Biología y Geología 4 ESO

El libro **Biología y Geología** para 4.º de ESO es una obra colectiva concebida, diseñada y creada en el departamento de Ediciones Educativas de Santillana Educación, S. L., dirigido por **Enrique Juan Redal**.

En su realización ha participado el siguiente equipo:

Miguel Ángel Madrid Rangel
Ignacio Meléndez Hevia
Marcos Blanco Kroeger
Eduardo Vidal-Abarca

EDICIÓN
Antonio Brandi Fernández
Susana Lobo Fernández

DIRECCIÓN DEL PROYECTO
Antonio Brandi Fernández

www.yoquieroaprobar.es

Proyecto **La Casa del Saber**

Santillana

Índice

BLOQUE I: GENÉTICA Y EVOLUCIÓN

1. La célula. Unidad de vida

1. El descubrimiento de la célula. La teoría celular 8
2. Los niveles de organización 9
3. Los tipos de organización celular 10
4. El núcleo celular 12
5. Los cromosomas 13
6. El cariotipo 14
7. El ciclo celular 15
8. La división celular en las células eucariotas 16
9. La meiosis 17
10. Comparación entre mitosis y meiosis 18
11. El significado de la mitosis y la meiosis 19

En profundidad. Meiosis y ciclos biológicos 20
Ciencia en tus manos. Observación e interpretación de la división celular en vegetales 21
Un análisis científico. Estudio de un cariotipo 23
El rincón de la lectura. Hijos de las bacterias 25

2. La información genética

1. Los ácidos nucleicos 28
2. La replicación del ADN 30
3. El ADN, portador de la información genética 31
4. El concepto de gen 32
5. Las mutaciones 33
6. La expresión de la información genética 34
7. La biotecnología 36
8. La ingeniería genética 37
9. Aplicaciones de la ingeniería genética 38
10. Los alimentos transgénicos 39
11. La clonación 40
12. Implicaciones de los avances en biotecnología 41
13. El Proyecto Genoma Humano 42

Ciencia en tus manos. Extracción de tu ADN 43
Un análisis científico. Clonar terneros 45
El rincón de la lectura. Sangre de una piedra 47

3. Herencia y transmisión de caracteres

1. La reproducción 50
2. Las experiencias de Mendel 52
3. La genética. Conceptos clave 54
4. Interpretación de los experimentos de Mendel 56
5. La herencia intermedia y la codominancia 58
6. Los árboles genealógicos 59
7. La herencia en la especie humana 60
8. El diagnóstico prenatal 61
9. La herencia de los grupos sanguíneos 62
10. La determinación genética del sexo 63
11. La determinación del sexo en la especie humana 64
12. La herencia ligada al sexo 65
13. Herencia ligada al cromosoma X en el ser humano 66

Ciencia en tus manos. Obtención de las leyes de Mendel 67
Un análisis científico. Un árbol genealógico 69
El rincón de la lectura. La fábrica de vida 71

4. Origen y evolución de los seres vivos

1. El origen de la vida 74
2. Las principales hipótesis sobre el origen de la vida 75
3. La evolución biológica. El origen de la biodiversidad 76
4. El lamarckismo 77
5. La teoría de la evolución de Darwin y Wallace 78
6. El origen de la variabilidad 80
7. La presión de selección y la adaptación 81
8. Las pruebas de la evolución 82
9. El neodarwinismo o teoría sintética de la evolución 84
10. El equilibrio puntuado 85
11. Las especies y la especiación 86
12. El origen y la evolución de la especie humana 87
13. La evolución de los homínidos 88

En profundidad. La humanidad y la extinción de especies 90
Ciencia en tus manos. Paleobiogeografía de la expansión humana 91
Un análisis científico. El color de las mariposas 93
El rincón de la lectura. La ascendencia del ser humano 95

BLOQUE II: LOS SERES VIVOS Y EL MEDIO AMBIENTE

5. Estructura de los ecosistemas

1. El medio ambiente 98
2. El medio terrestre 100
3. Las adaptaciones al medio terrestre 101
4. El medio acuático 102
5. Las adaptaciones al medio acuático 103
6. La biosfera, los ecosistemas y los biomas 104
7. La alimentación de seres vivos en los ecosistemas 105
8. Las pirámides tróficas 106
9. Hábitat y nicho ecológico 107
10. El suelo como ecosistema 108
11. Los principales ecosistemas acuáticos de España 110
12. Los principales ecosistemas terrestres de España 112

Ciencia en tus manos. Observación y estudio de un ecosistema 113
Un análisis científico. La circulación del DDT en los ecosistemas 115
El rincón de la lectura. En la bóveda del mundo verde 117

www.yoquieroaprobar.es

6. Dinámica de los ecosistemas

1. La energía y la materia en los ecosistemas 120
2. Los parámetros tróficos 121
3. Los ciclos biogeoquímicos 122
4. Los cambios naturales en los ecosistemas 124
5. La sucesión ecológica 126
6. Las poblaciones en los ecosistemas. Autorregulación 128
7. Las plagas y su control 130
8. Cambios producidos por la acción humana en los ecosistemas. Recursos 131
9. Los impactos ambientales 132
10. La protección del medio natural 133
11. Los grandes cambios ambientales 134

En profundidad. Los incendios forestales 136
Ciencia en tus manos. Observación de aves 137
Un análisis científico. Sistema depredador presa 139
El rincón de la lectura. La invasión de las estrellas de mar 141

BLOQUE III: LA TIERRA, UN PLANETA EN CONTINUO CAMBIO

7. El relieve y su modelado

1. El paisaje y el relieve 144
2. Los principales relieves terrestres 145
3. Los procesos geológios externos. Meteorización y erosión 146
4. Los procesos geológicos externos. Transporte y sedimentación 148
5. Las cuencas y los ambientes sedimentarios 150
6. Los ríos. Modelado fluvial 151
7. Los torrentes y las aguas salvajes. Modelado torrencial 152
8. El viento. Modelado eólico 153
9. Las aguas marinas. Modelado litoral 154
10. Los glaciares. Modelado glaciar 155
11. El modelado cárstico 156
12. Factores condicionantes del modelado 157

En profundidad. Sistemas morfoclimáticos 158
Ciencia en tus manos. Reelaboración de un depósito torrencial por el oleaje 159
Un análisis científico. Los desiertos 161
El rincón de la lectura. El país de la tierra amarilla 163

8. Estructura y dinámica de la Tierra

1. El tiempo y los procesos geológicos 166
2. El ciclo de las rocas 167
3. El gradiente geotérmico y el calor interno de la Tierra 168
4. Composición y estructura de la Tierra 169
5. Las discontinuidades sísmicas. La litosfera 170
6. El origen de los relieves y el fijismo 171
7. Los movimientos verticales. La isostasia 172
8. El desarrollo del movilismo 173
9. La extensión del fondo oceánico 174
10. La tectónica de placas 176
11. Las placas litosféricas 178
12. Los procesos geológicos en los bordes de placa 180

En profundidad. Sondeos en el fondo oceánico 182
Ciencia en tus manos. Reconstrucción de Pangea 183
Un análisis científico. El neocatastrofismo 185
El rincón de la lectura. En trineo por el fondo del mar 187

9. Manifestaciones de la dinámica terrestre

1. La dinámica interna de la Tierra 190
2. Las manifestaciones de la convección 191
3. La convección del manto y los relieves 192
4. Las dorsales oceánicas y las mesetas continentales 193
5. Los archipiélagos volcánicos 194
6. La subducción 195
7. La formación de las cordilleras. Los orógenos 196
8. La tectónica. Deformaciones de las rocas 198
9. La interacción entre procesos internos y externos 200
10. Los riesgos geológicos 201

En profundidad. Unos vecinos peligrosos 202
Ciencia en tus manos. Formación de un penacho térmico 203
Un análisis científico. La misión *Viking* 205
El rincón de la lectura. La pluma gigante 207

10. La historia de nuestro planeta

1. La edad de la Tierra 210
2. Geocronología absoluta y relativa 212
3. El actualismo como método de trabajo 214
4. Los fósiles 215
5. La escala del tiempo geológico 216
6. El Precámbrico 218
7. El Paleozoico. La diversidad de la vida 220
8. El Mesozoico. La era de los reptiles 222
9. El Cenozoico. La era de los mamíferos 224

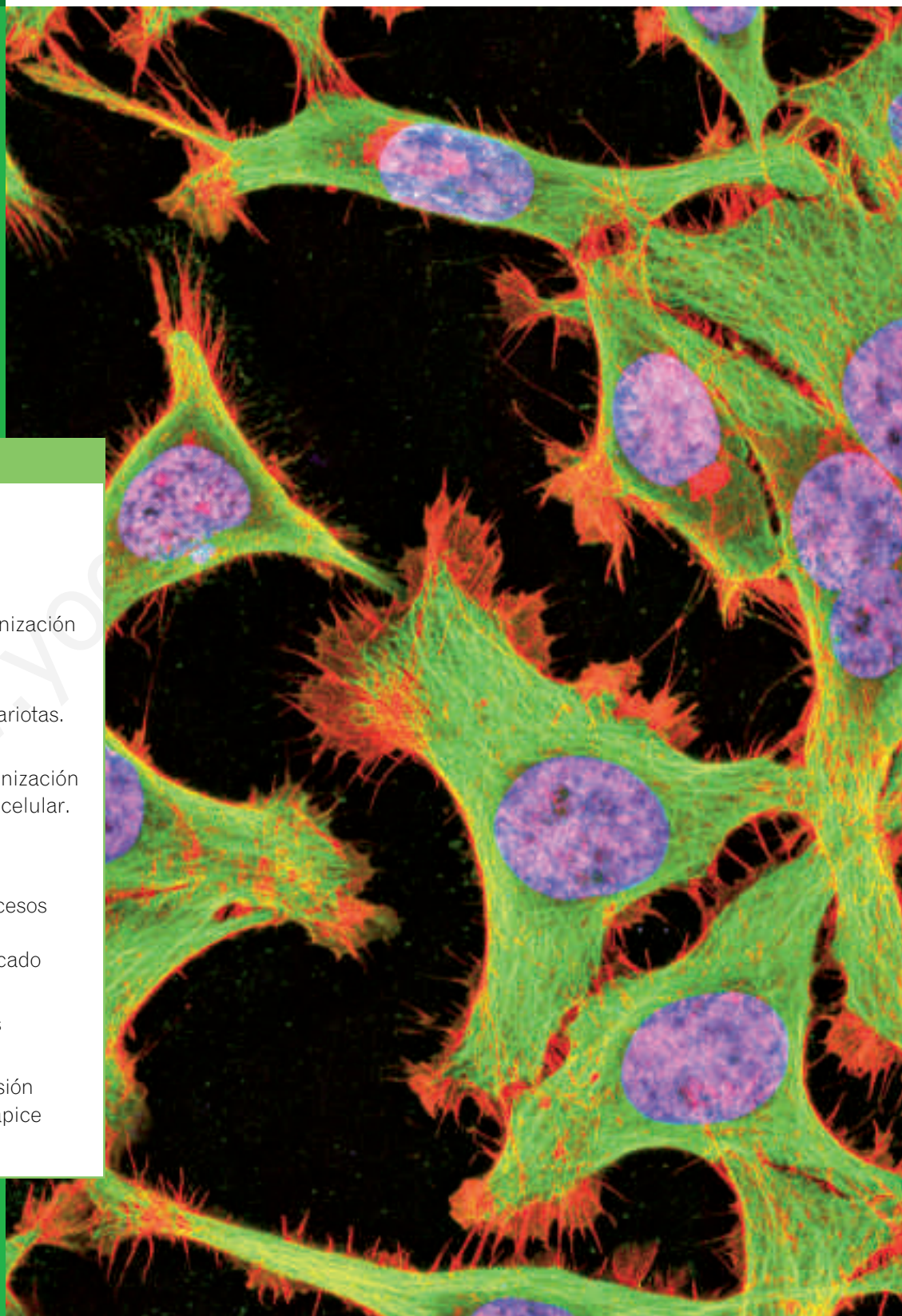
En profundidad. Lo que el iridio tenía que contar 226
Ciencia en tus manos. Elaboración de una colección de réplicas de fósiles 227
Un análisis científico. ¿Cómo surgió el vuelo de las aves? 229
El rincón de la lectura. El descubrimiento del tiempo 231

CONCEPTOS CLAVE 232
PARQUES NACIONALES ESPAÑOLES 236

www.yoquieroaprobar.es

1

La célula. Unidad de vida



PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Comprenderás los postulados de la teoría celular.
- Distinguirás los niveles de organización que constituyen la materia.
- Diferenciarás la estructura de las células procariotas y eucariotas.
- Identificarás los componentes del núcleo comparando su organización en las diferentes fases del ciclo celular.
- Reconocerás la estructura de un cromosoma.
- Aprenderás los principales procesos que tienen lugar en la mitosis y la meiosis, así como su significado biológico.
- Distinguirás los diferentes tipos de ciclos biológicos.
- Identificarás las fases de la división celular en una preparación de ápice de raíz de cebolla.

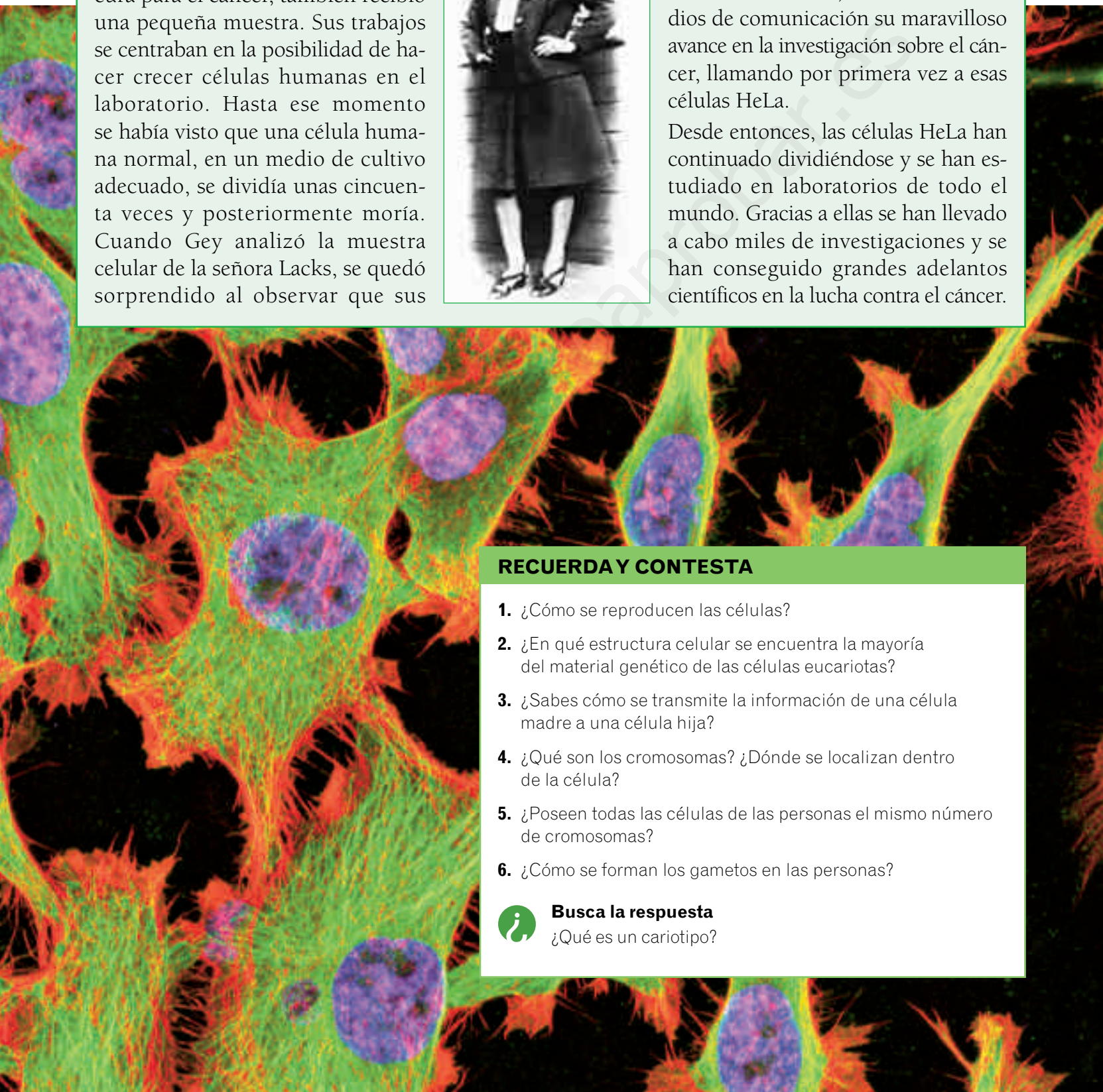
Células HeLa. Microscopía óptica de fluorescencia.

En 1951 la señora Henrietta Lacks fue diagnosticada de un tumor en el cuello del útero. Para obtener un diagnóstico concluyente, los médicos le realizaron una biopsia y enviaron las muestras para su análisis.

El doctor George Otto Gey, quien en ese momento intentaba hallar una cura para el cáncer, también recibió una pequeña muestra. Sus trabajos se centraban en la posibilidad de hacer crecer células humanas en el laboratorio. Hasta ese momento se había visto que una célula humana normal, en un medio de cultivo adecuado, se dividía unas cincuenta veces y posteriormente moría. Cuando Gey analizó la muestra celular de la señora Lacks, se quedó sorprendido al observar que sus células crecían y se dividían continuamente en el interior de una probeta. Descubrió así una línea celular inmortal.

Henrietta falleció en octubre del año 1951, después de luchar todo lo posible contra la muerte. Ese mismo día el doctor Gey, sin permiso de Henrietta ni de su familia, mostró a los medios de comunicación su maravilloso avance en la investigación sobre el cáncer, llamando por primera vez a esas células HeLa.

Desde entonces, las células HeLa han continuado dividiéndose y se han estudiado en laboratorios de todo el mundo. Gracias a ellas se han llevado a cabo miles de investigaciones y se han conseguido grandes adelantos científicos en la lucha contra el cáncer.



RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿Cómo se reproducen las células?
2. ¿En qué estructura celular se encuentra la mayoría del material genético de las células eucariotas?
3. ¿Sabes cómo se transmite la información de una célula madre a una célula hija?
4. ¿Qué son los cromosomas? ¿Dónde se localizan dentro de la célula?
5. ¿Poseen todas las células de las personas el mismo número de cromosomas?
6. ¿Cómo se forman los gametos en las personas?

Busca la respuesta

¿Qué es un cariotipo?

Los descubrimientos de Schleiden y Schwann dieron paso a una nueva disciplina dentro de la biología, la citología, que se encarga del estudio de la estructura y función de la célula.

1 El descubrimiento de la célula. La teoría celular

Las primeras observaciones de células datan del año 1665, cuando **Robert Hooke** observó con un microscopio muy simple, construido por él mismo, una fina laminilla de corcho. En ella vio unas celdillas geométricas, similares a las de un panal de abejas, a las que denominó **células**.

Desde entonces, otros científicos fueron comprobando la existencia de células en todos los tejidos y organismos que observaban. En 1674 **Anthony van Leeuwenhoek** observó y describió por primera vez células vivas y microorganismos en el agua, a los que denominó «**animálculos**».

A partir del siglo XIX, el perfeccionamiento de los microscopios y el descubrimiento de técnicas para teñir las preparaciones permitieron observar nuevas estructuras celulares.

- El botánico **Robert Brown**, en 1831, descubrió en el interior de las células vegetales un corpúsculo al que denominó **núcleo**.
- El médico **Johannes Purkinje**, en 1838, introdujo el término **protoplasma** para designar el líquido que llenaba la célula.
- El botánico **Matthias Schleiden**, en 1838, y el médico **Friedrich Schwann**, en 1839, afirmaron respectivamente que todos los vegetales y animales están formados por células.
- El médico **Rudolf Virchow**, en 1855, estableció que toda célula proviene de otra preexistente.

La teoría celular

Con los postulados de Schleiden y Schwann se inició el desarrollo de la teoría celular, aplicable a todos los seres vivos, y que junto a los conocimientos actuales puede resumirse en los siguientes puntos:

- La célula es la **unidad estructural** de los seres vivos. Todos los seres vivos estamos constituidos por una o más células.
- La célula es la **unidad funcional** de los seres vivos. La célula realiza todos los procesos metabólicos que le permiten vivir.
- **Toda célula procede de otra ya existente**. Todas las células provienen de la división de otras.
- La célula es la **unidad genética** de todos los seres vivos. La célula contiene el material hereditario, a través del cual las características de una célula madre pasan a las células hijas.

ACTIVIDADES

1. ¿Qué tienen en común todos los seres vivos?
2. ¿Qué avances técnicos contribuyeron al establecimiento de la teoría celular?
3. ¿Qué quiere decir que la célula es la unidad genética de los seres vivos?

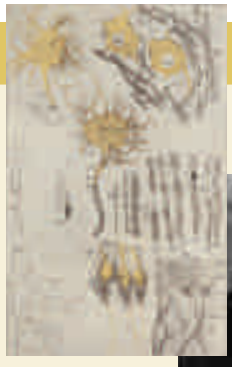
EN PROFUNDIDAD

Un importante descubrimiento

En un principio la teoría celular fue aceptada para todos los tipos celulares excepto para el tejido nervioso, ya que se pensaba que este tejido estaba formado por una red de células unidas entre sí.

En 1899 **Santiago Ramón y Cajal** hizo posible la generalización de la teoría celular a todas las células, al demostrar la individualidad de las neuronas.

¿Qué aportaciones hizo Ramón y Cajal a la teoría celular?



www.yoquieroaprobar.es

2 Los niveles de organización

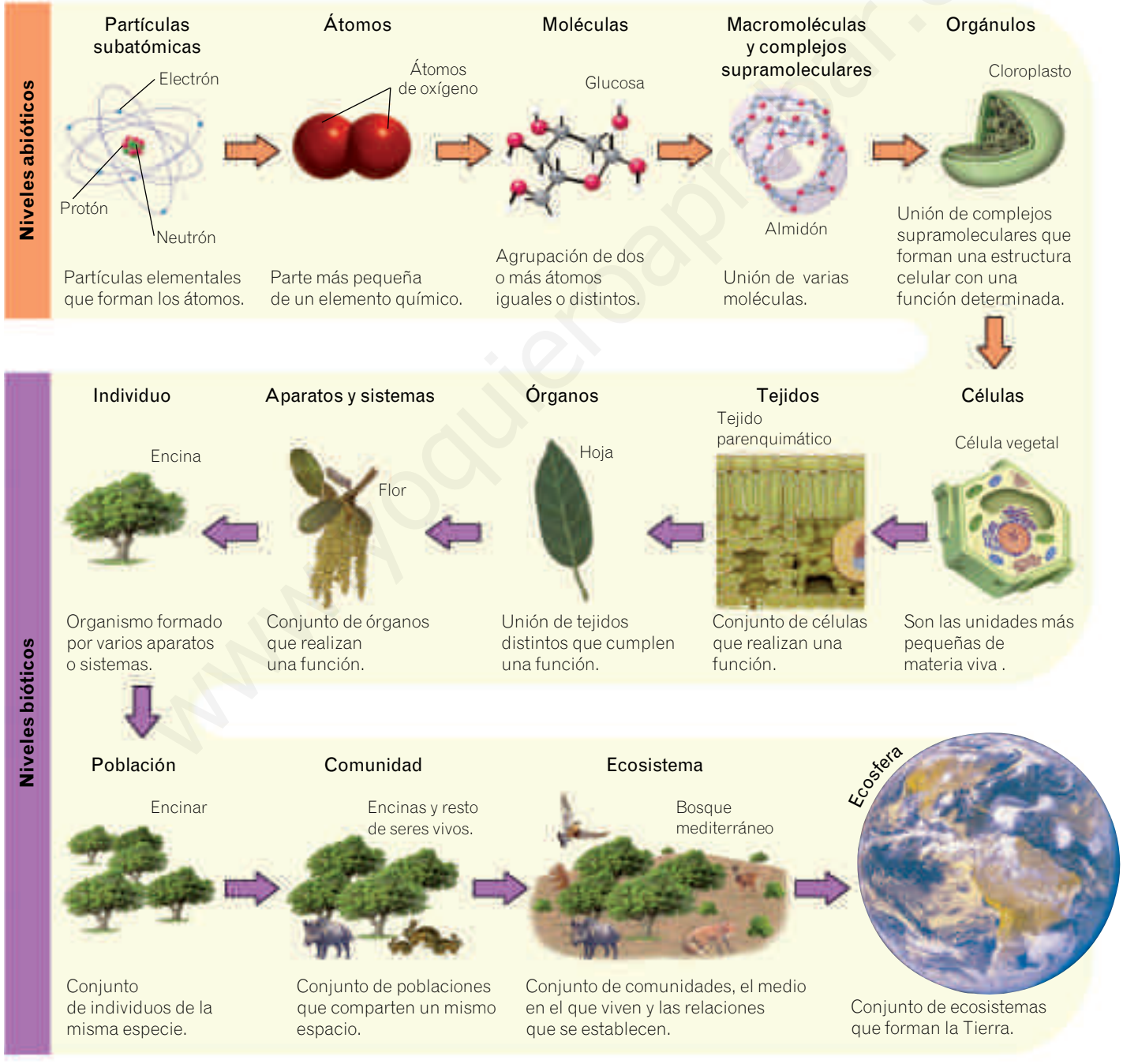
El enunciado de la teoría celular y el desarrollo de las técnicas de microscopía que permitieron ver la ultraestructura celular, cambiaron para siempre la concepción de la vida. Las células no eran ya simples estructuras diferenciadas, se asumió que existía una organización en un nivel inferior.

La materia tiene distintos niveles de organización, cada uno estructural y funcionalmente más complejo que el anterior.

Los niveles de organización se pueden agrupar en **abióticos** y **bióticos**. Los bióticos son exclusivos de la materia viva.

ACTIVIDADES

4. ¿Cuáles son los niveles abióticos? ¿Y los bióticos?
5. Los virus están formados por proteínas y ácidos nucleicos. ¿A qué nivel de organización crees que pertenecen?
6. Busca en los *conceptos clave* el significado de «tejido», «órgano», «aparato» y «sistema».



www.yoquieroaprobar.es

3 Los tipos de organización celular

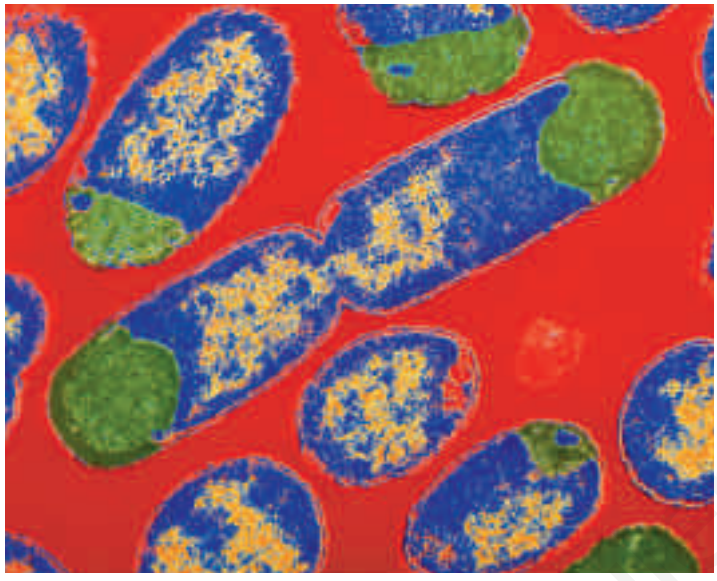
ACTIVIDADES

7. ¿Qué son los mesosomas? ¿Por qué son importantes?

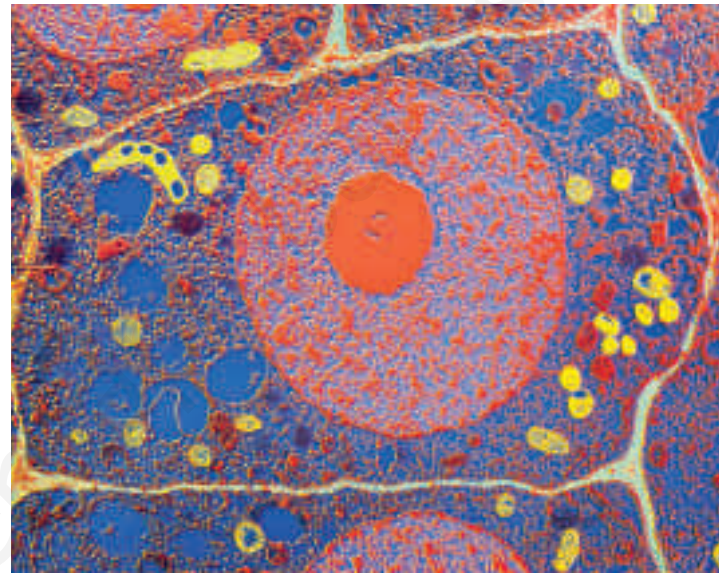
8. ¿Presentan todos los organismos unicelulares una sola célula de organización procariota? Razona la respuesta.

En los seres vivos existen dos tipos de organización celular. La diferencia básica entre ambos es la presencia o no de un núcleo en el interior.

- **Células procariotas**. No tienen núcleo. Su material genético se encuentra distribuido por el citoplasma. Las bacterias son organismos unicelulares que presentan este tipo de células.
- **Células eucariotas.** Tienen un núcleo que encierra el material genético y numerosos orgánulos celulares. Los protozoos, las algas, los hongos, los vegetales y los animales tienen este tipo de organización.



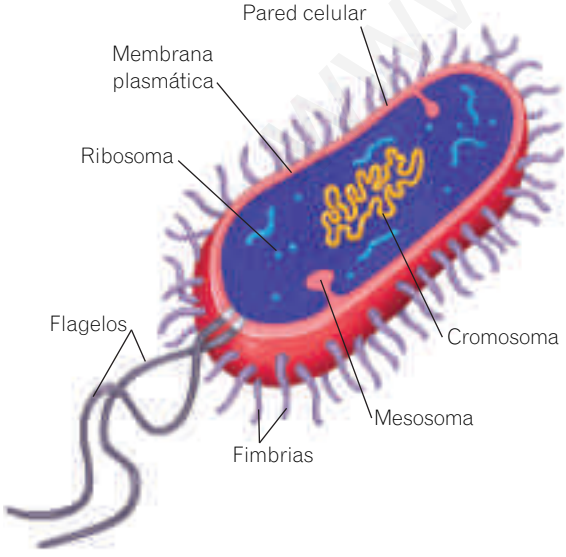
Célula procariota vista al microscopio electrónico. Falso color.



Célula eucariota vegetal al microscopio electrónico. Falso color.

Estructura de la célula procariota

Evolutivamente, las células procariotas son anteriores a las eucariotas. Su estructura interna es sencilla y carecen de núcleo, por lo que el material genético se distribuye por el citoplasma. Su estructura superficial es compleja y, en la mayoría, su tamaño oscila entre 1 y 10 µm.



Estas células presentan:

- **Pared celular.** Envoltura rígida y fuerte formada por polisacáridos y proteínas que dan forma a la bacteria.
- **Membrana plasmática**. Se sitúa por dentro de la pared celular y controla la entrada y salida de sustancias. En algunas regiones se pliega hacia dentro, formando los **mesosomas**, estructuras en las que se producen importantes procesos metabólicos, como la respiración.
- **Cromosoma bacteriano.** Está formado por una sola molécula circular de ADN y contiene toda la información genética de la célula. Se localiza en una región denominada **nucleoide**, no rodeado de membrana.
- **Ribosomas.** Pequeños orgánulos en los que tiene lugar la síntesis de proteínas.
- **Flagelos.** Prolongaciones del citoplasma que intervienen en el desplazamiento.
- **Fimbrias.** Estructuras cortas y numerosas que fijan la bacteria al sustrato.

www.yoquieroaprobar.es

Estructura general de la célula eucariota

Evolutivamente las células eucariotas derivan de las procariotas. Su estructura interna es más compleja, presentan diversos orgánulos delimitados por membrana y su tamaño es mayor. Todas las células eucariotas tienen:

- **Membrana plasmática.** Es una capa que envuelve la célula, la aísla y regula el intercambio de sustancias con el exterior.
- **Núcleo.** Contiene el material genético en su interior y está separado del resto de la célula por una membrana doble porosa, la **envoltura nuclear**, que permite el intercambio de sustancias con el resto de la célula.
- **Citoplasma.** Es la parte de la célula comprendida entre la membrana plasmática y la nuclear. Está formado por un medio acuoso y una red de fibras proteicas que intervienen en los movimientos y la división de la célula y constituyen el **citoesqueleto.** En su interior están los orgánulos celulares.
- **Centrosoma.** Región cercana al núcleo que controla el movimiento de las fibras del endoesqueleto e interviene en la división celular.
- **Orgánulos celulares.** Son elementos celulares que se encargan de diferentes funciones.
  - **Retículo endoplasmático.** Formado por un conjunto de sacos aplanados y de conductos tubulares. Si lleva adosados ribosomas, recibe el nombre de **rugoso**, y si carece de ellos, **liso**. En el rugoso se sintetizan proteínas, mientras que en el liso se sintetizan lípidos.
  - **Aparato de Golgi.** Formado por conjuntos de cisternas aplanadas y apiladas. En ellas se acumulan sustancias procedentes del retículo endoplasmático y se segregan al exterior mediante pequeñas vesículas que se forman en su periferia.
  - **Ribosomas.** Son partículas de pequeño tamaño formadas por ARN y proteínas. En ellas se realiza la síntesis de proteínas.
  - **Mitocondrias.** Su forma es esférica o alargada con una doble membrana. En ellas tiene lugar la respiración celular, proceso a partir del cual la célula obtiene energía.
  - **Lisosomas.** Son vesículas membranosas, procedentes del aparato de Golgi, que contienen enzimas digestivos que transforman moléculas complejas en otras más sencillas por **hidrólisis**.
  - **Vacuolas.** Son vesículas membranosas en cuyo interior se acumulan diferentes productos, como agua, sustancias de reserva o pigmentos.

Dos modelos de células eucariotas

Podemos distinguir dos modelos de células eucariotas, la célula **animal** y la **vegetal**. Entre ellas existen ciertas diferencias:

- Las **células animales** presentan en el **centrosoma** dos pequeños cilindros denominados **centríolos**, constituidos por túbulos proteicos.
- Las **células vegetales** tienen una **pared celular** que rodea externamente la membrana plasmática. Su función es proteger la célula y mantener su forma regular. Presenta unos canales llamados **plasmodesmos** que conectan unas células con otras.

  Además tienen **grandes vacuolas** y **cloroplastos**, orgánulos de forma ovalada delimitados por doble membrana en los que se realiza la fotosíntesis.

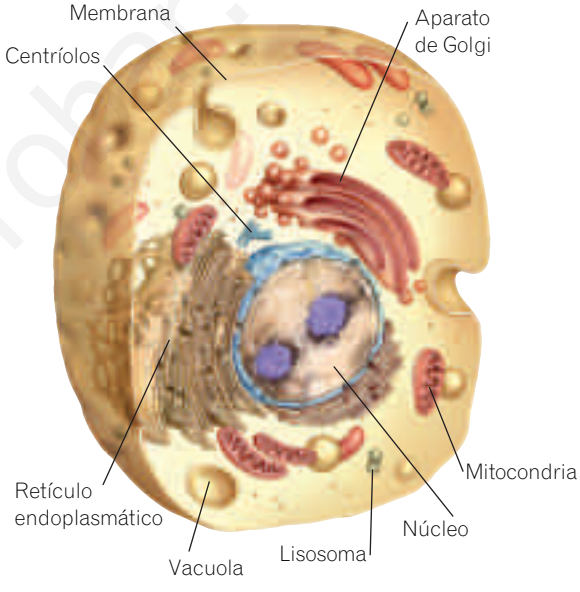
ACTIVIDADES

9. Busca en los *conceptos clave* el significado de «hidrólisis».

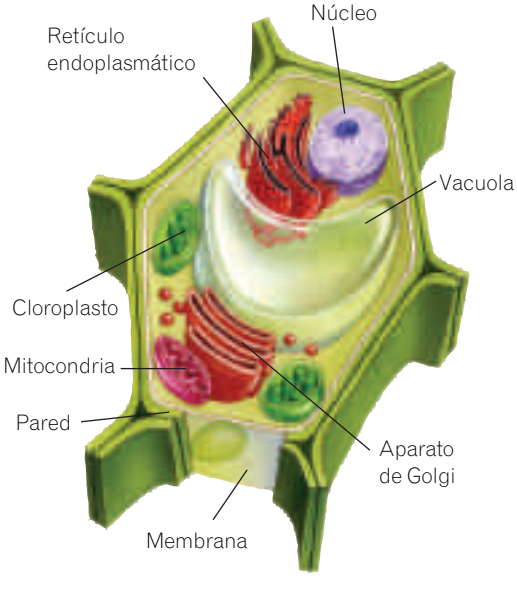
10. ¿Qué orgánulos son exclusivos de las células animales? ¿Y de las vegetales?

11. ¿Qué diferencias hay entre el retículo endoplasmático liso y el rugoso?

Célula animal



Célula vegetal



www.yoquieroaprobar.es

4 El núcleo celular

El núcleo es la estructura más voluminosa de las células eucariotas. En él se encuentra la gran mayoría del ADN celular, que contiene la información genética.

En las células animales, el núcleo generalmente ocupa una posición central, mientras que en las células vegetales está desplazado hacia uno de los lados, debido a la presión que ejercen las vacuolas.

Las células suelen tener un solo núcleo, pero existen células con muchos núcleos, llamadas **polinucleares**, como las células musculares estriadas. También existen algunas carentes de él, como los glóbulos rojos de los mamíferos.

Componentes del núcleo

Cuando la célula no está en división, el núcleo consta de los siguientes componentes:

- **Envoltura nuclear.** Formada por una doble membrana, la **externa** y la **interna**, separadas por un **espacio intermembranoso**. La membrana externa está conectada con el retículo endoplasmático.

  Ambas membranas están atravesadas por **poros nucleares**, a través de los cuales se produce el intercambio de sustancias, entre el núcleo y el citoplasma.
- **Nucleoplasma.** Es el medio interno acuoso donde se encuentran inmersos los demás componentes nucleares. Es el lugar en el que se realiza la replicación del ADN nuclear.
- **Nucléolo.** Es un corpúsculo esférico y carente de membrana que solo puede verse cuando la célula no está en división. Su principal función es la formación de los ribosomas. En una célula puede haber más de un nucléolo.
- **Cromatina.** Está constituida por filamentos de ADN en diferentes grados de condensación, asociados a proteínas y dispersos por el nucleoplasma.

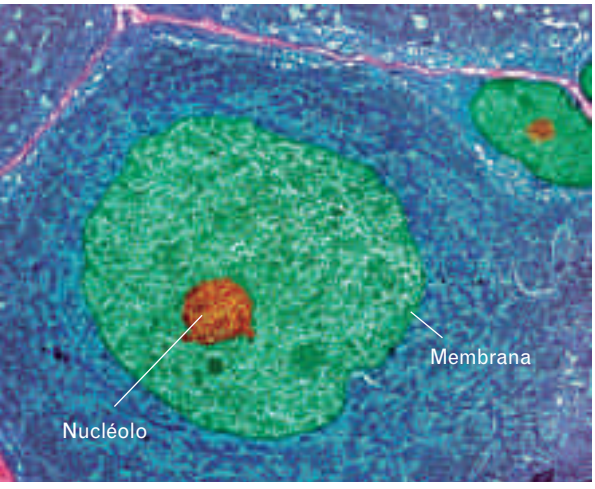
  Cuando la célula va a dividirse, los filamentos de cromatina se organizan y se condensan para formar unas estructuras más gruesas denominadas **cromosomas**. Existen tantos filamentos de cromatina como cromosomas presentará la célula durante la división del núcleo.

ACTIVIDADES

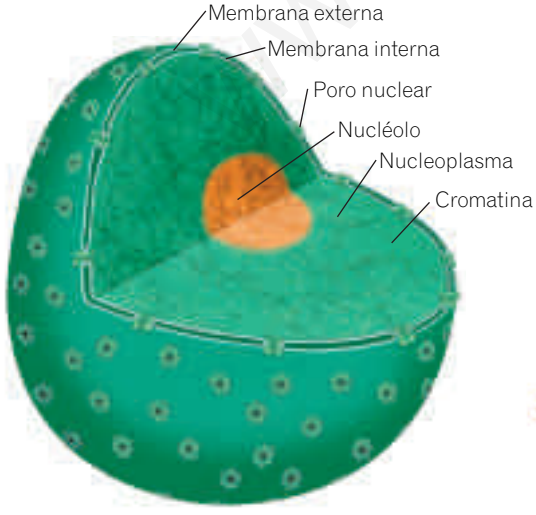
12. ¿Cuál es la principal función del núcleo celular?

13. ¿Qué sucedería si no existieran los poros nucleares?

14. En las células eucariotas, además de en el núcleo ¿dónde crees que hay ADN?



Núcleo celular visto al microscopio electrónico de transmisión. Falso color.



Condensación del ADN

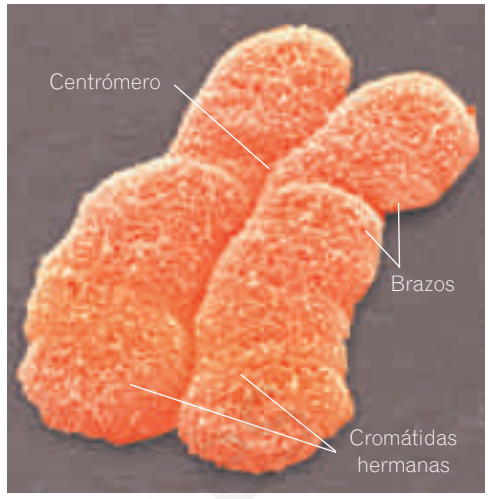
www.yoquieroaprobar.es

5 Los cromosomas

Los cromosomas son estuctruras con forma filamentosa que aparecen durante la división celular. Reparten la información genética contenida en el ADN de la célula madre a las células hijas.

Químicamente los cromosomas están constituidos por una cadena de ADN muy enrollada, a la que se unen diferentes proteínas que mantienen su estructura.

Cada cromosoma está formado por dos **cromátidas** que se unen en un punto denominado **centrómero**. Una cromátida contiene una molécula de cromatina condensada y la otra posee otra molécula de cromatina idéntica, resultado de la replicación del ADN, por ello se puede hablar en un cromosoma de **cromátidas hermanas**. Cada cromátida presenta dos **brazos** de igual o distinta longitud.

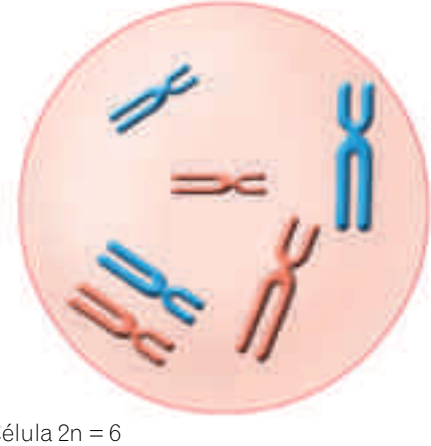


Cromosoma visto al microscopio electrónico de barrido. Falso color.

Número de cromosomas

Cada especie tiene un número característico de cromosomas. Según esto puede haber:

- **Organismos haploides.** Poseen un solo juego de cromosomas en sus células. Se representan con la letra **n**, que indica el número de tipos diferentes de cromosomas presentes en cada célula.
- **Organismos diploides.** Poseen un número par de cromosomas en sus células somáticas (no reproductoras). Estos cromosomas se denominan **cromosomas homólogos** y cada uno procede del gameto de un progenitor. Los organismos diploides se representan con **2n**.


Célula 2n = 6
Cromosomas maternos.
Cromosomas paternos.

EN PROFUNDIDAD

Tipos de cromosomas

Metacéntricos

El centrómero está situado en la parte media del cromosoma. Los brazos tienen aproximadamente la misma longitud.

Submetacéntricos

El centrómero está desplazado hacia uno de los lados. Los brazos son ligeramente desiguales.

Acrocéntricos

El centrómero está muy desplazado hacia uno de los extremos del cromosoma. Los brazos son muy desiguales.

Telocéntricos

El centrómero se localiza en uno de los extremos del cromosoma. Solo es visible un brazo en el cromosoma.

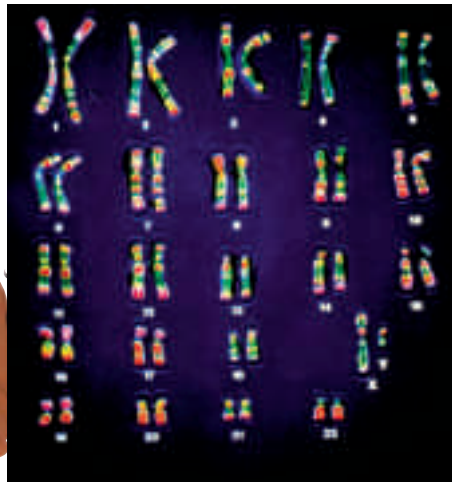
ACTIVIDADES

15. ¿Qué es un cromosoma? ¿A partir de qué y cómo se forma?

