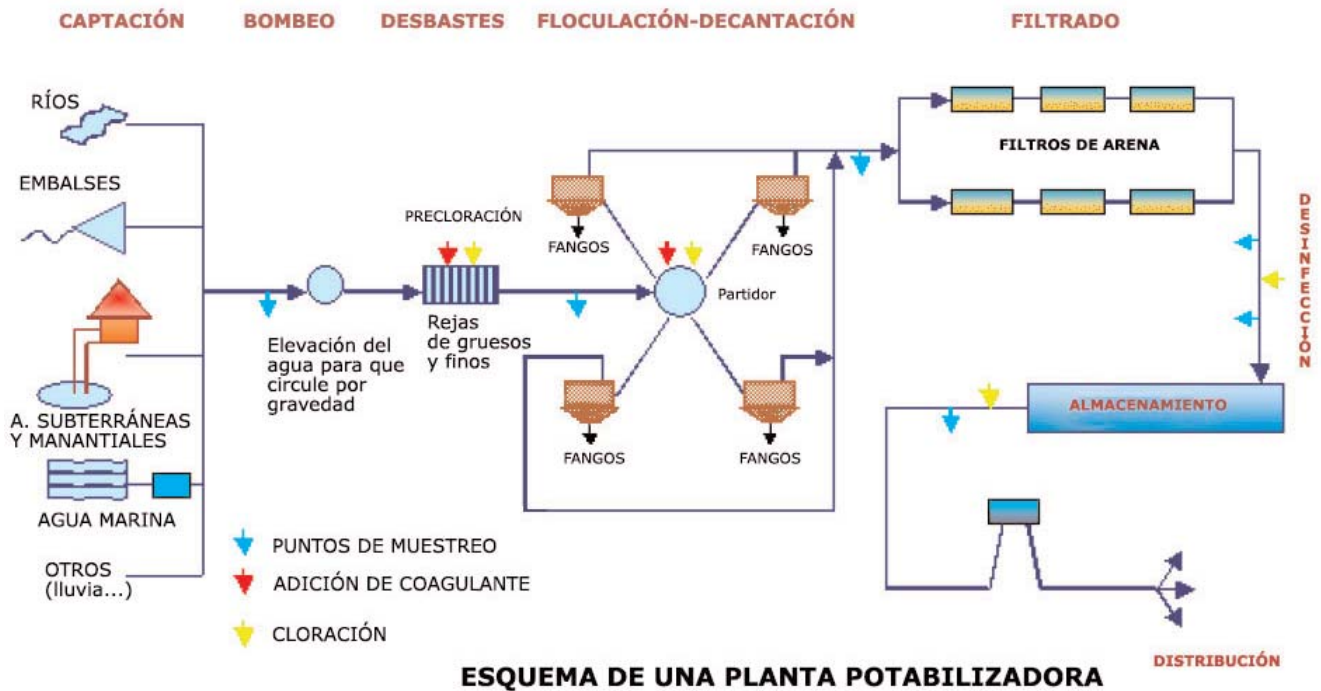
Autodepuración

**Potabilización**

Antes de que llegue a nuestros hogares, es necesario someter al agua a una serie de tratamientos (físicos, químicos y biológicos), con el fin de hacerla apta para el consumo humano. Ese conjunto de procesos es la **potabilización** del agua y se realiza en las plantas potabilizadoras de las ciudades.

Según la calidad de las aguas de entrada, se precisarán unos tratamientos u otros para conseguir que el agua sea potable. Los principales tratamientos que se llevan a cabo en plantas potabilizadoras son:

- **Captación:** recogida del agua de la naturaleza (río o acuífero), donde ya se eliminan lo sólidos más grandes a través de rejillas y tamices.
- **Clarificación del agua:** elimina las partículas que atraviesan los tamices. Se utilizan algunos reactivos y procesos como:
  - **Coagulación y floculación:** utilizando determinadas sustancias se fuerza la sedimentación de sustancias que de otro modo no lo harían.