16. ¿Cuántas cromátidas tiene un cromosoma metacéntrico? ¿Cuántos brazos presenta?

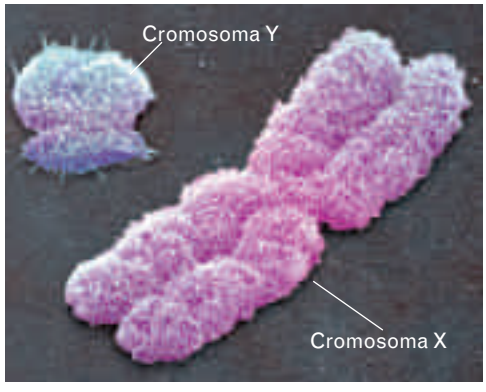
17. ¿Todas las células del cuerpo de las personas tienen el mismo número de cromosomas? Razona la respuesta.

www.yoquieroaprobar.es



Cariotipo humano masculino.

Cariotipo humano femenino.



Heterocromosomas.

6 El cariotipo

El cariotipo es el conjunto de cromosomas de una especie.

En el cariotipo se distinguen dos tipos de cromosomas:

- **Heterocromosomas** o **cromosomas sexuales**. Son muy diferentes el uno del otro e intervienen en la determinación del sexo. A uno de ellos se le llama **X** y al otro **Y**. En las personas, las mujeres son XX porque tienen dos cromosomas X. Los hombres son XY porque portan un cromosoma X y uno Y.
- **Autosomas**. Constituyen el resto de cromosomas y son iguales en ambos sexos.

Las personas en las células somáticas poseemos 46 cromosomas, de los cuales 22 pares son autosomas y un par son cromosomas sexuales.

Mediante el estudio del cariotipo es posible detectar anomalías en el número o en la forma de los cromosomas. Si se realiza en el feto, permite detectar algunas anomalías antes del nacimiento.

ACTIVIDADES

18. ¿Qué diferencia existe entre cromatina y cromosoma? ¿Y entre cromatina y cromátida?

19. ¿Cuáles son las diferencias cromosómicas entre las mujeres y los hombres?

EN PROFUNDIDAD

¿Cómo se realiza un idiograma?

Vistos al microscopio los cromosomas aparecen mezclados entre sí, pero para su estudio se pueden fotografiar y ordenar. La representación y ordenación del conjunto de cromosomas de una célula, por parejas de homólogos según forma y tamaño, recibe el nombre de **idiograma.**

El idiograma de un individuo se prepara a partir de células somáticas.

Primero se realiza un cultivo de células y en el momento en el que se están dividiendo se tiñen y se preparan para observarlas al microscopio. El microscopio lleva acoplada una cámara digital con la que se fotografían los cromosomas. A partir de esa fotografía los cromosomas se amplían, se recortan y se ordenan por pares según la forma y el tamaño de los mismos.

www.yoquieroaprobar.es

7 El ciclo celular

Casi todas las células, pasado un tiempo más o menos largo, se reproducen originando nuevas células hijas.

El tiempo que tarda una célula en reproducirse es variable. En las personas hay células que no se reproducen nunca, como los eritrocitos, las células musculares estriadas o las neuronas. Por el contrario, otras células, como las del epitelio intestinal, tardan solo unas ocho horas en hacerlo.

La reproducción de las células se realiza mediante **división celular**, en la que se originan dos células hijas idénticas a la célula madre.

El ciclo celular es la secuencia de modificaciones que sufre una célula desde su formación hasta que se divide originando dos células hijas.

La duración del ciclo celular depende del tipo de célula y de las condiciones ambientales (temperatura, nutrientes disponibles, etc.) y puede variar de unas pocas horas a algunos días.

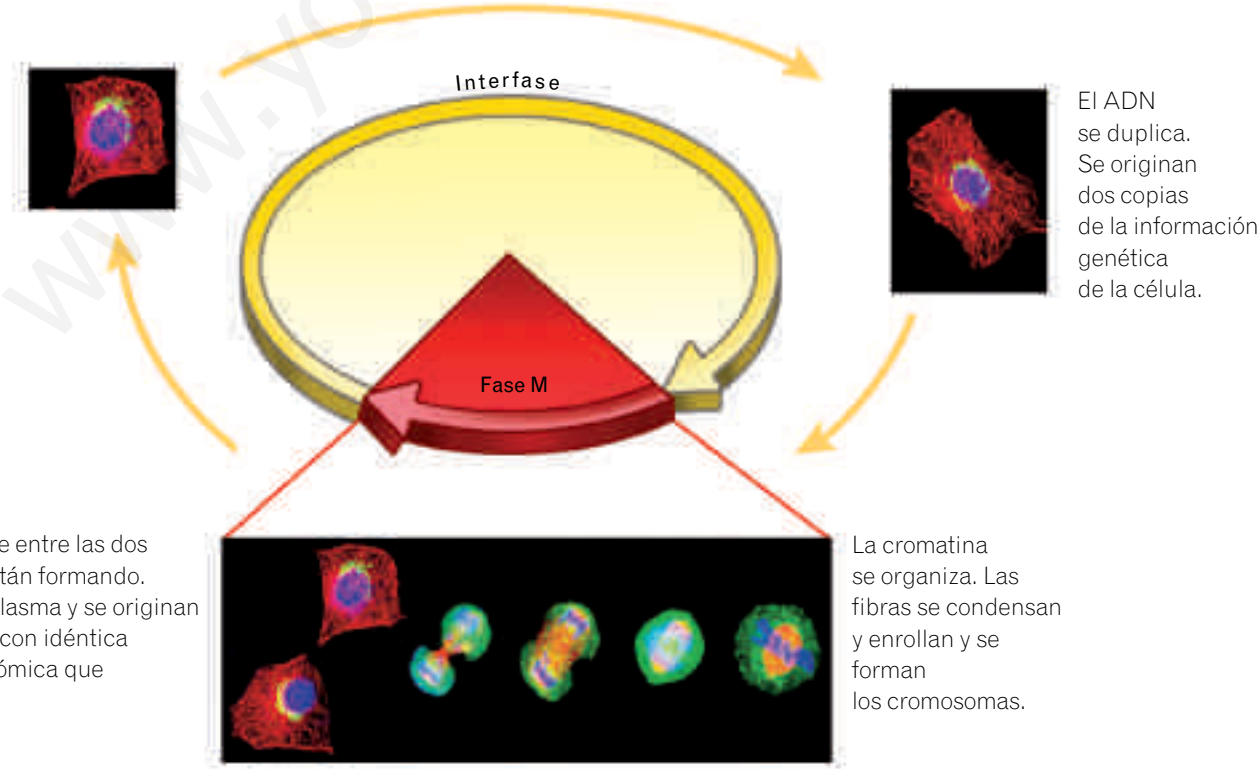
En el ciclo celular de las células eucariotas se diferencian dos fases:

- **Interfase** o **fase de no división**. Fase inicial de larga duración en la que se puede observar el núcleo celular, es el denominado **núcleo interfásico**. Durante esta fase, la célula crece y realiza muchas funciones. Al final de esta fase tiene lugar la duplicación o **replicación** del ADN, necesaria para que tras la división, cada célula hija pueda recibir la misma cantidad de ADN que tenía la célula madre.
- **Fase de división** o **fase M**. Fase final de corta duración en la que el núcleo desaparece y los cromosomas se hacen visibles. Comprende la división del núcleo o **mitosis** y la división del citoplasma o **citocinesis**.

ACTIVIDADES

20. ¿En qué etapa del ciclo celular tiene lugar la duplicación del ADN?

21. Existen células que han sufrido un proceso importante de diferenciación y no entran nunca en división. Permanecen en interfase durante un período de reposo o quiescencia. ¿A qué células de las personas crees que les ocurre esto?



La célula recién formada crece y sintetiza sustancias. Aumenta su tamaño y la cantidad de orgánulos.

El ADN se duplica. Se originan dos copias de la información genética de la célula.

El ADN se reparte entre las dos células que se están formando. Se divide el citoplasma y se originan dos células hijas con idéntica dotación cromosómica que la célula madre.

La cromatina se organiza. Las fibras se condensan y enrollan y se forman los cromosomas.

www.yoquieroaprobar.es

8 La división celular en las células eucariotas

En la fase de división o fase M, a partir de una célula madre se originan dos células hijas con idéntico número de cromosomas que la progenitora.

En las células eucariotas, la división celular comprende dos procesos: división del núcleo o **mitosis** y división del citoplasma o **citocinesis**.

Mitosis o división del núcleo

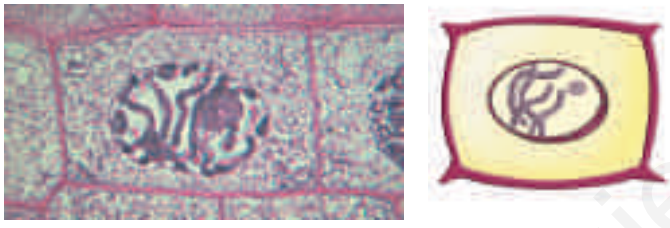
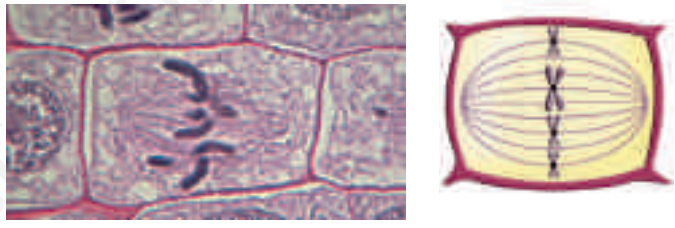
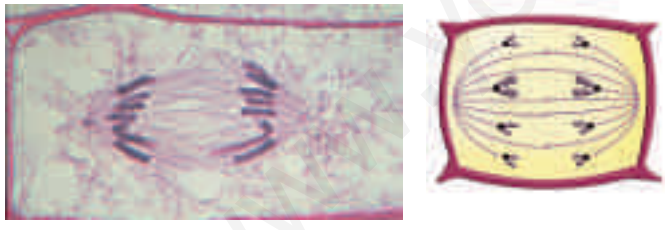
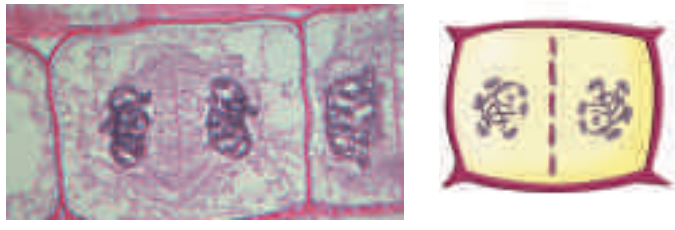
Antes de iniciarse la división del núcleo, el ADN se duplica, pero los cromosomas no pueden verse debido a que la cromatina aún no se ha condensado. También se duplica el centrosoma, y los centríolos si la célula es animal.

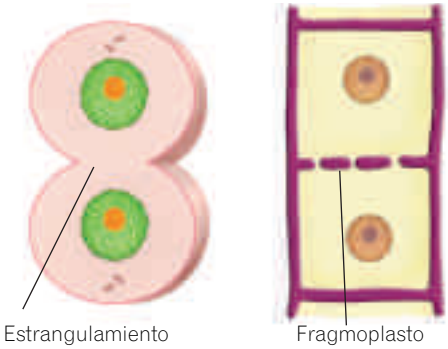
Aunque la mitosis es un proceso continuo, para facilitar su estudio se puede dividir en cuatro fases.

ACTIVIDADES

22. Si a partir de una célula madre con 20 cromosomas se producen siete mitosis sucesivas, ¿cuántas células hijas se obtienen? ¿Cuántos cromosomas tendrá cada célula?

23. ¿Cuál es la diferencia entre la citocinesis animal y la vegetal?

Profase	Metafase
 La cromatina se condensa y forma los cromosomas. El nucléolo y la membrana nuclear desaparecen y comienza a constituirse el **huso acromático**.	 Los cromosomas, totalmente condensados, se disponen en el centro de la célula, formando la **placa ecuatorial**, y se adhieren por el centrómero a las fibras del huso acromático.
Anafase	**Telofase**
 Las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan y se dirigen a polos opuestos de la célula arrastradas por los filamentos del huso acromático.	 Reaparece el nucléolo y comienza a formarse la membrana nuclear. Desaparece el huso acromático y los cromosomas se descondensan para constituir de nuevo la cromatina.



Citocinesis o división del citoplasma

Una vez concluida la división del núcleo tiene lugar la división del citoplasma y el reparto de los orgánulos entre las dos nuevas células hijas. El proceso ocurre de forma diferente en células animales y vegetales.

- En las **células animales** se realiza por estrangulación del citoplasma a nivel del ecuador de la célula.
- En las **células vegetales** se forma entre las células hijas un tabique de separación denominado **fragmoplasto**.

www.yoquieroaprobar.es

9 La meiosis

La meiosis es un tipo de división reduccional, ya que a partir de una célula madre diploide (2n) se forman células hijas haploides (n), es decir, con la mitad del contenido de ADN que la célula progenitora.

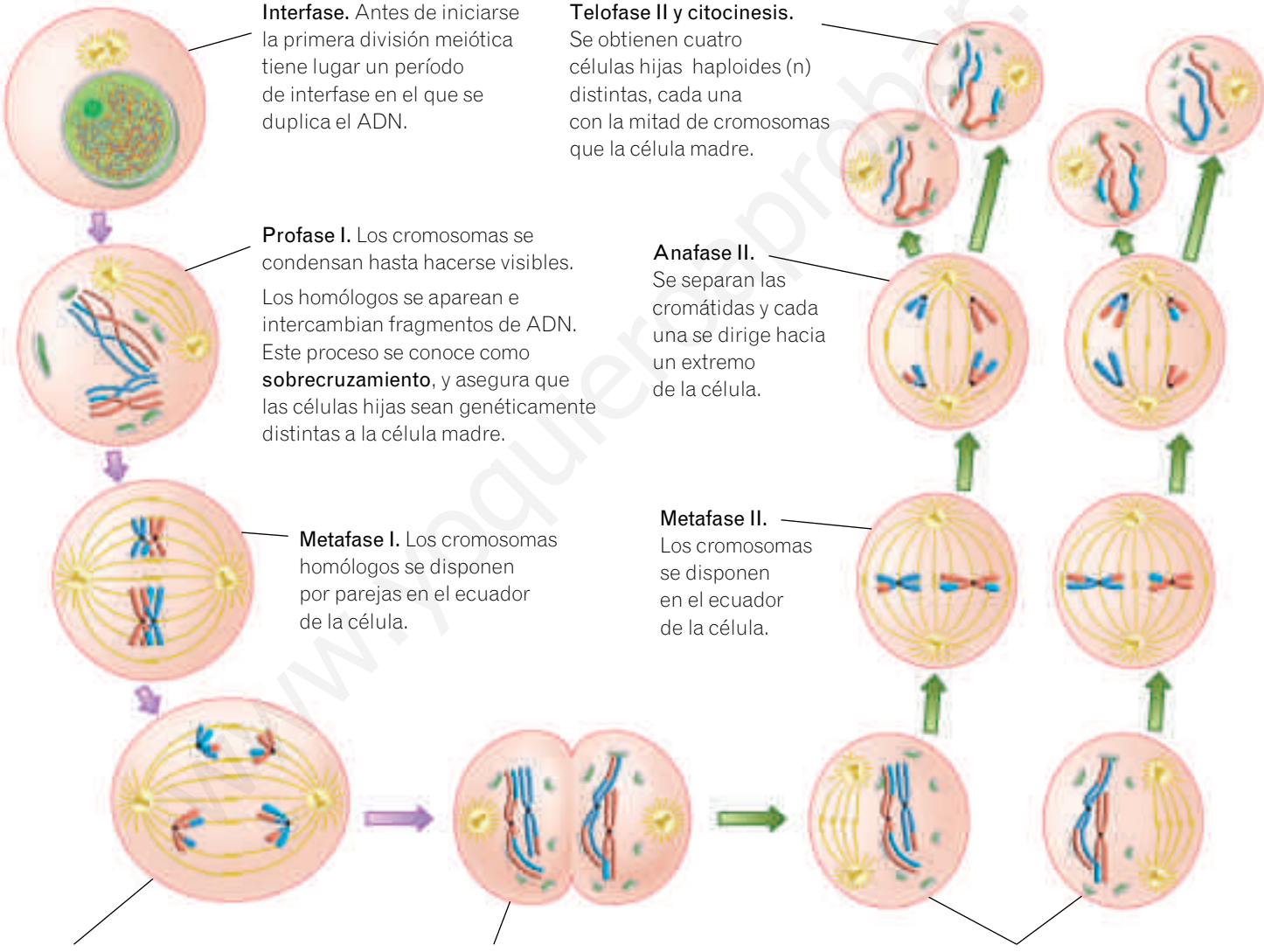
En todos los vertebrados, la meiosis tiene lugar en las **gónadas** y las células que se forman son los **gametos**.

Durante la meiosis se producen dos divisiones nucleares sucesivas, por lo que al final se forman **cuatro células hijas haploides**, genéticamente diferentes entre sí y distintas a la célula madre.

ACTIVIDADES

24. ¿Qué acontecimiento crees que caracteriza la primera división meiótica?

25. ¿Por qué se dice que la primera división meiótica es reduccional?



Interfase. Antes de iniciarse la primera división meiótica tiene lugar un período de interfase en el que se duplica el ADN.

Profase I. Los cromosomas se condensan hasta hacerse visibles.

Los homólogos se aparean e intercambian fragmentos de ADN. Este proceso se conoce como **sobrecruzamiento**, y asegura que las células hijas sean genéticamente distintas a la célula madre.

Metafase I. Los cromosomas homólogos se disponen por parejas en el ecuador de la célula.

Anafase I. Arrastrados por los filamentos del huso, los cromosomas homólogos se separan y se dirigen a polos opuestos de la célula.

Telofase I y citocinesis. Se forman dos células hijas haploides (n), con la mitad de cromosomas que la célula madre.

Profase II. Sin pasar por un período de interfase, se vuelve a formar el huso y los cromosomas, constituidos por dos cromátidas se mueven hacia la placa ecuatorial.

Metafase II. Los cromosomas se disponen en el ecuador de la célula.

Anafase II. Se separan las cromátidas y cada una se dirige hacia un extremo de la célula.

Telofase II y citocinesis. Se obtienen cuatro células hijas haploides (n) distintas, cada una con la mitad de cromosomas que la célula madre.

Meiosis I. Se separan cromosomas homólogos.

Meiosis II. Se separan cromátidas hermanas.

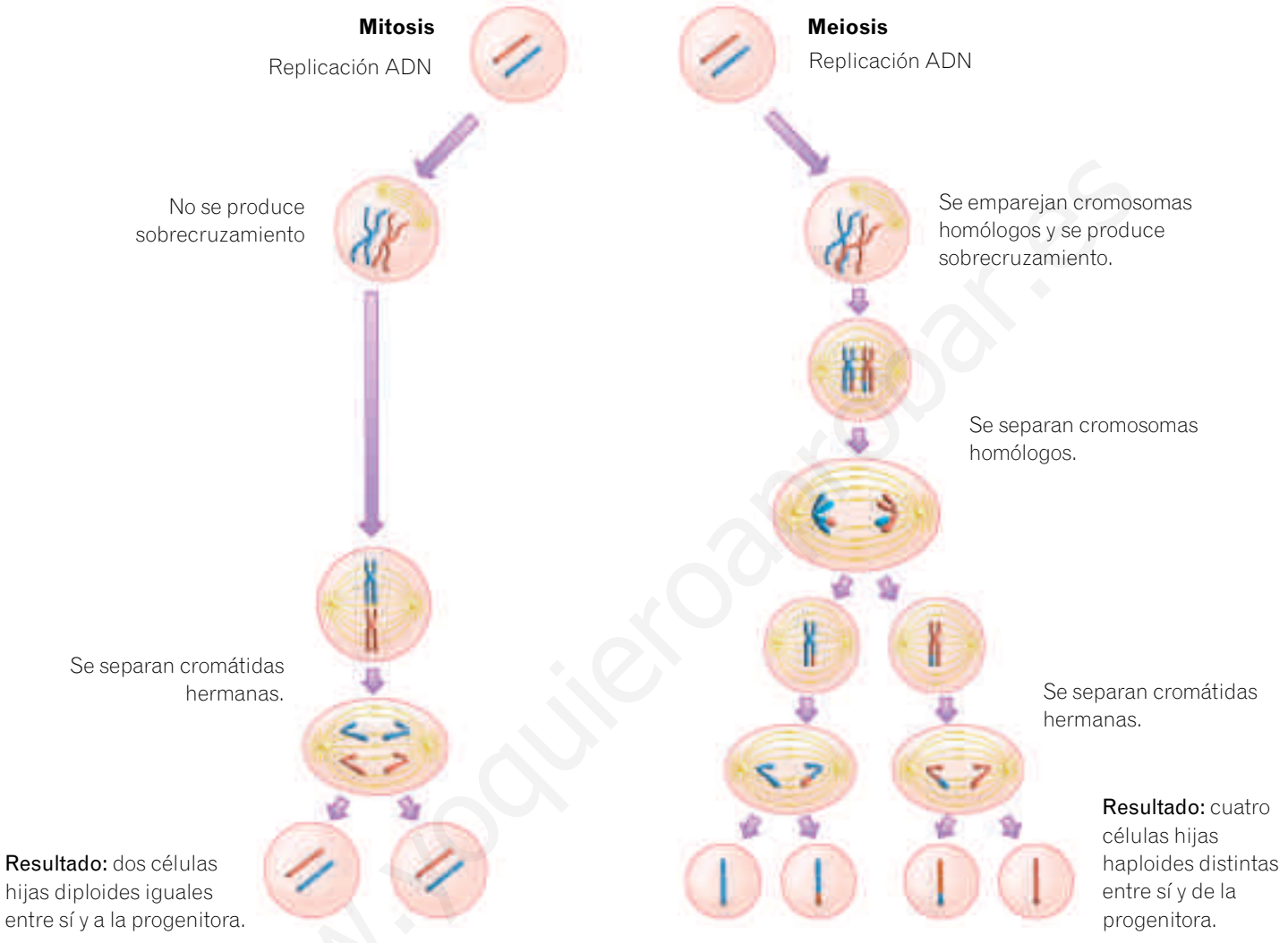
www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

26. ¿Por qué en la mitosis no se produce sobrecruzamiento?

10 Comparación entre mitosis y meiosis

Los sucesos que se producen en la meiosis se parecen a los que ocurren en la mitosis. Sin embargo, entre ambos procesos existen diferencias.



Mitosis	Meiosis
Se produce en las células somáticas.	Solo se produce en las células madre de los gametos.
Es un proceso corto.	Es un proceso largo.
No precisa que los cromosomas estén emparejados, por lo que puede ocurrir tanto en células haploides como diploides.	Solo se produce en células con un número diploide de cromosomas, ya que precisa que estos estén emparejados por homólogos.
El núcleo se divide una sola vez.	El núcleo se divide dos veces.
No ocurre sobrecruzamiento.	Durante la primera división meiótica tiene lugar el sobrecruzamiento entre cromosomas homólogos.
Durante la anafase se separan las cromátidas hermanas.	Durante la primera división meiótica se separan pares de cromosomas homólogos. En la segunda división se separan cromátidas.
Se originan dos células hijas idénticas entre sí y con los mismos cromosomas que la madre.	**Se originan cuatro células hijas genéticamente distintas, con la mitad de cromosomas que la célula madre.**

www.yoquieroaprobar.es

11 El significado de la mitosis y la meiosis

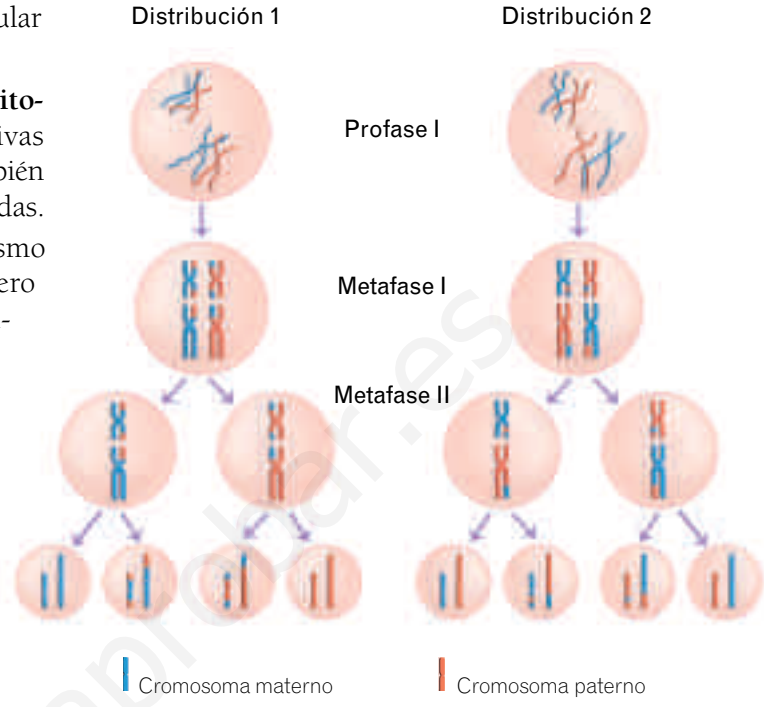
La mitosis y la meiosis son dos mecanismos de división celular con un significado biológico diferente.

- En los organismos pluricelulares, la división celular por **mitosis** supone el **crecimiento** del individuo mediante sucesivas divisiones a partir de una célula única, el **cigoto**. Es también la forma de **renovación** de las células perdidas o deterioradas.

  En los organismos unicelulares, la mitosis es un mecanismo de **reproducción asexual** que permite aumentar el número de individuos de la población. En este caso, los individuos hijos son idénticos al progenitor.

- Mediante la **meiosis** se originan **gametos haploides**. Al producirse la fecundación, el cigoto resultante es diploide. Así, la meiosis es un mecanismo indispensable para asegurar el número constante de cromosomas en los organismos con **reproducción sexual**.

  Ademas, asegura la **variabilidad genética** de la descendencia gracias al intercambio de información genética que ocurre en la meiosis entre cada par de cromosomas homólogos. También se producen nuevas combinaciones como resultado del proceso de **segregación independiente**, ya que los cromosomas maternos y paternos se combinan de forma aleatoria en cada gameto.



Durante la profase I de la meiosis los cromosomas homólogos intercambian información genética. En la metafase I, los cromosomas homólogos pueden distribuirse de distinta manera en la placa ecuatorial.

Formación de gametos

Las células reproductoras o gametos son células haploides que se producen en las gónadas tras la meiosis.

El proceso de formación de gametos se denomina **gametogénesis**. Se distinguen dos tipos:

- **Espermatogénesis** o formación de gametos masculinos. Se realiza en los **testículos**. Cada célula madre diploide producirá cuatro células diferentes haploides, que por un proceso de diferenciación celular darán lugar a cuatro **gametos masculinos** o **espermatozoides**. Dos de ellos llevarán un cromosoma X, y los otros dos, un cromosoma Y.
- **Ovogénesis** o formación de gametos femeninos. Se realiza en los **ovarios**. Cada célula madre diploide tras la meiosis da lugar a cuatro células haploides, un **gameto femenino** u **óvulo**, que recibe casi todo el citoplasma, y tres **corpúsculos polares**. Todos los óvulos llevarán un cromosoma X.

ACTIVIDADES

27. ¿Cuál es la finalidad de la meiosis? ¿Y el de la mitosis?

28. ¿Son todos los gametos de una persona, cromosómica y genéticamente idénticos? Razona la respuesta.

www.yoquieroaprobar.es

EN PROFUNDIDAD

Meiosis y ciclos biológicos

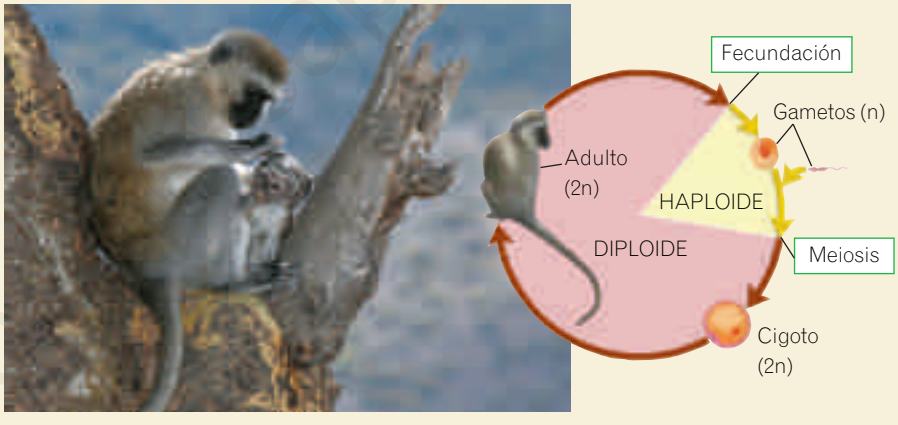
Se entiende por **ciclo biológico** de un organismo el conjunto de fases diferentes por las que pasa desde que se forma el cigoto hasta que alcanza la edad adulta y vuelve a producir nuevos gametos. A lo largo del ciclo biológico los organismos pasan por etapas diploides y haploides, que en cada especie son diferentes según el momento en el que se produce la meiosis. Se distinguen tres tipos de ciclos biológicos: **haplonte**, **diplonte** y **diplohaplonte**.

Ciclo haplonte

Propio de las especies cuyos individuos adultos son **haploides**. Estos, mediante mitosis, generan gametos haploides, que se fusionan para formar el cigoto diploide, que inmediatamente se divide por meiosis para generar nuevos individuos haploides. Se da en algunas algas y hongos unicelulares.

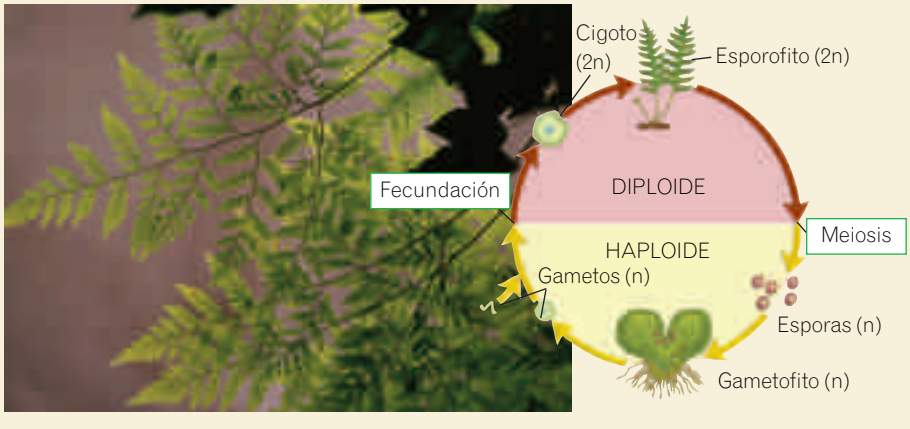
Ciclo diplonte

Característico de especies cuyos individuos adultos son **diploides**. En ellos, por meiosis, se forman gametos haploides y, tras la fecundación, se origina un cigoto diploide, que mediante sucesivas mitosis dará lugar a un individuo adulto también diploide. Lo presentan casi todos los animales, muchos protozoos, algunas algas y ciertos hongos.



Ciclo diplohaplonte

Propio de las especies que presentan alternancia de generaciones, es decir, individuos adultos **diploides** y **haploides**. En la etapa diploide, denominada **esporofito**, por meiosis se generan esporas haploides. Estas dan lugar a una forma adulta haploide, denominada **gametofito**, en la que se originan los gametos haploides. Tras la fecundación se forma un cigoto diploide, que al desarrollarse da lugar a un nuevo esporofito diploide. Este, mediante meiosis, produce nuevamente esporas. Presentan este ciclo las plantas, algunas algas y ciertos hongos.



ACTIVIDADES

29. Indica en qué momento tiene lugar la meiosis en los diferentes ciclos biológicos.

Ciencia en tus manos

Observación e interpretación de la división celular en vegetales

Para poder observar las distintas fases de la división celular conviene utilizar un material en crecimiento en el que encontremos numerosas células en división.

Esta condición la reúnen los meristemos terminales o primarios, como los que se encuentran en el ápice de las raíces de cebolla, puerro o ajo.

1. Preparamos el material. Necesitamos unas tijeras, una cuchilla fina, pinzas, portaobjetos y cubreobjetos, papel de filtro, un vidrio de reloj, orceínas A y B, un mechero bunsen, un microscopio y un bulbo de cebolla.

Unos días antes de comenzar, mantenemos un bulbo de cebolla sobre un vaso lleno de agua, de forma que las raicillas del bulbo estén en contacto con el agua.

2. Preparamos la muestra. Cuando las raíces hayan crecido, cortamos una por la base con unas tijeras y la situamos sobre un portaobjetos.

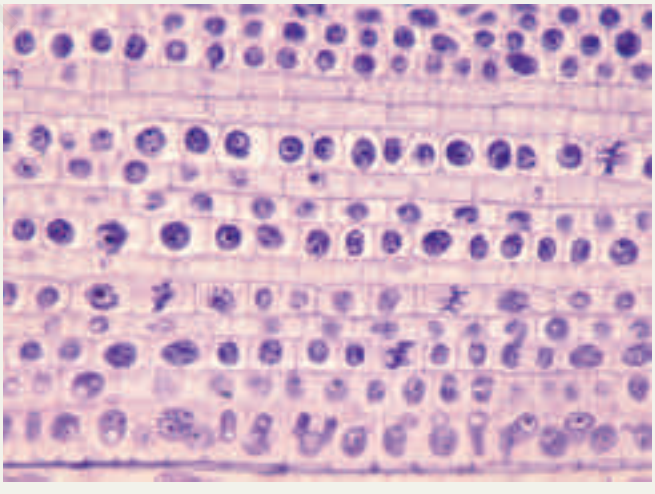
Sujetamos la raicilla y con una cuchilla eliminamos los dos últimos milímetros del ápice, ya que allí se encuentra la cofia que no posee células en división. A continuación realizamos cortes muy finos y con la ayuda de unas pinzas los depositamos en un vidrio de reloj, en el que previamente hemos añadido unos dos mililitros de orceína A. Dejamos que se tiña durante unos diez minutos.

Calentamos el vidrio de reloj a la llama del mechero, procurando que no llegue a hervir. Si vemos que la preparación comienza a desecarse, añadimos de nuevo unas gotas de orceína A.

Con la ayuda de unas pinzas colocamos los fragmentos de raíz sobre un portaobjetos, añadimos unas gotas de orceína B con el cuentagotas y tapamos la preparación con un cubreobjetos. Seguidamente doblamos varias veces un trozo de papel de filtro y con el dedo pulgar presionamos sobre la muestra. De esta forma lograremos separar las células de la preparación.

3. Observamos la preparación al microscopio. Colocamos la muestra en la platina del microscopio. Primero observamos a pocos aumentos y posteriormente utilizamos un objetivo mayor.

Vamos recorriendo diversos campos con el fin de observar las distintas fases de la mitosis.



www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

30. Realiza un dibujo de las diferentes células observadas indicando en qué fase de la mitosis están y señalando a qué aumentos se han podido reconocer.

31. ¿En qué fase de la mitosis se cuentan mejor los cromosomas? ¿Por qué? ¿Cuántos cromosomas crees que tiene la especie observada?

32. ¿Has podido ver los nucléolos? ¿En qué fase?

33. Explica por qué para observar células en mitosis en vegetales se utilizan células de la zona terminal de las raicillas.

Actividades

34. ● ¿A qué llamó Robert Hooke célula?

35. ● ¿Qué se sabía de la célula a finales del siglo XVII?

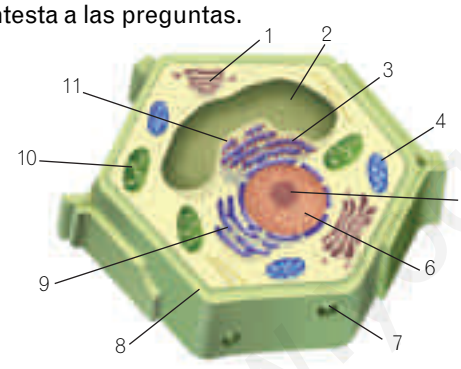
36. ●●● **El microscopio electrónico se inventó en 1932 por el alemán Ruska, aunque no se perfeccionó para su uso hasta 1952. Su descubrimiento supuso una auténtica revolución para los conocimientos de la célula.** ¿Qué estructuras celulares crees que eran desconocidas hasta que se inventó dicho microscopio?

37. ●● **Los virus son complejos supramoleculares constituidos por proteínas y ácidos nucleicos y que carecen de orgánulos celulares. Al no requerir energía para desarrollar ninguna actividad ni materia para crecer, no se nutren. Sin embargo, presentan mecanismos muy diversos que les permiten reproducirse, pero para ello necesitan parasitar a una célula, lo que les hace ser parásitos obligados.**

a) ¿Podemos considerar a los virus la forma de vida más pequeña? Razona la respuesta.

b) ¿Pueden ser considerados la unidad morfológica de los seres vivos?

38. ● **Observa el dibujo esquemático de una célula y contesta a las preguntas.**



a) ¿Es una célula procariota o eucariota? ¿Es animal o vegetal? Razona la respuesta.

b) Identifica las estructuras señaladas con números e indica la función de cada una de ellas.

c) ¿Por qué razón la estructura 6 está desplazada hacia uno de los lados?

39. ● **Razona si las siguientes afirmaciones son o no son correctas.**

a) En las personas las únicas células que experimentan meiosis son los gametos.

b) La membrana plasmática de las células procariotas presenta una estructura similar a la de las células eucariotas.

c) La duplicación del ADN tiene lugar durante la mitosis.

d) Todas las células poseen pared celular.

40. ●● **Señala cuáles de las siguientes características son propias de una célula procariota, de una eucariota o de ambas:**

a) Poseen mesosomas.

b) El ADN está localizado en una región del citoplasma denominada nucleoide.

c) Poseen membrana plasmática.

d) Constituyen únicamente organismos unicelulares.

e) Contienen uno o más nucléolos.

f) Poseen orgánulos membranosos, como aparato de Golgi, retículo endoplasmático, etc.

g) Poseen ribosomas.

h) El ADN es una sola molécula circular.

i) Pueden constituir organismos unicelulares o pluricelulares.

j) El núcleo se divide por mitosis o por meiosis.

41. ●●● **Generalmente solo hay un núcleo por célula; sin embargo, algunas, como las musculares estriadas y determinados paramecios, poseen varios núcleos.**

Elabora una posible hipótesis que explique cómo estas células pueden tener varios núcleos.

42. ●●● **¿Qué diferencias hay entre cromátidas hermanas y cromátidas homólogas?**

43. ● **¿Pueden las personas tener células con un número impar de cromosomas?** Razona la respuesta.

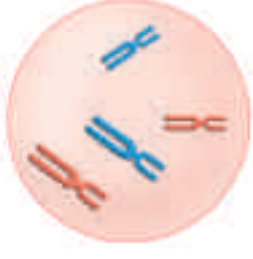
44. ●● **¿Por qué es necesario que el ADN se duplique antes de comenzar la división del núcleo?** ¿Qué pasaría si no se duplicase?

45. ●● **Esta célula va a entrar en meiosis.**

Dibuja la dotación cromosómica que tendrían:

a) Las células resultantes de la primera división meiótica.

b) Las células resultantes de la segunda división meiótica.



www.yoquieroaprobar.es

46. ● ¿Cuántas células se originarán después de 50 mitosis sufridas a partir de una célula inicial?

47. ●●● Una célula de una determinada especie animal posee siete cromosomas, constituidos cada uno de ellos por una cromátida en cada uno de sus polos. Haz un esquema de la célula descrita y contesta las preguntas.

a) ¿Se encuentra la célula en mitosis o en meiosis?
b) ¿En qué fase? Razona la respuesta.

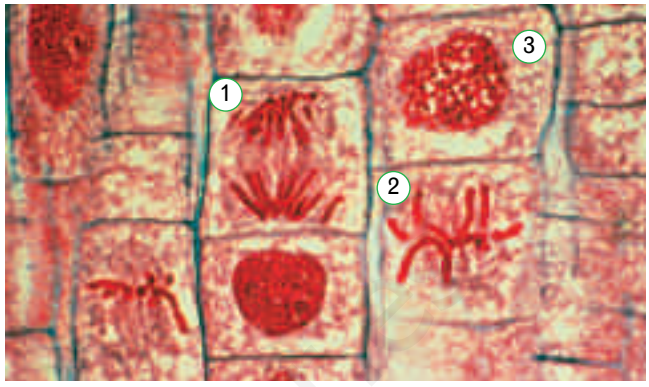
48. ● Como consecuencia de una anomalía genética, una persona de sexo masculino posee en sus células dos cromosomas X y uno Y. ¿Cuántos cromosomas tendrá esta persona en sus células somáticas?

49. ●● Indica cómo serán los cromosomas de las siguientes células humanas en el estado divisional que se indica:

a) Célula epitelial en interfase.
b) Célula hepática en anafase.
c) Célula de páncreas en metafase.

50. ● ¿Sería correcto decir que en los animales las únicas células que sufren meiosis son los gametos?

51. ●● Observa la siguiente imagen y contesta a las preguntas que se proponen a continuación.



a) ¿Están todas las células en la misma etapa del ciclo celular?
b) ¿En qué fase se encuentran las células numeradas con 1, 2 y 3? Describe lo que ocurre en cada una de esas fases.
c) ¿Qué cambios crees que ocurrirán en la célula numerada con 1?
d) Generalmente el porcentaje de células en división es bajo. ¿Qué conclusión puedes sacar de este hecho?

UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

Estudio de un cariotipo

La fotografía muestra un conjunto ordenado de cromosomas, es decir, el idiograma de un individuo.

52. ● ¿Cuántos cromosomas hay? ¿Se trata de una célula diploide o haploide?, ¿por qué?

53. ● ¿Cuántos cromosomas metacéntricos hay? ¿Hay alguno telocéntrico?

54. ● ¿Cuántas cromátidas tiene cada cromosoma?

a) 1. b) 2. c) 4.

55. ●● ¿Serán los gametos que produzca este individuo genéticamente idénticos? Razona la respuesta.

56. ● ¿Cuántos cromosomas encontraríamos en un gameto de este individuo?

a) 22 cromosomas.
b) 23 pares de cromosomas.
c) 46 cromosomas.
d) 23 cromosomas.

57. ● ¿Es el cariotipo de un hombre o de una mujer?

58. ● ¿Cuántos cromosomas son autosomas? ¿Cuántos son heterocromosomas?

59. ●● ¿En qué fase mitótica crees que se han fotografiado los cromosomas?

60. ●● ¿Qué criterios se han seguido para ordenar los cromosomas?

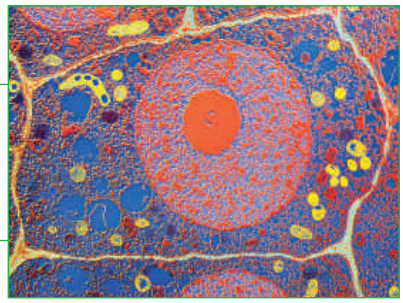
www.yoquieroaprobar

Resumen

LA CÉLULA, UNIDAD DE VIDA

Teoría celular

- La célula es la unidad estructural de los seres vivos.
- La célula es la unidad funcional de los seres vivos.
- Toda célula procede de otra preexistente.
- La célula es la unidad genética de los seres vivos.



Niveles de organización

Corresponden a los diferentes grados de complejidad en que se organiza la materia. Los niveles de organización se agrupan en abióticos y bióticos.

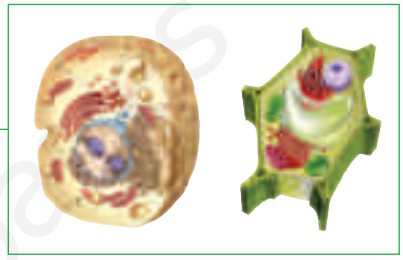
Tipos de células

Hay varios tipos de células.

- Procariotas: sin núcleo.
- Eucariotas: con núcleo. Pueden ser animales o vegetales.

Orgánulos característicos de las células vegetales: pared celular, cloroplastos y grandes vacuolas.

Orgánulos característicos de las células animales: centríolos y menor número de vacuolas.



El núcleo

Su aspecto es distinto dependiendo del estado en el que se encuentra la célula.

- Cuando la célula no se divide: se observa la cromatina (ADN con proteínas).
- Cuando la célula se divide: se observan los cromosomas.

Los cromosomas

Solo son visibles durante la división del núcleo. Su número es fijo para una especie determinada.

El conjunto de cromosomas de una especie constituye el cariotipo.

Las personas tenemos:

- 2 heterocromosomas o cromosomas sexuales que intervienen en la determinación del sexo. XY en los hombres y XX en las mujeres.
- 44 autosomas.

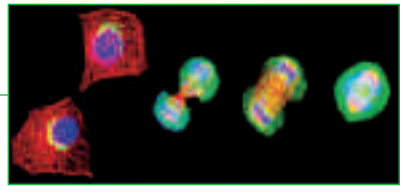
Las células somáticas poseen un número diploide de cromosomas (2n), mientras que los gametos poseen un número haploide (n).

Ciclo celular

Comprende dos fases:

- Interfase o fase de no división. La célula crece y se duplica el ADN.
- Fase de división (M). Comprende la división del núcleo o mitosis y la división del citoplasma o citocinesis.

La mitosis se divide en: profase, metafase, anafase y telofase.

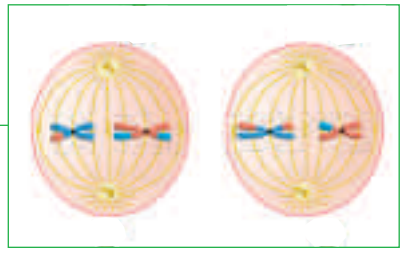


La meiosis

Comprende dos divisiones sucesivas:

- Meiosis I. Se produce intercambio de información entre cromosomas homólogos. Al final se originan dos células haploides.
- Meiosis II. Se desarrollan cuatro células hijas haploides denominadas gametos.

En los animales el proceso de formación de los gametos se denomina gametogénesis; espermatogénesis en machos y ovogénesis en hembras.



www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

61. Piensa y dibuja en tu cuaderno un ejemplo de cada uno de los niveles de organización.

62. Realiza una breve descripción de la importancia biológica de los procesos de mitosis y meiosis.

Hijos de las bacterias

Los organismos diminutos, se queja Lynn Margulis, no tienen el crédito que merecen por sus logros. En el precámbrico, las bacterias inventaron la fotosíntesis y alimentaron al mundo. Añadieron oxígeno a la atmósfera y la transformaron. Y algunas idearon un método para hacer frente al nuevo veneno, aprovechando el poder combustible del oxígeno y utilizándolo para descomponer el alimento.

Las bacterias que utilizan oxígeno generan energía de forma mucho más eficaz que sus vecinas anaeróbicas, que no pueden vivir en presencia del oxígeno. Mientras que las bacterias anaeróbicas producen solo dos unidades de energía al fermentar una molécula de azúcar, las bacterias aeróbicas usan el oxígeno para obtener 36 unidades de energía de la misma molécula.

Margulis cree que en nuestros cuerpos llevamos descendientes de las bacterias precámbricas, y también casi todos los otros eucariotas. En nuestras células hay unos orgánulos minúsculos llamados mitocondrias que queman azúcar y oxígeno para generar energía.

Hace treinta años, Margulis abanderó la idea de que las mitocondrias son los vestigios de las bacterias respiradoras de oxígeno que invadieron las células eucarióticas hace quizá 2 000 millones de años y que han permanecido allí desde entonces. Esta es la razón por la que necesitamos oxígeno. Cada vez que respiramos estamos alimentando a los descendientes de las bacterias invasoras que hay en nuestras células.

La capacidad fotosintética de las plantas proviene de las antiguas cianobacterias que ahora residen en el interior de células como fábricas de energía solar llamados cloroplastos.

Cualquier cosa que esté viva hoy en día puede remontar su ascendencia hasta las bacterias comunes –me dice Margulis–. Siempre pensamos que procedemos del mono, pero la verdad es que nuestras células provienen del mundo bacteriano.

RICHARD MONASTERSKY,
National Geographic
Vol. 2, n.º 3. Marzo 1998

COMPRENDO LO QUE LEO

63. ¿Cómo han contribuido las bacterias del precámbrico a la evolución de la vida?

64. ¿Por qué Margulis dice que necesitamos oxígeno?

65. Elige la alternativa que mejor resume el texto:

a) Las primeras bacterias inventaron la fotosíntesis, producían oxígeno y descomponían el alimento.

b) Las mitocondrias y los cloroplastos se encuentran en nuestras células y se encargan de generar energía.

c) Las mitocondrias y los cloroplastos son descendientes de las antiguas bacterias que inventaron la fotosíntesis y producían oxígeno.

d) Según Margulis, en vez de descender del mono, nuestras células son descendientes de las primeras bacterias del período precámbrico.

66. ¿Por qué te parece que el autor comienza el texto con la queja de Margulis acerca de que «los organismos diminutos no tienen el crédito que merecen por sus logros»?

NO TE LO PIERDAS

Libros y artículos:

El origen de la célula
LYNN MARGULIS. Ed. Reverté
La historia de los primeros pasos de la vida sobre nuestro planeta.

Biología celular
CHARLOTTE AVERS. Ediciones Díaz de Santos
Manual introductorio al mundo de la célula; incluye fotos y esquemas.

El origen de las células eucariontes
C. DE DUVE
Investigación y Ciencia, 237. Junio 1996

En la pantalla:

La célula
Océano Multimedia, 2003. Aula interactiva de ciencias.

En la red:

www.cellsalive.com
Pagina en inglés con numerosos contenidos sobre la célula, imágenes y modelos interactivos.

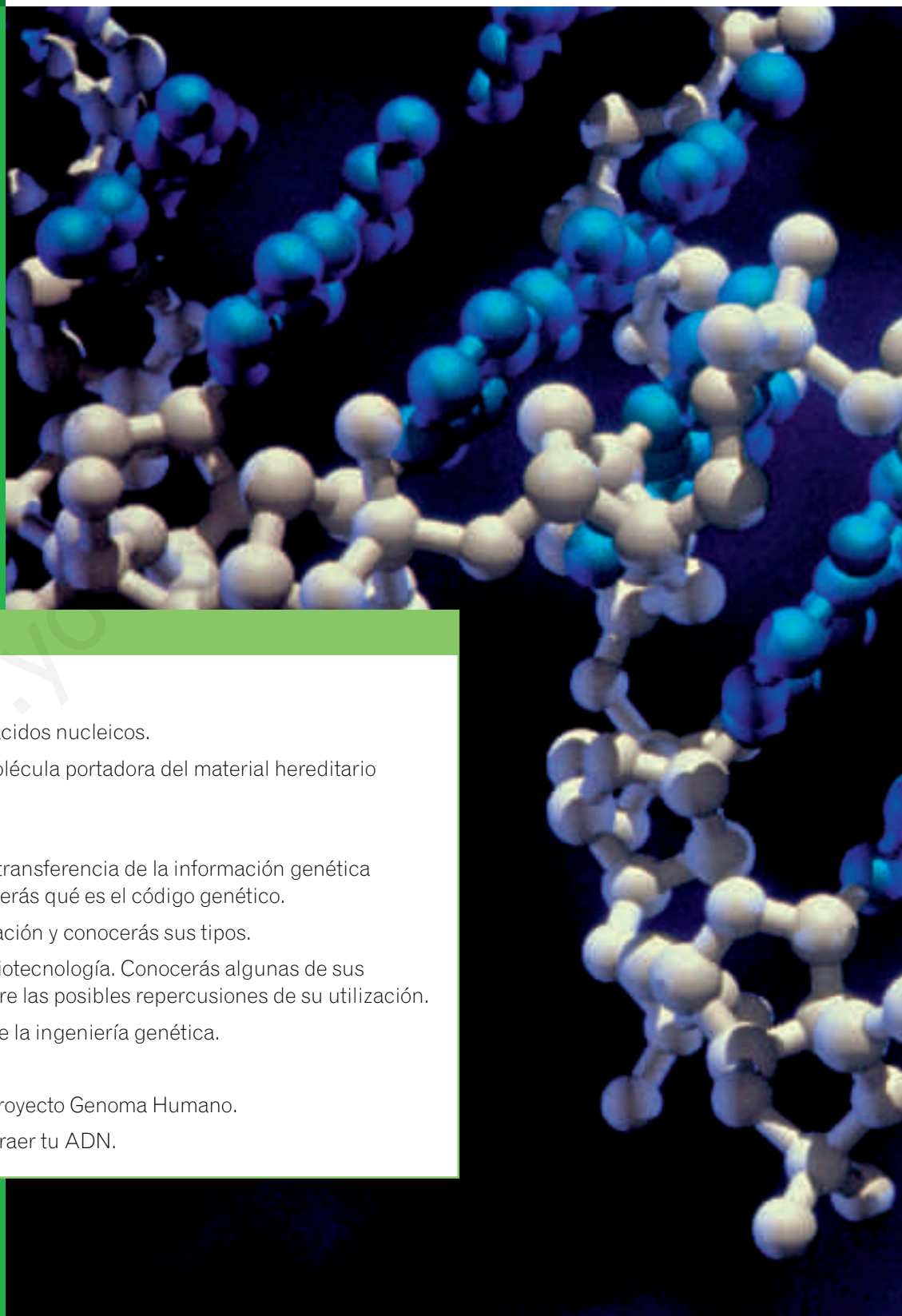
www.kalipedia.com/ciencias-vida
Página con interesantes contenidos y noticias relacionadas con la célula.

www.microordenes.es

2

La información genética

Watson y Crick junto a su modelo de la estructura del ADN.



Modelo tridimensional de la molécula de ADN.

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Conocerás la estructura de los ácidos nucleicos.
- Identificarás el ADN como la molécula portadora del material hereditario y aprenderás cómo se replica.
- Entenderás qué es un gen.
- Comprenderás los procesos de transferencia de la información genética del ADN a las proteínas y conocerás qué es el código genético.
- Entenderás el concepto de mutación y conocerás sus tipos.
- Valorarás la importancia de la biotecnología. Conocerás algunas de sus aplicaciones y reflexionarás sobre las posibles repercusiones de su utilización.
- Comprenderás la importancia de la ingeniería genética.
- Entenderás qué es la clonación.
- Apreciarás la importancia del Proyecto Genoma Humano.
- Aprenderás un método para extraer tu ADN.

Una mañana de marzo, dos jóvenes científicos, el físico Francis Crick y el biólogo James Watson, anunciaron que habían conseguido revelar la estructura del ADN. Este descubrimiento, que revolucionó el mundo de la biología, fue anunciado en 1953, pero había empezado unos años antes.

En 1951 Watson se instaló en Cambridge para compartir con Crick la aventura de determinar la estructura del ADN. En este momento, la única tecnología disponible para visualizar la estructura de grandes moléculas era la difracción de rayos X, que consistía en algo parecido a radiografiar una molécula.

Paralelamente, la fisicoquímica Rosalind Franklin y el biofísico Maurice Wilkins realizaban estudios cristalográficos de difracción de rayos X sobre moléculas de ADN. En 1952 Rosalind Franklin obtuvo una fotografía de difracción de rayos X que reveló la estructura helicoidal de la molécula de ADN.

Rosalind Franklin

Wilkins, sin el consentimiento de Franklin, hizo llegar la fotografía a Watson y Crick. Para ellos la imagen constituyó un dato definitivo para determinar que la estructura del ADN correspondía a una doble hélice, y no triple como se pensaba.

Rosalind Franklin murió en 1958, a los 37 años de edad. Cuatro años después, Watson, Crick y Wilkins recibieron el premio Nobel de Fisiología y Medicina por sus aportaciones al descubrimiento de la estructura del ADN.

La inestimable aportación de Franklin a este descubrimiento nunca fue reconocida, pero poco a poco la historia comienza a valorar su labor.

Fotografía 51 de difracción de rayos X.

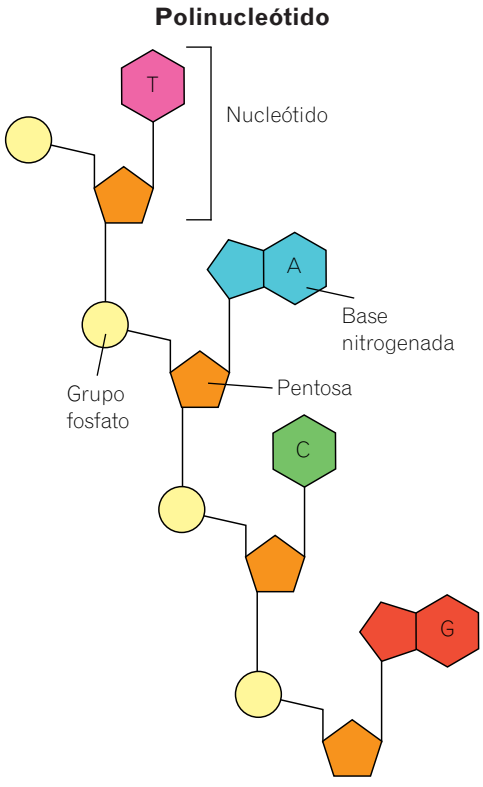
RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿En qué lugar de las células eucariotas se encuentra el ADN? ¿Y en las procariotas?
2. ¿Qué son los genes? ¿Dónde se localizan?
3. ¿Cómo se hereda la información genética?
4. ¿Qué es una proteína? ¿Cómo se llaman las unidades que las constituyen?
5. ¿Qué significa clonar?
6. ¿Qué conoces sobre el Proyecto Genoma Humano?

Busca la respuesta

¿Cómo se manifiesta en un carácter la información contenida en el ADN?

1 Los ácidos nucleicos

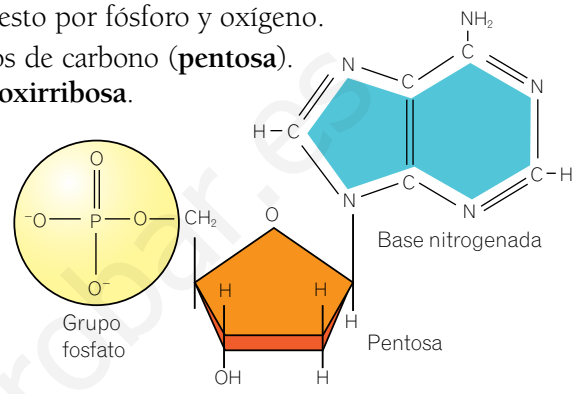


Los **ácidos nucleicos** almacenan y transmiten la información genética. Son macromoléculas formadas por la unión de unidades más sencillas denominadas **nucleótidos**.

Nucleótidos

Cada nucleótido está compuesto por tres subunidades:

- Un **grupo fosfato**. Compuesto por fósforo y oxígeno.
- Un **glúcido** de cinco átomos de carbono (**pentosa**). Puede ser la **ribosa** o la **desoxirribosa**.
- Una **base nitrogenada**. Pueden ser: la **adenina** (A), la **guanina** (G), la **citosina** (C), la **timina** (T) o el **uracilo** (U). Todas tienen estructura cíclica e incluyen nitrógeno en su composición química.



Los nucleótidos están unidos unos a otros formando largas cadenas o **polinucleótidos**. El ácido fosfórico de un nucleótido está unido a la pentosa del siguiente mediante un enlace.

En cada polinucleótido el grupo fosfato y la pentosa son siempre iguales; sin embargo, varía la secuencia de bases nitrogenadas.

La enorme longitud de las cadenas de polinucleótidos y las múltiples combinaciones según las cuales pueden ordenarse las bases nitrogenadas, hacen que el número de moléculas diferentes de ácidos nucleicos sea casi infinito.

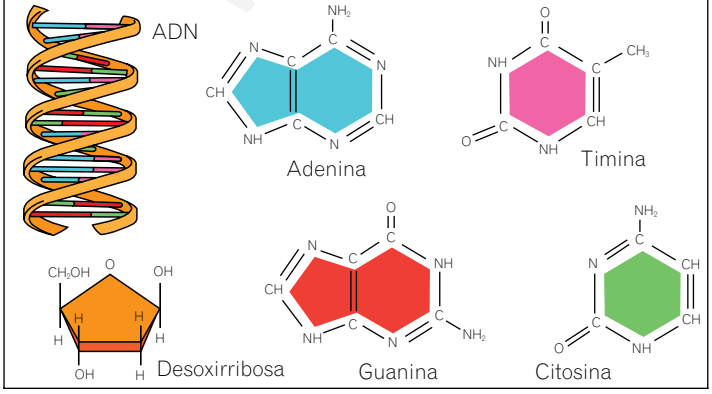
Tipos de ácidos nucleicos

Hay dos tipos de ácidos nucleicos: el **ácido desoxirribonucleico**, o **ADN**, y el **ácido ribonucleico**, o **ARN**. Todos los organismos contienen en sus células los dos tipos de ácidos nucleicos.

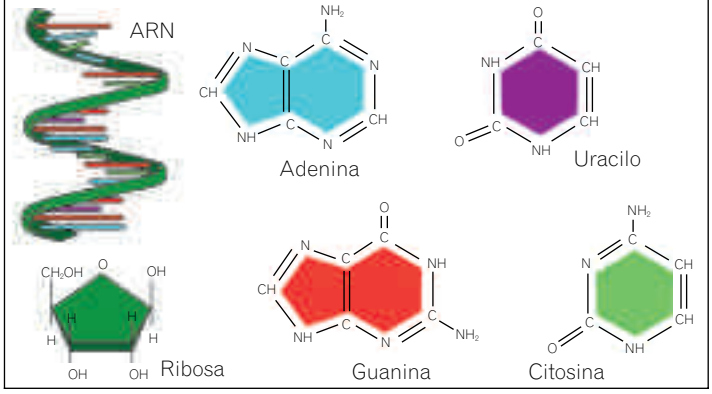
ACTIVIDADES

1. ¿Qué es un nucleótido? ¿Cuáles son sus componentes?
2. ¿En qué se parecen y en qué se diferencian el ADN y el ARN?
3. ¿En qué se diferencian las moléculas de ADN de dos personas distintas?

ADN. Posee como pentosa la desoxirribosa, y sus bases nitrogenadas son la adenina, la guanina, la citosina y la timina.



ARN. Posee como pentosa la ribosa, y sus bases nitrogenadas son la adenina, la guanina, la citosina y el uracilo.



www.yoquieroaprobar.es

El ácido desoxirribonucleico (ADN)

En el ADN está contenida toda la información genética necesaria para el funcionamiento y desarrollo de un ser vivo.

En los organismos eucariotas, la mayor parte del ADN se encuentra en el núcleo. Constituye la cromatina o los cromosomas, dependiendo del momento del ciclo en el que se encuentre la célula. También hay ADN, en las mitocondrias y en los cloroplastos.

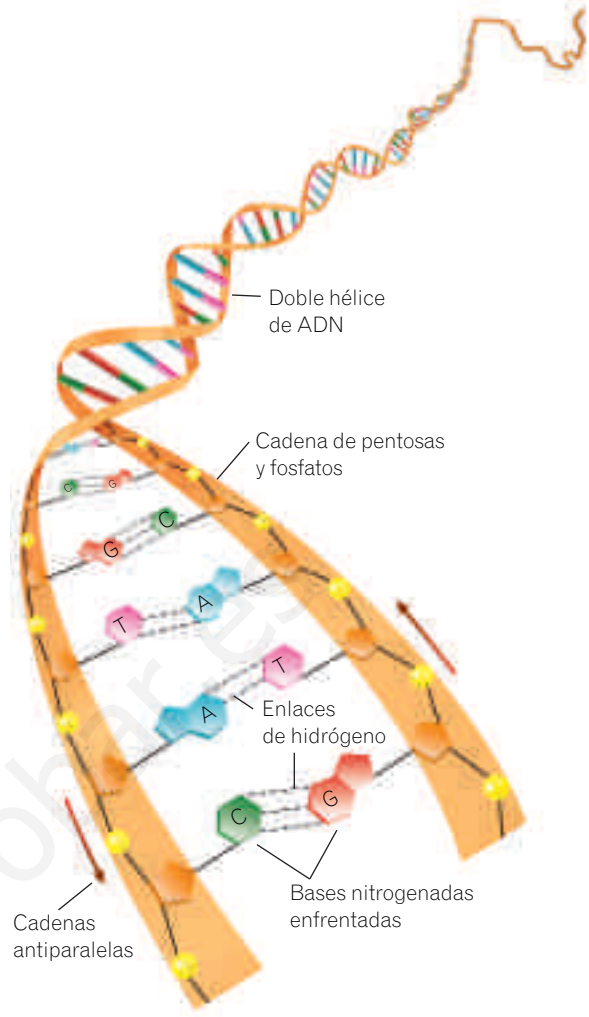
La estructura del ADN fue establecida en 1953 por **Francis Crick** y **James Watson**, basándose en datos de **Maurice Wilkins** y **Rosalind Franklin**. Por este descubrimiento, Crick, Watson y Wilkins recibieron el premio Nobel en 1962.

El ADN tiene las siguientes características:

– Cada molécula está formada por dos largas cadenas de polinucleótidos, enrolladas en espiral alrededor de un eje imaginario, formando una **doble hélice**. Las pentosas y los grupos fosfato forman el esqueleto externo de la hélice, y las bases nitrogenadas se disponen hacia el interior.

– Las dos cadenas son **antiparalelas**, lo que significa que se disponen de forma paralela y siguen sentidos opuestos.

– Las cadenas se mantienen unidas mediante **enlaces de hidrógeno** que se establecen entre las bases nitrogenadas de ambas. Además son **complementarias**, la adenina siempre queda emparejada con la timina, y la guanina, con la citosina. De esta manera, la secuencia de bases nitrogenadas de una de las cadenas determina la secuencia de la otra.



El ácido ribonucleico (ARN)

El ARN participa en la expresión de la información contenida en el ADN mediante la síntesis de proteínas, que son las que regulan la mayoría de los procesos vitales de un organismo.

En las células eucariotas el ARN se localiza en el núcleo y en el citoplasma. Estructuralmente está formado por una sola cadena de nucleótidos.

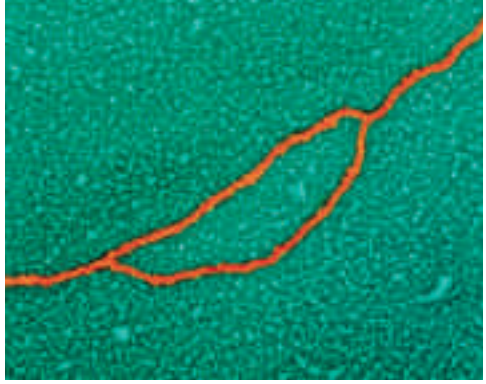
Hay varios tipos de ARN que realizan diferentes funciones de manera coordinada.

Tipos de ARN		
ARN mensajero (ARNm)	ARN ribosómico (ARNr)	ARN transferente (ARNt)
Copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.	Se asocia a proteínas y forma los ribosomas, donde se sintetizan las proteínas.	Se une a aminoácidos y los transporta hasta el ribosoma para formar las proteínas.

ACTIVIDADES

4. ¿Qué significa que las dos cadenas de ADN son antiparalelas y complementarias?
5. ¿Qué tipo de enlace une las bases nitrogenadas de las cadenas complementarias del ADN?
6. ¿Qué función principal desempeña el ARN en la célula?

www.yoquieroaprobar.es



El área que forma la doble hélice de ADN cuando se desenrolla para que se pueda sintetizar una nueva molécula se denomina burbuja de replicación.

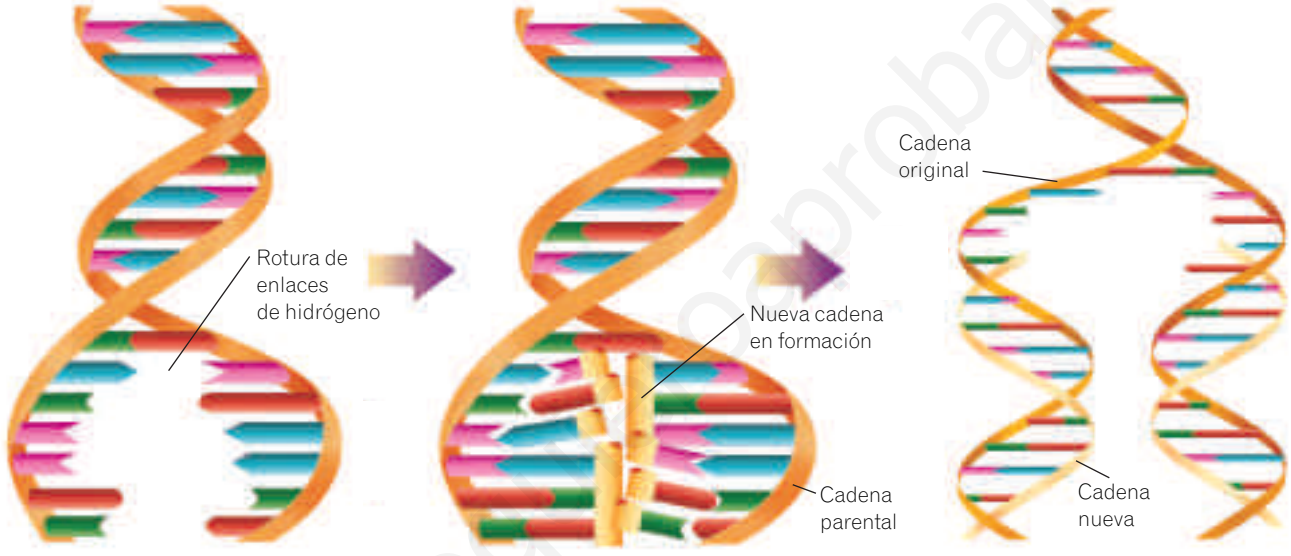
2 La replicación del ADN

El ADN tiene la capacidad de replicarse, es decir, puede realizar copias idénticas de sí mismo.

La replicación permite que las células hijas resultantes de la mitosis celular reciban la misma información genetica que la célula madre.

La replicación del ADN tiene lugar al final de la interfase. Para que ocurra, la célula necesita las moléculas que forman los diferentes nucleótidos y una serie de enzimas, que controlan y dirigen el proceso en todo momento.

Proceso de replicación del ADN



1. La replicación comienza con la rotura de los enlaces de hidrógeno que unen las bases nitrogenadas complementarias de ambas cadenas. De esta forma las dos hebras empiezan a desenrollarse.
2. Cada cadena parental constituye el molde para la síntesis de una nueva cadena complementaria. Cuando ambas se separan, enzimas especificas van leyendo la información y uniendo los nucleótidos complementarios.
3. Conforme se van formando las nuevas cadenas se establecen enlaces de hidrógeno entre las bases, y las hebras se van enrollando. El resultado son dos moléculas de ADN iguales entre sí y a la molécula original.

ACTIVIDADES

7. Indica la secuencia de ADN complementaria del siguiente fragmento.
   ... AATGCCTGACGATTACC...
8. ¿En qué momento del ciclo celular tiene lugar la replicación del ADN?
9. Explica paso a paso cómo se produce la replicación.

La replicación del ADN es de tipo **semiconservativo**, ya que cada nueva hélice conserva la cadena original que sirvió de molde y una cadena nueva.

Aunque el mecanismo de copia es muy eficaz, durante la replicación pueden ocurrir errores de lectura y colocación de bases, lo que origina copias imperfectas de la molécula de ADN. En la célula existen **enzimas de reparación** que detectan los nucleótidos incorrectamente apareados, los retiran y los reemplazan por los correctos. Esto minimiza la posibilidad de errores en la copia.

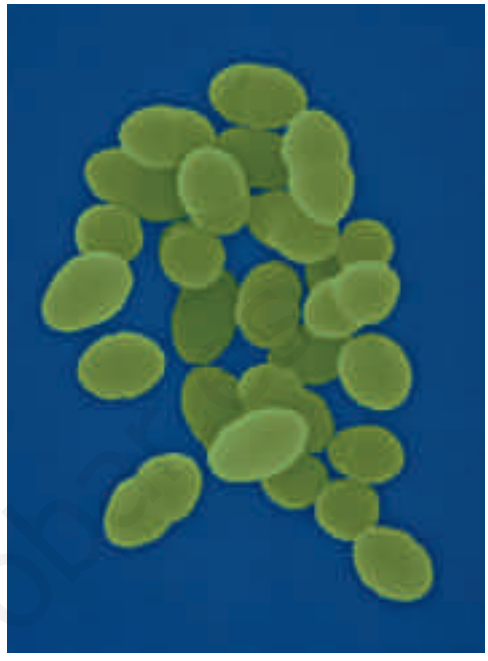
Las dos cadenas de ADN sintetizadas constituyen cada una de las dos cromátidas que formarán un cromosoma.

www.yoquieroaprobar.es

3 El ADN, portador de la información genética

Los primeros análisis químicos que se realizaron de los cromosomas revelaron que estaban constituidos por **ácido desoxirribonucleico** (ADN) y proteínas, en unas cantidades más o menos parecidas.

En un principio se creyó que eran las proteínas las moléculas que contenían la información genética, basándose en que el ADN presentaba una composición química demasiado sencilla. **Frederick Griffith** y **Oswald Avery** aportaron la prueba definitiva de que era el ADN, y no las proteínas, la molécula portadora de la información genética.



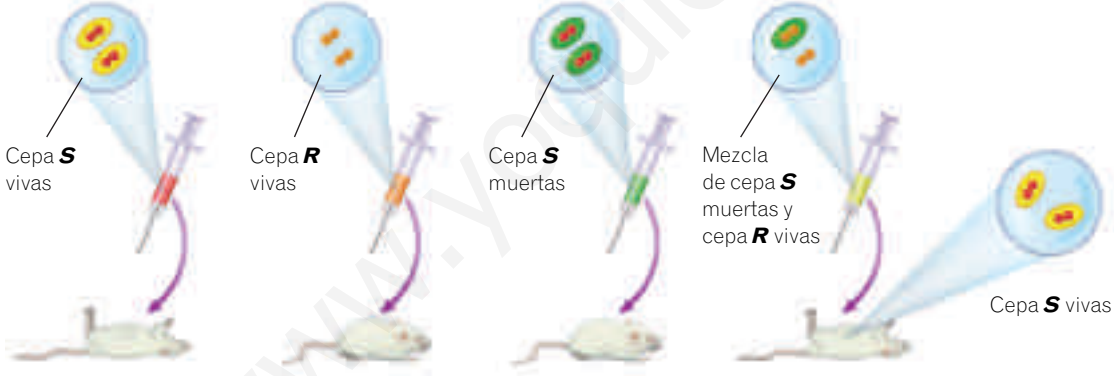
Los estudios con *Streptococcus pneumoniae* fueron determinantes para deducir el papel del ADN como molécula portadora de la información genética.

Experimento de Griffith

En 1928, Griffith realizó una serie de experimentos con la bacteria *Streptococcus pneumoniae*, causante de la neumonía en las personas y extremadamente patógena para el ratón. Observó que la bacteria presentaba dos variantes o cepas distintas. Una de ellas provocaba la enfermedad y la muerte del ratón, a esta cepa la llamó ***S***. La otra cepa, a la que llamó ***R***, no era virulenta.

La principal diferencia entre ambas era que las bacterias de la cepa ***S*** presentaban una envoltura bacteriana, ausente en las bacterias de las cepas inofensivas. Así comprobó que la presencia de cápsula determinaba la virulencia de la bacteria.

Cuando inoculó bacterias muertas de la cepa ***S*** en ratones, estas no provocaban su muerte, sin embargo, si inoculaba una mezcla de bacterias ***S*** muertas y ***R*** vivas, muchos de los ratones del experimento morían.



Como resultado de sus experimentos con ratones, Griffith dedujo que en las bacterias de la cepa ***S*** muertas había algo, a lo que llamó **factor transformante**, que se transmitía a las bacterias vivas de la cepa ***R*** y las transformaba en bacterias ***S*** vivas.

La explicación de Avery

En 1944 Avery y sus colaboradores encontraron la explicación a este fenómeno, al descubrir que la sustancia encargada de transformar las bacterias inofensivas en virulentas era el ADN, que determinaba la producción o no de la cápsula bacteriana.

Posteriores experimentos demostraron que el ADN es el material genético en todos los seres vivos.

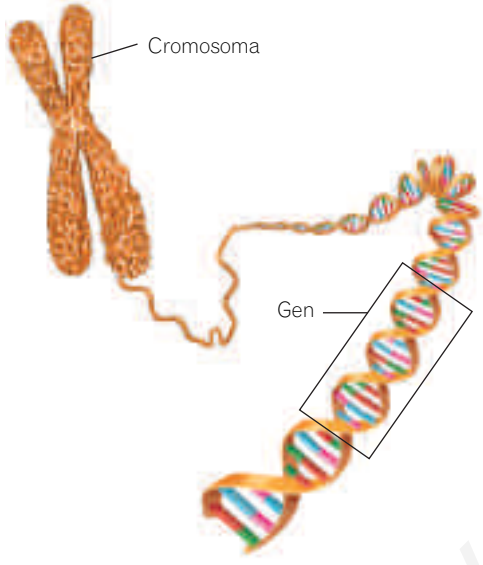
ACTIVIDADES

10. ¿Por qué crees que Griffith en las conclusiones de su experimento utilizó la expresión «factor transformante»?

11. ¿Cuál es la función del ADN?

www.yoquieroaprobar.es

La información genética necesaria para que se exprese el carácter pelo liso en un individuo está contenida en los genes.



Cada gen tiene una secuencia específica de nucleótidos y se localiza en un lugar concreto en el cromosoma.

ACTIVIDADES

12. ¿Cuántas moléculas de ADN hay en una célula somática humana? ¿Y en un espermatozoide?

13. ¿Qué relación hay entre un gen y un determinado carácter?

14. ¿Qué es necesario que ocurra para que se exprese un determinado carácter?

15. Explica la hipótesis un gen-una proteína.

4 El concepto de gen

Cada ser vivo presenta unos rasgos característicos (anatómicos, fisiológicos y de comportamiento) que diferencian un individuo de otro. Cada uno de esos rasgos distintivos se denomina **carácter**.

Muchos de los caracteres que van apareciendo a lo largo del desarrollo y crecimiento de un individuo son heredados de los progenitores. Algunos de ellos, además, tienen una clara influencia ambiental. Así, por ejemplo, la estatura, es un carácter heredado, ya que los padres altos suelen tener hijos altos, pero la alimentación influye de forma decisiva en este carácter.

Desde el punto de vista estructural, un gen es un fragmento de ADN que contiene la información genética para un determinado carácter.

Experimento de Beadle y Tatum

Los experimentos que realizaron los científicos **George Beadle** y **Edward Tatum** fueron decisivos para conocer cuál era la función de los genes. En 1958 enunciaron la hipótesis **un gen-una enzima** por la que recibieron el premio Nobel. Según su teoría, cada gen contiene la información para la síntesis de una enzima, y esta es la que determina un carácter.

Posteriormente se demostró que la hipótesis de Beadle y Tatum podía hacerse extensiva a todas las proteínas, y se reformuló como **un gen-una proteína**.

Actualmente, desde el punto de vista de su función, un gen se define como un fragmento del ADN que lleva la información para sintetizar una proteína, necesaria para que se exprese un determinado carácter en un individuo.

Estructura del genoma

No todo el ADN contenido en los cromosomas codifica para proteínas. La mayoría del ADN contienen genes que se encargan de regular la actividad de otros y fragmentos cuya función es aún desconocida.

Se denomina genoma al conjunto completo de genes de un organismo.

La forma en que se organiza el genoma difiere enormemente entre los organismos procariotas y eucariotas.

- En los **organismos procariotas**, el genoma está formado por un solo cromosoma circular. Algunas bacterias además poseen **plásmidos**, que son moléculas de ADN circulares que se replican de forma independiente al cromosoma bacteriano.
- En los **organismos eucariotas**, la mayor parte del genoma constituye la cromatina, localizada en el núcleo de la célula. Otra parte del ADN se encuentra en los cloroplastos y las mitocondrias, y tiene una estructura parecida al cromosoma bacteriano.

www.yoquieroaprobar.es

5 Las mutaciones

El material genético generalmente se transmite sin modificación de generación en generación, lo que permite la transmisión de un mismo carácter de unos individuos a otros. Sin embargo, en algunas ocasiones el material genético puede cambiar. Estos cambios se denominan **mutaciones**.

Las mutaciones son cambios aleatorios que se producen en el ADN de un organismo. Constituyen una fuente de variabilidad genética y un motor para la evolución de las especies.

La gran mayoría de las mutaciones se producen al azar por causas naturales. Son mutaciones **espontáneas**. Otras pueden ser inducidas **artificialmente** mediante agentes físicos, como las radiaciones, o con agentes químicos, como ciertos fármacos. A estos factores se les llama **agentes mutagénicos**.

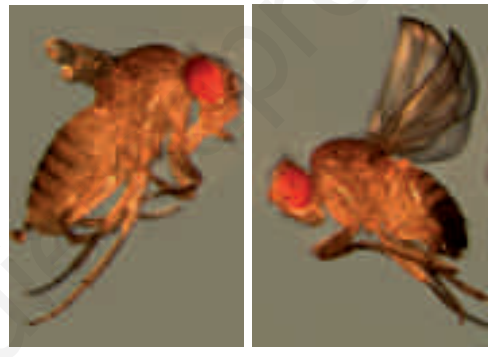
ACTIVIDADES

16. ¿Por qué las mutaciones son la base de la evolución de las especies?

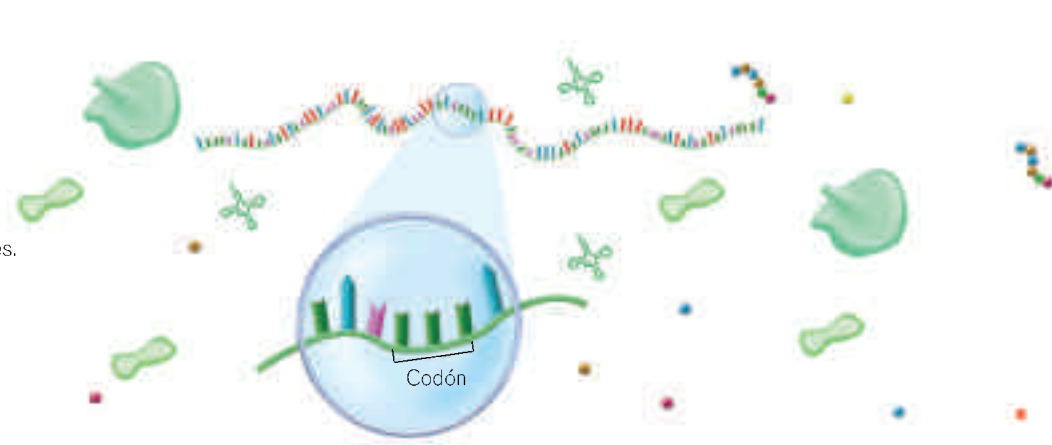
17. ¿Son todas las mutaciones heredables? ¿Qué condiciones se deben dar?

18. ¿De qué forma crees que está relacionada la disminución de la capa de ozono con el aumento de mutaciones?

Tipos de mutaciones

Según el efecto sobre el individuo	**Perjudiciales.** Confieren una desventaja para la supervivencia del individuo. Si afectan a estructuras elementales pueden llegar a causar la muerte del mismo. **Beneficiosas.** Aumentan la probabilidad de supervivencia del individuo, aportando variabilidad a la población. **Neutras.** Son mutaciones que no afectan a la supervivencia del individuo ni positiva ni negativamente.		La mosca del vinagre posee dos alas. Una mutación puede ocasionar la pérdida de las alas o su curvatura. Estas mutaciones son perjudiciales, ya que impiden volar a la mosca.
Según el tipo de células afectadas	**Somáticas.** Son aquellas que afectan a las células somáticas. Pueden originar lesiones o enfermedades graves como el cáncer. Al ocurrir en las células somáticas, no se transmiten a la descendencia; no son heredables. **Germinales.** Afectan a los gametos. Estas mutaciones no se manifiestan en el propio individuo pero pueden transmitirse a futuras generaciones; son heredables.		Las orejas curvadas de este gato son el resultado de una mutación en las células germinales de alguno de sus progenitores, cuyas orejas eran rectas.
Según la extensión del material genético afectado	**Génicas.** Son aquellas que provocan cambios en la secuencia de nucleótidos de un gen determinado. **Genómicas.** Producen una variación respecto al número total de cromosomas de una especie. **Cromosómicas.** Son las que ocasionan cambios que afectan a la estructura interna de los cromosomas.		El síndrome de Down o trisomía del par 21 está causado por una mutación genómica. Las personas afectadas presentan en sus células tres cromosomas en el par 21 en vez de dos.

www.yoquieroaprobar.es



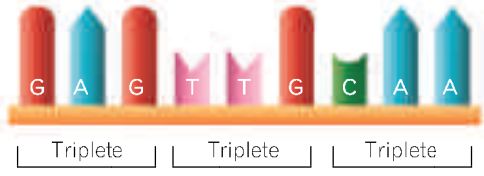
TRANSCRIPCIÓN
En el núcleo se copia la información del ADN en una molécula de ARNm.

6 La expresión de la información genética

Las proteínas son grandes moléculas que resultan de la combinación de monómeros, llamados **aminoácidos**. Existen veinte aminoácidos distintos y en cada proteína su número y orden es diferente.

Los ácidos nucleicos y las proteínas están basados en dos lenguajes diferentes. La información genética contenida en el ADN está escrita en un lenguaje de cuatro letras, A, T, G y C, cada una de las cuales corresponde a un nucleótido. Las proteínas utilizan los veinte aminoácidos como unidades elementales.

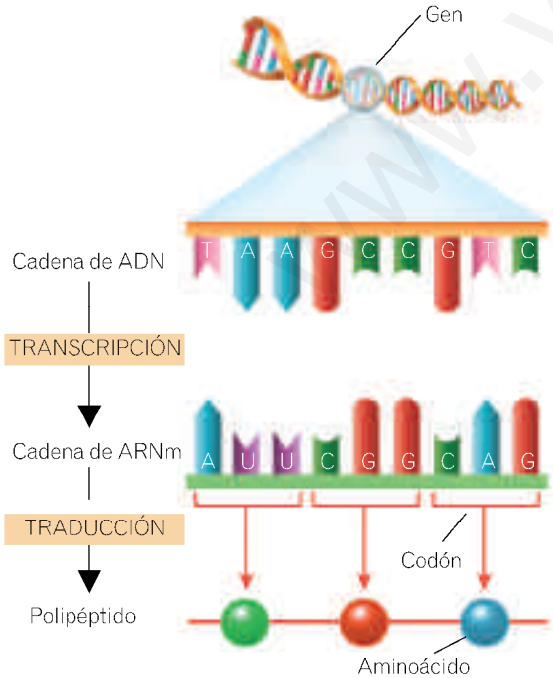
La información contenida en el ADN está organizada en forma de **tripletes**. Cada triplete constituye una de las posibles combinaciones de tres nucleótidos.



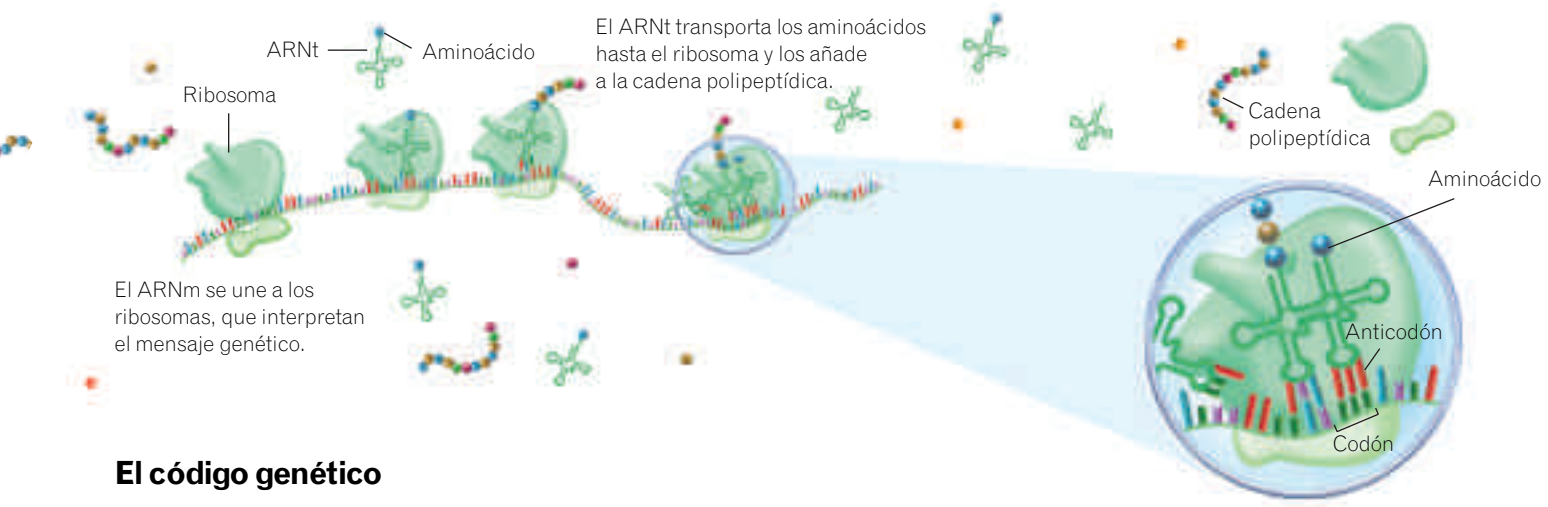
Un gen no sintetiza de forma directa un polipéptido. Para que pueda sintetizarse, la información genética que contiene el ADN en forma de tripletes tiene que ser **descodificada**. La molécula intermediaria en este proceso es el ARN.