- **Decantación:** separación por gravedad de las partículas en suspensión que arrastra el agua, disminuyendo la turbulencia. Las más densas caen al fondo y las menos densas se quedan en la superficie, donde se eliminan.
- **Filtración:** se hace pasar las aguas previamente decantadas por un medio poroso (arena o carbón activado), donde se retienen las partículas que aún quedan en suspensión.
- **Desinfección:** para eliminar organismos patógenos. Es la fase más importante que garantiza la eliminación de organismos que pueden transmitir enfermedades. Hay métodos físicos (calor) o químicos (cloro, ozono...). El más utilizado es la **cloración del agua** por ser el más sencillo, eficaz y económico. En ocasiones se puede hacer un pretratamiento con cloro antes de la decantación.

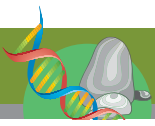
### Depuración

Las **aguas residuales urbanas** reúnen las aguas procedentes del alcantarillado de las ciudades. Estas aguas residuales contienen contaminantes que obligan a depurarlas antes de devolverlas al medio natural (río, mar...). No en todos los lugares del mundo se depuran las aguas residuales. En Aragón hay una plan de instalación de plantas depuradoras para que las aguas se devuelvan a los ríos en buenas condiciones.

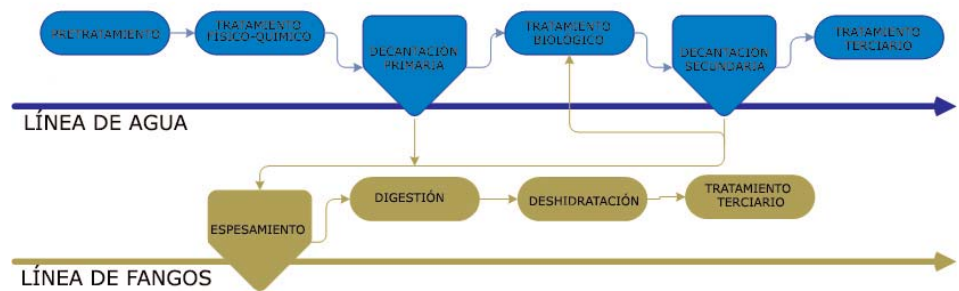
Hay diferentes mecanismos de **depuración de aguas**, pero el objetivo es siempre disminuir la cantidad de contaminantes para que afecte lo mínimo posible al medio natural:

- El más sencillo de todos es la **depuración por lagunaje** que imita procesos de depuración natural, al almacenar el agua en balsas artificiales durante cierto tiempo, durante el cual las partículas que lleva en suspensión caerán al fondo y los microorganismos de la materia orgánica que contiene producirán su fermentación.





## ESQUEMA DE UNA ESTACIÓN DEPURADORA (E.D.A.R.)



- Las (estaciones depuradoras de aguas residuales E.D.A.R.) realizan una depuración más tecnológica, que conlleva varios procesos (físicos, químicos y biológicos):
  - **Pretratamiento:** mediante rejillas y tramas se atrapan los sólidos más voluminosos que arrastra el agua (telas, restos vegetales, plásticos...).
  - **Tratamiento primario:** sedimentación de materiales suspendidos por tratamientos físicos o físico-químicos (decantación en grandes tanques con o sin ayuda de sustancias químicas que aceleran la sedimentación).
  - **Tratamiento secundario:** elimina la materia orgánica biodegradable, normalmente con bacterias que la digieren.
  - **Tratamiento terciario:** tratamientos más especiales que eliminan del agua contaminantes concretos (fósforo, sustancias tóxicas, patógenos...).

Todas las estaciones depuradoras tienen dos líneas de funcionamiento:

1. La **línea de agua:** conjunto de procesos que depuran el agua.
2. La **línea de fangos:** conjunto de procesos a los que se someten los fangos (lodos o barros) que se obtienen en la línea de agua (se pueden utilizar como fertilizantes).



EDAR de Monzón (Huesca)



## 6. EL SUELO: FORMACIÓN Y CONTAMINACIÓN

El **suelo** es una delgada capa natural, compuesta por los fragmentos de la descomposición de la roca madre, generada por la actuación de diferentes agentes, factores climáticos y la acción de los seres vivos, que le permite ser el sustento de multitud de especies vegetales y animales.



Los materiales que forman el suelo se distribuyen en capas denominadas **horizontes**, cada uno de los cuales presenta unas características concretas:

- Horizonte O, formado por restos vegetales y animales. Es de color oscuro, debido a su alto contenido en humus (restos orgánicos en descomposición).
- Horizonte A (llamado también de lavado o lixiviación). Tiene un color claro, debido a que el agua al infiltrarse disuelve las sales minerales y las transporta al interior.
- Horizonte B (de precipitación). En él se depositan (precipitan) los minerales que han sido arrastrados por el agua del horizonte A.
- Roca madre a partir de la cual se generó el suelo tras un proceso de meteorización.

El suelo se forma por descomposición de una roca tras un largo proceso de meteorización. Los pasos que habría hasta la **formación de un suelo** serían:

- Roca madre al desnudo.
- Meteorización por acción de agentes geológicos y climáticos (agua, hielo) que fragmentan la roca y hace que sobre ella aparezca ya una pequeña capa de material suelto (arena).
- Meteorización por parte de los seres vivos: algunas especies pueden enraizar y empezar a alterar la roca con sus raíces y, posteriormente, por otros animales.
- La capa que hay sobre la roca se va haciendo cada vez mayor.-Suelo diferenciado en horizontes.



## Verdadero o falso

Elige las frases verdaderas sobre el suelo:

	Verdadero	Falso
Un suelo tarda poco tiempo en formarse y mucho tiempo en degradarse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los suelos proceden de la alteración de una roca, después de un gran número de procesos y tras un largo periodo de tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si el suelo pierde la vegetación, se erosionan más fácilmente y se puede llegar a la desertización	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los suelos se salinizan cuando las precipitaciones contienen más sales de lo normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## Degradación de los suelos

Los dos principales problemas ambientales que afectan al suelo son la **contaminación** (inclusión en el suelo de sustancias que alteran su composición natural) y la **degradación** (pérdida de sus propiedades, principalmente de su fertilidad y de sus horizontes).

Los principales **mecanismos de degradación** del suelo son:

- **Erosión.** Muchas actividades que realiza el ser humano (obras públicas, pastoreo, abandono de tierras de labor, destrucción de zonas de arbolado) modifican las condiciones del suelo haciendo que pierda su cubierta vegetal y modificando la pendiente. Esto hace que la lluvia, el viento y otros agentes atmosféricos arranquen partículas de la superficie, haciendo que el suelo vaya perdiendo su estructura y sea cada vez menos fértil.
- **Salinización de suelos.** Las zonas cercanas al mar o en zonas de suelos poco permeables, así como el exceso de sales aportadas por las aguas de riego o un riego mal realizado, puede producir un aumento de concentración de sales en superficie, generando una costra dura y reduciendo su fertilidad. La salinización hace que el suelo sea más fácilmente erosionado.

## Causas y consecuencias

Las actividades humanas contribuyen al deterioro de los suelos. Como consecuencia los suelos pierden sus propiedades, las cosechas disminuyen (por la pérdida de fertilidad del suelo) y, poco a poco, disminuye la cubierta vegetal. Esto hace que el proceso de erosión sea cada vez mayor, pudiendo llegar a una **desertización** del lugar (transformación del suelo en un desierto, por pérdida de la cubierta vegetal).