La descodificación de la información del ADN se realiza en dos fases:

- **Transcripción del mensaje.** Consiste en copiar la información genética contenida en el ADN, a una molécula de ARNm.
  En los eucariotas, la transcripción tiene lugar en el núcleo. La doble hélice de ADN se abre y una de sus cadenas constituye el molde para sintetizar una molécula de ARNm. Esta molécula de ARNm se sintetiza siguiendo las reglas de complementariedad de bases. En este proceso, la base complementaria de la adenina (A) es el uracilo (U), en lugar de la timina (T).
- **Traducción del mensaje.** Consiste en traducir el mensaje contenido en el ARNm al lenguaje de las proteínas.
  El ARNm traslada la información desde el núcleo hasta el citoplasma donde los ribosomas «leen» la información en forma de tripletes. Cada uno de estos tripletes se llama **codón** y se «traducen» al lenguaje de las proteínas siguiendo un código en el que cada codón especifica un aminoácido concreto. De esta manera, la secuencia de bases del ARNm establece el orden en el que se van añadiendo los aminoácidos en la cadena polipeptídica que formará la proteína.
  El ARNt es la molécula que transporta los aminoácidos hasta el ribosoma.



www.yoquieroaprobar.es



El código genético

Durante la traducción, el ribosoma "interpreta" el mensaje del ARNm, de tal manera que la secuencia de codones determina el orden de aminoácidos de la cadena polipeptídica.

Cada molécula de ARNt porta en uno de sus extremos un aminoácido concreto, además tiene un triplete de nucleótidos, llamado **anticodón**, complementario de un codón determinado del ARNm. De esta manera, si el codón del ARNm es UGG, el anticodón complementario del ARNt será ACC, y el aminoácido que portará será el triptófano (Trp).

Así, los ARNt van añadiendo aminoácidos a la cadena polipeptídica en formación, según el orden de los codones del ARNm.

La correspondencia entre los codones del ARNm y los aminoácidos que forman las proteínas recibe el nombre de **código genético**.

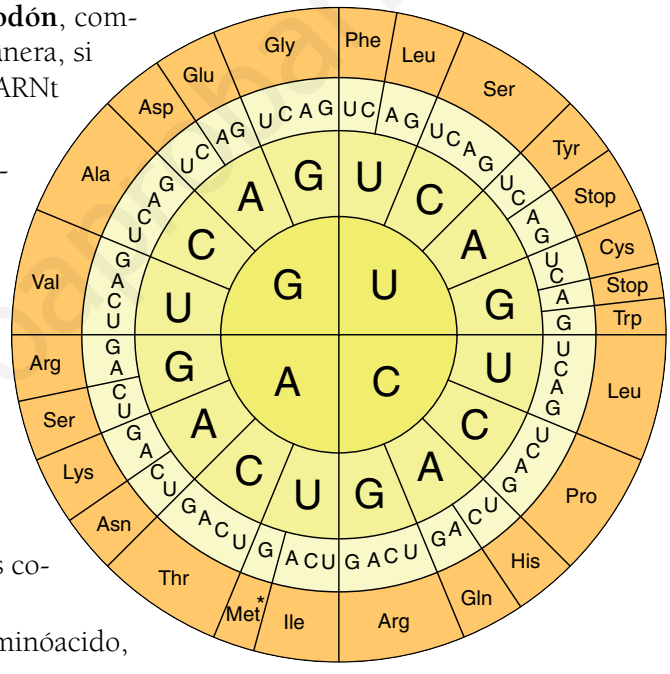
El código genético es **universal**, esto significa que es el mismo para todos los seres vivos. Así, por ejemplo, el codón GCC codifica para el aminoácido alanina, en todos los seres vivos.

Existen 64 codones posibles, de ellos:

- Varios codifican para el mismo aminoácido. Por ejemplo, los codones UUA y UUG codifican para el aminoácido leucina.
- Algunos, como el codón UAA, no codifican para ningún aminóacido, sino que marca el final del proceso de la traducción.
- El codón AUG actúa como una señal de inicio para que comience la traducción, y además, una vez que la traducción ha comenzado, codifica para el aminoácido metionina.

TRADUCCIÓN

El mensaje es traducido dando lugar a un polipéptido con un orden concreto de aminoácidos.



* Señal de inicio de la traducción.

Aminoácidos	
Glicina (Gly)	Treonina (Thr)
Alanina (Ala)	Cisteína (Cys)
Valina (Val)	Tirosina (Tyr)
Leucina (Leu)	Glutamina (Gln)
Isoleucina (Ile)	Ácido aspártico (Asp)
Metionina (Met)	Ácido glutámico (Glu)
Prolina (Pro)	Lisina (Lys)
Fenilalanina (Phe)	Arginina (Arg)
Triptófano (Trp)	Histidina (His)
Serina (Ser)	Asparragina (Asn)

ACTIVIDADES

19. ¿Qué es un triplete? ¿Cómo se denominan los tripletes en el ARNm?

20. ¿En qué consiste el proceso de transcripción? ¿En qué lugar de la célula tiene lugar este proceso? ¿Qué orgánulos celulares intervienen?

21. Si la secuencia de nucleótidos de un ARNm es AUGGUGUCUUCACCAUGA, ¿cuál será la secuencia de aminoácidos del polipétido? ¿Cuál será la secuencia de nucleótidos de la hebra de ADN de la que se transcribió la información?

22. Si todas las proteínas están formadas por la combinación de 20 aminoácidos, ¿qué hace que una proteína sea diferente a otra?

www.yoquieroaprobar.es

7 La biotecnología

ACTIVIDADES

23. ¿Qué es la biotecnología?

24. Explica la contribución de la biotecnología a la conservación del medio ambiente.

25. ¿Qué tipo de microorganismos se utilizan en la fabricación de bebidas alcohólicas, pan o derivados lácteos como el yogur?

26. ¿En qué se diferencia la biotecnología tradicional de la nueva biotecnología?

La biotecnología es la utilización de seres vivos, o parte de ellos, con el fin de obtener productos de interés para las personas.

El término biotecnología fue empleado por primera vez en 1919 por el ingeniero agrónomo Kart Ereky; sin embargo, no es algo nuevo. Desde hace siglos se viene utilizando la biotecnología, por ejemplo, al hacer selección de ganado o al utilizar diversos tipos de microorganismos para la elaboración de productos como el pan, el queso, el yogur o la cerveza.

Actualmente, la biotecnología emplea técnicas avanzadas de manipulación de ADN que permiten detectar y tratar enfermedades genéticas, obtener o modificar diferentes productos, transferir genes de un organismo a otro para mejorar especies animales o vegetales, desarrollar microorganismos para usos específicos, como la descontaminación, etc.

Algunos usos actuales de la biotecnología

Producción de sustancias terapéuticas

Muchas sustancias terapéuticas se obtienen a partir de microorganismos modificados genéticamente para producir sustancias importantes para las personas, como determinadas hormonas y vacunas. Esto permite que, hoy día, las personas diabéticas puedan tratarse con insulina humana obtenida a partir de cultivos bacterianos.

Producción de alimentos

La biotecnología ha permitido, por ejemplo, aumentar la productividad de ciertas cosechas y obtener plantas resistentes a plagas o tolerantes a ciertas condiciones ambientales, como la sequía, el frío o la salinidad.

También ha conseguido mejorar nutricionalmente algunos alimentos. Muchas frutas, por ejemplo, están genéticamente modificadas para aumentar su contenido en vitaminas.

Eliminación de metales pesados

La actividad industrial es responsable de la emisión al medio de un gran número de contaminantes, como los metales pesados. La biotecnología ha permitido el desarrollo de bacterias capaces de eliminarlos mediante reacciones químicas. También es posible utilizar ciertas plantas capaces de eliminarlos de suelos contaminados.

Biorremediación

La biorremediación consiste en la utilización de ciertos hongos y bacterias para eliminar sustancias contaminantes del medio. Estos microorganismos pueden, por ejemplo, degradar sustancias tóxicas, como pesticidas o hidrocarburos, o descomponer productos químicos liberados en un derrame accidental de petróleo.

Producción de energía

Actualmente es posible obtener gas metano a partir de la fermentación de residuos orgánicos de los desechos, lodos o aguas residuales. También se puede conseguir energía del alcohol resultante de la fermentación de azúcares. Por ejemplo, el bioetanol obtenido a partir de la caña de azúcar es un eficaz combustible.

www.yoquieroaprobar.es

8 La ingeniería genética

La ingeniería genética consiste en la manipulación del ADN de un organismo para conseguir un objetivo práctico.

Esta tecnología se lleva a cabo mediante la **transferencia** de uno o más genes de un organismo a otro, ya sea de la misma especie o de otra distinta.

Se denomina **organismo transgénico** a aquel cuyo genoma ha sido modificado con genes procedentes de otros organismos.

El ADN sintetizado de manera artificial mediante la unión de ADN de orígenes diferentes se denomina **ADN recombinante**.

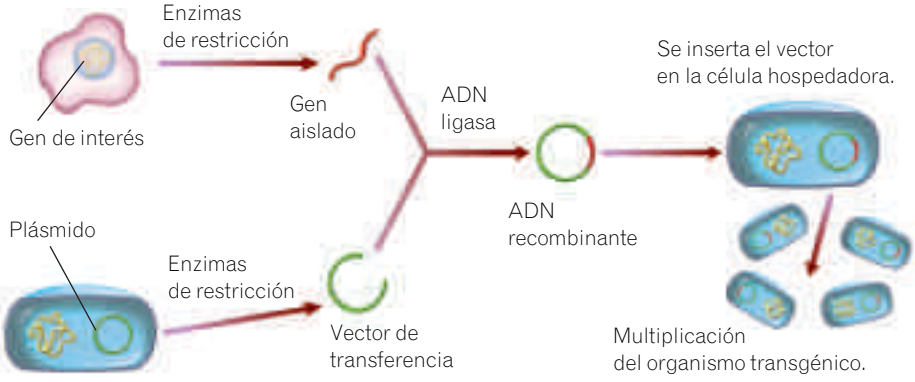
Para realizar la manipulación de genes, son necesarias varias «herramientas»:

- **Enzimas de restricción.** Son proteínas bacterianas que cortan el ADN en puntos concretos.
- **Vector de transferencia.** Es el agente que transfiere un segmento de ADN de un organismo a otro. Los más utilizados son los **plásmidos**, pequeñas moléculas de ADN circular que se encuentran en las bacterias. También se pueden utilizar como vectores ciertos virus.
- **ADN ligasas.** Son enzimas encargadas de unir fragmentos de ADN.

Cómo se lleva a cabo un proyecto de ingeniería genética

El proceso se desarrolla en una serie de etapas, que se pueden resumir en:

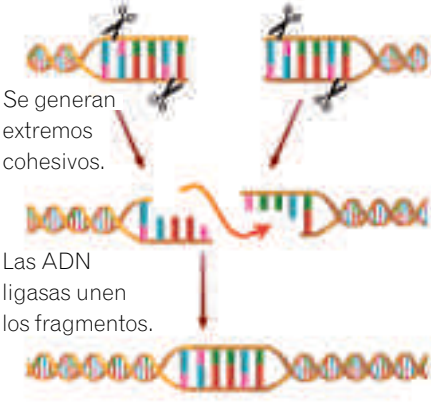
1. **Localización y aislamiento del gen que se desea transferir.** Para ello se utilizan las enzimas de restricción, que cortan el ADN en pequeños fragmentos, entre los que se encuentra el gen que se quiere transferir.
2. **Selección del vector.** Su elección dependerá de las características y del tamaño del ADN elegido. Se tiene que cortar con las mismas enzimas de restricción con las que se cortó el ADN a transferir.
3. **Unión del ADN elegido al ADN del vector.** A través de las ADN ligasas se une el fragmento de ADN aislado al ADN del vector, originando así una molécula de ADN recombinante.
4. **Inserción del vector con el gen transferido en la célula hospedadora.** El ADN recombinante se introduce en la célula hospedadora.
5. **Multiplicación del organismo transgénico.** La célula hospedadora se divide originando copias que portan el gen deseado.



Los plásmidos de *Escherichia coli son* utilizados con frecuencia en ingeniería genética como vector de transferencia.

Obtención de una molécula de ADN recombinante

1. Las enzimas de restricción cortan las cadenas de ADN de moléculas distintas en los mismo puntos.



2. Se generan extremos cohesivos.
3. Las ADN ligasas unen los fragmentos.
4. Se obtiene una molécula de ADN recombinante.

ACTIVIDADES

27. ¿Qué es un vector en ingeniería genética?

28. ¿Qué función desempeñan las enzimas de restricción en ingeniería genética?

29. ¿Qué es un ADN recombinante?

www.yoquieroaprobar.es

Existen carpas y salmones transgénicos que portan múltiples copias del gen de la somatotropina, utilizada para combatir retrasos en el crecimiento.

Algunas variedades transgénicas de maíz resisten el frío, gracias a la incorporación de un gen de un pez muy resistente a las bajas temperaturas.

9 Aplicaciones de la ingeniería genética

La ingeniería genética permite originar un ADN recombinante, que, transferido a una célula en cultivo, expresará un determinado gen que originará una proteína. Esto tiene una importante aplicación práctica, ya que permite obtener con facilidad productos de gran relevancia para las personas. Entre las principales aplicaciones destacan:

- **Obtención de fármacos.** La biotecnología se utiliza frecuentemente en la industria farmacéutica para producir ciertas sustancias difíciles de obtener de manera natural. En ocasiones es necesario transferir genes humanos a bacterias, con el fin de que estos organismos produzcan en grandes cantidades proteínas que son necesarias para la vida de muchas personas. Entre las sustancias obtenidas destacan:
  - La insulina. Necesaria para muchas personas que padecen diabetes.
  - Proteínas de coagulación del suero sanguíneo. Necesarias para personas que padecen hemofilia.
  - Vacunas que estimulan las defensas contra determinados microorganismos.
- **Mejora en la producción agrícola y animal.** Consiste en transferir a plantas o animales, determinados genes que les confieren una mejora práctica para las personas.
  - En plantas es posible insertar, por ejemplo, genes de resistencia a herbicidas o genes que aumenten el valor nutritivo de ciertas plantas cultivables.
  - Los animales se pueden modificar genéticamente para lograr un mayor crecimiento, resistencia a condiciones ambientales adversas, u obtener animales que suministren sustancias útiles, como hormonas.
- **Terapia génica.** Consiste en el tratamiento de enfermedades producidas por una alteración genética, como la diabetes o el parkinson.

  Hasta hace poco tiempo la única forma de tratar estas enfermedades consistía en suministrar sustancias que actuaban sobre las consecuencias de la afección, no sobre el origen.

  La terapia génica permite sustituir el gen defectuoso por un gen sano que produce con normalidad la proteína defectuosa, o ausente, responsable de la enfermedad. De esta manera se consigue corregirla definitivamente.

ACTIVIDADES

30. ¿Qué es la terapia génica?

31. Indica algunas enfermedades a las que se podría aplicar en un futuro la terapia génica.

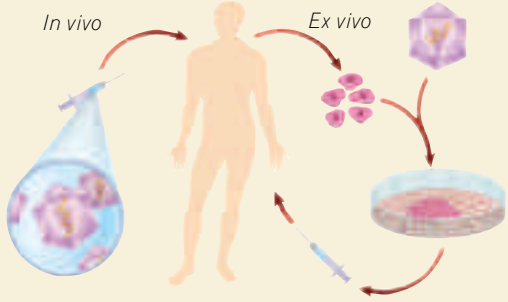
EN PROFUNDIDAD

Dos maneras de realizar la terapia génica

In vivo

Se introduce directamente en el organismo del paciente el vector que contiene los genes deseados.

Estos actúan como fármacos al interaccionar con células específicas del cuerpo y transferirle su contenido genético.



Ex vivo

Se extraen células del paciente con genes defectuosos y, en el laboratorio, a través de vectores se les transfieren los genes deseados.

Finalmente, las células transformadas se introducen de nuevo en el paciente.

www.yoquieroaprobar.es

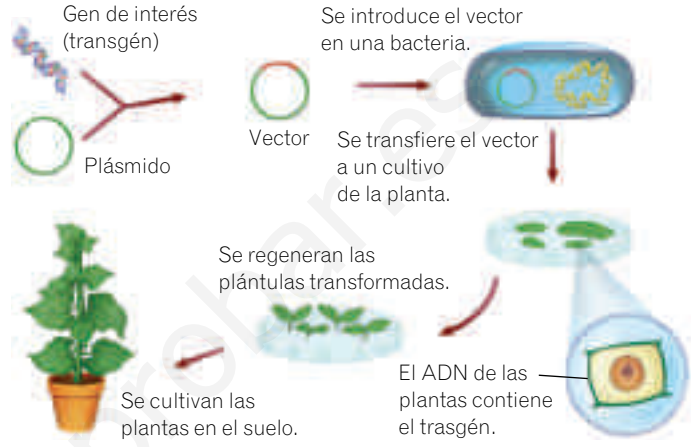
10 Los alimentos transgénicos

Las personas llevamos miles de años modificando los vegetales que utilizamos como alimento. Muchas de las frutas que consumimos actualmente son el resultado de mezclas que se hicieron hace tiempo entre diferentes plantas. Hoy día, sin embargo, la ingeniería genética permite llevar a cabo en pocos años y de forma controlada, modificaciones que antes costaban décadas de trabajo.

Un **organismo transgénico** o modificado genéticamente (OMG) es aquel en el que, mediante ingeniería genética, se ha introducido un gen llamado **transgén**, procedente de otro organismo, o se le ha suprimido o modificado un gen propio.

La modificación genética permite que el organismo transgénico produzca alguna proteína útil o exprese alguna característica de interés.

En la actualidad existen plantas transgénicas con fines muy diversos, como son la resistencia a ciertos microbios, insectos y herbicidas, la obtención de frutos que se conservan durante más tiempo o la incorporación de genes para que produzcan ciertas sustancias, como vitaminas o antibióticos.



Algunas mejoras en alimentos transgénicos

Retraso en la maduración

El producto tarda más tiempo en madurar después de haber sido cosechado, lo que hace que su durabilidad sea mayor.

El tomate *Flavr Svr* fue el primer alimento transgénico producido para el consumo masivo.

Producción de sustancias

Se obtienen plantas que tienen propiedades especiales distintas a las que poseen de manera natural, o que mejoran su calidad nutricional.

Se han conseguido patatas que inmunizan contra el cólera o las diarreas bacterianas.

Mejora de la calidad

El producto mejora sus cualidades organolépticas.

La ingeniería genética ha permitido obtener variedades de café más aromáticas y con menor contenido de cafeína.

Resistencia a herbicidas e insectos

Esto produce mayores rendimientos en las cosechas.

Ciertas variedades de soja transgénica son resistentes a herbicidas.

El maíz transgénico soporta el ataque de determinados insectos, como el taladro del maíz.

Las perspectivas de esta tecnología son amplias y en la actualidad existen varias decenas de productos transgénicos esperando ser comercializados.

Sin embargo, existen opiniones que afirman que el cultivo de alimentos transgénicos ocasiona numerosos riesgos para el medio ambiente y la salud de las personas. Entre ellos se destaca la pérdida de biodiversidad, la generación de resistencias a antibióticos, el desarrollo de resistencias en insectos y «malas hierbas» o los efectos no deseados en otros organismos.

ACTIVIDADES

32. ¿Qué es un alimento transgénico?

33. ¿Qué desventajas puede suponer para el medio ambiente el cultivo de alimentos transgénicos?

www.yoquieroaprobar.es

11 La clonación

Clonar un organismo, una célula o una molécula significa hacer una o varias copias idénticas al original.

Se distingen dos tipos de clonación: la **reproductiva** y la **terapéutica**.

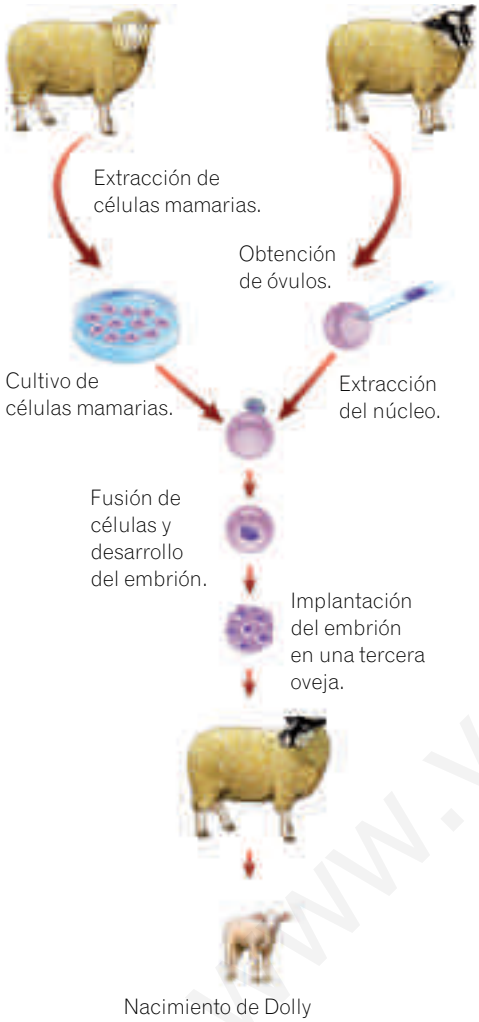
Clonación reproductiva

Este tipo de clonación tiene como objetivo conseguir individuos nuevos idénticos entre sí y al original.

En 1997 se anunció el nacimiento de *Dolly*, el primer mamífero clonado mediante una técnica conocida como **transferencia nuclear**. Esta técnica está basada en la utilización de núcleos de células diferenciadas o de células embrionarias en un estado de desarrollo temprano.

Posteriormente se consiguió clonar distintos tipos de mamíferos, como cerdos, ratones, gatos o cabras, pero, solo un pequeño porcentaje de los embriones clonados por transferencia nuclear es capaz de desarrollarse con normalidad. Además, la mayoría de los individuos adultos suele morir de manera prematura debido a enfermedades.

Técnica de clonación de la oveja Dolly



Nacimiento de Dolly (clon de la oveja de la que se extrajeron células mamarias).

Clonación terapéutica

Tiene como objetivo tratar enfermedades y regenerar tejidos. Este tipo de clonación necesita obtener **células madre**, que son células no diferenciadas que pueden dividirse indefinidamente y originar distintos tipos celulares, como una célula sanguínea o una nerviosa.

Las células madre pueden obtenerse de células somáticas de tejidos adultos o de embriones tempranos.

Consideraciones éticas a la clonación

El éxito que los científicos obtuvieron al clonar mamíferos generó especulaciones sobre la posibilidad de hacerlo con personas. Esto originó un problema ético nuevo, ya que por primera vez se planteaba la posibilidad de crear artificialmente un ser vivo de nuestra propia especie. En la actualidad, la ley prohíbe la clonación reproductiva en seres humanos.

La clonación terapéutica tiene importantes aplicaciones médicas al poder tratar ciertas enfermedades y reparar órganos dañados. Sin embargo, esta técnica no está exenta de polémica, ya que para obtener células madre se necesita crear embriones humanos que luego serán destruidos. Hoy día, muchos de los embriones utilizados se obtienen de donantes en tratamiento de fertilidad, pues la Ley de Investigación Biomédica de 2007 prohíbe la creación de embriones con fines de investigación.

ACTIVIDADES

34. Busca en los *conceptos clave* el término «diferenciación celular».

35. ¿Qué es un clon de genes? ¿Y un clon de células?

36. Diferencia entre clonación reproductiva y clonación terapéutica.

www.yoquieroaprobar.es

12 Implicaciones de los avances en biotecnología

Los avances en la biotecnología y la ingeniería genética han abierto el camino a muchas aplicaciones prácticas, como el diagnóstico, eliminación, prevención y curación de enfermedades, la lucha frente a la contaminación y la eliminación de residuos, la obtención de nuevos combustibles, etc.

Frente a estos beneficios, existe una lista de inconvenientes relacionados con los posibles riesgos, principalmente ecológicos, sanitarios y sociales que pueden derivarse de su aplicación. Además, tiene una serie de implicaciones éticas y legales de gran importancia a escala global.

Implicaciones ecológicas

La introducción de organismos transgénicos en un hábitat puede provocar la extinción de especies naturales si se propagan de forma incontrolada, colonizando ecosistemas naturales y afectando a otros organismos. Esto puede tener como consecuencia la pérdida de diversidad genética.

Implicaciones sanitarias

El uso de nuevos fármacos de diseño puede ocasionar efectos secundarios no conocidos. Así mismo, la producción de organismos transgénicos puede provocar la aparición de nuevos virus o bacterias patógenas que originen enfermedades desconocidas hasta la fecha, o causar contaminaciones debido a nuevos procesos metabólicos.

Implicaciones sociales

El conocimiento del genoma humano nos permitirá conocer de antemano las posibilidades que alguien tiene de sufrir una determinada enfermedad o de ser portador de la misma, con vistas a la prevención o curación. Pero esta información, utilizada de manera inadecuada, podría vulnerar el derecho a la intimidad. Podrían generarse situaciones en las que las empresas solicitaran informes genéticos para acceder a un puesto de trabajo, o que las aseguradoras aumentaran las pólizas a las personas propensas a tener un determinado tipo de enfermedad.

Implicaciones éticas

El conocimiento en profundidad de nuestro genoma abre la posibilidad de la manipulación del material genético de nuestra especie.

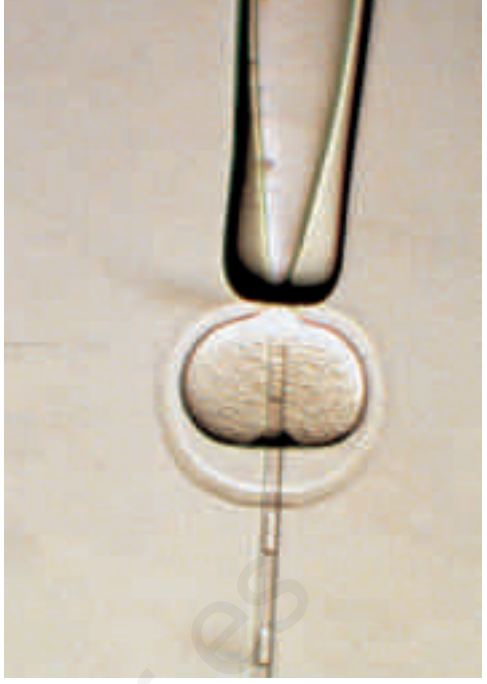
El **Comité Internacional de bioética de la UNESCO**, creado en 1993, sigue de cerca los avances de la genética, velando por que se respeten los principios de libertad y dignidad de las personas frente a los riesgos de desviación de la investigación biomédica o de sus aplicaciones.

Actualmente, la legislación española impide realizar terapia génica en los gametos, ya que esto podría modificar de manera permanente el patrimonio genético de la descendencia.

Implicaciones legales

La posibilidad de patentar productos biotecnológicos tiene multitud de implicaciones globales. Una de las principales controversias actuales entre los científicos es la posibilidad de patentar plantas y animales transgénicos, así como secuencias del genoma humano.

El Convenio Europeo de Patentes prohíbe patentar genes humanos. Sin embargo, un amplio sector alude que es lícito que los laboratorios quieran recuperar las inversiones realizadas patentando los genes que vayan descubriendo.



En 1997 el Consejo de Europa acordó prohibir la clonación reproductiva o experimental de seres humanos.

El 11 de noviembre de 1997, la UNESCO aprobó la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos. En su artículo 1 declara que el Genoma Humano es Patrimonio de la Humanidad.

ACTIVIDADES

37. ¿Crees que deben existir límites para determinadas prácticas científicas?

38. ¿Por qué pueden provocar los monocultivos transgénicos pérdida de biodiversidad?

39. ¿Por qué crees que la UNESCO declaró el genoma humano Patrimonio de la Humanidad?

www.yoquieroaprobar.es

En 1995 se publicó la primera secuencia completa del genoma de un organismo: el de la bacteria *Haemophilus influenzae*.

13 El Proyecto Genoma Humano

El **Proyecto Genoma Humano (PGH)** nace en la década de 1980, con el objetivo de conocer el orden en que se disponen los nucleótidos en las cadenas de ADN de los cromosomas humanos.

El proyecto suponía el primer esfuerzo coordinado internacionalmente de localizar e identificar los genes que forman el genoma y descifrar la secuencia de nucleótidos de nuestro ADN. Entre sus objetivos destacaban:

- Identificar todos los genes humanos y localizar el lugar que ocupan en los cromosomas.
- Secuenciar cada gen. Es decir, averiguar la secuencia de nucleótidos que lo forman.
- Determinar la función que realiza cada uno de los genes.

El 12 de febrero de 2001 se publicaron los primeros mapas e interpretaciones del genoma humano. La revista *Nature* publicó los estudios del Consorcio Público Internacional Proyecto Genoma Humano, dirigido por Francis Collins. La revista *Science* publicó los resultados de la investigación privada liderada por Craig Venter, presidente de la compañía Celera Genomics.

Paralelamente se trabajó en la secuenciación del genoma de otros seres vivos como el de *E. coli, S. cerevisiae*, *D. melanogaster* o *M. musculus*, lo que permitió avanzar en la tecnología y los procedimientos utilizados.

Conocimientos actuales

Actualmente, la práctica totalidad del genoma humano está secuenciado. Entre los resultados obtenidos hasta la fecha destacan:

- Nuestro genoma tiene unos 25 000 genes, muchos menos de lo que en un principio se estimaba. A pesar de la complejidad de la estructura y el comportamiento humanos, el número de genes es comparable al existente en genomas mucho más pequeños. Por tanto, no existe una relación directa entre la complejidad de un organismo y su cantidad de ADN.
- El tamaño de nuestro genoma es de 2 900 millones de pares de bases.
- Muchos de los genes que poseemos parecen proceder en gran parte de microorganismos primitivos, como virus y bacterias.
- Los seres humanos somos genéticamente muy semejantes. El 99,99 % de los datos genéticos son comunes a todas las personas, por lo que no existe base genética para el concepto de «raza».
- En contra de lo que se pensaba, cada gen está implicado en la síntesis de muchas proteínas, no de una sola.
- Los genes que codifican proteínas son pocos y se encuentran alejados entre sí. La mayor parte del ADN son interrupciones en la secuencia génica, secuencias repetidas o ADN de función aún desconocida.

Todo lo que sucede en nuestro cuerpo depende en gran medida de los genes, por lo que el Proyecto Genoma Humano supuso un gran hito histórico para la biología. Hoy día se sabe que el número de proteínas que sintetiza un individuo supera con creces el número de genes que posee, por eso actualmente los trabajos se centran en la **proteómica**, que es el estudio de conjuntos completos de proteínas que codifican los genomas.

Con los datos actuales se sabe que el genoma del chimpancé es igual al humano en más de un 98,5 %.

ACTIVIDADES

40. ¿Cuáles fueron los objetivos del Proyecto Genoma Humano?

41. ¿Por qué es importante conocer la localización de un gen y su secuencia de nucleótidos?

www.yoquieroaprobar.es

Ciencia en tus manos

Extracción de tu ADN

El **ácido desoxirribonucleico**, el ADN, constituye el material genético de los organismos. En tu ADN está contenida toda tu información genética. Utilizando una sencilla técnica, podrás extraerlo fácilmente.

1. Preparamos el material. Necesitamos agua del grifo, alcohol de 96°, etiquetas adhesivas, una varilla fina o un palillo, vasos de plástico transparente, cucharas y un tubo de ensayo.

Además, de lo anterior tendremos que preparar dos disoluciones:

- Disolución de lavavajillas al 25 % en agua. Aproximadamente una cucharada de detergente y tres de agua.
- Disolución de sal común al 6 % en agua. Esto equivale a disolver una cucharada de sal en un vaso de agua.

2. Realizamos la experiencia. Lo primero que tenemos que hacer es rotular las etiquetas adhesivas con nuestro nombre y pegarlas en el vaso de plástico, así sabremos cuál es nuestra muestra.

A continuación, ponemos una cucharada de agua en el vaso de plástico.

Con esa agua nos enjuagamos la boca durante más o menos medio minuto y la devolvemos al vaso. De esta manera conseguiremos las células que necesitamos.

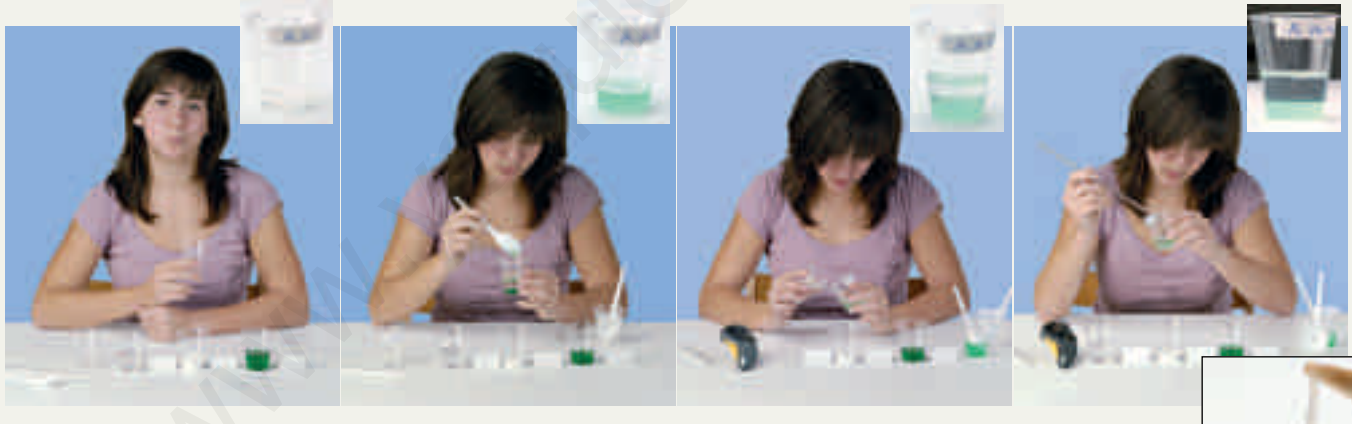
Cogemos ahora las dos disoluciones que previamente hemos preparado y añadimos al vaso con la muestra una cucharada de la disolución de sal y otra de la disolución de lavavajillas. Así conseguimos romper las membranas de las células y liberar el ADN del núcleo.

El agua ha pasado de estar turbia a estar transparente y del color del lavavajillas que estemos utilizando.

Añadimos muy lentamente alcohol por la pared del vaso, aproximadamente hasta la mitad, y de manera que no se mezcle con la disolución acuosa. El alcohol hace que el ADN de la muestra se concentre y precipite.

Después de un minuto, el ADN se ha concentrado y es visible, ya que forma unos hilos largos de color blanco.

3. Conservamos la muestra. Si queremos conservar la muestra de ADN solo tenemos que recoger, con mucho cuidado, las hebras de ADN con la punta de la varilla, introducirlo en un tubo de ensayo, añadirle unas gotas de alcohol y cerrarlo para evitar la contaminación.



www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

42. ¿Qué tipo de células has utilizado en la actividad?

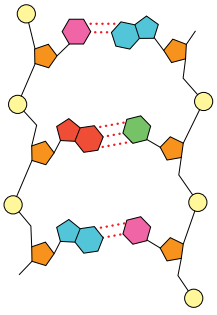
43. Has podido observar que la muestra de ADN que has obtenido tiene la forma de largas hebras blanquecinas. ¿Puedes sacar alguna conclusión de este hecho?

44. El detergente provoca la rotura de las membranas celulares. ¿Qué otras macromoléculas es necesario que el lavavajillas desnaturalice para que el ADN se desenrolle?

45. ¿Crees que la muestra que has conseguido es pura o está mezclada con alguna otra molécula?

Actividades

46. ● Observa la figura.



a) ¿Qué molécula representa?
b) ¿Qué monómeros forman la molécula?
c) ¿Qué moléculas constituyen dichos monómeros?
d) ¿Cuál es su importancia biológica?
e) ¿En qué lugar de la célula podemos encontrarla?

47. ● Copia la siguiente tabla en tu cuaderno y completa las diferencias entre ambos tipos de ácidos nucleicos.

		ADN	ARN
Composición química	Glúcido		
	Base nitrogenada		
	Grupo fosfato		
Estructura			
Función			

48. ●●● Los resultados del análisis de bases nitrogenadas que componen un determinado ácido nucleico de una especie animal son los siguiente: A (50 %), G (25 %), C (15 %).

a) ¿De qué tipo de ácido nucleico se trata? Justifica la respuesta.
b) ¿Cuál será la cuarta base nitrogenada que falta? ¿En qué proporción se encontrará en dicha especie?
c) ¿Qué glúcido formará parte de los nucleótidos de dicho ácido nucleico?

49. ●● La policía científica ha aislado un fragmento de una de las cadenas de ADN de un presunto criminal. Al analizar las proporciones de las bases nitrogenadas se encontró: A = 27 %, G = 35 %, C = 25 %, T = 13 %.

a) Determina las proporciones de bases de la cadena complementaria.
b) Calcula la proporción de cada base de ARN que se transcribiría del fragmento encontrado.

50. ● Señala las consecuencias que se derivan de que una determinada mutación se dé en un gameto o en una célula somática.

51. ●● En una investigación sobre el ADN de una especie animal se ha encontrado que del total de bases nitrogenadas un 30 % corresponde a adenina. ¿Cuáles son los porcentajes de las demás bases?

52. ●● En la figura aparecen representados esquemáticamente los pasos, orgánulos y moléculas implicados en la expresión de la información genética.

a) ¿Se trata de una célula procariota o eucariota?
b) ¿Qué moléculas representan las letras A, B, C y D?
c) ¿Qué señala la letra E?
d) ¿Qué procesos representan los números 1 y 2?

53. ●● Si se conociese la secuencia de aminoácidos de una proteína, ¿podríamos averiguar la secuencia de bases del ADN que la codifica? ¿Por qué?

54. ●● Un fragmento de ARNm eucariota presenta la siguiente secuencia:

... AUUACUGGCCAUUGGCUAUCA...

a) ¿Cuál es la secuencia de la hebra de ADN molde de la que se ha transcrito la información?
b) Consulta el código genético y señala la secuencia de aminoácidos que originaría la traducción del fragmento de ARNm.

55. ●●● Explica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

a) Varios tripletes distintos pueden codificar el mismo aminoácido.
b) Un mismo triplete puede codificar diferentes aminoácidos.
c) La secuencia del ARNt determina la secuencia de aminoácidos de la proteína.
d) Cada trío de aminoácidos forma un triplete o codón.

56. ● ¿Cómo es posible que a partir de veinte aminoácidos puedan sintetizarse millones de proteínas diferentes?

57. ● Una persona desarrolló un tipo de cáncer de piel debido a la exposición prolongada a los rayos UVA.

a) ¿Heredarán este tipo de mutación su hijos?
b) ¿Qué agente mutagénico ha provocado la mutación?

www.yoquieroaprobar.es

58. ●● **¿Contendrán una célula hepática y una célula epitelial del mismo individuo la misma información en su ADN?** ¿Sintetizan ambas células las mismas proteínas? Justifica las respuestas.

59. ●● **Existe una relación directa entre el consumo de tabaco y la incidencia de cáncer de pulmón.** ¿Qué explicación puedes dar a este hecho?

60. ●● Dado el siguiente fragmento de ADN:

... UUC UCA AUC CCU GAU AGU GGG...

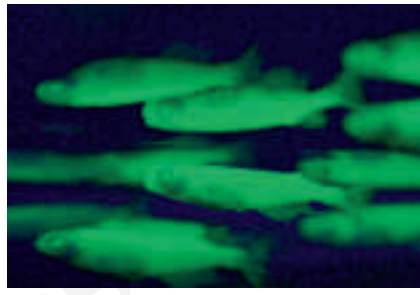
¿Qué ocurriría si se produjera una mutación en la que se cambiase la tercera base del cuarto triplete por C?

61. ● **¿Tiene una persona el mismo código genético que una bacteria?** ¿Y el mismo genoma?

62. ●●● **Todas las células de un organismo poseen la misma información genética.** ¿Cómo se puede entonces explicar que en el cuerpo de una persona haya más de cien tipos de células distintas?

63. ● **Señala una aplicación de la ingeniería genética a las industrias farmacéutica, alimentaria y biomédica.**

64. ●●● **Existen unos peces modificados mediante técnicas de ingeniería genética conocidos como «peces Frankenstein» que brillan en la oscuridad.** Estos peces son el resultado de modificar genéticamente el pez cebra al añadirle genes de medusa.



¿Qué pasos se han seguido en la obtención de estos peces?

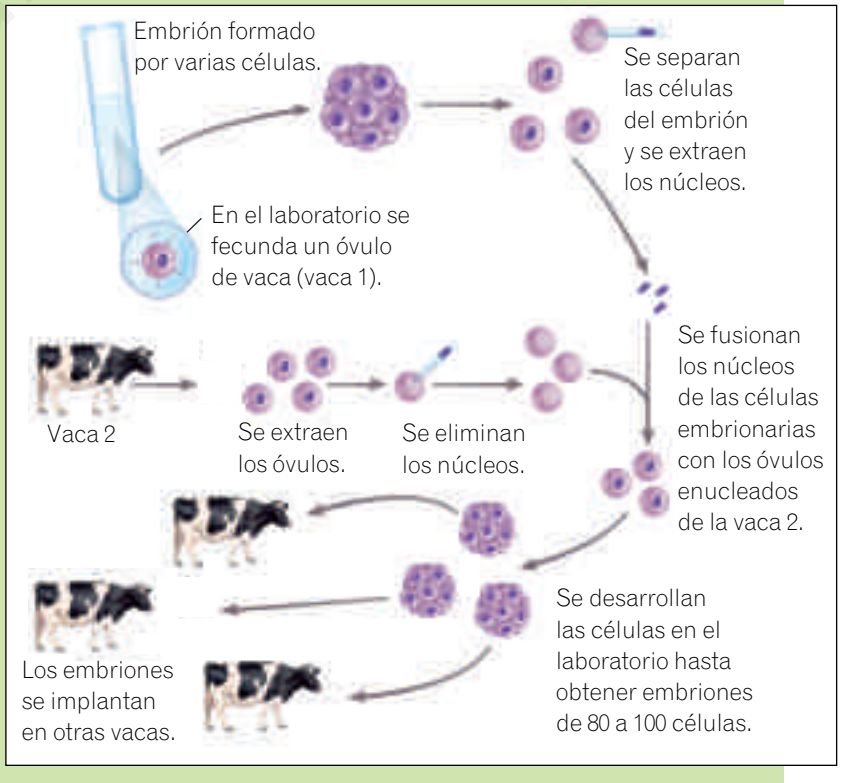
65. ●● **Desde el punto de vista ético propón un argumento a favor y otro en contra de la manipulación genética de seres vivos.**

66. ●● **Imagina que científicos de la NASA localizan en un lejano planeta fuera del Sistema Solar un organismo extraterrestre.** Al analizar su material genético encuentran que posee las mismas bases nitrogenadas que los organismos terrestres y que sus proteínas contienen hasta 64 tipos distintos de aminoácidos. ¿Qué diferencias podría haber entre el código genético del organismo extraterrestre y el nuestro?

UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

Clonar terneros

El esquema muestra una técnica utilizada en la clonación de terneros.



67. ● **¿Qué es un individuo clónico?**

68. ● **¿Por qué es necesario extraer el núcleo de las células embrionarias?**

69. ● **¿A qué vaca se parecerán los terneros?**

a) A la vaca 1.
b) A la vaca 2.
c) A la vaca en la que se implantó el embrión.

¿Serán idénticos a esa vaca? Razona la respuesta.

70. ● **¿Serán todos los terneros clonados del mismo sexo?**

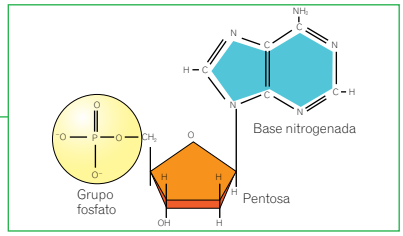
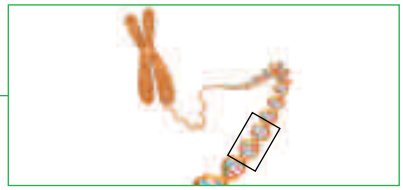
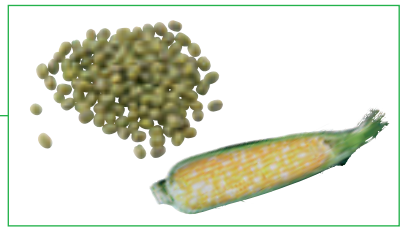
71. ● **¿Se puede saber de qué sexo serán?**

72. ● **Si se hubiera utilizado el núcleo de una célula somática de la vaca 1, en lugar de los núcleos de células embrionarias.** ¿A qué vaca serán idénticos los terneros resultantes? Explica la respuesta.

www.yoquieroaprobar.es

Resumen

LA INFORMACIÓN GENÉTICA

Ácidos nucleicos	Macromoléculas formadas por la unión de nucleótidos. Hay dos tipos de ácidos nucleicos: ADN y ARN. Un nucleótido se compone de: • Ácido fosfórico. • Glúcido. Puede ser ribosa o desoxirribosa. • Base nitrogenada. Puede ser: adenina (A), guanina (G), citosina (C), timina (T) o uracilo (U).	
ADN	Es la molécula portadora de la información genética. Está compuesto de dos cadenas de nucleótidos antiparalelas y complementarias enrolladas en espiral. Como pentosa tienen desoxirribosa y sus bases nitrogenadas son: A, G, C y T. El ADN tiene la capacidad de replicarse, permitiendo que su información se herede. La replicación es semiconservativa.	
ARN	Participa en la expresión de la información contenida en el ADN. Como pentosa posee ribosa y sus bases nitrogenadas son: A, G, C y U. Además del ARN presente en el núcleo, existen diferentes tipos de ARN que funcionan de manera coordinada: ARNm, ARNt, ARNr.	
Gen	Desde el punto de vista estructural. Fragmento de ADN localizado en un cromosoma que determina una característica del ser vivo. Desde el punto de vista funcional. Fragmento de ADN que lleva la información para fabricar una proteína. El conjunto de genes de un individuo se denomina genoma.	
Descodificación del mensaje genético	La información contenida en el ADN se descodifica para sintetizar proteínas. El proceso comprende dos fases: • Transcripción. Paso de la información genética contenida en el ADN al ARNm. • Traducción. El mensaje genético contenido en el ARNm se traduce para sintetizar una proteína utilizando un código genético universal.	
Mutaciones	Cambios aleatorios que se producen en el material genético de un individuo. Constituyen una fuente de variabilidad genética y un motor para la evolución de las especies. Se producen de forma natural o de forma inducida mediante agentes mutagénicos.	
Biotecnología	Conjunto de métodos y técnicas que utilizan los seres vivos, o productos provenientes de los mismos, con el fin de obtener productos útiles para las personas. La ingeniería genética es una herramienta de la biotecnología que utiliza la manipulación del ADN de un ser vivo para conseguir un determinado objetivo.	