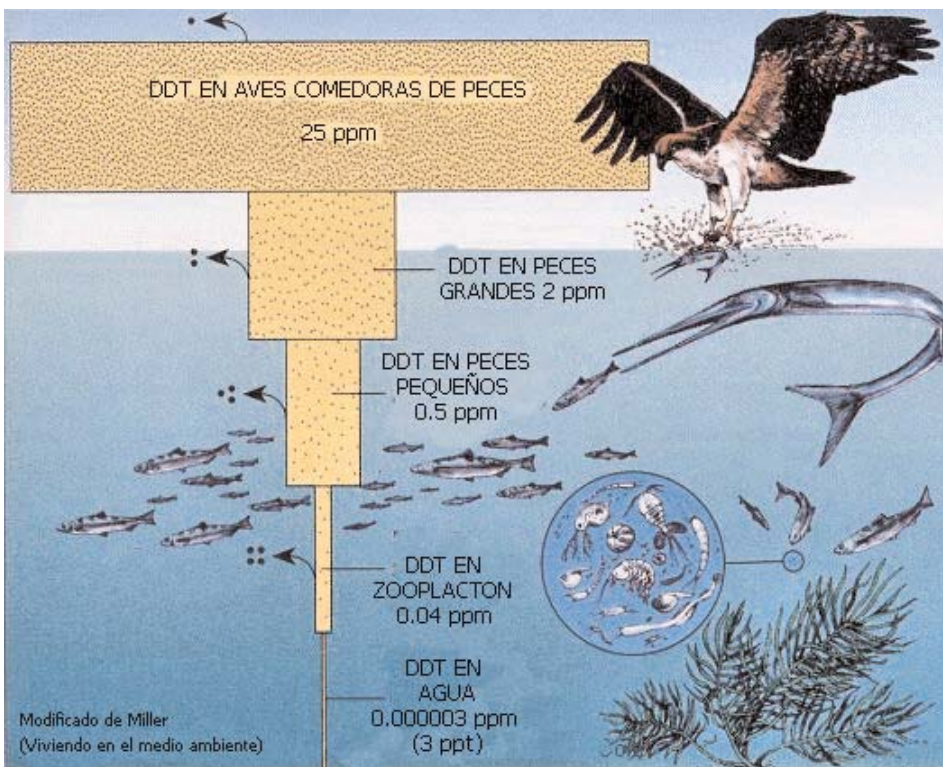
La contaminación puede deberse a actividades agrícola-ganaderas o industriales. La expansión de las zonas urbanas también afecta a los suelos.



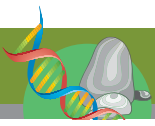


**Plaguicidas**

Los **plaguicidas** son productos químicos utilizados para destruir o controlar las plagas. Fueron un elemento decisivo en el desarrollo de la agricultura y de la mejora de las producciones en el campo. Pero los beneficios aportados por la química han ido acompañados de una serie de perjuicios, en algunos casos muy graves. Los **productos químicos tóxicos**, sobre todo los hidrocarburos clorados, como el dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) y los bifenilos policlorados (PCB), se han concentrado en las cadenas tróficas, afectando más a aquellas especies situadas al final de la cadena. Otros productos, como los insecticidas (por ejemplo, el DDT), tienen graves y amplias consecuencias ecológicas.







## Problemas asociados a su uso

Los efectos de los plaguicidas y otros insecticidas son variados:

- Sobre la salud humana. Se producen problemas por ingestión, contacto con la piel o inhalación. Los efectos son variados, dependiendo del producto, desde irritaciones a mutaciones y cáncer.
- Efectos ecológicos. Los plaguicidas se acumulan en el tejido graso (**bioacumulación**), por lo que pasan de un nivel trófico al siguiente, pero no se pueden eliminar. En consecuencia, se va ampliando la concentración de un nivel trófico al siguiente.