ACTIVIDADES

73. Completa en tu cuaderno el resumen dibujando cómo tiene lugar el proceso de replicación.

74. ¿En qué lugar de la célula ocurre la transcripción? ¿Y la traducción?

75. Completa en tu cuaderno el esquema señalando en qué consiste el Proyecto Genoma Humano.

www.yotuelopaaprobar.es

Sangre de una piedra

Está usted en su laboratorio, examinando un trozo de ámbar del tamaño de una nuez. Si eleva el ámbar a contraluz, puede ver claramente un mosquito en su interior. Es un mosquito de 85 millones de años. No sabe si alguna vez chupó sangre de dinosaurio, pero podría ser que sí. Y, desde luego, no sabe si bebió sangre de dinosaurio, pero podría ser que sí.

¿Y ahora qué? Hay que sacar el insecto del ámbar o, por lo menos, extraer el contenido de su estómago. ¿Hace añicos el ámbar con un martillo? ¿Lo corta en dos? ¿Lo deshace en un disolvente químico? ¿Lo funde?

En la película de presentación que se exhibe en el centro de visitantes del Parque Jurásico, vemos que perforan un pequeño agujero en el ámbar que encierra un mosquito antiguo. Insertan una aguja y, con una jeringuilla, extraen algo –no sabemos con seguridad qué es, todavía– del estómago del insecto. Sencillo, ¿no? Pero quizá no sea buena idea.

Cualquier trozo de ámbar, por puro y translúcido que sea, contiene un montón de fragmentos microscópicos del pasado: polen, mosquitos, gusanos nematodos, pedazos de ramitas y pétalos. Todas estas cosas tienen su propio ADN y, si se perfora un orificio a través del ámbar y se inserta una aguja, se puede recoger ADN de numerosas formas de vida que no tienen nada que ver con los dinosaurios. Uno de los aspectos más difíciles de su tarea es asegurarse de que tiene fragmentos de ADN de dinosaurio y no de una flor o un gusano del Cretácico, o incluso de usted mismo. Por no mencionar que el insecto tiene su ADN y, si hace una pequeña perforación hasta su estómago, no puede evitar atravesar su piel y sus músculos.

Serrar el ámbar por la mitad es una idea mejor, pero hay que planearlo con cuidado. Cuando el caparazón de ámbar se parte, el insecto queda expuesto al mundo moderno y a todos los tipos de ADN que flotan en el aire: de virus y bacterias, de trozos de piel e insectos; quizá del atún del emparedado que acaba usted de comerse (ha caído un pedacito en la manga de su camisa). Con paciencia, recorta una circunferencia en la pieza, con una pequeña sierra circular inserta en una herramienta de joyero, el tipo de herramienta que utilizan las personas que fabrican adornos de ámbar. Tiene cuidado de no llegar al propio mosquito. Solo quiere cortar lo suficiente para romper el ámbar, pero sin llegar a cortar el insecto porque entonces podría entrar la contaminación de todo tipo. Después puede lavar el pedazo con alcohol para eliminar el polvo y la suciedad, y, sobre todo, el contenido que pueda haber de ADN procedente de cualquier otra cosa que encerrara el ámbar.

Ahora puede abrirlo. Pero tiene que hacerlo en un lugar donde esté absolutamente eliminada la contaminación de ADN y donde el del interior del insecto esté a salvo.

Se hace de esta manera…

ROB DE SALLE y DAVID LINDEY,
Cómo fabricar un dinosaurio.
Alianza Editorial

COMPRENDO LO QUE LEO

76. ¿Qué tipos de ADN podemos encontrar en el interior de un trozo de ámbar?

77. ¿Para qué se quería llegar al estómago del mosquito?

78. Selecciona la idea que resume el texto:

a) En el ámbar puede haber mosquitos que vivieron hace 85 millones de años.
b) El texto describe el procedimiento más adecuado para acceder al contenido del estómago del mosquito.
c) El mosquito puede tener en su estómago sangre de dinosaurio que chupó hace millones de años.
d) El autor del texto destaca la importancia que tiene el estudio del ADN de los dinosaurios.

79. ¿Por qué en los laboratorios médicos donde se analizan muestras de ADN se han de tener unas condiciones muy asépticas?

80. ¿Critica el autor el procedimiento utilizado en el centro de visitantes del Parque Jurásico para extraer sangre del estómago de un mosquito que vivió hace millones de años?

NO TE LO PIERDAS

Libros:

Genoma
MATT RIDLEY. Ed. Taurus
Narra la historia de nuestra especie y sus antepasados tomando el genoma como punto de partida.

La doble helice
JAMES D, WATSON.
Alianza Editorial. Colección: ct-ciencia y técnica
Relato personal del descubrimiento de la estructura del ADN.

En la pantalla:

Genética: Más allá de la doble hélice
Biología-Ciencias de la Vida. The Open University.

En la red:

www.biologia.arizona.edu/human/activities/blackett/introduction.html
Actividades para aprender conceptos y técnicas relacionadas con el análisis de ADN.

3

Herencia y transmisión de caracteres

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Comprenderás los procesos de reproducción asexual y sexual.
- Entenderás el método científico utilizado por Mendel, así como sus experimentos y las leyes de la herencia.
- Conocerás el significado de la terminología genética.
- Distinguirás entre herencia dominante, intermedia y codominante.
- Comprenderás la forma en que se heredan algunos caracteres humanos.
- Diferenciarás entre herencia del sexo y herencia ligada al sexo.
- Estudiarás la herencia de algunas enfermedades ligadas al sexo en las personas.
- Resolverás problemas de herencia de caracteres.
- Realizarás una investigación similar a la de Mendel.

Flores púrpura de la planta del guisante *(Pisum sativum).*

www.yoquieroa

Gregor Mendel.

Gregor Johann Mendel (1822-1884) es considerado el padre de la genética moderna. A partir de sus experimentos desarrolló una teoría de la herencia mucho antes de que se descubrieran los cromosomas y se comprendiera su comportamiento.

Mendel vivió una infancia humilde en una aldea de la actual República Checa. A los 21 años ingresó en un monasterio agustino en la ciudad de Brünn. En 1857 comenzó sus famosos experimentos con la planta del guisante en un pequeño jardín. Mendel proyectó cuidadosamente cada experimento con el fin de descubrir la forma en la que se transmitían los caracteres heredables.

En 1866 publicó los resultados de su experimentación en la revista de la Sociedad de Ciencias Naturales de Brünn. Teniendo en cuenta que en ese momento se carecía de conocimientos acerca de la naturaleza del ADN y de los genes, sus trabajos obtuvieron poca repercusión científica. Murió en 1884 sin ver reconocida la importancia de sus estudios.

En 1900 Hugo de Vries, Carl Correns y Erich von Tschermak redescubrieron los trabajos de Mendel y dieron su nombre a las leyes fundamentales de la herencia.

RECUERDA Y CONTESTA

1. Señala algunos rasgos físicos que se repiten entre los miembros de tu familia.
2. ¿Dónde se encuentran los genes? ¿Cómo se transmiten?
3. ¿Quién es considerado el padre de la genética?
4. ¿Qué es un carácter hereditario?
5. ¿Cuántos grupos sanguíneos conoces? ¿Cuál es el grupo más demandado en los bancos de sangre?

Busca la respuesta

¿Por qué algunas enfermedades hereditarias son más frecuentes en hombres que en mujeres?

1 La reproducción

La supervivencia de las especies requiere que nazcan individuos nuevos que reemplacen a los que mueren.

Mediante la reproducción los organismos dan lugar a descendientes semejantes a ellos mismos. Esto garantiza la supervivencia de las distintas especies.

En todo proceso de reproducción existen uno o varios progenitores, que dan origen a uno o varios descendientes a los que se transmite la información genética.

Existen dos tipos de reproducción: la **asexual** y la **sexual**.

Reproducción asexual

En la reproducción asexual interviene **un único progenitor** que da lugar a copias exactas de sí mismo. La descendencia contiene la misma información genética que el progenitor.

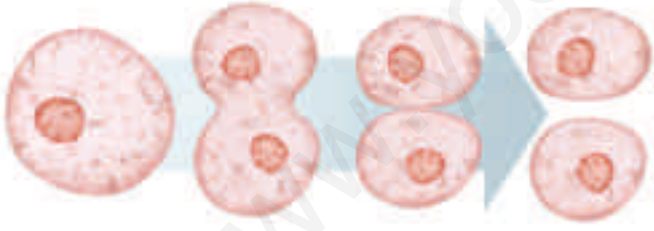
La reproducción asexual no precisa de gametos. Los descendientes pueden surgir de la división del organismo progenitor o de la división de una sola de sus células.

Los protozoos, las algas y los hongos se reproducen asexualmente. Algunos animales y plantas también utilizan este tipo de reproducción como alternativa a la sexual.

Modalidades de reproducción asexual

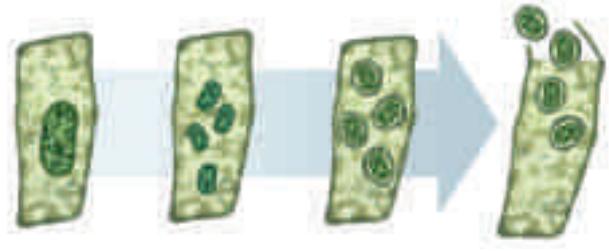
Bipartición

Consiste en la división de la célula madre en dos células hijas, que posteriormente crecen hasta formar individuos adultos. Este tipo de reproducción se da en organismos unicelulares, como bacterias y protozoos.



Esporulación

Se produce por sucesivas divisiones del núcleo de la célula madre. Cada nuevo núcleo se rodea de citoplasma y de una membrana originando una **espora** que dará lugar a un nuevo individuo. Es característica de hongos, algas, musgos y helechos.



Gemación

Consiste en la formación de una protuberancia o **yema**. Esta yema, formada por una masa de células que se reproducen por mitosis, se separa posteriormente y crece hasta desarrollar un nuevo individuo. Se da, por ejemplo, en la hidra de agua dulce.

Las yemas también pueden quedar unidas al progenitor originando una **colonia**, como ocurre en los corales.

Escisión o fragmentación

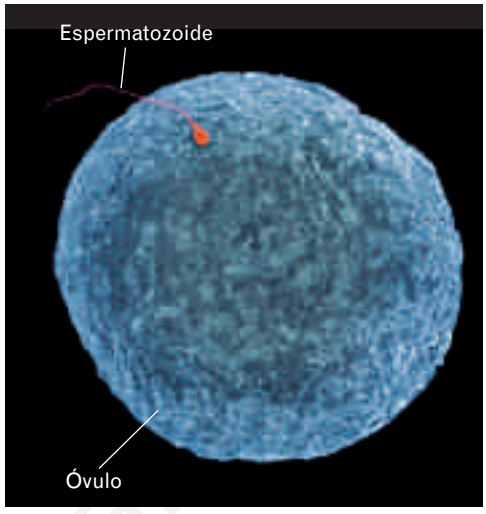
Consiste en la división del progenitor en dos o más fragmentos, cada uno de los cuales generará un individuo completo. Se da en algunas algas, en celentéreos, como la anémona, y en gusanos, como la planaria.

Algunos animales, como la estrella de mar, utilizan este mecanismo para regenerar partes perdidas de su cuerpo.

www.yoquieroaprobar.es

Reproducción sexual

En la reproducción sexual generalmente participan **dos progenitores**, que aportan una o más células especializadas llamadas **gametos**. Este tipo de reproducción origina descendientes que presentan caracteres heredados de ambos progenitores.



Los gametos son células **haploides**, que se forman por meiosis a partir de células diploides. Durante la meiosis tiene lugar el proceso de recombinación, gracias al cual la información genética de cada gameto es distinta a la del resto y diferente también a la de la célula progenitora.

La mayoría de las especies que se reproducen sexualmente presentan dos tipos de gametos:

- **Gameto femenino.** Denominado **óvulo** en los animales y **oosfera** en las plantas. Es el de mayor tamaño e inmóvil.
- **Gameto masculino.** Llamado **espermatozoide** en los animales y **anterozoide** en las plantas. Es el de menor tamaño y móvil.

Individuos y sexo

En los organismos superiores los gametos se forman en órganos especializados, denominados **gónadas** en los animales y **gametangios** en las plantas.

En los animales las gónadas masculinas son los **testículos**, y las femeninas, los **ovarios**.

Dependiendo de los tipos de gónadas que presenten los individuos, las especies pueden ser:

- **Unisexuales** o **dioicas.** Estas especies tienen dos tipos de individuos, uno con gónadas masculinas y otro con gónadas femeninas.

  En algunas ocasiones los machos y las hembras de estas especies presentan ciertos rasgos morfológicos que los hacen diferentes. Este conjunto de características se denomina **dimorfismo sexual**.

Los leones marinos son una especie unisexual que presenta un claro dimorfismo sexual.

- **Hermafroditas** o **monoicas.** En estas especies los individuos poseen los dos tipos de gónadas, pudiendo producir tanto gametos masculinos como femeninos.

Durante la **fecundación** se produce la unión de los gametos masculino y femenino originando una **célula huevo** o **cigoto** diploide. El cigoto, tras su multiplicación y desarrollo, dará lugar a un nuevo individuo.

En algunas especies, como las abejas, puede surgir un individuo nuevo a partir de un óvulo sin fecundar. Este fenómeno se conoce como **partenogénesis**.

Aunque los caracoles son hermafroditas, es necesaria la unión de dos individuos para que tenga lugar la fecundación.

ACTIVIDADES

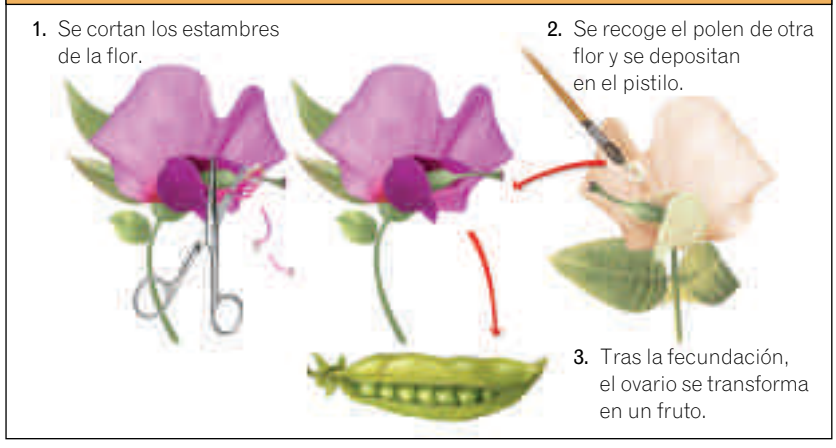
1. ¿Por qué crees que la reproducción asexual está más extendida en las plantas que en los animales?
2. ¿Cuáles crees que son las ventajas y las desventajas de ambos tipos de reproducción?

www.yoquieroaprobar.es

2 Las experiencias de Mendel

En la segunda mitad del siglo XIX, el monje **Gregor Mendel** programó una serie de experimentos que le llevaron a descubrir los principios básicos que rigen la transmisión de los caracteres hereditarios.

Fecundación cruzada artificial



Para realizar sus experimentos, Mendel eligió el guisante de olor (*Pisum sativum*). Esta planta resultó ser el material adecuado por varias razones:

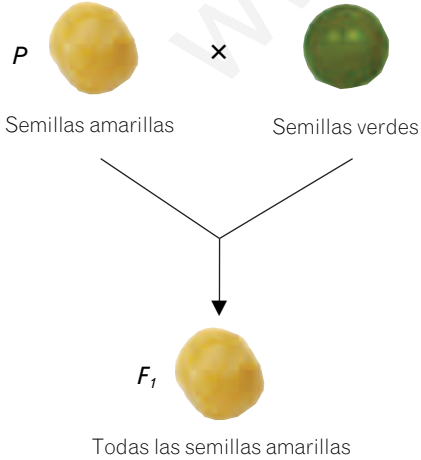
- Es una planta fácil de cultivar y de crecimiento rápido, por lo que en poco tiempo se obtienen varias generaciones.
- Presenta variedades con características fácilmente observables, como el color de la semilla, la forma de las vainas, la posición de las flores, etc.
- Los guisantes se pueden autopolinizar, pero también son fáciles de fecundar de manera artificial por fecundación cruzada.

Además, Mendel utilizó un método innovador para su época.

- Seleccionó para su estudio **siete caracteres**, y en cada cruzamiento se fijó solo en uno o dos a la vez. Eran caracteres que variaban de forma completa, por ejemplo, las semillas son verdes o amarillas, lisas o rugosas. Esto le permitió obtener resultados fáciles de identificar.
- Utilizó **líneas puras.** Las plantas que son líneas puras, al autopolinizarse, producen una descendencia igual, de la misma variedad, que se mantiene generación tras generación.
- Estudió la descendencia a lo largo de **varias generaciones**, no fijándose solo en la primera. De esta manera pudo observar la transmisión de los caracteres elegidos a lo largo del tiempo.
- Analizó los datos resultantes de los cruzamientos de manera **cuantitativa**. Obtuvo así proporciones numéricas fáciles de interpretar.

Primer grupo de experimentos

Cruce de líneas puras para un carácter



Mendel comenzó sus experimentos estudiando la **transmisión de un único carácter** entre la generación parental (*P*) y sus descendientes.

Para ello fecundó, de manera artificial, dos líneas puras que diferían únicamente en el color de la semilla, que podía ser amarilla o verde.

Obtuvo una descendencia de plantas híbridas en las que todas presentaban semillas amarillas. A esta primera descendencia la llamó primera generación filial (F_1). El otro carácter, el color verde, había desaparecido en esta generación.

Repitió el experimento para los siete caracteres que había seleccionado, encontrando, en todos los casos, que de los dos caracteres alternativos paternos, solo uno aparecía en todos los individuos de la F_1.

A este carácter lo llamó **dominante**. Al carácter que no aparecía en la descendencia lo denomino **recesivo**.

www.yoquieroaprobar.es

Segundo grupo de experimentos

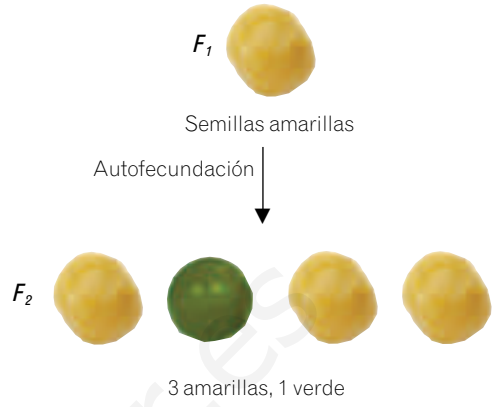
Para continuar sus experimentos, Mendel dejó que se produjera la **autofecundación de los híbridos de la F_1** obtenidos en los cruces anteriores entre líneas puras de guisantes con semillas amarillas y semillas verdes.

Al estudiar la descendencia de esta segunda generación filial (F_2), observó que de cada 4 semillas producidas en cada planta, 3 eran amarillas y 1 verde. El carácter recesivo que había quedado enmascarado en la F_1, reaparecía en la segunda generación filial.

Repitió el experimento con el resto de caracteres elegidos, encontrando resultados similares en todos los casos, siempre en una proporción cercana a **3:1**.

Para explicar los resultados, Mendel propuso que cada carácter estaba determinado por dos **factores hereditarios**, cada uno proveniente de un progenitor. Por tanto, lo que se hereda no son los caracteres, sino los factores que los determinan y que se pueden manifestar o no en la descendencia.

Autofecundación de los híbridos



Tercer grupo de experimentos

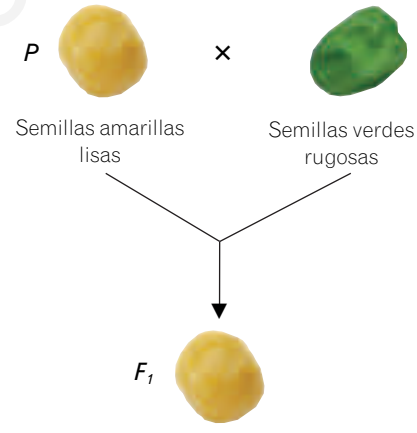
Tras comprobar los resultados del cruce entre líneas puras que diferían solo en un carácter, Mendel se propuso investigar si las conclusiones obtenidas en los experimentos anteriores se cumplían cuando se estudiaban simultáneamente dos caracteres. Para ello **cruzó dos líneas puras de guisantes para dos caracteres**, una con semillas lisas de color amarillo y otra con semillas rugosas de color verde.

El resultado fue una primera generación filial (F_1) uniforme, en la que todos los descendientes tenían semillas amarillas lisas, tal como cabía esperar por sus experimentos anteriores. Así comprobó que se cumplían los resultados obtenidos en su primer grupo de experimentos.

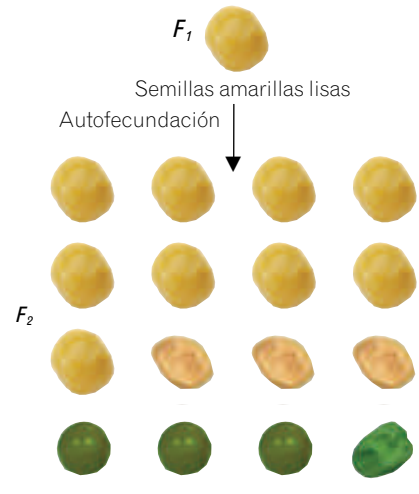
Seguidamente dejó que se autofecundaran los híbridos obtenidos en la F_1, y obtuvo una segunda generación filial (F_2) en la que aparecían plantas que presentaban todas las combinaciones posibles y siempre en la misma proporción. De cada 16 semillas, 9 eran amarillas y lisas, 3 amarillas y rugosas, 3 verdes y lisas y 1 verde y rugosa. La proporción que obtenía era **9:3:3:1**.

De nuevo realizó los experimentos con plantas que se diferenciaban en otros dos caracteres (por ejemplo, flores de color púrpura y tallo alto con flores de color blanco y de tallo enano). En todos los cruces obtuvo la misma proporción en los resultados, 9:3:3:1. Esto hizo pensar a Mendel que **cada factor se hereda de forma independiente** de los demás y puede combinarse con los otros originando combinaciones de caracteres que no estaban presentes en la generación parental.

Cruce de líneas puras para dos caracteres



Autofecundación de los dihíbridos



ACTIVIDADES

3. ¿A qué denominó Mendel factores hereditarios? ¿Qué es un carácter recesivo? ¿Y uno dominante?

4. Imagina que quieres estudiar la transmisión de un carácter concreto en una especie vegetal de la misma forma que hizo Mendel. ¿Qué experimentos llevarías a cabo?

www.yoquieroaprobar.es

3 La genética. Conceptos clave

Con sus experimentos, Mendel demostró que los caracteres hereditarios estaban determinados por factores independientes, que se transmitían de generación en generación. Estos factores hereditarios que Mendel llamó ***Elemente*** fueron después denominados **genes**.

En 1866 Mendel dio las primeras explicaciones científicas para comprender el fenómeno de la herencia. Así nacía una nueva ciencia, la **genética**.

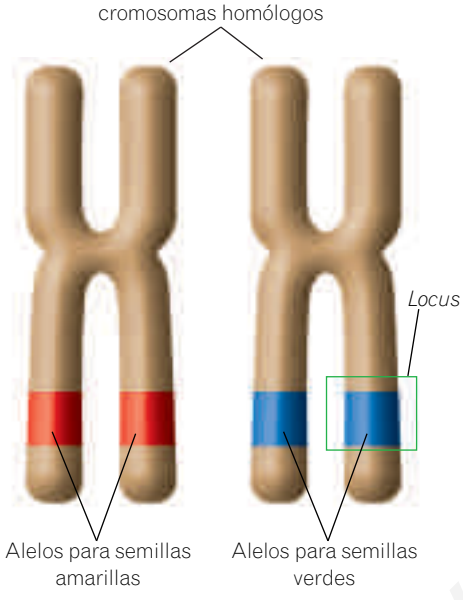
La genética es la ciencia que se encarga del estudio de los mecanismos de la herencia y las leyes por las que estos se rigen.

Genes y localización

Muchos de los caracteres de un individuo están controlados por factores hereditarios denominados **genes**.

Hoy sabemos que un gen es un fragmento de ADN que contiene la información necesaria para determinar un carácter hereditario.

Normalmente, en los organismos diploides cada carácter viene determinado por una pareja de genes, cada uno de ellos aportado por un progenitor. Dichos genes se sitúan siempre en el mismo lugar en cada uno de los cromosomas que forma la pareja de homólogos.



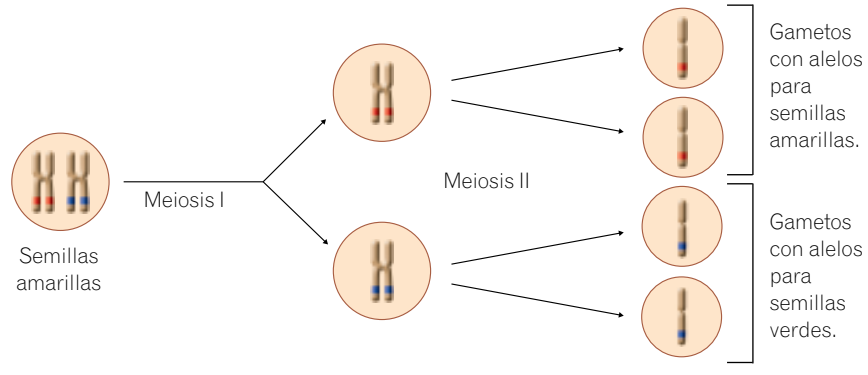
La posición fija que ocupa un gen sobre un cromosoma se denomina *locus* (*loci* en plural).

Como ocurre con el color de las semillas del guisante, que pueden ser amarillas o verdes, muchos de los caracteres se presentan en dos o más alternativas o estados distintos.

A las diversas alternativas que puede presentar un gen que controla un determinado carácter se las denomina alelos.

Los **alelos** de un gen están situados exactamente en el mismo lugar en los dos cromosomas homólogos. Cuando se forman los gametos, los cromosomas de cada pareja de homólogos se reparten, de forma que cada gameto tiene un solo alelo para cada carácter.

Tras la fecundación, los alelos de cada gameto se unen en el cigoto.



ACTIVIDADES

5. Define y diferencia entre *locus* y alelo.

www.yoquieroaprobar.es

Individuos homocigóticos y heterocigóticos

En genética se suelen utilizar letras para representar los genes (una para cada uno de los alelos). Así, se emplean las letras A o a, para designar un carácter, B o b para otro, etc.

Cuando en un individuo los alelos de un gen son idénticos entre sí, se dice que están en homocigosis y que el individuo es homocigótico o raza pura para ese carácter.

Un individuo homocigoto para un carácter se representa con una pareja de letras, mayúsculas o minúsculas: AA, aa, BB, bb, etc.

Cuando en un individuo los alelos de un gen son diferentes, se dice que están en heterocigosis y el individuo se denomina heterocigoto o híbrido para ese carácter.

Un individuo heterocigoto para un carácter se representa con dos letras diferentes, una mayúscula y otra minúscula, por ejemplo: Aa, Bb, etc.

Cuando un organismo es heterocigoto o híbrido para un solo carácter, se denomina **monohíbrido** (Aa); si lo es para dos, **dihíbrido** (AaBb); para tres, **trihíbrido** (AaBbCc), y si se diferencia en más de tres caracteres, **polihíbrido**.

Genes dominantes y recesivos

En los individuos heterocigotos respecto a un carácter, el carácter que manifiesten dependerá de los alelos que porten.

Cuando uno de los alelos es el que se manifiesta, se dice que es el alelo dominante. El alelo que no se manifiesta se denomina alelo recesivo.

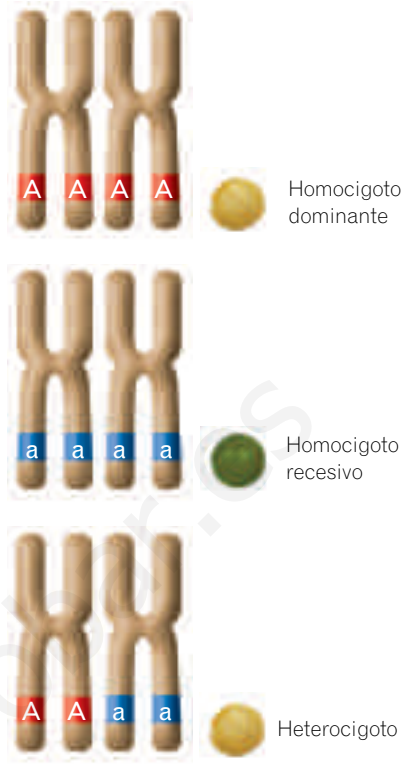
Una letra mayúscula (A) indica que el alelo es dominante, y una letra minúscula (a), que es recesivo. En los guisantes, por ejemplo, el color amarillo de las semillas (A) domina sobre el color verde (a), por lo que las semillas amarillas puede tener los alelos AA o Aa, mientras que las semillas verdes serán siempre aa.

Genotipo y fenotipo

El genotipo es el conjunto de genes que posee un individuo y que ha heredado de sus progenitores.
El fenotipo es el conjunto de caracteres que manifiesta un organismo.

El genotipo es, en gran parte, responsable del fenotipo de cada individuo y permanece constante a lo largo de la vida.

El fenotipo de un individuo es el resultado de la información de los genes y la intervención del ambiente, por lo que puede variar a lo largo de la vida de un individuo.



Genotipo	Fenotipo
AA Homogocito dominante	Amarillo
aa Homogocito recesivo	Verde
Aa Heterocigoto	Amarillo

ACTIVIDADES

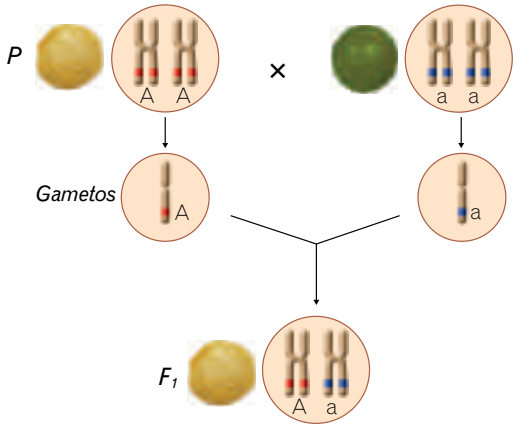
6. Cuando observamos el parecido de un bebé con sus padres, ¿nos fijamos en el genotipo o en el fenotipo?
7. ¿Qué genotipo tendrá un dihíbrido? ¿Y un trihíbrido?
8. ¿Pueden dos individuos con distinto fenotipo mostrar el mismo genotipo?
9. ¿Puede un individuo heterocigoto para un carácter mostrar el mismo fenotipo que uno homocigoto?

www.yoquieroaprobar.es

4 Interpretación de los experimentos de Mendel

Con los conocimientos de genética que se tienen en la actualidad, las experiencias de Mendel pueden ser resumidas en tres leyes.

Primera ley. Cruce de homocigotos para un solo carácter



Todas las semillas amarillas

En su primer experimento Mendel cruzó dos individuos homocigotos para el carácter color de la semilla.

Al cruzar un individuo homocigoto dominante (**AA**) de semillas amarillas con otro homocigoto recesivo (**aa**) de semillas verdes, se origina una F_1 formada por individuos heterocigóticos (**Aa**) que tienen semillas de color amarillo.

La planta **AA** produce gametos que llevan el alelo **A**. Los gametos de la planta **aa** llevan el alelo **a**. El cigoto resultante de la unión de ambos gametos dará lugar a un individuo heterocigoto (**Aa**) para ese carácter.

Estos resultados se recogen en la **primera ley de Mendel** o **ley de la uniformidad de los híbridos de la primera generación filial (F_1)**.

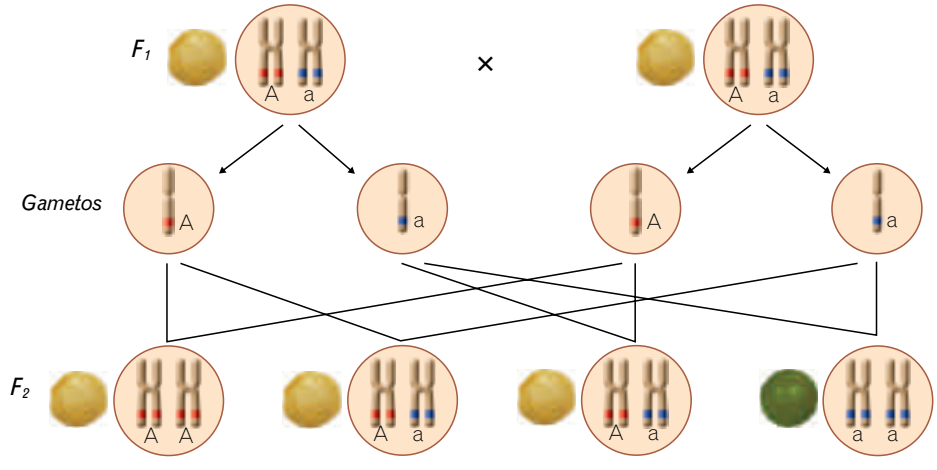
> Cuando se cruzan dos líneas puras que se diferencian en un carácter, la descendencia es uniforme.

Segunda ley. Cruce de híbridos para un solo carácter

En el segundo grupo de experimentos Mendel dejó que se autofecundaran individuos obtenidos en la F_1, todos ellos heterocigóticos (**Aa**) de fenotipo amarillo. Cada individuo da lugar a dos tipos de gametos, unos llevan el alelo **A**, y otros, el alelo **a**. Tras la fecundación se origina una F_2 con nuevas combinaciones que no aparecían en la F_1, en una proporción en la que aparece un alelo recesivo por cada tres dominantes (3:1).

Los resultados se recogen en la **segunda ley** o **ley de la segregación de los caracteres en la F_2.**

> Al cruzar los híbridos de la primera generación, los alelos se separan y se distribuyen en los gametos de manera independiente.



3 semillas amarillas, 1 verde

www.yoquieroaprobar.es

Tercera ley. Herencia de dos caracteres

En el tercer grupo de experimentos Mendel eligió progenitores homocigóticos que diferían en dos caracteres: color y aspecto de la semilla. La generación parental tenía los siguientes genotipos: AALL (amarillo liso) y aall (verde rugoso). Ambos progenitores producen un solo tipo de gametos que contienen un gen de cada par de alelos: AL y al, respectivamente.

La unión de los gametos AL y al genera una F_1 uniforme, de individuos dihíbridos de genotipo AaLl y fenotipo amarillo liso.

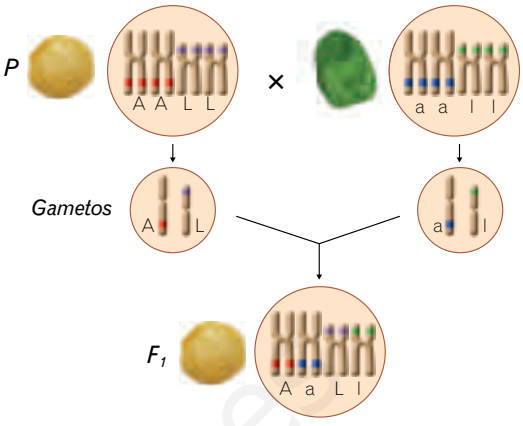
Los individuos de la F_1, tras la meiosis, originan cuatro tipos de gametos diferentes: AL, Al, aL y al.

Tras la autofecundación de los individuos de la F_1, debido a las diferentes combinaciones de alelos, se obtienen dieciséis combinaciones genotípicas posibles, y cuatro fenotipos distintos, que están en la proporción 9:3:3:1.

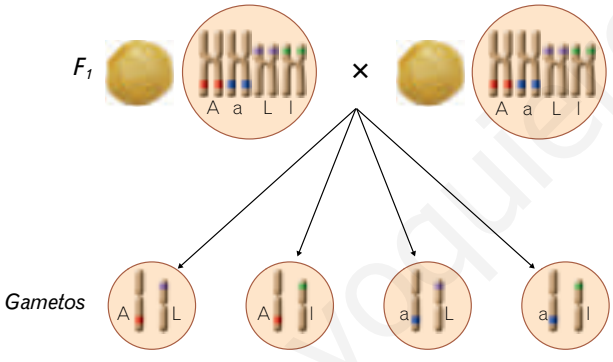
De estos resultados se obtiene una primera conclusión: los dos caracteres se comportan independientemente cuando se forman los gametos y se pueden combinar de manera aleatoria de todas las formas posibles.

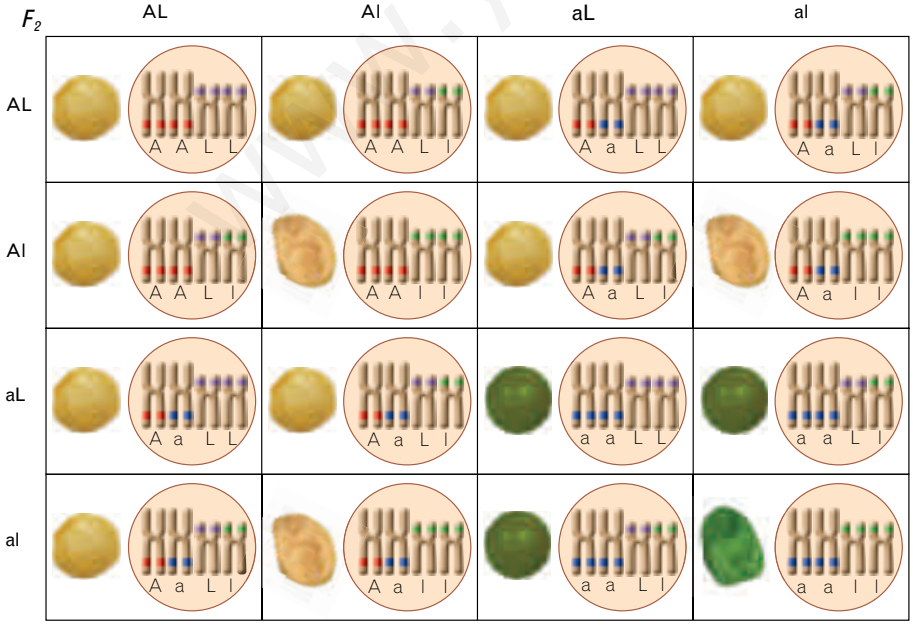
Basándose en estos experimentos se deduce la **tercera ley de Mendel** o **ley de la independencia de los caracteres**.

Los distintos alelos se heredan independientemente unos de otros y se combinan al azar en la descendencia.



Todas las semillas amarillas lisas





9 amarillas lisas, 3 amarillas rugosas, 3 verdes lisas, 1 verde rugosa

ACTIVIDADES

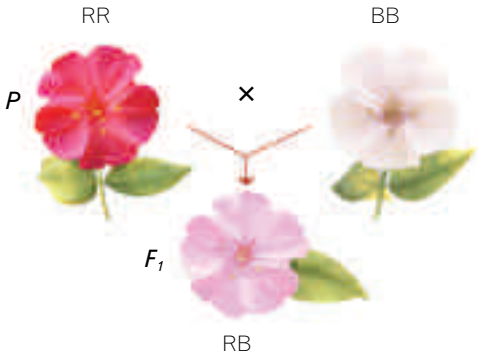
10. ¿Por qué se enuncia la primera ley de Mendel también como ley de la uniformidad de los caracteres?

11. ¿Por qué son híbridos los descendientes del cruce de dos razas puras?

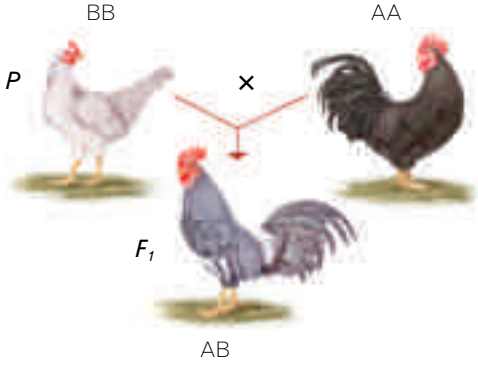
12. ¿Cómo se explica que en la segunda generación aparezcan los fenotipos de la generación parental?

www.yoquieroaprobar.es

Herencia intermedia



Codominancia



ACTIVIDADES

13. ¿Cuál será la descendencia entre un gallo y una gallina de raza andaluza, ambos heterocigóticos de color gris azulado? ¿Se cumplen las proporciones de la segunda ley de Mendel? ¿Por qué?

5 La herencia intermedia y la codominancia

Las experiencias realizadas por Mendel con la planta del guisante son un caso de **herencia dominante** absoluta, en la que los híbridos muestran el fenotipo del alelo dominante, quedando el recesivo enmascarado.

Sin embargo, a veces, un alelo no domina sobre el otro, y ambos se expresan por igual en el heterocigoto.

Herencia intermedia

Ocurre cuando ambos alelos expresan por igual su información. El resultado es un híbrido o heterocigoto con un fenotipo que presenta características intermedias entre ambos progenitores.

Es el caso de la herencia del color de las flores del dondiego de noche que posee dos variedades puras: una de flores rojas y otra de flores blancas.

El cruce entre variedades homocigóticas (RR), con flores de color rojo y variedades homocigóticas (BB), con flores de color blanco, origina una F_1 uniforme de individuos híbridos (RB), con flores de color rosado.

En este caso se cumple la primera ley de Mendel, pues todas las plantas de la F_1, aunque muestran un fenotipo intermedio, son iguales entre sí.

Si dejamos que se crucen entre sí los individuos RB de la F_1, se obtiene una F_2 de plantas con flores rojas, rosas y blancas, en la proporción 1:2:1, respectivamente. Por tanto, también en este caso se manifiestan los alelos para el color rojo y blanco que habían quedado ocultos en la F_1.

Codominancia

Ocurre cuando los dos alelos se manifiestan simultáneamente. Los heterocigotos presentan rasgos de los dos progenitores.

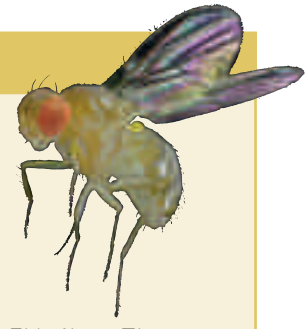
Un ejemplo de codominancia es el de los gallos y gallinas de la variedad andaluza. Los descendientes de un cruzamiento entre un individuo homocigótico (AA), de plumas negras, y otro homocigótico (BB), de plumas blancas, son heterocigotos (AB) de plumaje gris azulado.

EN PROFUNDIDAD

Genes ligados

Muchos investigadores suelen decir que Mendel tuvo «mucha suerte» en la elección de los caracteres que estudió, ya que los genes que los controlan están en cromosomas diferentes.

Los genes que se encuentran en distintos cromosomas se heredan de forma independiente. Sin embargo, existen muchos más caracteres que cromosomas, por lo que algunos genes se hallan en el mismo cromosoma. A los genes que aparecen juntos en el mismo cromosoma se los denomina **genes ligados**, y generalmente se transmiten juntos a la descendencia. En este caso no se cumple la tercera ley de Mendel.



El biólogo Thomas Morgan descubrió los genes ligados a partir de sus experiencias con la mosca del vinagre.

www.yoquieroaprobar.es

6 Los árboles genealógicos

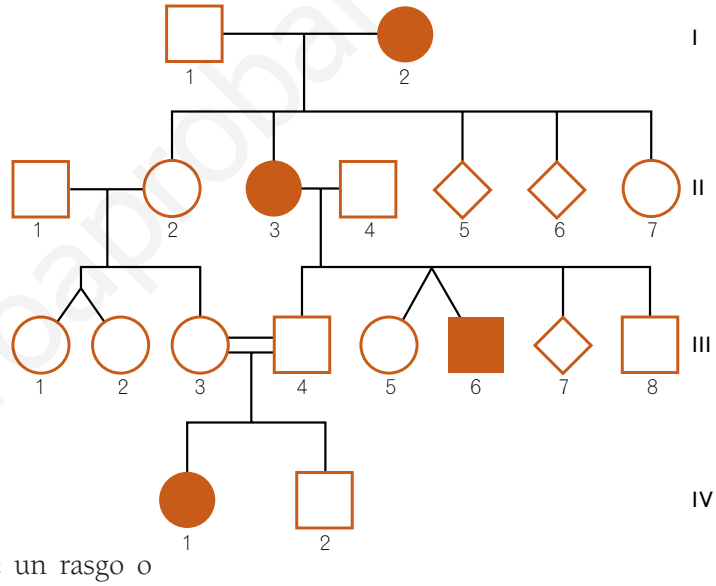
Los **árboles genealógicos** o **pedigríes** permiten estudiar la transmisión de un determinado carácter a través de varias generaciones de individuos emparentados entre sí. Esto permite realizar estudios genéticos cuando no se puede experimentar, como ocurre por ejemplo con las personas.

Con los árboles genealógicos se puede determinar, entre otras cosas, si ciertas enfermedades que aparecen en algunas familias son de carácter hereditario, y si el alelo que las produce es dominante o recesivo.

También se puede llegar a saber si los descendientes de una pareja tienen el riesgo de padecer ciertas enfermedades hereditarias.

Para la elaboración de los árboles genealógicos se utiliza una simbología concreta:

- Los círculos representan a las mujeres, y los cuadrados a los hombres. Un rombo representa un aborto.
- Los matrimonios se indican mediante una línea horizontal, y los hijos, por líneas que parten del trazo horizontal. Si el matrimonio es consanguíneo, se indica con una doble línea. Los hijos de una misma pareja se disponen de izquierda a derecha según el orden de nacimiento.
- Las diferentes generaciones se representan con líneas horizontales y se indican al margen mediante números romanos. Para distinguir a las personas que pertenecen a la misma generación se numeran de izquierda a derecha con números arábigos.
- Los hermanos gemelos salen de un mismo punto, con un trazo único que posteriormente diverge si son monocigóticos, o con dos trazos si son dicigóticos.
- Con sombreado se representan las personas afectadas de un rasgo o malformación. Los individuos portadores pero que no muestran la enfermedad se indican sombreando solo la mitad izquierda del círculo o del cuadrado.



ACTIVIDADES

14. ¿Qué diferencias existen entre la herencia intermedia y la codominancia?

15. Busca en los *conceptos clave* el significado de «consanguinidad».

EN PROFUNDIDAD

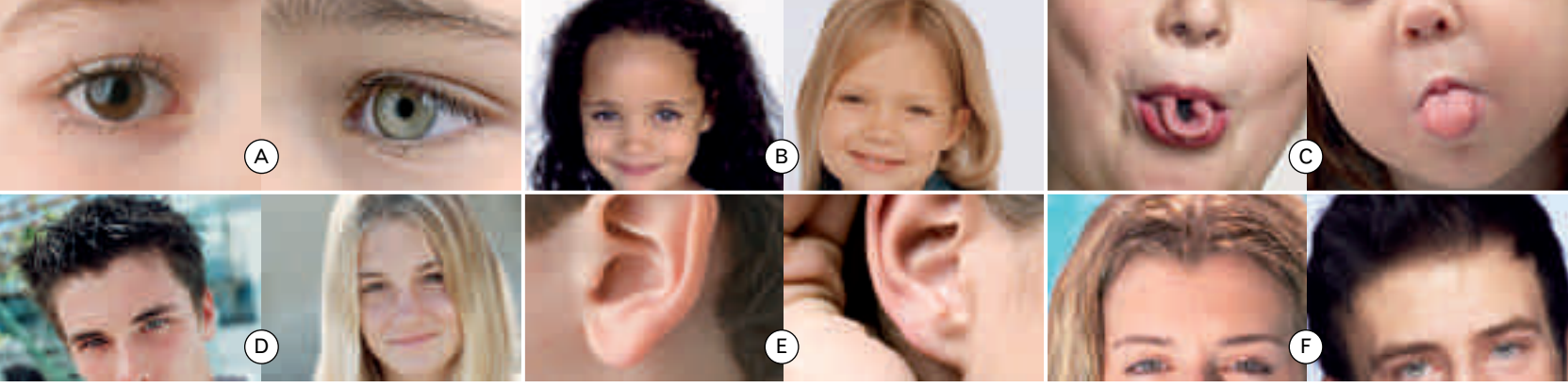
Gemelos y mellizos

Se denominan así a los hermanos nacidos en el mismo parto. La diferencia entre gemelos y mellizos se encuentra en el momento de la fecundación.

Los verdaderos gemelos, llamados **gemelos monocigóticos** o univitelinos, provienen de la fecundación de un óvulo por un espermatozoide. El cigoto posteriormente se divide en dos, desarrollándose dos fetos, que tienen el mismo material genético y por tanto son del mismo sexo.

Los mellizos, llamados también **gemelos dicigóticos** o divitelinos, se producen por la fecundación de dos óvulos y dos espermatozoides. Se originan dos embriones diferentes que coinciden en el tiempo. Los dos individuos pueden ser del mismo o de distinto sexo y no se parecen entre sí más que dos hermanos nacidos en diferente parto.

www.yoquieroaprobar.es



A. Carácter dominante: ojos oscuros.
B. Carácter dominante: pelo rizado.
C. Carácter dominante: lengua enrollable.
D. Carácter dominante: pelo oscuro.
E. Carácter dominante: lóbulo suelto.
F. Carácter dominante: pico de viuda.

7 La herencia en la especie humana

Muchos de los caracteres fenotípicos que mostramos las personas dependen de numerosos factores ambientales. Sin embargo, todos tenemos una «marca de familia», como puede ser una determinada forma de la nariz, unos ojos grandes o un hoyuelo en la barbilla. Cada uno de estos caracteres suele estar controlado por un gen que se transmite de progenitores a hijos.

Algunos caracteres, como el grupo sanguíneo o el color de ojos, están regulados por genes localizados en los **autosomas**. Otros, como la hemofilia o el daltonismo, dependen de genes localizados en los **cromosomas sexuales**.

Realizar estudios de herencia en las personas presenta dificultades por diversos motivos:

- Con las personas no se pueden realizar experimentos de cruzamientos controlados para observar los resultados en la descendencia.
- El número de descendientes que origina cada pareja es pequeño.
- El tiempo que pasa entre una generación y la siguiente es muy largo, lo que dificulta la evaluación estadística de los datos.

Únicamente algunos métodos, como las encuestas y los árboles genealógicos, permiten estudiar la herencia de un determinado carácter.

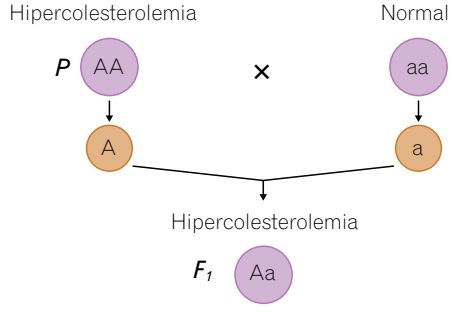
La polidactilia es una afección genética que depende de un alelo dominante y produce la aparición de más de cinco dedos en cada mano.

www.yoquieroaprobar.es

Herencia dominante: hipercolesterolemia familiar

La hipercolesterolemia familiar es una enfermedad que se caracteriza por un exceso de colesterol en la sangre, que se deposita en forma de placas en las arterias, pudiendo provocar ataques cardíacos a edades tempranas.

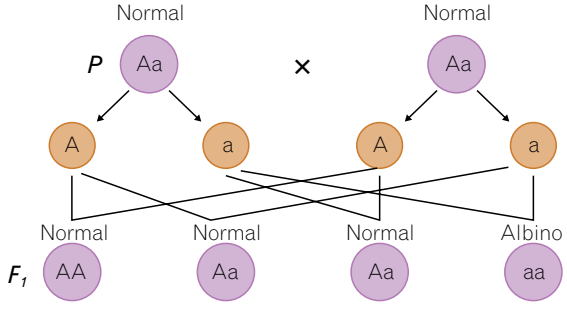
La hipercolesterolemia depende de un alelo dominante. Si una persona es homocigota dominante para este carácter, todos sus descendientes lo presentarán.



Herencia recesiva: albinismo

El albinismo se caracteriza por la ausencia o reducción de pigmentación en la piel, ojos y pelo, debido a la falta de melanina. El albinismo depende de un alelo recesivo, por lo que todos los albinos son homocigóticos recesivos.

Una pareja de individuos heterocigotos para el carácter albino tienen una probabilidad del 25 % de tener un descendiente albino.



8 El diagnóstico prenatal

Algunas enfermedades genéticas pueden detectarse antes del nacimiento mediante técnicas especiales.

El diagnóstico prenatal consiste en un conjunto de técnicas que permiten determinar la existencia de ciertas anomalías congénitas en el feto.

En general se recomienda el diagnóstico prenatal en los siguientes casos:

- Cuando la edad de la madre supera los cuarenta años. A partir de esa edad la madre presenta un riesgo muy alto de tener un hijo con alguna alteración cromosómica, especialmente con síndrome de Down.
- En parejas que ya han tenido un descendiente con alguna alteración cromosómica.
- En aquellas personas portadoras de un gen responsable de alguna enfermedad genética.

Las técnicas de diagnóstico prenatal más utilizadas son: la ecografía, la amniocentesis, la biopsia corial y la punción del cordón umbilical.

ACTIVIDADES

16. ¿Cómo será la descendencia de un hombre y una mujer albinos?

17. ¿Por qué crees que la probabilidad de concebir un hijo con alguna alteración cromosómica, como el síndrome de Down, aumenta con la edad de la madre?

Ecografía

Es un método inocuo que permite ver el feto en formación y determinar su posición y anatomía. Está basada en la aplicación de ultrasonidos que forman una imagen ecográfica en una pantalla.

Permite detectar alteraciones morfológicas en el esqueleto, defectos del tubo neural, como la espina bífida, malformaciones torácicas (pulmones y corazón), abdominales (aparato digestivo), renales o de las extremidades.

Amniocentesis

Esta técnica se realiza entre la semana 15 y 18 de gestación, mediante una punción abdominal y bajo control ecográfico para evitar daños al feto.

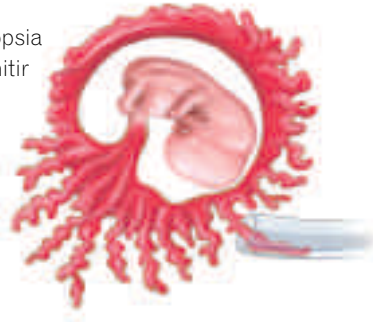
Consiste en extraer líquido amniótico que contiene células de descamación fetal. Las células extraídas se cultivan y posteriormente se utilizan para realizar un cariotipo. Así pueden detectarse anomalías cromosómicas como el síndrome de Down.

Biopsia corial

Se realiza entre la semana 8 y 12 de gestación por vía vaginal o a través de la pared abdominal.

Mediante esta técnica se extraen vellosidades coriales de la placenta, cuyo tejido es igual que el del embrión, para su posterior estudio.

Frente a la amniocentesis, la biopsia corial tiene las ventajas de permitir detectar enfermedades genéticas a partir de la octava semana de gestación y obtener los resultados en menos de veinticuatro horas.



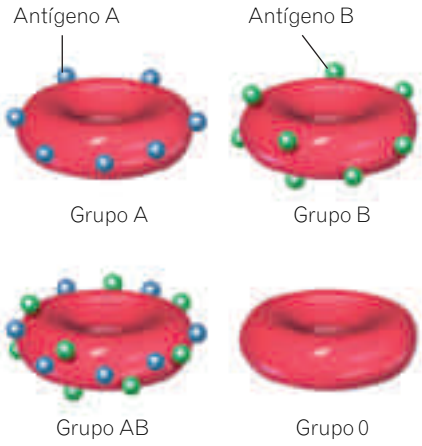
Punción del cordón umbilical

Se realiza a partir de la semana 20 de gestación y se utiliza cuando se sospecha, de forma tardía, de la posibilidad de que el feto presente algún tipo de malformación, como las que pueden producirse por enfermedades infecciosas en la madre, como la toxoplasmosis.

Consiste en extraer sangre directamente del cordón umbilical mediante una punción abdominal bajo control ecográfico. Posteriormente se realiza un estudio de los cromosomas fetales.

www.yoquieroaprobar.es

9 La herencia de los grupos sanguíneos



Muchos genes presentan una pareja de alelos diferentes. Sin embargo, un mismo gen puede tener más de dos alelos. Cuando ocurre esto se habla de **alelismo múltiple**.

Un ejemplo de alelismo múltiple es el de los grupos sanguíneos del sistema AB0.

Sistema AB0

El **grupo sanguíneo** de una persona depende de la presencia o ausencia en la membrana de sus glóbulos rojos de unas sustancias denominadas **antígenos**.

Un antígeno es una sustancia propia y característica de un individuo, que produce en otro una reacción de rechazo, que consiste en la fabricación de **anticuerpos** para combatir el antígeno y neutralizarlo.

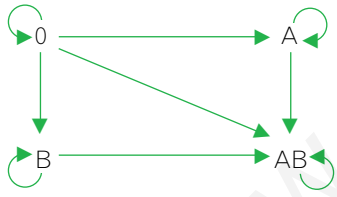
Grupo sanguíneo	Antígenos en la membrana de los glóbulos rojos	Anticuerpos en plasma
A	Antígeno A	Anti-B
B	Antígeno B	Anti-A
AB	Antígeno A y B	Ninguno
0	Ninguno	Anti-A y Anti-B

Los antígenos del sistema AB0 son de dos tipos: **antígeno A** y **antígeno B**. Las personas pueden ser del grupo sanguíneo A, B, AB o 0, dependiendo de la presencia o ausencia en la membrana de los glóbulos rojos de uno u otro antígeno, de los dos juntos o de ninguno de ellos.

Por otra parte, en el plasma de una persona existen anticuerpos contra esos antígenos. Una persona puede tener el anticuerpo anti-A, el anti-B, los dos o ninguno.

En las transfusiones sanguíneas reaccionan los antígenos del donante con los anticuerpos del receptor. En la sangre de una persona no puede coincidir un antígeno y su correspondiente anticuerpo. Si entran en contacto glóbulos rojos que llevan el antígeno A con plasma que lleve el anticuerpo anti-A, se puede producir la muerte de la persona que ha recibido la transfusión.

Posibilidades de transfusión entre los grupos sanguíneos



0 es el donante universal.
AB, el receptor universal.

Herencia de los grupos sanguíneos

El grupo sanguíneo está codificado por tres alelos: A, B y 0. Los alelos A y B son codominantes entre sí y dominan sobre el alelo 0.

El alelo A condiciona la presencia en los glóbulos rojos de antígenos A, el alelo B la presencia de antígenos B, el alelo 0 determina la ausencia de antígenos y cuando aparecen los alelos A y B juntos se manifiestan ambos antígenos (A y B) en los glóbulos rojos.

Cada individuo no puede poseer más de dos alelos, las combinaciones de estos da lugar a cuatro posibles fenotipos y seis genotipos distintos.

Genotipo	AA	A0	BB	B0	AB	00
Fenotipo	A		B		AB	0

ACTIVIDADES

18. ¿Cómo serán los hijos de un hombre de grupo sanguíneo 0 y una mujer de grupo B heterocigótica?

19. ¿Por qué se dice que el grupo sanguíneo 0 es el donante universal? ¿A qué se debe que las personas del grupo AB puedan recibir sangre de cualquier otra persona?

www.yoquieroaprobar.es

10 La determinación genética del sexo

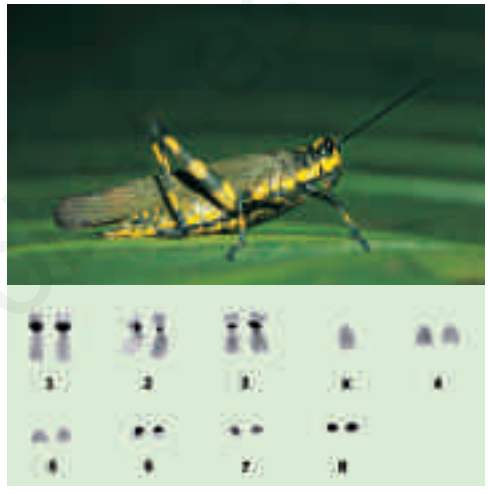
El conjunto de factores y mecanismos genéticos que determinan si un individuo presenta gónadas masculinas o femeninas recibe el nombre de **determinación genética del sexo**. La expresión fenotípica de dicha diferenciación se conoce como **diferenciación sexual**.

En la naturaleza existen varias formas de determinación sexual: **cromosómica**, **génica**, **cariotípica** o **ambiental**.

Determinación cromosómica

En la mayoría de las especies, la formación de gónadas masculinas o femeninas en un individuo está determinada por la presencia de unos cromosomas especiales llamados **heterocromosomas** o **cromosomas sexuales**.

Existen dos tipos de heterocromosomas, el X y el Y, diferentes morfológicamente y con parte de su contenido genético distinto. El sexo **homogamético** es el que presenta la pareja de cromosomas iguales **XX**, y el sexo **heterogamético**, el que presenta el par **XY**. En los mamíferos, equinodermos y gran número de artrópodos, el sexo homogamético (XX) corresponde a la hembra, y el heterogamético (XY) al macho. En cambio, en otros animales, como aves, anfibios, reptiles, peces y algunas mariposas, son los machos los que presentan el sexo homogamético, y las hembras las que tienen la pareja cromosómica XY.



El cariotipo de los saltamontes macho presenta un único cromosoma X, son X0. Las hembras son XX. El sexo de la descendencia está determinado por la presencia de un cromosoma X en los espermatozoides.

Determinación génica

En algunas especies, el sexo de un individuo está determinado por un conjunto de genes con varios alelos. Dichos genes poseen la información necesaria para que se formen las gónadas masculinas o femeninas.

Determinación cariotípica

En los insectos sociales como las abejas, las hormigas o las avispas, el sexo viene determinado por la dotación cromosómica. Los individuos diploides son hembras y los haploides, machos.

En las abejas, por ejemplo, la reina (hembra) es fecundada por un zángano (macho). La abeja reina puede poner dos tipos de huevos, unos que proceden de óvulos fecundados y otros que proceden de óvulos sin fecundar.

Los óvulos fecundados (diploides) originan hembras, que según el tipo de alimentación que reciban en la fase larvaria darán lugar a obreras estériles o a reinas. Los óvulos sin fecundar (haploides) se desarrollan por partenogénesis y de ellos nacen zánganos.

Determinación ambiental

Existen algunas especies en las que el tipo de sexo depende de las condiciones ambientales.

En los cocodrilos, caimanes y aligatores, el sexo está determinado por la temperatura del agua en la que se incuban los huevos. Por encima de determinada temperatura se desarrollan machos, y por debajo de ella, hembras.

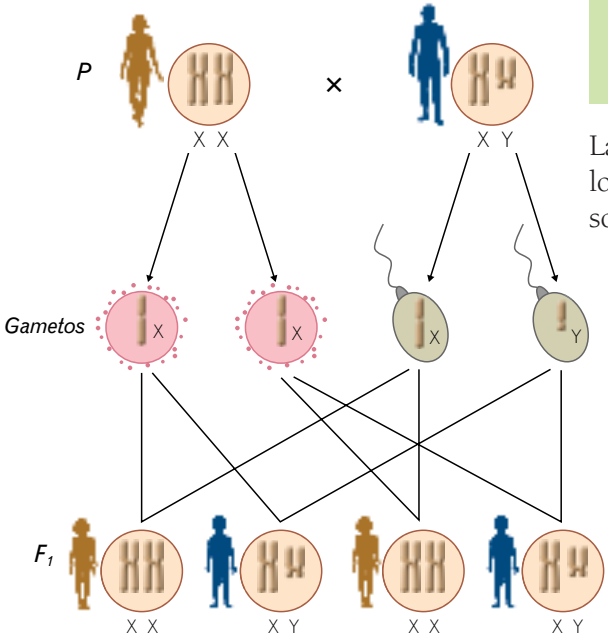
ACTIVIDADES

20. ¿Cuál es el sexo homogamético en las personas? ¿Y en las aves?

21. ¿Depende siempre la determinación del sexo de los cromosomas sexuales? Justifica la respuesta.

www.yoquieroaprobar.es

11 La determinación del sexo en la especie humana



En los humanos la determinación del sexo es cromosómica, ya que depende de los heterocromosomas o cromosomas sexuales.

Las personas tenemos en nuestras células somáticas 46 cromosomas, de los cuales 44 son autosomas y 2 heterocromosomas (X e Y). Las mujeres son XX, y los hombres, XY.

Los óvulos y los espermatozoides se forman por meiosis en las gónadas (ovarios y testículos respectivamente), a partir de células precursoras.

- Cada óvulo tiene 22 autosomas y un cromosoma X.
- De los espermatozoides que se producen, la mitad llevarán 22 autosomas y un cromosoma X, y la otra mitad, 22 autosomas y uno Y.

Durante la fecundación, cada óvulo tiene las mismas posibilidades de ser fecundado por un espermatozoide que porte un cromosoma X, o por uno con un cromosoma Y. Por tanto, en cada fecundación, la probabilidad de que nazca un individuo XX o uno XY, es del 50 %.

Alteraciones en el número de cromosomas

Durante el proceso de formación de gametos, en ocasiones se producen errores que provocan un reparto defectuoso de los cromosomas. Esto da lugar a individuos con algún cromosoma de más o de menos respecto a la dotación normal, lo que supone la aparición de trastornos importantes. Las alteraciones más frecuentes son:

- **Monosomías.** Se originan por la pérdida de un cromosoma. Un caso de monosomía es el síndrome de Turner, en el que se pierde uno de los cromosomas sexuales y los individuos que lo padecen son mujeres X0. Si se produce la pérdida de un autosoma, la carencia es letal.
- **Trisomías.** Se producen por la presencia de un cromosoma de más en alguna de las parejas de cromosomas homólogos. El síndrome de Down, o trisomía del par 21, es la más frecuente.

ACTIVIDADES

22. ¿De qué depende el nacimiento de un varón o una hembra en la especie humana?

23. ¿Qué número de cromosomas posee una persona afectada por síndrome de Turner? ¿De qué sexo es?

	Nombre de la enfermedad	Tipo de alteración	Cuadro clínico
Alteraciones en los autosomas	Síndrome de Down	Trisomía del par 21	Retraso mental, rasgos faciales característicos, baja estatura, defectos cardíacos y en muchos casos esterilidad.
	Síndrome de Edwards	Trisomía del par 18	Deficiencia mental y del desarrollo. Malformaciones renales y cardíacas.
Alteraciones en los heterocromosomas	Síndrome de Turner	44 autosomas + X0	Fenotípicamente son mujeres de baja estatura y aspecto infantil. Presentan genitales inmaduros y son estériles.
	Síndrome de Klinefelter	44 autosomas + XXY	Varones estériles con genitales muy pequeños, talla elevada, cierta desproporción corporal y algún tipo de característica física femenina.
	Síndrome triple X	44 autosomas + XXX	Son hembras sanas, fenotípicamente igual que el resto. Solo se pueden distinguir si se realiza un cariotipo del individuo.
	Síndrome duplo Y	44 autosomas + XYY	Son varones que no tienen un cuadro clínico bien definido, generalmente son más altos que el resto.

www.yoquieroaprobar.es

12 La herencia ligada al sexo

En los cromosomas sexuales además de los genes que intervienen en la determinación del sexo de una persona, hay otros relacionados con la expresión de otros caracteres.

Los caracteres ligados al sexo son aquellos que vienen determinados por genes localizados en los cromosomas sexuales.

Cromosomas sexuales humanos

En los seres humanos el cromosoma X y el cromosoma Y son muy diferentes. El cromosoma X es más grande y tiene genes que no están presentes en el cromosoma Y. En ellos se distinguen dos segmentos bien diferenciados:

- **Segmento homólogo.** Es un segmento coincidente en ambos cromosomas, con genes para los mismos caracteres. Este segmento es el que permite el apareamiento y posterior segregación de los cromosomas X e Y en la meiosis.
- **Segmento diferencial.** Este segmento no tiene su correspondiente en el otro cromosoma. Los genes que se encuentran en el segmento diferencial del cromosoma X se llaman **ginándricos**, mientras que los que se encuentran en el segmento diferencial del cromosoma Y se denominan **holándricos**.

Los hombres tienen un cromosoma X y un cromosoma Y. La acción de los genes situados en el segmento diferencial de cada uno de los cromosomas está influida solo por un alelo y se expresa siempre, sea dominante o recesivo.

Las mujeres tienen dos cromosomas X. Los alelos recesivos solo se pueden manifestar si se encuentran en ambos cromosomas. Las mujeres heterocigóticas para un determinado carácter se llaman **portadoras**, ya que llevan uno de los alelos recesivos aunque no manifiestan el carácter en el fenotipo.

En el segmento diferencial del cromosoma Y, por ahora solo se han localizado cuatro genes, entre ellos el gen que porta la información para la formación de los testículos.

ACTIVIDADES

24. ¿En qué sexo aparecerán más frecuentemente las enfermedades relacionadas con genes situados en el cromosoma X?

Se piensa que el gen responsable de la aparición de pelos en las orejas podría estar en el segmento diferencial del cromosoma Y, ya que es un carácter que solo se presenta en hombres.

EN PROFUNDIDAD

Determinación del sexo

En realidad, la presencia o ausencia del cromosoma Y no determinan por sí sola el sexo de un individuo.

Las características morfológicas sexuales femeninas o masculinas inician su desarrollo entre la séptima y la novena semana del desarrollo embrionario. Antes de este momento, cada una de las partes del aparato genital, gónadas, conductos genitales y genitales externos, pasan por una etapa en la cual es imposible identificar el sexo del embrión. Esta etapa se denomina **periodo indiferenciado**.

Por tanto, durante las primeras semanas, la gónada del embrión es **bipotencial**, pudiéndose diferenciar tanto en ovario como en testículo.

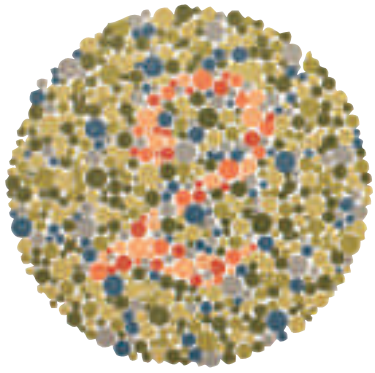
La diferenciación gonadal está controlada por el cromosoma Y. De forma normal si no existe cromosoma Y, la gónada bipotencial del embrión tiende a diferenciarse en ovario. Sin embargo, si un gen situado en el segmento diferencial del cromosoma Y, el **gen SRY**, se expresa, se paraliza la formación del ovario y se dirige la formación de un testículo, que producirá hormonas causantes de la masculinidad.

Se ha comprobado que si la región del gen SRY está dañada o no se expresa, un individuo XY puede ser mujer.

www.yoquieroaprobar.es

13 Herencia ligada al cromosoma X en el ser humano

En los seres humanos existen algunos trastornos hereditarios cuyos genes están localizados en el cromosoma X y que se transmiten, por tanto, ligados al sexo. Entre estos genes se encuentran los que causan el **daltonismo** y la **hemofilia**, enfermedades provocadas por un alelo recesivo situado en el segmento diferencial del cromosoma X.



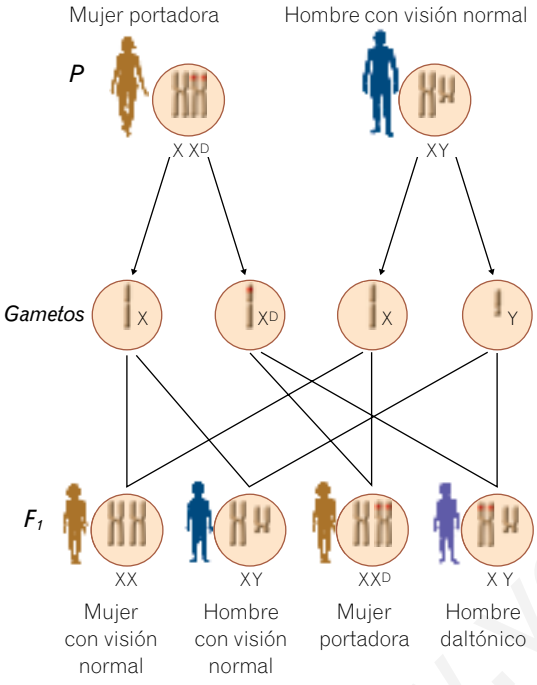
Este tipo de dibujo se utiliza para detectar el daltonismo.

Daltonismo

El daltonismo o ceguera parcial para los colores consiste en la dificultad para distinguir correctamente los colores verde y rojo y, con menor frecuencia, el azul y el amarillo.

Este defecto, mucho más frecuente en hombres que en mujeres, se debe a un gen recesivo localizado en el cromosoma X y que se transmite según un modelo de herencia ligada al sexo.

- Para que un hombre sea daltónico basta con que el cromosoma X porte el gen que provoca esta afección (X^DY).
- Para que una mujer sea daltónica es necesario que reciba este gen recesivo de sus dos progenitores, es decir, sea homocigótica recesiva (X^DX^D). Las mujeres que sean heterocigóticas (X^DX) no padecerán la enfermedad, serán solo portadoras; es decir, pueden transmitirla a su descendencia.



Hemofilia

Se caracteriza por la imposibilidad de coagulación de la sangre del individuo que la padece. Se trata de un carácter recesivo, que solo afecta a hombres, ya que en homocigosis resulta letal durante el desarrollo embrionario.

- Para que un hombre sea hemofílico, en el cromosoma X tiene que portar el gen que origina el trastorno (X^HY).
- No hay mujeres hemofílicas, ya que las posibles mujeres hemofílicas (X^HX^H) no llegan a nacer. Sin embargo, sí pueden ser portadoras (X^HX) y transmitir la enfermedad a su descendencia.

EN PROFUNDIDAD

Caracteres influidos por el sexo

Algunos genes situados en los autosomas o en el segmento homólogo de los cromosomas sexuales, se expresan de manera distinta según se presenten en hombres o en mujeres. Generalmente este distinto comportamiento es debido a la acción de las hormonas sexuales.

La calvicie prematura hereditaria depende de un gen (C^C) que se comporta como recesivo en las mujeres y como dominante en los varones. Es decir, el genotipo CC da lugar a mujeres y varones normales, el genotipo C^CC provoca la calvicie en el hombre pero no en la mujer, y el genotipo C^CC^C da lugar a mujeres y hombres calvos.

ACTIVIDADES

25. ¿Cómo serán los hijos de una mujer portadora de daltonismo y un hombre daltónico?

26. ¿Por qué es tan poco frecuente que las mujeres sean calvas?

27. ¿Puede transmitir la hemofilia un padre hemofílico a su hijo varón? ¿Por qué?

www.yoquieroaprobar.es

Ciencia en tus manos

Obtención de las leyes de Mendel

El trabajo que desarrolló Mendel es un buen ejemplo de cómo una investigación científica puede desentrañar el funcionamiento de un proceso natural, aun desconociendo cuál es el mecanismo que subyace a ese funcionamiento.

Mendel descubrió que lo que se hereda no son los caracteres, sino los factores causantes de esos caracteres, que luego pueden expresarse o no.

Vamos a realizar una investigación similar a la de Mendel, realizando los mismos pasos, para ver si obtenemos unos resultados que nos permitan deducir sus tres leyes.

1. Empezamos el trabajo. Formamos grupos de cuatro personas, y nos dividimos en dos subgrupos de dos. Uno de los subgrupos selecciona un **carácter** de un vegetal, e inventa **dos alelos** de este carácter, sin que el otro subgrupo vea el trabajo. También decide cuál será el **dominante** y cuál el **recesivo**. Por ejemplo, tomates grandes y tomates pequeños, y decide que el fruto pequeño es dominante. Se asigna al alelo dominante la letra mayúscula de su inicial (*P*), de fruto pequeño, y al alelo recesivo la misma letra minúscula (*p*).

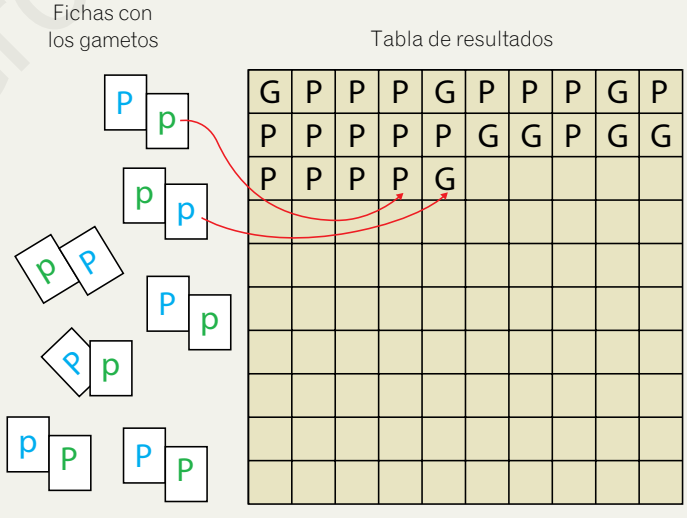
2. Hacemos la generación parental. Cortamos varias hojas de papel en trozos para hacer pequeñas fichas.

Tomamos dos de estas fichas, que representarán las dos plantas de la generación parental. En cada una escribiremos el genotipo por una cara de la ficha, y el fenotipo por la otra cara. Por ejemplo, una planta de tomate híbrida tendrá por una cara el fenotipo **fruto pequeño**, y por la otra cara las letras *Pp*; una planta de fruto grande, tendrá por un lado **fruto grande**, y por el otro, *pp*.

3. Producimos gametos. Cada planta va a producir 50 gametos masculinos, que serán 50 fichas con una letra verde y 50 femeninos, que serán 50 fichas con una letra azul. Un híbrido producirá 25 gametos masculinos con el alelo recesivo (*p* verde) y 25 con el alelo dominante (*P* verde); así como 25 gametos femeninos con una *p* azul y otros 25 con una *P* azul.

Entre los dos progenitores tendremos 200 gametos: 100 masculinos y 100 femeninos, que agruparemos de dos en dos, uno de cada sexo y uno de cada progenitor (evitaremos la autofecundación), obteniendo así 100 parejas.

4. Elaboramos una tabla de resultados. Elaboramos una cuadrícula de 10 × 10 casillas, y en cada casilla escribimos el fenotipo de una de las parejas. Si la pareja tiene los gametos *Pp*, pondremos un fenotipo de «tomate pequeño», sin dar pistas acerca de si ese alelo es dominante o recesivo. Esta tabla es la que pasaremos al otro subgrupo, que tendrá que interpretar los resultados, averiguando el genotipo de nuestra generación parental sin poder ver los gametos, mientras nosotros interpretamos el genotipo de la suya viendo su tabla de resultados.



ACTIVIDADES

28. A la vista de la tabla que te pasarán tus compañeros, calcula qué porcentaje de los descendientes muestra el alelo dominante y qué porcentaje el recesivo, y trata de deducir los genotipos de los progenitores. ¿Hay algún cruzamiento en el que sea imposible deducir con certeza el genotipo de los progenitores?

29. Observa que en el cruce entre dos híbridos (Pp × Pp), exactamente la mitad de los gametos tienen el alelo dominante y la otra mitad el alelo recesivo. ¿Podrían salir en teoría la mitad de los descendientes con el fenotipo del alelo recesivo? Razona tu respuesta, y explica por qué no ocurre eso, sino que el alelo recesivo se expresa únicamente en un 25 % de la población aproximadamente.

www.yoquieroaprobar.es

Actividades

30. ●● **¿Es posible que un individuo que se reproduce sexualmente presente algún carácter que no aparece en ninguno de sus dos progenitores?** Razona la respuesta.

31. ●● **La reproducción sexual origina la variabilidad genética necesaria para la evolución de las especies.** ¿Cómo se explica la variabilidad genética en los organismos con reproducción asexual, como las bacterias?

32. ● **Escribe el genotipo de los siguientes individuos:**

a) Heterocigótico.
b) Homocigótico dominante.
c) Homocigótico recesivo.
d) Diheterocigótico.

33. ● **Una planta de tallo alto, homocigótica y dominante se cruza con otra de tallo corto, homocigótica recesiva.** ¿Cómo será la F_1?
¿Cómo será la F_2, si la planta se autofecunda?

34. ● **Un criador de perros obtiene un cachorro blanco del cruce de dos perros negros.** ¿Cómo se puede explicar este hecho?

35. ● **En los zorros, el color del pelaje negro-plateado está determinado por un alelo recesivo (r), y el color rojo, por un alelo dominante (R).** Señala las proporciones genotípicas y fenotípicas esperadas de los siguientes cruces.

a) Rojo homocigoto × negro plateado
b) Negro plateado × negro plateado
c) Rojo homocigoto × rojo heterocigoto

36. ● **En la mosca del vinagre, *Drosophila melanogaster*, los ojos de color sepia se deben a un alelo recesivo (a), y los ojos normales de color rojo, a un alelo dominante (A).** ¿Qué proporción fenotípica y genotípica se espera del cruzamiento aa × Aa?

37. ●● **En las ovejas, la oreja peluda es dominante sobre la oreja desnuda. Una oveja heterocigótica se cruza con una oveja de oreja desnuda.**

a) ¿Cómo son las orejas de la oveja heterocigótica?
b) En la F_1, ¿qué proporción cabe esperar de ovejas con orejas peludas?
c) Si se cruzan dos individuos heterocigotos de la F_1 ¿qué probabilidad de ovejas con las orejas desnudas habrá en la descendencia?

38. ●● **El color moteado del pelo de los conejos depende de un alelo dominante (A) frente a su alelo recesivo (a) que determina el color uniforme. Asimismo, el pelo corto depende de otro alelo dominante (B) frente al alelo recesivo (b) que determina pelo largo.**
Se realiza el siguiente cruzamiento.

AaBB × aabb

a) ¿Qué porcentaje de conejos de pelo moteado y corto se esperará en la F_1?
b) ¿Qué porcentaje de conejos de pelo moteado y largo se esperará en la F_2 resultante del cruce de dos conejos moteados de pelo corto obtenidos en la F_1?

39. ●● **En un cruzamiento de gallinas de crestas grandes y plumas blancas con gallos de crestas pequeñas y plumaje oscuro, aparece una F_1 formada por individuos con crestas pequeñas y plumas blancas.**

a) ¿Cuáles son los caracteres dominantes?
b) Si los progenitores eran homocigotos para los caracteres, ¿qué fenotipos y genotipos se esperaría encontrar al cruzar dos individuos de la F_1?

40. ●●● **En la planta del guisante, el color púrpura de las flores es dominante sobre el color blanco.** Se realizaron diferentes cruzamientos a partir de progenitores de fenotipo conocido, obteniéndose la siguiente descendencia.

Progenitores	Descendencia	
	Flores púrpura	Flores blancas
Púrpura × púrpura	89	0
Púrpura × blanco	82	78
Púrpura × púrpura	118	39
Blanco × blanco	0	45
Púrpura × blanco	80	0

Determina los genotipos de los progenitores.

41. ● **¿Cómo se determina el sexo en las personas?** ¿Cuál es la dotación cromosómica completa de un hombre? ¿Cómo se llaman los caracteres cuya expresión está asociada al sexo?

42. ● **Javier y Marina tienen dos hijos varones. Han decidido tener un tercer hijo, y les gustaría que fuese niña,** ¿qué probabilidades hay de que sea una niña?

www.yoquieroaprobar.es

43. ● **Un hombre de grupo sanguíneo AB se casa con una mujer de grupo sanguíneo 0.** ¿Qué grupo sanguíneo pueden tener sus hijos?

44. ● **Juan es del grupo sanguíneo 0,** ¿cuáles pueden ser los genotipos de sus padres?

45. ●● **¿Es posible que un varón de grupo sanguíneo A y una mujer de grupo sanguíneo B tengan dos hijos varones, uno de grupo sanguíneo 0 y otro de grupo sanguíneo AB?** Justifica la respuesta.

46. ● **En las personas, el albinismo se debe a la presencia de dos alelos recesivos.** Si dos progenitores con pigmentación normal tienen un hijo albino, ¿cuáles son sus genotipos? ¿Cuál es la probabilidad de que tuvieran un descendiente albino?

47. ●●● **Un agricultor tiene dos líneas puras de sandía, una de frutos lisos y alargados y otra de frutos a rayas y achatados. El fruto liso domina sobre el de rayas, y el fruto alargado frente al achatado. Desea obtener una línea pura de sandía de fruto liso y achatado.** ¿Podrá conseguirlo? ¿Qué cruces tendrá que hacer? ¿En qué generación lo conseguirá? ¿En qué proporción?

48. ●● **En 1940 el famoso actor Charlie Chaplin fue demandado por una mujer, que decía que era el padre de su hijo.** Sabiendo que el supuesto hijo era del grupo sanguíneo B, la madre del grupo A y el actor del grupo 0, si hubieses sido el juez, ¿que veredicto hubieras dado?

49. ●●● **La acondroplasia es una anomalía determinada por un gen autosómico que da lugar a un tipo de enanismo. Dos personas con acondroplasia tienen dos hijos, uno acondroplásico y otro normal.**

a) La acondroplasia ¿es un carácter dominante o recesivo? ¿Por qué?

b) ¿Cuál es la probabilidad de que el próximo descendiente de la pareja sea normal?

50. ●● **Un hombre con una cierta enfermedad genética y una mujer normal tienen cuatro hijos, dos niños y dos niñas. Todas las niñas presentan la enfermedad del padre, pero ninguno de los niños la tiene. ¿Qué tipo de herencia te sugieren estos datos?**

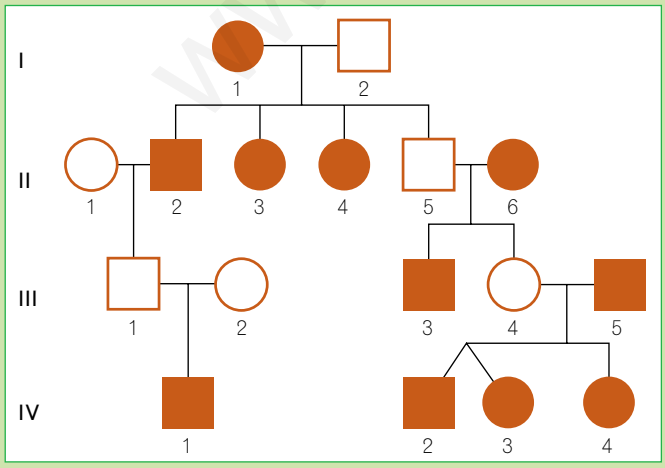
a) Autosómica dominante.
b) Codominante.
c) Ligada al cromosoma Y.
d) Dominante ligada al cromosoma X.
e) Recesiva ligada al cromosoma Y.

51. ● **¿Cómo será genotípica y fenotipicamente la posible descendencia de una mujer normal cuyo padre era hemofílico y un varón normal?**

UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

Un árbol genealógico

El siguiente árbol genealógico muestra a una familia afectada durante cuatro generaciones por una enfermedad determinada genéticamente.



52. ● **¿De qué sexo son los individuos I1 y II1?** ¿Y los individuos II2 y III3?

53. ●●● **¿Está el carácter ligado al sexo?** ¿Por qué?

54. ●● **¿Se trata de un carácter dominante o recesivo?**

55. ●● **¿Cuál crees que es el genotipo más probable de los individuos I1 y I2?**

a) Aa b) AA c) aa

56. ●● **¿Cuál es el genotipo del individuo II2?**

a) Aa b) AA c) aa

57. ●● **¿Qué descendencia se esperaría encontrar del cruce del individuo IV1 con una mujer homocigótica recesiva?** Justifica la respuesta.

58. ● **¿Qué tipo de gemelos son los individuos IV2 y IV3?**

a) Monocigóticos. b) Dicigóticos.

www.yoquieroaprobar.es

Resumen

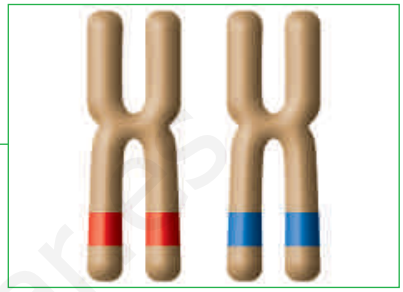
HERENCIA Y TRANSMISIÓN DE CARACTERES

Reproducción

Mediante la reproducción se originan nuevos individuos, iguales o parecidos a sus progenitores. Con ello se asegura la supervivencia de las diferentes especies.
Existen dos tipos de reproducción: reproducción asexual y reproducción sexual.

Conceptos claves de genética

- *Locus.* Posición que ocupa un gen en un cromosomas.
- Alelos. Formas alternativas que puede tener un gen.
- Homocigoto. Individuo que para un carácter posee los dos alelos iguales.
- Heterocigótico. Individuo que para un carácter posee los dos alelos diferentes.
- Genotipo. Conjunto de genes que presenta un organismo.
- Fenotipo. Conjunto de caracteres observables en un organismo.



Leyes de Mendel

- Primera ley. Ley de la uniformidad de los caracteres. Todos los descendientes del cruce entre dos líneas puras son iguales entre sí.
- Segunda ley. Ley de la segregación. Al cruzar entre sí los híbridos obtenidos en la F_1, los dos alelos que determinan un carácter se separan al formarse los gametos.
- Tercera ley. Ley de la independencia de los caracteres. Los distintos alelos se heredan independientemente unos de otros y se combinan al azar en la descendencia.