A los seres vivos del ecosistema, esta acumulación les puede afectar de diferentes maneras, pudiendo producir: muerte, tumores y lesiones, problemas reproductivos, alteración del sistema inmunitario y endocrino (hormonal), daños celulares y en el ADN, deformidades físicas, efectos intergeneracionales (observados en generaciones futuras) y otros efectos fisiológicos (disminución del grosor de la cáscara de los huevos...).

El uso y acumulación de estas sustancias representan una amenaza para la supervivencia a largo plazo de importantes ecosistemas, como consecuencia de la perturbación de las relaciones depredador-presa y la pérdida de biodiversidad. Además, los plaguicidas pueden tener importantes consecuencias en la salud humana.

Actualmente se va eliminando el uso de plaguicidas altamente tóxicos y bioacumulativos, debido a sus efectos negativos, a favor de otros que se degradan en el medio y son menos tóxicos para los organismos a los que no están destinados.

En los países en desarrollo, algunos de los plaguicidas más antiguos continúan siendo los más baratos de producir y, para algunos fines, continúan siendo muy eficaces, por ejemplo, el DDT para la lucha contra la malaria.



## Contesta

¿Qué quiere decir que algunos plaguicidas generan problemas porque son bioacumulativos?


El control de plagas con productos químicos es cada vez más complicado, debido a los problemas que hemos comentado. El **control biológico** es el empleo de otros insectos depredadores para combatir las plagas, de forma que así se evita o reduce el empleo de plaguicidas, que dejan residuos tóxicos en los frutos y plantas y son puros venenos para la salud humana.



Se pretende controlar las plagas a través de enemigos naturales, es decir, otros insectos que son depredadores de la plaga y son inofensivos a la plantación. El método de control biológico puede ser muy eficaz, pero hay que identificar bien el parásito y determinar adecuadamente el depredador más adecuado.

Las **ventajas** del control biológico son que da más seguridad, al evitar productos tóxicos para el medio ambiente y para la salud humana. Este control permite mantener las producciones de productos agrícolas, eliminando las plagas pero respetando otros organismos.

Los **inconvenientes** vienen marcados por la lentitud de los resultados y por la dificultad que existe de controlar, en ocasiones, a los depredadores si estos vienen de otros ecosistemas.



## 7. LOS INCENDIOS FORESTALES

El fuego, generado naturalmente, ha sido constante agente de cambio sobre el paisaje, en su mantenimiento y evolución de los ecosistemas. En ocasiones, los incendios forestales forman parte de un proceso vital del ecosistema esencial para los procesos de sucesión ecológica y mantenimiento de la estabilidad. Sin embargo, esta estabilidad ha sido modificada por el ser humano, que cada vez interviene de manera más agresiva en el medio.

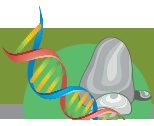
Las causas de los incendios vienen regidas por la estación en la que nos encontremos. Así, en invierno se deben a las quemaduras de los rastrojos en las prácticas agrícolas tradicionales y en las prácticas de pastoreo, mientras que en verano, los incendios vienen de la mano de los agentes meteorológicos, debido a que la formación de tormentas secas que van acompañadas de un fuerte aparato eléctrico, y la caída de rayos dan origen a éstos.

Los incendios intencionados cada año son más numerosos y al mismo tiempo tienen unas consecuencias más graves sobre nuestro espacio forestal.



Los incendios tienen efectos socioeconómicos y ecológicos

- **Socioeconómicos:** para la salud pública (contaminación atmosférica, de agua y suelos), daños a la propiedad pública y privada, paralización de procesos productivos, disminución de fuentes de trabajo, pérdidas económicas directas



## El proyecto GAIA

Accediendo a las animaciones del programa GAIA podrás aprender más sobre los problemas medioambientales.

- **Ecológicos:** cambios en el clima a pequeña y gran escala (cambio en los vientos, aumento de radiación solar, disminución de humedad, contaminación atmosférica). En el suelo (erosión y destrucción de propiedades y componentes), en la flora y fauna (muerte de especies, aparición de plagas..), en las aguas (alteraciones en los ríos...), en el paisaje y en la biodiversidad (pérdida de especies, migraciones y alteraciones en las cadenas alimentarias).

Uno de los mayores efectos de los incendios es sobre el cambio climático, debido a la emisión que se produce a la atmósfera de gases y partículas



## Completa

En los \_\_\_\_\_, los incendios naturales, son procesos que ayudan a mantener el \_\_\_\_\_ del bosque. Sin embargo los incendios artificiales, provocados por el \_\_\_\_\_ tienen importantes consecuencias ecológicas como la pérdida de \_\_\_\_\_.

biodiversidad

equilibrio

ecosistemas

ser humano

## 8. LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los **residuos** son sustancias generadas tras la explotación, producción y consumo de los recursos o tras cualquier actividad humana. Pueden presentarse en estado sólido, líquido y gaseoso y, dependiendo de su origen, tienen distintos grados de toxicidad. Según sea esta toxicidad y su origen, es preciso que cada uno reciba el tratamiento más adecuado.

## Reciclaje de neumáticos

Los neumáticos de los automóviles se desgastan con rapidez, y se deben cambiar cada aproximadamente 30000 km. ¿Imaginas la cantidad de neumáticos que se tiran en el mundo? La legislación vigente en España indica que hay que recogerlos de forma selectiva para reciclarlos. En esta animación verás el proceso.



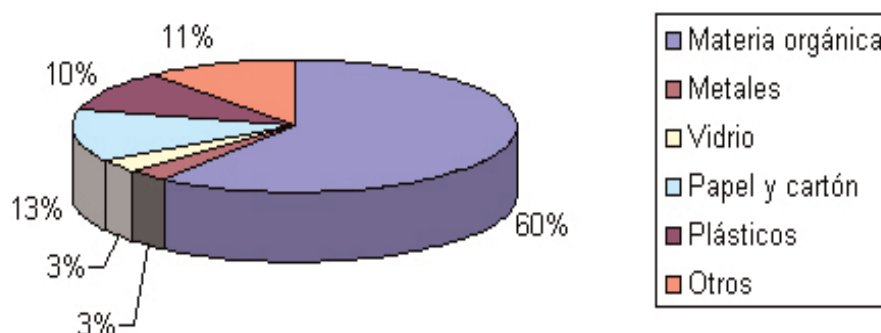


Los residuos se clasifican en:

- **Residuos sólidos urbanos** R.S.U. (generados en domicilios, comercios, oficinas y servicios).
- **Residuos industriales** (generados por la actividad industrial).
- **Residuos tóxicos y peligrosos** R.T.P. (aquellos que conllevan un peligro para el medio y los recipientes que los han contenido).
- **Residuos agrícolas y ganaderos** (generado en labores agrícolas y ganaderas).

Según datos del 2008, los españoles producimos unos 25 millones de toneladas de residuos cada año (kilo y medio por persona y día), y cada año se genera un 5% más de residuos que el año anterior, con el consiguiente problema de la acumulación en los **vertederos**.

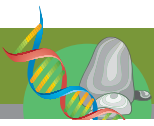
### COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (Aragón 2004-2005)



El tratamiento que estas basuras reciben, puede ser de diferentes tipos, dependiendo de su origen y características:

- La mayoría (RSU) se acumulan en **vertederos controlados**. Los vertederos deben ubicarse en lugares alejados de las poblaciones y sobre rocas impermeables (arcillas...). Los residuos se depositan por capas que deben ser compactadas y cubiertas por tierra para evitar los malos olores y disminuir el impacto visual. Suelen producirse gases (metano) que puede generar explosiones pero que también puede canalizarse con tuberías y utilizarse como fuente de energía para el propio recinto (**cogeneración**).
- **Vertederos especiales**. Los residuos tóxicos y peligrosos y, sobre todo, los residuos radiactivos, contienen productos tóxicos (metales pesados, compuestos químicos peligrosos...) por lo que deben ser tratados técnicamente para disminuir su toxicidad y acumularse en vertederos especiales.
- **Incineradoras**. Otra posibilidad, para los residuos sólidos urbanos es su incineración. Esto reduce algo su volumen, pero genera cenizas tóxicas, que luego hay que llevar a vertederos especiales, y desprenden gases y emiten a la atmósfera partículas contaminantes, como las dioxinas, procedentes de la combustión de los plásticos, que pueden producir cáncer. Sin embargo, la energía generada en las incineradoras se puede utilizar para obtener energía eléctrica.