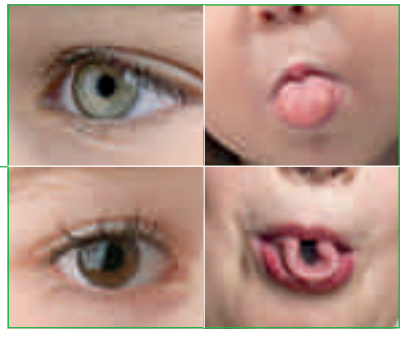
Tipos de herencia

- Herencia dominante. Ocurre cuando el alelo dominante impide que se exprese el recesivo en el fenotipo.
- Herencia intermedia. Se da cuando ambos alelos expresan por igual su información. El resultado es un heterocigótico con un fenotipo nuevo con características intermedias entre ambos progenitores.
- Herencia codominante. Ocurre cuando los heterocigotos tienen rasgos de los dos progenitores, debido a que los dos alelos se manifiestan simultáneamente.

Herencia en la especie humana

Sigue las mismas leyes de la herencia que en el resto de los seres vivos.

- Herencia de los grupos sanguíneos. Depende de tres alelos: A, B y 0. Los alelos A y B son dominantes sobre 0, y codominantes entre sí.
- Determinación cromosómica del sexo.
  – Las mujeres son el sexo homogamético (XX).
  – Los varones son el sexo heterogamético (XY).
- Herencia ligada al sexo. Tipo de herencia determinada por genes localizados en los cromosomas sexuales.



ACTIVIDADES

59. Utiliza alguno de los siete caracteres estudiados por Mendel en la planta del guisante, que no sea el color ni el aspecto de las semillas, para explicar gráficamente las tres leyes de la herencia mendeliana.

60. Completa el esquema indicando las distintas formas de determinación del sexo en las diferentes especies.

61. Indica un ejemplo de carácter ligado al sexo y señala el tipo de herencia que sigue.

www.yoquieroaprobar.es

La fábrica de vida

–Esto –dijo Vissan, colocando un aparato verde claro sobre la mesa de su cabaña –es el prototipo del escritor de codones.

Mary miró la máquina. Tenía el tamaño y la forma de tres hogazas de pan, colocadas una junto a otra… aunque ningún neanderthal hubiese podido hacer tal comparación.

–Puede sintetizar cualquier cadena de ácido desoxirribonucleico, o ácido ribonucleico, si lo prefieren, además de las proteínas adicionales necesarias para fabricar cromosomas u otras estructuras.

Mary sacudió la cabeza, asombrada.

–Es una fábrica de vida. –Miró a Vissan–. En mi mundo, usted habría ganado el premio Nobel por esto… nuestro máximo honor al trabajo científico.

–Pero aquí está prohibido. –La voz de Vissan denotaba amargura–. Mis intenciones eran benignas.

Mary frunció el ceño.

–¿Cuáles eran sus intenciones?

Vissan guardó silencio un momento.

–Tengo un hermano menor que vive en una institución. –Miró a Mary–. Hemos eliminado la mayoría de los desórdenes genéticos hereditarios, pero todavía hay cosas que pueden salir mal, cosas que son genéticas pero no heredadas. Mi hermano tiene… no sé cómo lo llaman ustedes. Tiene un cromosoma veintidós de más.

–El cromosoma veintiuno, quiere decir. Ah no, claro que no. Aquí sería el número veintidós. Nosotros lo llamamos síndrome de Down.

[…]

–Pero eso no es todo –dijo Vissan–. Prevenir la trisomía y otros desordenes similares fue solo el impulso inicial de mi trabajo. Cuando me zambullí en mi investigación, se me ocurrieron otras posibilidades maravillosas.

–¿Sí? –dijo Ponter.

–¡Sí, naturalmente! Quería eliminar la aleatoriedad en la selección genética, dejando la elección de las características a los padres.

–¿Y cómo?

Vissan lo miró.

–Usted heredó un puñado de características de su padre y otro puñado de características de su madre: la mitad de su ácido desoxirribonucleico procede de cada uno de ellos; en total, esas dos mitades componen sus cuarenta y ocho cromosomas. Pero cada espermatozoide que usted produce contiene una combinación aleatoria de todas esas características.

[…]

Pero si secuenciáramos su ácido desoxirribonucleico, podríamos elegir la mejor de cada pareja de características que usted mismo ha heredado, y entonces crearíamos un conjunto de haploides que contuvieran solo las mejores tendencias. También podríamos hacer lo mismo con Mary: producir un haploide con solo las características mejores de su repertorio. Y entonces podríamos combinarlos juntos para producir el mejor hijo que pudieran tener. El hijo seguiría teniendo exactamente la mitad genética de su padre y la mitad de su madre, pero tendría la mejor combinación posible de sus respectivos materiales genéticos.

ROBERT J. SAWYER
Híbridos.
Ediciones B. Colección Nova

COMPRENDO LO QUE LEO

62. ¿Qué le ocurre al hermano de Vissan?

63. ¿Por qué invento le podrían haber concedido el premio Nobel a Vissan?

64. ¿Qué objetivos quería conseguir Vissan con su máquina?

65. ¿Qué podría ocurrir si una persona hiciera un mal uso del escritor de codones?

66. ¿Por qué en el mundo de Vissan estaba prohibido sintetizar cadenas de ADN o ARN?

NO TE LO PIERDAS

Libros y artículos:

¿Por qué nos parecemos a nuestros padres?
JAVIER BENÍTEZ. Ed. Temas de hoy
Trata de forma amena y divulgativa conceptos relacionados con los genes y las leyes de la herencia.

El determinismo genético del sexo
N. ABBAS, C. BISHOP y M. FELLOWS. *Mundo Científico*, n.º 96, 1989.

En la pantalla:

¿De dónde venimos?
Consolidated Productions Ltd.

En la red:

www.biologia.arizona.edu/mendel/mendel.html
Página sobre la genética mendeliana y la herencia de los caracteres, con problemas resueltos.

www.yoquieroaprobar.es

4

Origen y evolución de los seres vivos

HMS Beagle.

Iguana de las islas Galápagos.

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Conocerás las principales teorías sobre el origen de la vida y la biodiversidad.
- Reconocerás las mutaciones y la reproducción sexual como los mecanismos que generan la variabilidad sobre la que actúa la selección natural.
- Interpretarás datos relativos a los diferentes argumentos a favor de la evolución.
- Comprenderás cómo se produce la especiación.
- Analizarás los principales aspectos del proceso de hominización.
- Conocerás las principales etapas de la filogenia de la especie humana.
- Deducirás cómo se expandieron por el mundo las distintas especies humanas.

www.yoquieroaprobar.es

THE ORIGIN OF SPECIES

Charles Darwin fue el fundador de la teoría moderna de la evolución. Desde niño mostró un interés especial por la naturaleza. Hijo y nieto de médicos, a los 16 años comenzó los estudios de medicina, pero pronto los abandonó.

Cuando tenía 22 años, le ofrecieron una plaza como naturalista a bordo del buque *HMS Beagle* para realizar una expedición alrededor del mundo. De esta manera comenzó un viaje que duró cinco años. El *Beagle* hizo numerosas paradas. Darwin desembarcaba en cada playa y recogía todos los especímenes y datos que podía. Al final de su viaje comenzó a pensar en la posibilidad de que las especies cambiaran con el tiempo.

Terminada la expedición, Darwin trabajó durante años organizando todos los datos y notas que había recogido durante el viaje y comenzó a elaborar su revolucionaria teoría.

En 1858, recibió una carta del joven naturalista Alfred Wallace en la que expresaba sus ideas sobre la evolución de las especies y la selección natural. Para Darwin esta carta supuso un importante apoyo, ya que confirmaba sus propios pensamientos y le animó a publicar, en 1859, su libro *El origen de las especies*.

El libro ocasionó tal polémica, que los 1 250 ejemplares de la primera edición se agotaron en pocas horas.

RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿En qué se basaba la teoría de la generación espontánea?
2. Define qué es una especie. ¿Cómo crees que se origina una especie?
3. ¿Qué entiendes por la expresión «los seres vivos provienen de un antecesor común»?
4. ¿Crees que los organismos vivos han existido siempre tal cual los vemos ahora?

Busca la respuesta

¿Qué mecanismo propuso Darwin para la evolución de las especies?

1 El origen de la vida

Al observar la gran diversidad de la vida, la humanidad siempre se ha preguntado por qué existen tantas especies y cómo han aparecido. A lo largo de la historia se han formulado muchas hipótesis, unas con base científica y otras marcadas principalmente por las ideas religiosas de la época.

Generación espontánea

Antiguamente se creía que los seres vivos surgían por **generación espontánea**, a partir de la materia orgánica en descomposición. Esta creencia se basaba en observaciones cotidianas como la aparición de larvas en alimentos que se encontraban en descomposición, moscas en la carne podrida o ratones en el estiércol.

ACTIVIDADES

1. ¿Qué científico invalidó la teoría de la generación espontánea? Indica el método utilizado para ello.
2. ¿Por qué hirvió Pasteur el caldo de los matraces?

Experimento de Redi

Colocó un trozo de carne en un recipiente abierto y otro en uno que cubrió con una rejilla.

Al cabo del tiempo observó que la carne se había descompuesto, pero solo aparecían larvas en el frasco abierto.

El primer científico en cuestionarse la generación espontánea fue **Francesco Redi**. En 1668 diseñó un experimento que demostró que las larvas que aparecían en la carne podrida no surgían por sí solas, sino que procedían de los huevos que las moscas habían puesto sobre la carne.

El experimento fue muy criticado por la sociedad de la época y no sirvió para rechazar totalmente la generación espontánea.

Demostración de Pasteur

En el siglo XVII aún continuaba la polémica. Fue **Louis Pasteur**, en 1860, quien puso de manifiesto la falsedad de la tradicional creencia de la generación espontánea. Con sus experimentos demostró que son los microorganismos del aire los que descomponen la materia orgánica, concluyendo que **todo ser vivo procede de otro ser vivo**.

Experimento de Pasteur

1. Pasteur vertió caldo en dos matraces de cuello largo y estrecho, que curvó a la llama.
2. Hirvió el líquido de cada matraz para esterilizarlo. Al cabo de varios días, comprobó que el caldo no se estropeaba.
3. Cortó el cuello de uno de los matraces y al cabo de unos días observó que el caldo que contenía se había descompuesto.

Pasteur concluyó que en ambos matraces entraba aire, pero los microorganismos, adheridos a partículas de polvo, se quedaban retenidos en el cuello, lo que impedía que se estropease el caldo. Al romper el cuello, los microorganismos podían entrar y contaminar el caldo.

www.yoquieroaprobar.es

2 Las principales hipótesis sobre el origen de la vida

Existen varias hipótesis científicas que intentan explicar el origen de la vida. Entre ellas destacan:

- Hipótesis de la **panspermia**. La vida se originó en el espacio y viajó en forma de esporas de un sistema planetario a otro.
- Hipótesis de la **síntesis prebiótica**. La vida proviene de moléculas orgánicas que surgieron en el planeta a partir de materia inorgánica.

Síntesis prebiótica

En 1923 **Oparin** y **Haldane** propusieron que, en algún momento de la historia de la Tierra, pudieron formarse una serie de moléculas orgánicas sencillas a partir de gases presentes en la atmósfera primitiva. Para elaborar esta hipótesis se basaron en los siguientes supuestos:

– Hace unos 4 500 millones de años, el planeta estaba rodeado de una atmósfera sin oxígeno **(atmósfera reductora)** constituida supuestamente por metano, amoníaco, hidrógeno y vapor de agua.

– Cuando la temperatura de la Tierra primitiva descendió, el vapor de agua se condensó formando las nubes que dieron lugar a la lluvia que originó los primitivos océanos.

– La energía que llegaba del Sol y las descargas eléctricas que se producían en la atmósfera, provocaron que los compuestos inorgánicos presentes en la atmósfera primitiva interactuaran originando compuestos orgánicos. Estos precipitaron sobre la superficie terrestre y posteriormente fueron arrastrados por la lluvia hasta los océanos formando la «**sopa primitiva**».

En 1953 el científico **Stanley Miller** comprobó experimentalmente la hipótesis de Oparin y Haldane. Diseñó un experimento en el que, en unas esferas, reproducía las supuestas condiciones de la Tierra primitiva.

En la primera esfera introdujo agua, metano, amoníaco e hidrógeno. Calentó el agua, y el vapor arrastró los gases hasta la segunda esfera, donde los sometió a descargas eléctricas. Cuando estos se enfriaron precipitaron.

Al analizar el contenido del matraz, Miller observó que se habían formado moléculas orgánicas sencillas, como urea y diferentes aminoácidos.

Precursores de las primeras células

Todavía no está claro cómo se formaron las primeras células. Oparin propuso que en la «sopa primitiva» se produjeron reacciones entre las moléculas orgánicas simples, provocando que se unieran unas a otras. Esto dio lugar a moléculas más complejas, como las proteínas. Con el tiempo se producirían asociaciones moleculares en forma de esferas huecas (**coacervados**) que encerrarían en su interior ácidos nucleicos. Dichas esferas serían las precursoras de las primeras células.

ACTIVIDADES

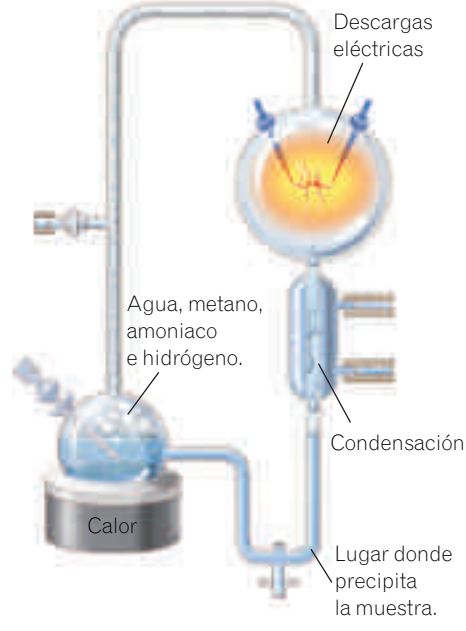
3. Hace unos 4 500 millones de años la Tierra tenía una atmósfera reductora, similar a la de Venus. Sin embargo, hoy día la atmósfera es oxidante. ¿Por qué crees que la atmósfera de Venus no tiene oxígeno?

4. ¿Qué probó el experimento de Miller?

En 1996 se encontró en la Antártida un meteorito procedente de Marte que contiene huellas de restos orgánicos. Aún no está claro si estas proceden de la contaminación producida por el hielo circundante o si podrían pertenecer a una primitiva forma de vida.

Experimento de Miller

En la primera esfera simuló la supuesta composición de la atmósfera primitiva. En la segunda esfera simuló la radiación solar y las tormentas eléctricas.



Actualmente se pone en duda la supuesta composición de la protoatmósfera que utilizó Miller en su experimento.

www.apuntesprofe.com

3 La evolución biológica. El origen de la biodiversidad

La evolución biológica es el proceso de transformación de las especies a lo largo del tiempo.

Todos los seres vivos tienen un origen común. La diversidad biológica se ha originado a lo largo de millones de años de evolución.

La evolución ha originado la enorme diversidad de especies que hay en nuestro planeta. Todas ellas provienen de otras ya existentes. Así mismo, las especies actuales darán lugar a otras distintas en el futuro.

Existen dos tipos de teorías sobre el origen de las especies.

- **Fijismo.** Las especies han permanecido inmutables desde su creación. En la actualidad, el fijismo no está científicamente aceptado.
- **Evolucionismo.** Las especies pueden cambiar y generar otras especies. Actualmente, para la comunidad científica la evolución es un hecho comprobado. Existen distintas teorías evolucionistas: el **lamarckismo**, el **darwinismo**, la **teoría sintética** y la **teoría del equilibrio puntuado**.

Fijismo

A comienzos del siglo XIX muchos naturalistas aún pensaban que las especies permanecen invariables a lo largo del tiempo. Este pensamiento dio origen al **fijismo,** cuyas ideas se apoyaban principalmente en la interpretación literal del Génesis y otros libros sagrados.

Se aceptaba el **creacionismo**, que explicaba el origen de las especies como creaciones de Dios que se mantenían inmutables en el tiempo, y basándose en interpretaciones literales de la Biblia, se estimaba que la Tierra tenía una antigüedad de tan solo 6 000 años.

El naturalista **Carl von Linneo**, a quien debemos la actual clasificación binomial de las especies, fue un gran defensor del fijismo. Linneo escribió: *Hay tantas especies diferentes como formas diversas fueron creadas en un principio por el ser infinito.*

El descubrimiento de fósiles supuso un contratiempo para los defensores del fijismo, ya que se trataba de restos de seres vivos de épocas pasadas que ya no existían. El naturalista **Georges Cuvier**, considerado el padre de la paleontología, propuso la teoría del **catastrofismo** para explicar la existencia y desaparición de especies. Según su teoría, en el pasado habían existido seres vivos distintos a los actuales, que se habían mantenido sin cambios durante mucho tiempo y que se extinguieron de manera súbita después de alguna catástrofe natural. Tras la desaparición de estas especies surgirían otras distintas. Este fenómeno tendría lugar cada cierto tiempo.

Para Cuvier, la última gran catástrofe en la que desaparecieron multitud de seres vivos debió de coincidir con el hipotético diluvio universal.

ACTIVIDADES

5. ¿Qué explicación daba Cuvier a la presencia de organismos fósiles que ya no existían?
6. ¿Es lo mismo fijismo que creacionismo?
7. ¿Recuerdas en qué consiste la clasificación binomial de Linneo?

yoquieroaprobar.es

4 El lamarckismo

La primera teoría sobre la evolución conocida como **transformismo** o **lamarckismo**, fue propuesta por el naturalista **Jean Baptiste de Lamarck.**

Lamarck pensaba que unas especies se transforman en otras de manera continua a lo largo del tiempo. Su teoría se basada en estos puntos:

- **Los organismos muestran una tendencia hacia la complejidad.** Los organismos evolucionan desde formas sencillas a formas complejas.
- **El uso repetido de un órgano produce su desarrollo.** Los cambios que se producen en el entorno hacen que los seres vivos se adapten al medio modificando ciertos órganos en función de su uso o desuso. **La función crea el órgano** y su desuso produce degeneración. De esta forma, los caracteres originales van siendo sustituidos lentamente por una serie de caracteres adaptativos o **caracteres adquiridos**.
- **Los caracteres adquiridos son heredables.** Las modificaciones inducidas por el ambiente, que un organismo adquiere durante su vida, pueden transmitirse a la descendencia. Por esta razón la teoría de Lamarck también es conocida como la **teoría de los caracteres adquiridos.**

Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829) en su obra *Filosofía zoológica*, publicada en 1809, trató de dar una explicación racional a la transformación de las especies.

Un ejemplo de lamarckismo

Las primitivas jirafas provenían de antílopes primitivos, que vivían en la sabana y se alimentaban de las hojas bajas de las acacias.

En épocas de sequía, el alimento disminuía y las jirafas necesitaban estirar el cuello y las patas para alcanzar las hojas de la parte alta de las acacias. Debido al uso, estos órganos se iban alargando.

Los caracteres adquiridos, cuello y patas cada vez más largos, eran transmitidos a la descendencia de generación en generación.

Debido a los conocimientos actuales sobre genética, la teoría de Lamarck se considera incorrecta, ya que los caracteres adquiridos no se transmiten a la descendencia, pues solo se heredan aquellos caracteres cuya información reside en los genes.

El desarrollo muscular de los deportistas no se transmite a la descendencia.

ACTIVIDADES

8. Señala las principales premisas en que se basa la teoría de Lamarck.

9. ¿Puede un cambio en el ambiente producir por sí mismo una transformación en un ser vivo?

10. ¿Cuáles son las razones por las que no se aceptan actualmente las ideas de Lamarck?

www.yoquieroaprobar.es

5 La teoría de la evolución de Darwin y Wallace

Las ideas de Darwin (A) y Wallace (B) causaron una revolución social tan importante, que el mismo día en el que se publicó *El origen de las especies* se agotaron todos los ejemplares.

Los naturalistas **Charles Darwin** y **Alfred Russel Wallace** ofrecieron una nueva visión de la evolución. Su teoría se denomina **darwinismo** y está actualmente aceptada.

Ambos científicos, por separado, llegaron a las mismas conclusiones para explicar el origen de la gran diversidad de seres vivos que existen.

Según su teoría, no hay una tendencia intrínseca en las especies que las obligue a evolucionar en una dirección determinada. La evolución es un proceso abierto sin un final determinado y único. Esto bajó a la especie humana del lugar privilegiado que se le suponía en la naturaleza.

Antecedentes del darwinismo

En su libro ***El origen de las especies*** Darwin propuso la idea de que el origen y la evolución de las especies se produce por **selección natural**. En su obra influyeron varios hechos.

En las islas Galápagos, un archipiélago de origen volcánico situado en el océano Pacífico, a 1 100 km de Ecuador, Darwin encontró numerosas pruebas que posteriormente fueron claves para elaborar su teoría de la evolución.

Un viaje alrededor del mundo

A los 22 años Darwin se enroló como naturalista en el buque *HMS Beagle*. Su viaje alrededor del mundo duró cinco años. Durante ese tiempo realizó multitud de observaciones y pudo recopilar gran cantidad de información fundamental para elaborar su teoría.

El economista Thomas Malthus

Malthus sostenía en su obra *Un ensayo sobre el principio de la población*, que la cantidad de alimento disponible limitaba el crecimiento de las poblaciones, ya que se producía una lucha por dicho recurso.

Esto dio a Darwin la idea de que entre los individuos se produce una **lucha por la supervivencia.**

El geólogo Charles Lyell

Lyell proponía en su obra *Principios de Geología,* que las características físicas de la Tierra eran el resultado de procesos geológicos que actuaban día a día a lo largo de inmensos periodos de tiempo. De esta forma rechazaba el catastrofismo.

Este fué el origen de la idea de Darwin de **sucesión** y **cambio gradual a lo largo del tiempo.**

www.yoquieroaprobar.es

La evolución por selección natural

La teoría de la evolución de Darwin y Wallace propone que la **selección natural** es el mecanismo por el cual las especies cambian a lo largo del tiempo. Darwin eligió este término por semejanza con la **selección artificial** que practicaban ganaderos y agricultores en la mejora de ciertas razas de animales y variedades de plantas.

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

- **Existe entre los organismos una lucha por la supervivencia.** La mayoría de las especies tienen una elevada capacidad reproductiva. Si todos los individuos que nacen en una población se reprodujeran, esta crecería exponencialmente, y esto no ocurre en la naturaleza.
  Los recursos del medio, como el alimento y el espacio, son limitados. Si nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, entre ellos se produce una lucha por la supervivencia.
- **Entre los individuos de una población existe variabilidad.** Dentro del conjunto de individuos de la misma especie que forman una población, no todos son exactamente iguales, entre ellos puede haber ciertas diferencias, como el tamaño, el color…
- **El medio selecciona a los organismos mejor adaptados.** Dentro de una población, aquellos individuos que presenten una variación ventajosa para un determinado ambiente tendrán una mayor probabilidad de sobrevivir que los que no la muestren.

La selección natural actúa sobre las variaciones que se producen en los individuos. Si las condiciones del medio se mantienen sin cambios durante mucho tiempo, aquellos individuos con variaciones ventajosas que les confieran una mejor adaptación al medio, sobrevivirán más, se reproducirán más y transmitirán los cambios a la descendencia. Por el contrario, los individuos con variaciones desventajosas tendrán menos probabilidad de sobrevivir y por tanto de reproducirse. De esta manera, poco a poco, de forma **continua** y **gradual**, las especies van cambiando.

ACTIVIDADES

11. Según la teoría de Darwin, ¿qué mecanismo hace evolucionar a las especies? ¿Y según la teoría de Lamarck?

12. ¿Qué significa el término «supervivencia del más apto» según la teoría darwinista?

13. Darwin no abandonó por completo la idea de la herencia de los caracteres adquiridos elaborada por Lamarck. ¿Por qué crees que no lo hizo?

Un ejemplo de darwinismo

En una población de jirafas los individuos presentan variaciones. Así habrá unos individuos con el cuello y las patas más largos que otros.

En épocas desfavorables, como largos periodos de sequía, las jirafas de cuello y patas más largas podrán alcanzar las hojas de las ramas altas de las acacias para comer, por lo que tendrán mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse. Las demás irían pereciendo de hambre.

Generación tras generación, de forma continua y gradual, en la población de jirafas serán más abundantes las de patas y cuello largos.

www.yoquieroaprobar.es

6 El origen de la variabilidad

Darwin propuso un mecanismo que explicaba los cambios que se producían en las especies con el paso del tiempo, pero no pudo explicar cómo se origina la variabilidad sobre la cual actúa la selección natural, ni como esa variabilidad se mantiene generación tras generación.

La selección natural actúa sobre variaciones heredables. Actualmente se sabe, que muchas de las diferencias existentes entre los individuos se deben a variaciones genéticas, y estas se generan por dos procesos: la **mutación** y la **reproducción sexual.**

Mutaciones como fuente de variabilidad

Las mutaciones son alteraciones que se producen al azar en los genes. Las que afectan a los gametos se transmiten a la descendencia.

Las mutaciones pueden ser **perjudiciales**, **beneficiosas** o **neutras**.

Una mutación puede provocar la aparición en las ardillas de un pelo de color marrón frente al pelaje de color claro.

La mutación es favorable, ya que las ardillas de pelaje más oscuro son menos visibles y evitan mejor a sus depredadores.

La selección natural favorece la mutación. Las ardillas marrones se reproducirán más eficazmente que las de pelaje claro.

- Las **mutaciones perjudiciales** confieren una desventaja para la supervivencia del individuo o provocan su muerte. Estas mutaciones tienden a ser eliminadas por selección natural, ya que los individuos que las portan tienen menor probabilidad de sobrevivir y, por tanto, de reproducirse.
- Las **mutaciones favorables** proporcionan alguna ventaja a los individuos que las portan, ya que mejoran su capacidad de supervivencia y, por tanto, de reproducción.
- Las **mutaciones neutras** no son ventajosas ni perjudiciales, y la selección natural no las elimina ni las favorece hasta que se produce un cambio en el ambiente.

Las mutaciones generan las **variaciones hereditarias** sobre las que actúa la selección natural.

Reproducción sexual como fuente de variabilidad

La reproducción sexual genera variabilidad debida a la recombinación génica que ocurre durante la meiosis y a la unión al azar de los gametos durante la fecundación.

La mezcla de genes parentales genera nuevas combinaciones genéticas en los individuos que los hace únicos. Algunas de estas características permiten que la descendencia sobreviva a condiciones adversas.

ACTIVIDADES

14. Una mutación que produjera la formación de espinas en determinadas plantas herbáceas de la sabana ¿sería favorable, desfavorable o neutra? Justifica la respuesta.

7 La presión de selección y la adaptación

El medio influye de manera decisiva en los seres vivos. Aunque las poblaciones parecen perfectamente adaptadas a su entorno, en ocasiones la supervivencia de los individuos es difícil, especialmente cuando las condiciones del medio cambian.

Aquellos factores que afectan de manera negativa a la supervivencia de los individuos se denominan **presión de selección**. Las poblaciones están continuamente sometidas a la presión de selección del medio. Aquellos individuos que no la puedan superar morirán antes que otros.

La selección natural ocurre cuando la presión de selección a la que está sometida una población se mantiene sin cambios durante largos periodos de tiempo. Aquellos individuos que presenten alguna variedad que suponga una ventaja para superar una determinada presión de selección sobrevivirán, y su probabilidad de reproducción será mucho mayor que para los que no puedan superarla.

De esta forma, después de muchas generaciones, los individuos que forman una población estarán adaptados al medio. Este proceso que tiene lugar en las poblaciones como consecuencia de la presión de selección y la selección natural se llama **adaptación**.

ACTIVIDADES

15. ¿De qué manera influye el medio en el proceso de selección natural?

16. ¿Por qué es importante que los individuos de una población presenten variabilidad para algunos caracteres?

Los depredadores como los guepardos suponen una presión de selección para los herbívoros de la sabana. Aquellos animales menos rápidos y ágiles tienen menor probabilidad de sobrevivir.

El camuflaje es una forma de adaptación, ya que los individuos pasan inadvertidos para los depredadores aumentando así su probabilidad de supervivencia.

La variabilidad influye de manera decisiva en la capacidad de las poblaciones para superar una determinada presión de selección. Cuantas más variaciones hereditarias para un carácter se hayan generado al azar en una población, mayor será la capacidad de superar la presión de selección.

La mariquita asiática *Harmonia axyridis* presenta dentro de la misma especie una gran variabilidad genética que puede observarse en los colores y dibujos de los élitros.

8 Las pruebas de la evolución

Existen gran cantidad de pruebas que demuestran que todos los seres vivos tienen un origen común y que la evolución es un hecho incuestionable.

Pruebas anatómicas

Se basan en el estudio comparado de las estructuras corporales de los organismos, con el fin de establecer posibles relaciones de parentesco.

Las extremidades anteriores de todos los mamíferos comparten la misma estructura. Los huesos están ordenados de la misma manera, aunque existen diferencias debidas a la adaptación a una función diferente en cada caso.

- **Órganos homólogos.** Son aquellos que tienen la misma estructura interna aunque su forma externa y función sean diferentes. Por ejemplo, el brazo de una persona, la pata delantera de un perro, el ala de un murciélago y la aleta de una ballena, poseen una estructura interna parecida, pero no desempeñan las mismas funciones en cada organismo (coger objetos, correr, volar y nadar). Se trata de estructuras heredadas de un antecesor común, la posterior adaptación a distintos medios generó diferencias entre ellas.
- **Órganos análogos.** Son aquellos que desempeñan la misma función en organismos diferentes, pero tienen un origen distinto. Las alas de murciélagos, aves e insectos cumplen funciones similares pero no presentan la misma estructura interna.
- **Órganos vestigiales.** Son aquellos cuya función se ha ido perdiendo a lo largo de la evolución. Son órganos que tuvieron una función destacada en especies predecesoras, hoy desaparecidas, pero que en los organismos actuales se encuentran reducidas o en desuso.

Pruebas paleontológicas

Se basan en el estudio de los fósiles, que son restos de seres que vivieron en el pasado o de su actividad que han quedado preservados.

Muchos fósiles guardan cierta similitud con especies actuales. En ocasiones también pueden presentar formas intermedias que relacionan especies actuales con otras fósiles más antiguas. Por eso podemos deducir que muchos organismos extinguidos fueron muy diferentes de los actuales y que a lo largo del tiempo unas especies han sido sustituidas por otras.

El registro fósil es incompleto, pero en muchos casos ha permitido reconstruir la evolución de ciertos organismos al observar, en los fósiles, modificaciones graduales de ciertas estructuras.

A veces, los fósiles presentan características intermedias entre dos grupos, lo que indica sus relaciones de parentesco evolutivo. El fósil de *Archaeopteryx* muestra que este animal presentaba rasgos de reptil y de ave.

ACTIVIDADES

17. El registro fósil de numerosas especies no está completo, ¿a qué crees que se debe?

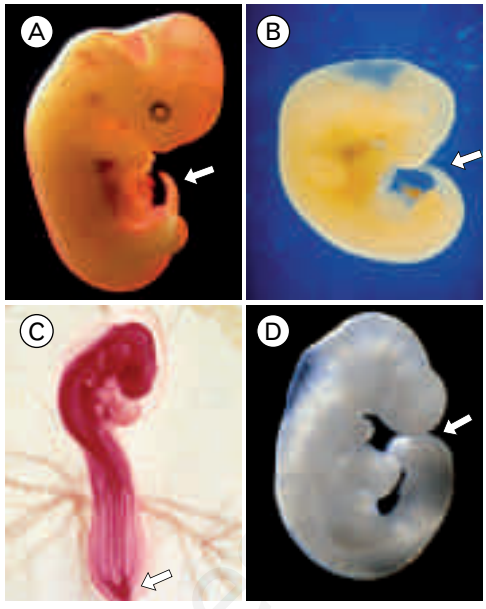
18. Busca en los *conceptos clave* el significado de «paleontología».

www.yoquieroaprobar.es

Pruebas embriológicas

Se basan en el estudio comparado del desarrollo embrionario de distintos animales. Al comparar los primeros estadios del desarrollo embrionario de muchos animales se observa que existen ciertas semejanzas que van desapareciendo según avanza el proceso.

Todos los vertebrados se desarrollan de manera bastante similar durante las etapas tempranas del desarrollo embrionario. Por ejemplo, todos poseen arcos branquiales y cola. A medida que avanza el desarrollo algunos animales conservan estas estructuras y otros las pierden.



En las etapas tempranas del desarrollo embrionario de un gato (A), un humano (B), un ave (C) y un ratón (D), pueden verse semejanzas como la presencia de cola (⇦).

Pruebas biogeográficas

Se basan en el estudio de la distribución geográfica de las especies. La teoría de la evolución señala que los organismos que habitan juntos en una determinada área evolucionan de manera similar, pero cuando ciertas poblaciones quedan aisladas, tienden a evolucionar hacia formas diferentes.

Por ejemplo, existen monos tanto en América del Sur como en Asia y África, y aunque cada continente posee especies diferentes, son muy semejantes entre sí. Los monos de estos continentes provienen de un antecesor común, pero al separarse los continentes, diferentes poblaciones quedaron aisladas y evolucionaron de manera independiente.

Macaca fuscata.

Cebus capucinus.

Cercopithecus aethiops.

ACTIVIDADES

19. El coxis es un organo vestigial en las personas, ¿conoces algún otro? ¿Qué funciones llevaba a cabo y que actualmente ha perdido?

20. Observa las etapas del desarrollo embrionario de las imágenes. ¿Con qué grupo crees que estamos menos emparentados los seres humanos? ¿Por qué?

Pruebas bioquímicas

Se basan en la comparación de organismos diferentes a nivel molecular. Cuanto más parecidas sean dos especies a nivel molecular mayor será el parentesco evolutivo, y viceversa.

Actualmente, los métodos más utilizados para comparar organismos se basan en las secuencias de ADN y de aminoácidos de las proteínas. Con ellos se han elaborado árboles filogenéticos, en los que quedan representados las relaciones de parentesco entre los seres vivos.

El chimpancé es la especie que tiene mayor coincidencia genética con la especie humana, lo que demuestra que tenemos el mismo antecesor común.

www.apuntesaprobar.com

9 El neodarwinismo o teoría sintética de la evolución

Durante la primera mitad del siglo XX, los avances conseguidos en todos los campos de la biología permitieron dar nuevas interpretaciones a la teoría de la evolución propuesta por Darwin y Wallace.

Hacia el año 1930, los nuevos conocimientos en el campo de la genética llevaron a un grupo de científicos a formular una nueva teoría de la evolución que proponía como los principales motores del cambio evolutivo las mutaciones, la recombinación génica y la selección natural.

Esta teoría se denomina **neodarwinismo** o **teoría sintética**, ya que unifica diferentes áreas de la biología, como la **genética**, la **paleontología**, la **bioquímica** y la **ecología**.

Las características principales del neodarwinismo se pueden resumir en los siguientes puntos:

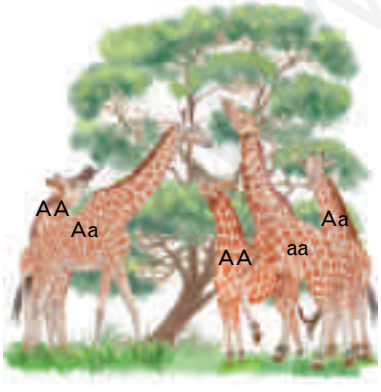
- **Rechaza el lamarckismo.** No acepta la teoría de los caracteres adquiridos.
- **La variabilidad genética se debe a dos procesos: la mutación y la recombinación.** En los individuos con reproducción asexual la única fuente de variabilidad son las mutaciones. En individuos con reproducción sexual además interviene el proceso de recombinación génica.
- **La selección natural actúa sobre la variabilidad genética.** Cada individuo en una población es portador de distintos alelos responsables de su fenotipo. La selección natural actúa sobre estas variedades.
- **La selección natural conduce a cambios en el conjunto de alelos de una población.** Los alelos que confieran a los individuos que los portan un fenotipo ventajoso incrementarán su frecuencia en la población.
- **Evoluciona la población, no los individuos.** Se define población como un grupo de individuos de la misma especie que comparten un área y pueden cruzarse entre ellos originando una descendencia fértil.
- **La evolución se produce de manera gradual.** La evolución es el resultado de pequeños cambios en las frecuencias de diferentes alelos de una población. El proceso para que aparezca una nueva especie es muy largo.

ACTIVIDADES

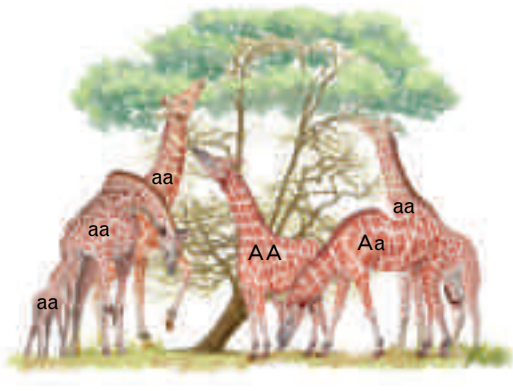
21. Según la teoría sintética, ¿cuál es la unidad de evolución?

22. ¿Sobre qué bases se apoya el neodarwinismo?

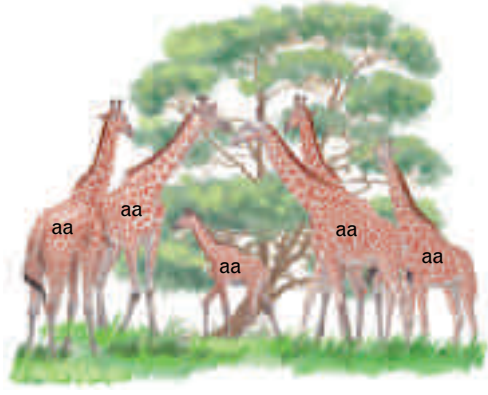
Un ejemplo de neodarwinismo



Entre los antecesores de las jirafas, animales con las patas y el cuello cortos, las mutaciones originadas al azar producirían individuos con las patas y el cuello más largos.



Ante condiciones cambiantes del medio, como una sequía prolongada, el alimento escasea. La mutación se muestra beneficiosa y los individuos que la poseen y sus descendientes tendrán ventajas frente al resto.



La selección natural facilita la supervivencia de los individuos que poseen la ventaja adaptativa. Se reproducirán más, y con el tiempo la mutación aumentará su frecuencia en la población.

www.yoquieroaprobar.es

10 El equilibrio puntuado

Hasta 1970 el neodarwinismo era la teoría evolucionista imperante. Sin embargo, los últimos datos obtenidos en paleontología llevaron a la elaboración de una nueva teoría que, en algunos puntos, entra en contradicción con la teoría sintética.

Esta teoría se conoce como la teoría del **equilibrio puntuado** y propone una alternativa al gradualismo de la teoría sintética.

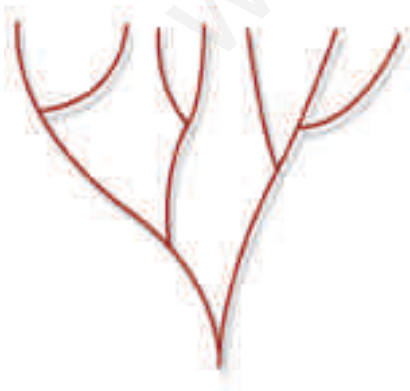
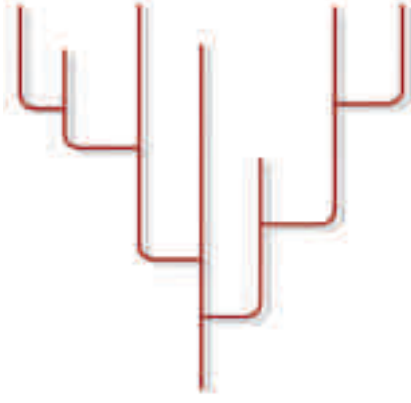
El registro fósil es incompleto. En él se encuentran muchos casos en los que de repente aparecen gran cantidad de especies nuevas, que se mantienen prácticamente sin cambios durante mucho tiempo y súbitamente desaparecen del registro fósil.

En 1972 los paleontólogos **Niles Eldredge** y **Strephen Jay Gould** expusieron la teoría del equilibrio puntuado para tratar de explicar los saltos bruscos que se observaban en el registro fósil y que representan la desaparición repentina de algunas especies y la aparición súbita de otras nuevas.

Según esta teoría, no todos los cambios evolutivos son graduales. En la historia de la Tierra han existido largos periodos de estabilidad, en los que aparentemente las especies no han sufrido modificaciones, llamados periodos de **estasis**. Estos periodos se alternan con otros de corta duración, denominados de **especiación**, en los que se producen rápidos cambios y aparecen muchas especies nuevas a partir de las ya existentes. Se trataría de periodos de explosión en la biodiversidad.

El registro fósil muestra que la mayoría de los principales grupos de animales aparecieron bruscamente a principios del Cámbrico. Se supone que muchos de ellos habían aparecido antes, pero en ese periodo se diversificaron de manera extraordinaria.

Comparación entre gradualismo y equilibrio puntuado

Gradualismo	Equilibrio puntuado
• Las especies forman una sola línea evolutiva a partir de la especie ancestral. • La transformación es lenta, gradual y continua, como consecuencia de pequeños cambios durante largos periodos. • La transformación hacia una nueva especie no se produce en individuos aislados, sino en toda la población.	• Las especies no siguen una sola línea evolutiva a partir de la especie ancestral, sino varias. • La transformación se realiza a saltos, y se alternan periodos de estasis con etapas de especiación. • La trasformación hasta la nueva especie se produce a partir de una pequeña población que queda aislada.
	

ACTIVIDADES

23. ¿Qué explicación da la teoría del equilibrio puntuado al registro fósil incompleto de algunas especies?

24. ¿Cuál es la principal diferencia entre la teoría del equilibrio puntuado y el darwinismo?

www.yoquieroaprobar.es

En los animales, la barrera reproductiva por hábitos de conducta es muy importante. Muchas especies, por ejemplo, antes de aparearse desarrollan complejos rituales de cortejo.

11 Las especies y la especiación

Una especie es un grupo de organismos que comparten un mismo conjunto de genes y pueden originar una descendencia fértil.

Se denomina especiación a aquellos procesos que conducen a la formación de una nueva especie a partir de otra preexistente.

La condición esencial para que se produzca la especiación es que exista **aislamiento reproductivo**, es decir, que de alguna manera se interrumpa el flujo continuo de genes entre dos poblaciones de la misma especie.

El aislamiento reproductivo puede ocurrir de distintas formas. Una de ellas es el **aislamiento geográfico** de las poblaciones, debido a la aparición de una barrera geográfica como puede ser la formación de una nueva cadena montañosa o la separación de masas continentales.

El material genético inicial de cada una de las poblaciones irá diferenciándose gradualmente por mutación y recombinación. Sobre esos cambios actuará la selección natural, favoreciendo aquellos fenotipos más ventajosos en función de las características y recursos del medio. Cada población de esta manera evolucionará de forma diferente.

Así, con el paso del tiempo, las poblaciones serán diferentes a nivel morfológico, físico y de hábitos de conducta. Se habrán originado dos especies distintas. Si la barrera que las mantenía separadas desapareciera, los individuos de las dos especies ya no podrían volver a reproducirse.

ACTIVIDADES

25. ¿Crees que pueden originarse especies sin que un grupo de individuos de una población abandone un determinado lugar y se separe de la población inicial? Razona la respuesta.

EN PROFUNDIDAD

Un caso de especiación: los pinzones de las islas Galápagos

En las islas Galápagos se encuentra un ejemplo claro de especiación. El archipiélago está alejado del continente y formado por trece islas volcánicas grandes y otras seis más pequeñas, además de varios islotes rocosos. Cada una tiene unas características ambientales que ofrecen unos recursos propios y distintos de los de las demás.

En estas islas habitan trece especies de pinzones que se diferencian principalmente en su tamaño y en la forma de sus picos. La semejanza entre estas aves hace pensar en la existencia de un antepasado común que probablemente llegara arrastrado por los vientos alíseos desde el continente. Como cada isla ofrecía un escenario distinto para la explotación de los recursos, la posibilidad de obtener el alimento dependía de las formas de los picos de los pinzones. La selección natural hizo que en cada isla proliferasen aquellas poblaciones de pinzones que, en función de las formas de sus picos, eran más eficaces para obtener el alimento, ya fueran frutos secos, insectos o bayas.

La distancia entre cada isla hizo muy difícil la reproducción entre las poblaciones, lo que potenció que cada vez las diferencias entre los pinzones fueran mayores, hasta llegar a ser especies distintas con imposibilidad de reproducirse entre ellas.

www.yoquieroaprobar.es

12 El origen y la evolución de la especie humana

La especie humana es una de las miles que habitan la Tierra. Como el resto de las especies, hemos aparecido en el curso de la evolución y, por tanto, tenemos una serie de relaciones de parentesco con otras especies.