## Problemas y soluciones

### Problemas

El principal problema de los residuos está en la **cantidad que se produce**. Esto produce algunas complicaciones. En primer lugar porque los residuos sólidos urbanos **colapsan los vertederos** o **contaminan la atmósfera** si se llevan a incineradoras. Otras veces los lixiviados que se producen en los vertederos pueden **contaminar acuíferos cercanos** o **generar olores** si no están bien diseñados.

Respecto a los residuos peligrosos, la problemática es distinta. No preocupa tanto su cantidad como su **toxicidad**. Por ello deben ser almacenados en vertederos especiales, con los riesgos que conlleva esta acumulación, ya que pueden existir algún problema si no están bien sellados.

Otro problema bastante común es el abandono de residuos en vertederos no controlados lo que genera **impactos visuales** y de contaminación de suelos y aguas.

### Soluciones

Una buena gestión de los residuos puede minimizar algo su impacto ambiental. Se basa en cuatro acciones (**regla de las 4Rs**): reducir, reutilizar, reciclar y recuperar.

- **Reducir.** Desde la elaboración de los diferentes productos a cada uno de los hogares, tratando de producir la menor cantidad posible de residuos.
- **Reutilizar.** En el pasado era un método bastante utilizado. Está basada en la prevención de producción de residuos.
- **Reciclar.** Transformar los residuos para obtener otros materiales que pueden ser utilizados nuevamente.
- **Recuperar.** Capacidad de ciertos envases a ser utilizados de nuevo, tras un proceso de limpieza, para alargar su vida útil.

Para ser efectivas, estas acciones deben ser llevadas a la práctica desde los procesos industriales, comerciales, a los órganos de gestión de residuos (ayuntamientos, empresas...) y, por supuesto, en los hogares. Para ello es necesario desarrollar una buena legislación, pero también llevar a cabo campañas de sensibilización y educación ambiental.



La generación de una gran cantidad de \_\_\_\_\_ es, actualmente, un problema ambiental muy importante, ya que muchos \_\_\_\_\_ donde se acumulan, están siendo colmatados. Para solucionarlo se debe aplicar la regla de las cuatro Rs: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ recuperar y reutilizar todo lo que se pueda.

residuos

vertederos

reducir

reciclar



**EJERCICIOS**

1. Si el aire de una zona tiene una composición de un 0.06% de CO<sub>2</sub> ¿qué podrías decir acerca de su composición? ¿A qué se podría deber?

2. Si el efecto invernadero es un fenómeno natural ¿qué problema existe actualmente? ¿Cuáles son las causas que producen su incremento?

3. La siguiente lista contiene sustancias químicas. Señala los contaminantes atmosféricos:

- |                  |                                  |
|------------------|----------------------------------|
| CO <sub>2</sub>  | - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| O <sub>3</sub>   | - CFCs                           |
| NO <sub>x</sub>  | - N <sub>2</sub>                 |
| H <sub>2</sub> S | - H <sub>2</sub> O               |



4. ¿Qué procesos se llevan a cabo en una planta depuradora? ¿Cuál es su finalidad?



5. ¿Qué tipos de problemas ambientales causan los residuos sólidos urbanos?





FONDO  
SOCIAL  
EUROPEO



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN



**GOBIERNO  
DE ARAGON**

Departamento de Educación,  
Cultura y Deporte