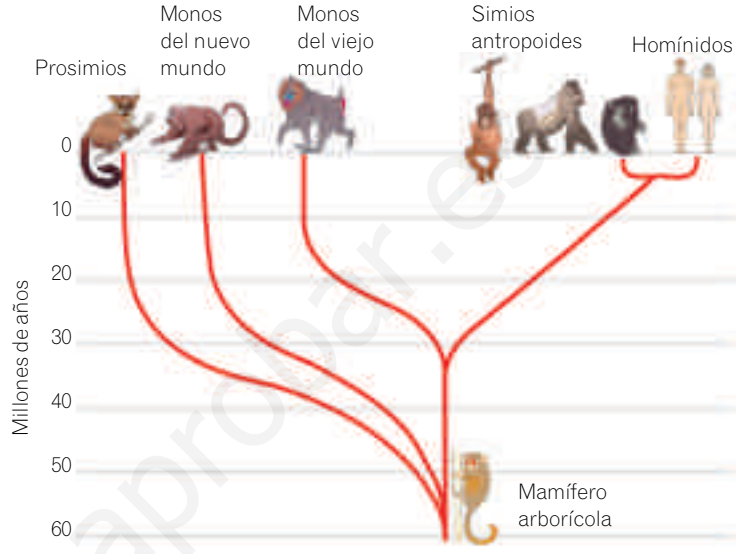
Antepasados comunes

La especie humana es la única representante actual de la familia de los **homínidos**, que comprende también las especies extintas del género *Homo*, y las del género *Australopithecus*.

Los homínidos, junto a los simios antropoides, los monos del nuevo y del viejo mundo y los prosimios, forman el orden de los **primates**.

Los primeros primates aparecieron sobre la Tierra hace unos 60 M.a. Su aspecto era bastante diferente de los actuales, vivían en los árboles, tenían el tamaño de una musaraña y hábitos nocturnos.

Hace unos 35 M.a. los monos se separaron del resto de los primates, y hace tan solo unos 5 M.a. se produjo la separación de los simios antropoides y los homínidos.



Adquisición del bipedismo

El bipedismo consiste en caminar sobre los dos pies sin apoyar las manos.

Esta característica constituye la principal diferencia física entre los homínidos y el resto de simios antropoides.

El paso de un primate trepador a bípedo requiere unos cambios corporales, que afectan principalmente al esqueleto, algunos de ellos son:

- Alargamiento de las extremidades inferiores respecto a las superiores y al tronco.
- Acortamiento y ensanchamiento de la pelvis que se sitúa en una posición más baja.
- La columna vertebral, que debe soportar el peso del cuerpo, adquiere forma de S, con cuatro curvas.
- El foramen mágnum se sitúa en una posición inferior del cráneo.
- Alargamiento del dedo pulgar del pie, que se orienta paralelo a los otros dejando de ser oponible.

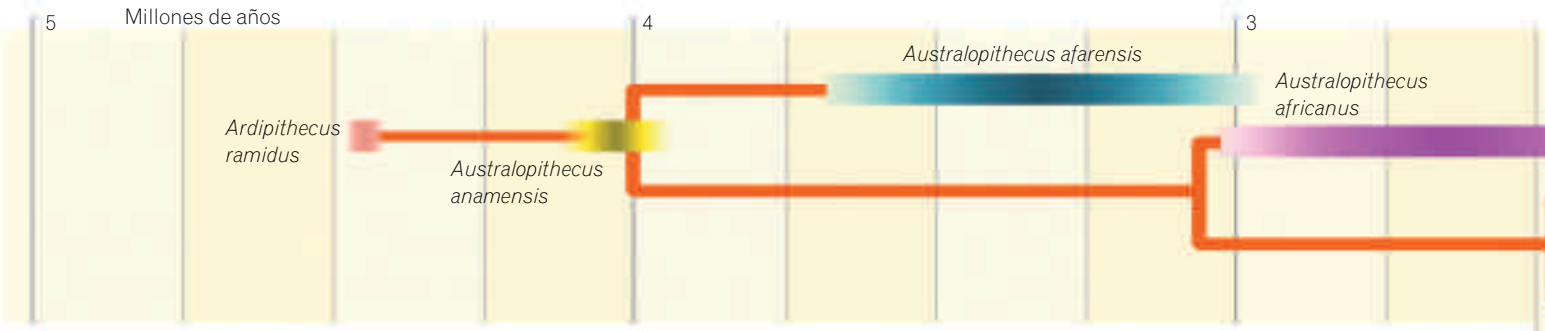
Para los primeros homínidos, caminar erguido presentaba una serie de ventajas, como: observar el horizonte desde las altas hierbas de las praderas; liberar las manos para otras funciones, como el transporte de objetos, alimentos y crías, lo que permitía mantener el grupo unido mientras se desplaza, o caminar durante más tiempo posibilitando el recorrido de largas distancias.

ACTIVIDADES

26. Explica los principales cambios que tuvieron lugar en el esqueleto con la postura bípeda.

27. Busca en los *conceptos clave* el significado de «foramen mágnum».

www.yoquieroaprobar.es



13 La evolución de los homínidos

La Tierra se formó hace 4 500 M.a. Se tienen evidencias fósiles de que hace 6 M.a. surgió la familia de los homínidos, y tan solo hace aproximadamente 150 000 años apareció nuestra especie, el *Homo sapiens sapiens*.

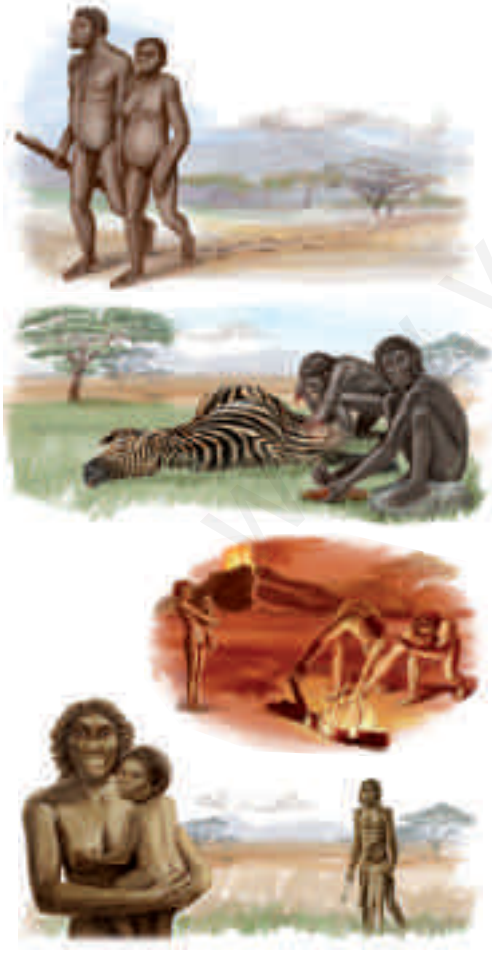
Nuestra especie se caracteriza por un elevado desarrollo cerebral, que nos ha posibilitado ser animales inteligentes, sociales, conscientes de nuestra propia existencia, con una gran capacidad de comunicación y de pensamiento simbólico. Somos capaces de imaginar, de inventar, de interpretar y de otras muchas capacidades que nos hacen únicos.

En la evolución de nuestra especie destacan los siguientes antecesores:

Ardipithecus ramidus. Primer homínido conocido.

Vivió hace 4,5 M.a. en las selvas de Etiopía.

Su aspecto era similar al chimpancé actual con menor tamaño. Se alimentaba de frutos y hojas. Aún no se sabe con seguridad su tipo de locomoción.



Australopithecus. Primer homínido bípedo. Dio lugar al género *Homo*.

Los representantes de este género, del que se conocen varias especies, vivieron entre hace 4 y 2 M.a. en los bosques de África.

Caminaban erguidos y se alimentaban de frutos y brotes.

Su capacidad craneal era de 500 cm^3.

Homo habilis. Primera especie del género *Homo*.

Vivió entre hace 2,5 y 1,6 M.a. en las sabanas del valle del Rift en África.

Fabricó las primeras herramientas e incluyó carne en su dieta.

Tenía una capacidad craneal aproximada de 600 cm^3.

Homo ergaster. Comenzó a aprovechar el fuego.

Vivió entre hace 1,6 y 1,3 M.a. en las sabanas del sur y este de África.

Tenía unas proporciones corporales similares a las actuales, pudiendo llegar a medir 180 cm de estatura. Era omnívoro y probablemente cazador.

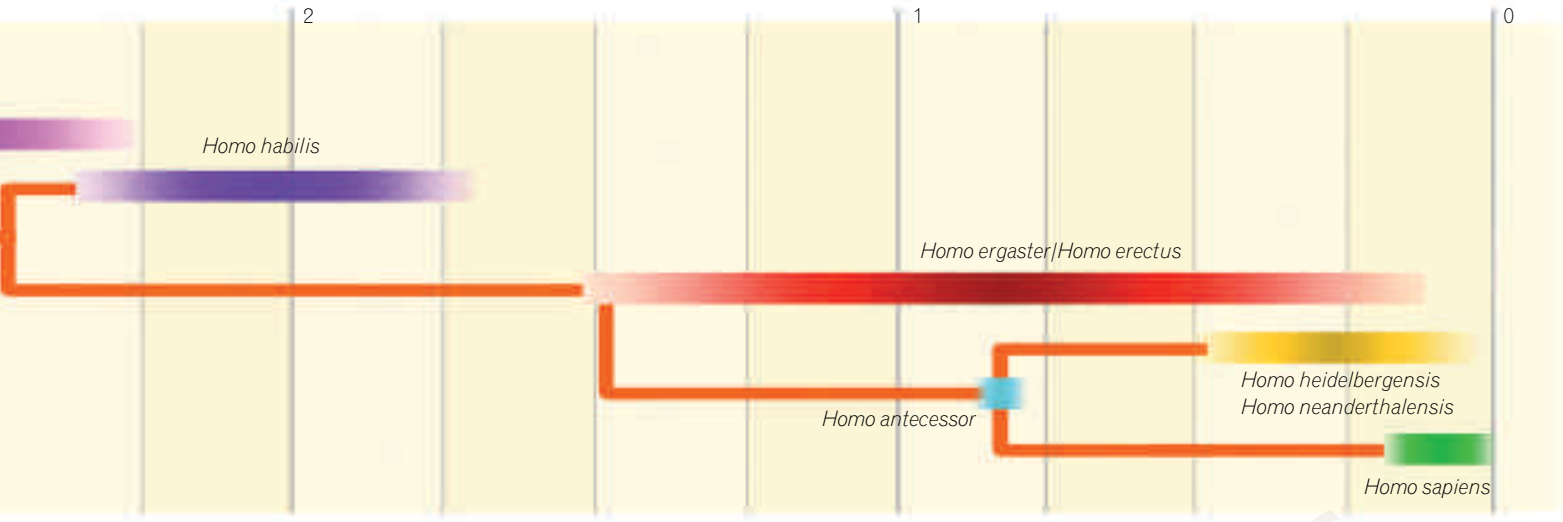
Su capacidad craneal estaba entre 800 y 900 cm^3 .

Homo erectus. Colonizó Asia.

Vivió entre hace 1,3 M.a. y 50 000 años en China y Asia en zonas abiertas.

Físicamente era parecido al *Homo ergaster.* Esta especie fue la primera en salir de África.

Tenía una capacidad craneal entre 900 y 1 280 cm^3 .



Homo antecessor. Colonizó Europa.

Vivió hace 800 000 años en zonas boscosas de Europa.

Era cazador recolector y utilizaba herramientas de hueso y madera.

Es el último antepasado común entre nuestra especie y los neandertales.

Tenía 1 000 cm^3 de capacidad craneal.

Homo heidelbergensis. Posiblemente realizó los enterramientos más antiguos.

Vivió entre hace 500 000 y 180 000 años en Europa. Colonizó todo tipo de ambientes.

Era omnívoro y tenía una estructura corporal robusta con una mezcla de rasgos primitivos. Fabricaba herramientas de piedra.

Tenía una capacidad craneal entre 1 100 y 1 390 cm^3.

Homo neanderthalensis. Dominaba el fuego, cuidaba de sus enfermos y tenía ritos funerarios.

Vivió entre hace 230 000 y 28 000 años. Habitó todo tipo de ambientes de Europa, Oriente Próximo y Asia central.

Presentaba una serie de características anatómicas exclusivas, fruto del aislamiento genético. Perfeccionó la técnica de tallado de la piedra.

Tenía una capacidad craneal de 1 750 cm^3, superior a la de nuestra especie.

Homo sapiens sapiens. Única especie actual de homínidos.

Nuestra especie apareció hace aproximadamente 150 000 años y colonizamos todo el planeta.

Nuestro cuerpo se estilizó, y nuestra inteligencia y capacidad de comunicación fueron fundamentales para desarrollar una cultura compleja y una conciencia.

Nuestra capacidad craneal es de 1 400 cm^3 .

ACTIVIDADES

28. ¿Cuáles son las principales diferencias entre el género *Homo* y el *Australopithecus*?

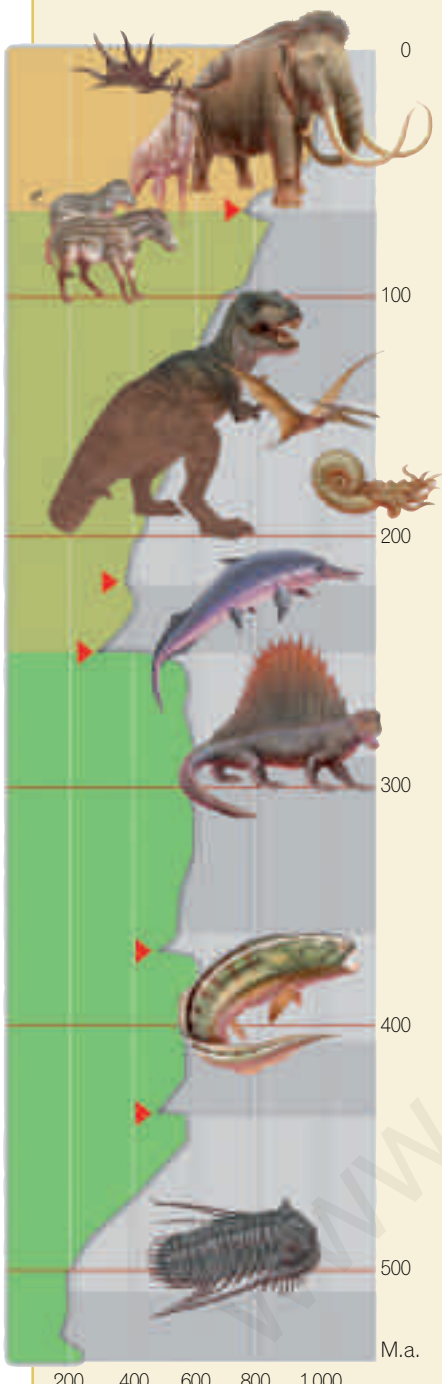
29. ¿Con qué otra especie del género *Homo* convivió *Homo sapiens*?

30. ¿Qué característica tiene *Homo erectus* con respecto a *Homo habilis*, que le hace más parecido a nuestra especie?

31. ¿Cuándo salieron los homínidos de África? ¿Qué especie lo hizo?

www.yoquieroaprobar.es

EN PROFUNDIDAD



La humanidad y la extinción de especies

La **biodiversidad** es la variedad de organismos vivos que habitan en la Tierra.

Se han descrito unos dos millones de especies, pero no se sabe concretamente cuántas especies distintas puede haber, ni cuántas se extinguen antes de ser identificadas. Las estimaciones actuales varían entre cinco y treinta millones.

La **extinción** supone la desaparición de especies. A lo largo de la historia de la vida han ocurrido cinco grandes extinciones naturales. Se calcula que el 99 % de las especies que han existido se han extinguido, sin embargo, hoy día vivimos el punto más alto de biodiversidad.

La extinción es un proceso natural. Determinadas especies desaparecen como consecuencia de la competencia con otras mejor adaptadas, por causas naturales propias de la dinámica terrestre, como son los cambios climáticos o las erupciones, o por causas extraterrestres como el impacto de meteoritos. Sin embargo, muchos biólogos opinan que estamos viviendo la sexta gran extinción, y esta vez la humanidad es la principal responsable. La destrucción y fragmentación de hábitats, el cambio climático, la contaminación y la introducción de especies exóticas son las principales causas actuales de extinción.

Aunque es muy difícil precisar el ritmo al que desaparecen las especies, algunos científicos señalan que cada 30 minutos se extingue una. Por ello es necesario establecer una serie de estrategias globales y locales de conservación, que aseguren la protección de las especies y de sus hábitats.

- **Conservación *in situ*.** Basada en la conservación de los ecosistemas y hábitats naturales en los que viven las especies amenazadas. La mayoría de países dispone actualmente de un sistema legal de zonas protegidas.
- **Conservación *ex situ*.** Consistente en conservar determinadas especies fuera de su hábitat natural, en lugares como parques zoológicos, centros de investigación, bancos de semillas, etc.

Una herramienta importante para la conservación de las especies son las **listas rojas**, creadas por la **Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza**. Se trata de inventarios que catalogan las especies en función de su grado de amenaza.

El orangután de Sumatra está incluido en la lista roja en la categoría de especie en peligro crítico. Su supervivencia está amenazada por la pérdida de hábitat debida a la destrucción de los bosques donde vive.

www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

32. ¿Crees que la acción de las personas sobre el entorno puede afectar a la evolución? Argumenta la respuesta.

33. Pon un ejemplo de fragmentación del hábitat.

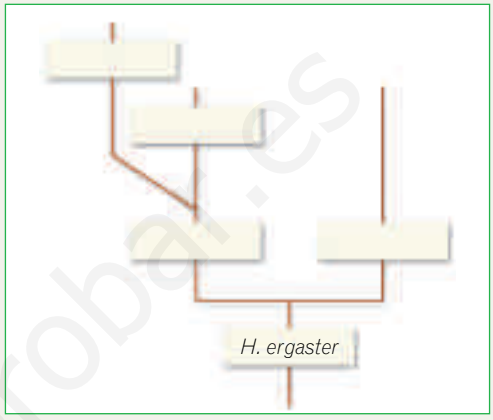
Ciencia en tus manos

Paleobiogeografía de la expansión humana

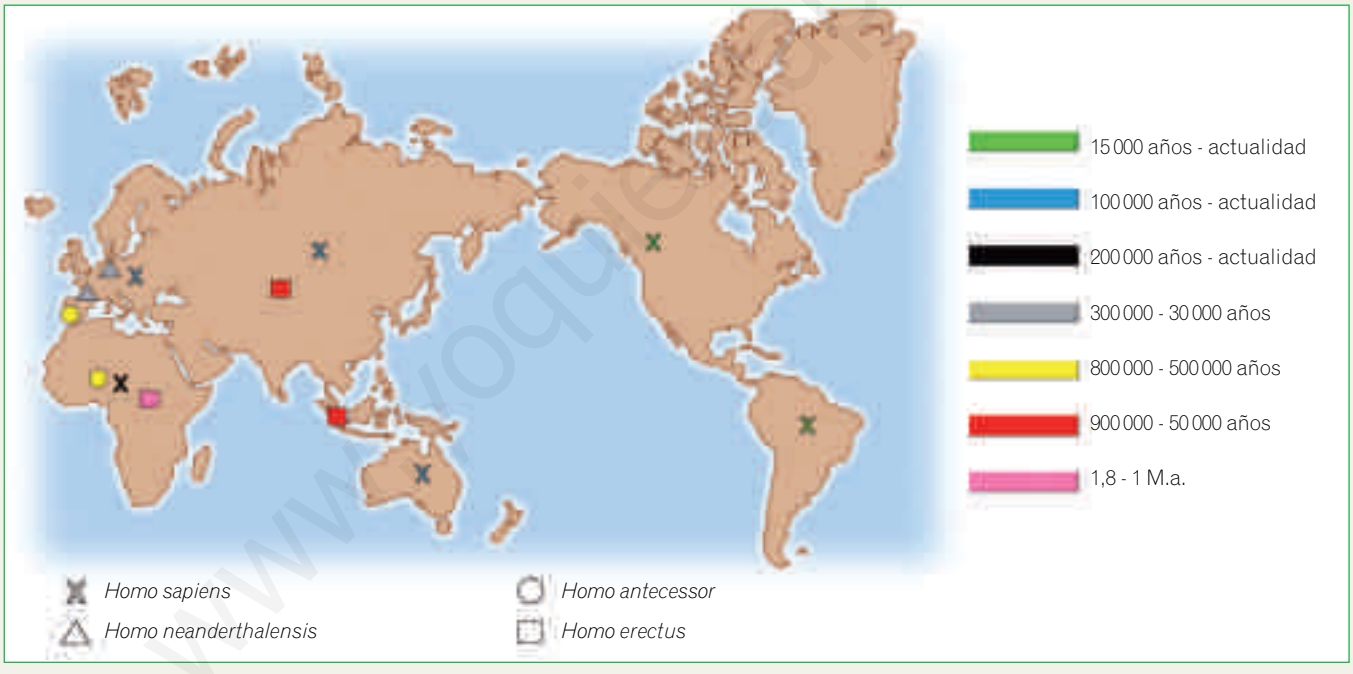
La biogeografía estudia la distribución geográfica de las especies, y la **paleobiogeografía**, la distribución de las especies fósiles. El caso de las humanas es uno de los más interesantes que estudian los paleontólogos desde hace años. En esta actividad vamos a utilizar la información recopilada por los especialistas en paleontología humana (**paleoantropólogos**) para reconstruir la expansión de las especies humanas por el mundo.

1. Representamos las líneas evolutivas humanas. En el esquema simplificado de distribución paleobiogeográfica están representadas únicamente cuatro especies humanas. El antepasado común a *H. antecessor* y *H. erectus* es *H. ergaster* (no señalando en el esquema).

H. antecessor originó las especies *H. neanderthalensis* y *H. sapiens* (a través de otras especies intermedias no incluidas).



2. Deducimos las migraciones. En el esquema inferior están indicadas, de forma simplificada, las zonas del mundo donde se han encontrado fósiles humanos, y su antigüedad. Con el esquema y el árbol filogenético podemos deducir cómo se expandieron estas especies, y responder a las cuestiones.



www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

34. Copia en tu cuaderno el árbol filogenético de las especies humanas y añade en los recuadros vacíos los nombres de las cuatro especies humanas representadas en el esquema paleobiogeográfico.

35. Hace tiempo se sugirió que *H. erectus* había surgido en Asia y había emigrado posteriormente a África. ¿Por qué esa hipótesis está prácticamente descartada?

36. La especie *H. neanderthalensis* surgió a partir de *H. antecessor*, pero ¿surgió en África o en Europa? Razona tu respuesta.

Actividades

37. ● **¿Cuál es la principal diferencia entre la atmósfera terrestre que existía cuando se originó la vida y la actual?**

38. ● **¿Por qué el experimento de Miller es considerado un experimento de simulación?** ¿Qué intentaba demostrar? ¿Qué sustancias hizo reaccionar? ¿Qué compuestos obtuvo?

39. ●● **Lamarck en uno de los capítulos de *Filosofía zoológica*, obra en la que expone sus leyes de la evolución, explica el origen de los tentáculos del caracol:**

«… El caracol siente la necesidad de tocar los objetos y este impulso lleva a los fluidos y las fuerzas al lugar de la cabeza con el cual puede tocar; estas regiones crecen entonces más rápidamente, esa capacidad se transmite a sus descendientes y cada generación la perfecciona, y de ahí los tentáculos del caracol…».

Explica qué ideas de la teoría de Lamarck se reflejan en el texto.

40. ●●● **Muchos animales excavadores, como los topos, carecen de ojos o los tienen muy atrofiados.**

a) ¿Cómo explicaría este hecho la teoría lamarckista?

b) ¿Y la teoría neodarwinista?

41. ● **¿Qué dos procesos producen variabilidad en los individuos con reproducción sexual?** Explica por qué el proceso de selección natural sería imposible si en las poblaciones no existieran variaciones al azar en los individuos.

42. ●● **Observa los siguientes dibujos y contesta.**

a) ¿En qué función está especializado cada órgano?

b) A pesar de las diferencias que presentan estas extremidades, la constitución de todas ellas es muy similar. ¿Cómo pueden entonces explicarse las modificaciones que presentan?

c) ¿Son órganos homólogos o análogos?

43. ●● **¿Por qué es falsa la siguiente afirmación?**

Para que se produzca la especiación es imprescindible que las poblaciones estén separadas geográficamente.

44. ●●● **Se ha estudiado la secuencia de aminoácidos del citocromo c, proteína que participa en la respiración celular en las mitocondrias.** La comparación entre la secuencia en varios animales da como resultado que solo hay un aminoácido diferente entre el chimpancé y el ser humano, mientras que hay 12 aminoácidos diferentes entre el citocromo c del caballo y el humano.

a) ¿Qué significado evolutivo tiene este hecho?

b) ¿Por qué el citocromo c puede utilizarse como prueba de la evolución de las especies? Razona la respuesta.

45. ●● **En el archipiélago de las islas Galápagos existen siete variedades de tortugas, distribuidas en las diferentes islas.** Las tortugas difieren en algunos caracteres morfológicos, como la forma del caparazón y la longitud del cuello y las extremidades. Así, las tortugas que habitan islas con abundancia de vegetación se caracterizan por un caparazón abombado, que protege sus partes blandas mientras se abre camino a través de la vegetación. Sin embargo, las tortugas que habitan en islas áridas, donde la vegetación típica está formada por cactus y espinos, tienen el caparazón en forma de silla de montar, lo que les permite extender el cuello y así alcanzar alimentos situados a una cierta altura.

a) Describe los pasos por los que pudieron originarse distintas especies de tortugas a partir de un antecesor común.

b) ¿Cómo se puede interpretar la existencia de los diferentes tipos de tortugas según la teoría de la selección natural propuesta por Darwin?

c) ¿Cómo se explica el origen de las variedades de tortugas según la teoría neodarwinista?

46. ●● **Busca en el diccionario el término endemismo y trata de explicar por qué son tan abundantes en islas como Canarias o el archipiélago de Hawai.**

47. ● **¿Cómo comprobarías que dos organismos con reproducción sexual son de la misma especie?**

www.yoquieroaprobar.es

48. ●● **Los investigadores han determinado la secuencia de nucleótidos de una parte del ADN de tres especies de primates: el ser humano, el gorila y el chimpancé.** En los resultados observaron que existía mayor número de nucleótidos distintos entre el gorila y los humanos, que entre los humanos y el chimpancé. Con estos datos, ¿qué conclusión puedes sacar?

49. ●●● **El ñandú sudamericano, el avestruz africano y el emú australiano son tres tipos de aves no voladoras muy parecidas que se encuentran en lugares muy alejados.** Suponiendo que tienen un antecesor común, ¿cómo explicarías su distribución actual?

50. ● **Indica al menos cinco barreras geográficas que puedan conducir al proceso de especiación.**

51. ●● **Explica en qué se basa la teoría del equilibrio puntuado.** ¿En qué puntos difiere del gradualismo propuesto por la teoría neodarwinista?

52. ●● **En los últimos años se ha detectado un incremento de insectos parásitos e infecciosos resistentes a los insecticidas, por ello las empresas encargadas de fabricarlos están continuamente investigando otros nuevos y más eficaces.** Propón una explicación a este fenómeno.

53. ●● **Observa la ilustración y explica por qué es conceptualmente errónea desde el punto de vista de la evolución de nuestra especie.**

54. ● **Qué población tendrá mayor probabilidad de sobrevivir ante un cambio ambiental.** ¿Una que tenga una elevada variabilidad con individuos que presenten muchas formas diferentes para un carácter o una que presente una variabilidad pequeña?

55. ● **Explica por qué la postura bípeda supuso una serie de ventajas para los primeros homínidos.**

56. ●●● **Hace pocos años en el yacimiento español de Atapuerca se encontró una nueva especie de homínido de 800 000 años de antigüedad, *Homo antecessor*.** Averigua por qué se cree que esta especie practicaba el canibalismo para alimentarse y no como un ritual.

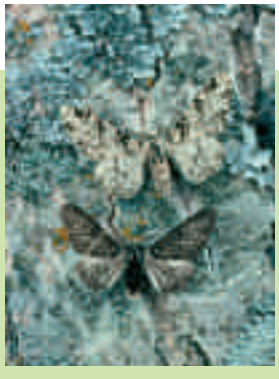
UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

El color de las mariposas

La mariposa del abedul, *Biston betularia*, es frecuente en la ciudad de Manchester, en Gran Bretaña. Esta mariposa posee dos variedades distintas, una moteada de color blanco y otra de color oscuro (variedad carbonaria).

Hasta el año 1850, antes del comienzo de la revolución industrial, predominaban las mariposas de color blanco. Descansaban sobre los troncos de los abedules, donde se confundían con los líquenes, también del color claro. Esta predominancia se debía a que los depredadores, como petirrojos y otras aves insectívoras, eliminaban los ejemplares de color oscuro, pues eran más visibles sobre los troncos claros de los abedules.

A partir del año 1900, la ciudad de Manchester se industrializó, y los humos de las fábricas modificaron el entorno. Debido a la contaminación, los líquenes de los abedules desaparecieron y se oscurecieron los troncos. Entonces comenzaron a ser más abundantes las mariposas de color oscuro, pues ahora los depredadores veían mejor a las mariposas de color claro sobre los troncos oscurecidos por el humo de las fábricas.



57. ● **¿Qué tipo de mariposa sobrevive mejor en la zona no contaminada?** ¿Por qué?

58. ●● **¿A qué presión de selección están sometidas las mariposas?**

59. ●● **Explica cómo actuó la selección natural en las poblaciones de mariposas cuando el ambiente se contaminó.**

60. ●●● **¿Qué podría haber ocurrido si la población de mariposas del abedul en 1900 no hubiera presentado dos variedades distintas?**

61. ●● **En 1956 el gobierno británico decretó la Ley Limpia, y se produjo el cierre de las industrias contaminantes.**

a) ¿Cuál sería entonces la situación de esta mariposa?

b) ¿Qué color se vería favorecido?

www.yoquieroaprobar.es

Resumen

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

Hipótesis sobre el origen de la vida

- Generación espontánea. La vida surgía de forma espontánea, a partir de materia inerte.
- Teoría de la síntesis prebiótica. La vida se originó en la Tierra a partir de materia orgánica. Fue formulada por Oparin y apoyada experimentalmente por Miller.

Teorías sobre el origen de los seres vivos

Fijismo. Las especies permanecen invariables desde que fueron creadas. Linneo y Cuvier fueron defensores del fijismo.

Teorías evolucionistas. Las especies cambian a lo largo del tiempo.

- Lamarckismo. Lamarck propuso la primera teoría evolucionista.
  - Los organismos tienden hacia una mayor complejidad.
  - La función crea el órgano.
  - Los caracteres adquiridos se heredan.
- Darwinismo. Darwin y Wallace proponen que la selección natural es el mecanismo que hace que las especies evolucionen.
  - Todos los organismos producen más descendientes que los que sobreviven, como los recursos son limitados se establece una competencia que lleva a una lucha por la supervivencia.
  - Existe variabilidad entre los organismos de una población. Sobre esta variabilidad actúa la selección natural.
  - El medio selecciona los individuos mejor adaptados.
- Neodarwinismo. Integra la teoría de la evolución con los nuevos datos aportados por la genética y otras disciplinas de la biología.
  - La unidad evolutiva no es el individuo, sino la población.
  - La variabilidad de los individuos es consecuencia de la recombinación genética y las mutaciones.

Pruebas a favor de la evolución

La evolución está avalada por una serie de pruebas, de distinto tipo: anatómicas, paleontológicas, embriológicas, biogeográficas y bioquímicas.

Origen de la biodiversidad

Especie. Conjunto de organismos capaces de cruzarse entre sí y originar una descendencia fértil.

Especiación. Conjunto de procesos que originan nuevas especies. Necesita que se produzca aislamiento reproductivo entre dos poblaciones de la misma especie.

Origen y evolución de la especie humana

Los primates constituyen el orden de mamíferos al que pertenece la especie humana.

Los principales representantes del género *Homo* de los que se tienen restos fósiles son: *H. habilis, H. ergaster, H. erectus, H. antecessor, H. heidelbergensis, H. neanderthalensis* y *H. sapiens.*

ACTIVIDADES

62. ¿Qué se entiende por presión de selección?

63. Según la teoría de Darwin, ¿qué mecanismo hace evolucionar a las especies? ¿Y según la teoría de Lamarck?

64. Completa el resumen indicando en qué consiste la teoría del equilibrio puntuado.

65. Argumenta mediante ejemplos las diferentes pruebas de la evolución propuestas.

66. ¿Qué supone la extinción de especies? Explica alguna de las principales causas actuales de extinción.

www.yoquieroaprobar.es

La ascendencia del ser humano

Un nuevo animal se hallaba sobre el planeta, extendiéndose lentamente desde el corazón del África. Era aún tan raro que un premioso censo lo habría omitido, entre los prolíficos miles de millones de criaturas que vagaban por tierra y por mar. Hasta el momento, no había evidencia alguna de que pudiera prosperar, o hasta sobrevivir; había habido en este mundo tantas bestias más poderosas que desaparecieron, que su destino pendía aún en la balanza.

En los cien mil años pasados desde que los cristales descendieron en África, los mono-humanoides no habían inventado nada. Pero habían comenzado a cambiar, y habían desarrollado actividades que ningún otro animal poseía. Sus porras de hueso habían aumentado su alcance y multiplicado su fuerza; ya no se encontraban indefensos contra las bestias de presa competidoras. Podían apartar de sus propias matanzas a los carnívoros menores, en cuanto a los grandes, cuando menos podían disuadirlos, y a veces amedrentarlos, poniéndolos en fuga.

Sus macizos dientes se estaban haciendo más pequeños, pues ya no le eran esenciales. Las piedras de afiladas aristas que podían ser usadas para arrancar raíces, o para cortar y aserrar carne o fibra, habían comenzado a reemplazarlos, con inconmensurables consecuencias. Los mono-humanoides no se hallaban ya enfrentados a la inanición cuando se les pudrían o gastaban los dientes; hasta los instrumentos más toscos podrían añadir varios años a sus vidas. Y a medida que disminuían sus colmillos y dientes, comenzó a variar la forma de su cara; retrocedió su hocico, se hizo más delicada la prominente mandíbula, y la boca se tornó capaz de emitir sonidos más refinados. El habla se encontraba aún a una distancia de un millón de años, pero habían sido dados los primeros pasos hacia ella.

[…]

A medida que su cuerpo se tornaba cada vez más indefenso, sus medios ofensivos se hicieron cada vez más terribles. Con piedra, bronce, hierro y acero había recorrido la gama de cuanto podía atravesar y despedazar, y en tiempos muy tempranos había aprendido cómo derribar a distancia a sus víctimas. La lanza, el arco, el fusil y el cañón, y finalmente el proyectil guiado, le habían procurado armas de infinito alcance y casi infinita potencia.

Sin esas armas, que sin embargo había empleado a menudo contra sí mismo, el Hombre no habría conquistado nunca su mundo. En ellas había puesto su corazón y su alma, y durante eras le habían servido muy bien.

Mas ahora, mientras existían, estaban viviendo con el tiempo prestado.

ARTHUR C. CLARKE,
2001, una odisea espacial.
Plaza y Janés Editores

COMPRENDO LO QUE LEO

67. ¿Para qué afilaban las piedras los mono-humanoides?

68. ¿Qué consecuencias tuvo para los mono-humanoides utilizar instrumentos cortantes?

69. Describe el proceso de transformación que han seguido las armas desde que fueron diseñadas por los mono-humanoides hasta nuestros días.

70. ¿Qué papel ha tenido la inteligencia en la evolución de los mono-humanoides?

71. ¿Por qué el autor afirma al final del texto que las armas actuales hacen vivir al hombre «con el tiempo prestado»?

NO TE LO PIERDAS

Libros y artículos:

La especie elegida
JUAN LUIS ARSUAGA e IGNACIO MARTÍNEZ.
Ed. Temas de hoy
Proporciona respuestas a muchas de las preguntas que nos hacemos acerca de nuestros orígenes.

Nuestros orígenes. En busca de lo que nos hace humanos.
RICHARD LEAKEY y ROGER LEWIN. Ed. Crítica
Viaje al lago Turkana para compartir el descubrimiento de nuestros antepasados.

En la pantalla:

El viaje de la vida. Producción de la BBC y Discovery Chanel. 2006.

En la red:

www.atapuerca.tv
Página que ofrece amplia información sobre las excavaciones de Atapuerca con videos e imágenes.

www.pbs.org/wgbh/evolution/index.html
Presentación en inglés sobre la teoría evolutiva en general.

5

Estructura de los ecosistemas

Fauna submarina de las islas Columbretes.

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Diferenciarás entre factores ambientales bióticos y abióticos.
- Conocerás las relaciones que se establecen entre los individuos de un ecosistema.
- Reconocerás los principales factores que condicionan los ecosistemas terrestres y los acuáticos.
- Diferenciarás entre nicho y hábitat.
- Comprenderás las principales adaptaciones de los organismos.
- Identificarás cadenas y redes tróficas.
- Valorarás la importancia del suelo.
- Conocerás los principales ecosistemas terrestres y acuáticos de España.
- Estudiarás un ecosistema concreto.

Isla Grossa, Columbretes (Castellón).

www.yomiarsa.es

Las islas Columbretes son un archipiélago de origen volcánico, situado a unos 52 km de la costa de Castellón. Su nombre viene de *colubraria,* palabra latina que significa culebra, ya que estas abundaban en las islas. Se trataba de un ecosistema único, cubierto de un exuberante matorral y con abundantes especies endémicas.

A mediados del siglo XIX, en la isla Grossa se construyó un faro, y algunas familias se instalaron en ella. Las familias habitaron la isla en unas condiciones muy precarias y prácticamente sin conexión con la Península. Se incendió la isla Grossa, para acabar con las culebras, se eliminó la vegetación de arbustos para aprovechar su leña y plantar huertas y chumberas, y se introdujeron animales domésticos, como conejos, cabras y cerdos. En pocos años, la ausencia de depredadores hizo que el conejo se convirtiera en una plaga, que se alimentaba de los brotes de los arbustos e impedía la regeneración de la cubierta vegetal.

En 1975 se automatizó el faro y los fareros abandonaron la isla. Desde ese momento, hasta 1982, las islas fueron utilizadas como blanco para maniobras militares de tiro. A esto se unieron las visitas incontroladas y la pesca furtiva.

En el año 1988 el conjunto de islas fue declarado Parque Natural marítimo-terrestre. Desde entonces se han garantizado las medidas de protección y la recuperación del medio natural tanto terrestre como marítimo.

RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿Cuáles fueron las causas de la expansión del conejo en el archipiélago de Columbretes?
2. ¿Qué son especies endémicas?
3. ¿Qué es un ecosistema? ¿Cuáles son sus componentes?
4. ¿Qué entiendes por adaptación? Señala alguna adaptación de los organismos al medio terrestre y al medio acuático.

Busca la respuesta

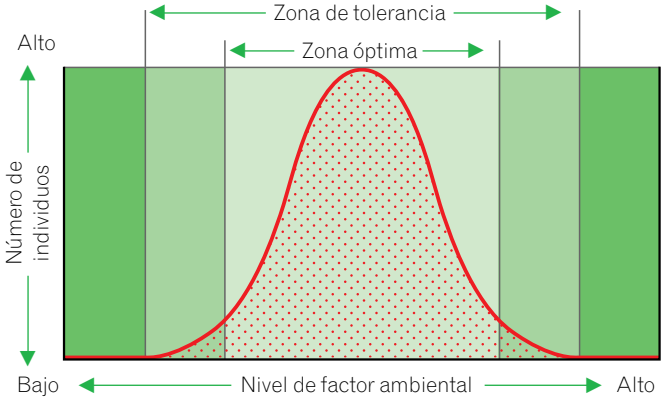
¿Qué es una dehesa? ¿Qué es un ecotono?

1 El medio ambiente

Para un organismo que habita en un lugar determinado, el medio ambiente es todo aquello que le rodea y con lo que puede relacionarse.

El medio ambiente o entorno está definido por el conjunto de condiciones o factores ambientales que existen en un lugar.

No todos los factores que determinan un entorno afectan por igual a los diferentes seres vivos. Algunos factores pueden influir negativamente en una especie, mientras que favorecen el crecimiento de otras.



Los factores ambientales que determinan la distribución y abundancia de una especie se denominan **factores limitantes**. Por ejemplo, en los ecosistemas acuáticos, la salinidad es un factor limitante para muchas especies.

Para cada uno de los factores ambientales, las especies se desarrollan dentro de unos determinados valores. El intervalo que hay entre estos valores se conoce como **zona de tolerancia**.

Dentro de la zona de tolerancia existe una **zona óptima** en la que la especie sobrevive mejor. A medida que nos alejamos de esos valores óptimos, no todos los individuos son capaces de reproducirse, y si se exceden los valores máximo o mínimo, ningún individuo de dicha población puede sobrevivir.

Según su naturaleza, se distinguen dos tipos de factores ambientales: **abióticos** y **bióticos**.

Factores abióticos

Son los factores **físicos** y **químicos** del medio, que pueden variar a lo largo del tiempo, e influyen en la supervivencia de los organismos, provocando en ellos comportamientos diversos. Estos factores determinan la abundancia y distribución de los seres vivos en su medio.

Factores físicos		Factores químicos
• Temperatura media y oscilación de la temperatura. • Precipitación media y su distribución a lo largo del año. • Luz y sombra. • Radiación solar. • Humedad atmosférica. • Movimientos del aire. • Presión atmosférica. • Viento. • Latitud (distancia angular desde el ecuador).	• Altitud. • Profundidad (en los ecosistemas acuáticos). • Naturaleza del suelo (en ecosistemas terrestres). • Movimientos del agua (en ecosistemas acuáticos). • Cantidad de sustancias en suspensión (en ecosistemas acuáticos). • Densidad y viscosidad del agua (en ecosistemas acuáticos).	• Cantidad de aire y agua en el suelo. • Salinidad (en ecosistemas acuáticos). • Concentración de nutrientes minerales en el suelo o en el agua. • Cantidad de sustancias tóxicas en el suelo o en el agua. • Cantidad de oxígeno disuelto (en ecosistemas acuáticos).

ACTIVIDADES

1. ¿Qué se entiende por medio ambiente? ¿Qué factores lo determinan?
2. Busca en los *conceptos clave* el origen y significado de los términos «biótico» y «abiótico».
3. Para el factor temperatura, indica una especie que posea un límite de tolerancia amplio y otra que posea un límite de tolerancia estrecho.

www.yoquieroaprobar.es

Factores bióticos

Los factores bióticos son los que dependen de la presencia de otros seres vivos y determinan las relaciones que existen entre aquellos que habitan en un mismo lugar. Estas relaciones pueden ser de dos tipos: **intraespecíficas** e **interespecíficas**.

ACTIVIDADES

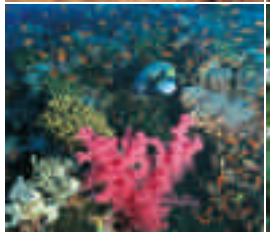
4. ¿Qué diferencia hay entre depredación y parasitismo?

Relaciones intraespecíficas

Se dan entre individuos de la misma especie.

Asociación familiar. Integrada por individuos emparentados entre sí, cuyo fin es la procreación y protección de las crías. Suele estar formada por un macho, una hembra y sus crías, aunque existen familias polígamas, de un macho y varias hembras, como el gallo y las gallinas.

Asociación colonial. Formada por individuos que se mantienen unidos y que provienen de un mismo progenitor. Por ejemplo, los corales.



Asociación social. Constituida por individuos que viven juntos y entre los que existe una jerarquía y un reparto de actividades. Suelen presentar diferencias anatómicas y fisiológicas entre distintos tipos de individuos. Por ejemplo, un hormiguero.

Asociación gregaria. Conjunto de individuos, no necesariamente emparentados, que viven en común durante un período de tiempo con el fin de ayudarse mutuamente en la defensa, búsqueda de alimento, etc. Por ejemplo, una bandada de aves en migración.

Relaciones interespecíficas

Se dan entre individuos de distinta especie.

Mutualismo. Dos o más individuos se asocian con beneficio mutuo. Por ejemplo, pez payaso y anémona de mar. Cuando las dos especies no pueden vivir por separado se habla de **simbiosis**, como los líquenes.

Comensalismo. Un individuo (**comensal**) se alimenta de los restos de comida o productos liberados por otro organismo, sin causarle ningún beneficio ni perjuicio. Por ejemplo, el tiburón y los peces rémora.

Inquilinismo. Un individuo (**inquilino**) encuentra cobijo en el cuerpo o los restos de otra especie, sin causarle perjuicio. Por ejemplo, es el caso de los búhos y el árbol que los cobija.

Parasitismo. Un individuo (**parásito**) vive a expensas de otro (**huésped**), al que perjudica sin llegar a causarle la muerte. Por ejemplo, las pulgas y los perros, o los piojos y las personas.

Competencia. Dos individuos utilizan un mismo recurso limitado, lo que conduce a la reducción de la supervivencia, crecimiento y/o reproducción de los individuos competidores. La competencia puede darse también entre individuos de la misma especie.

Depredación. Un individuo (**depredador**) captura y mata a otro (**presa**) para alimentarse de él. Por ejemplo, el leopardo y la gacela.

Propiedad exclusiva de Santillana

2 El medio terrestre

El medio terrestre está constituido por todas las zonas del planeta en las que los organismos viven sobre un suelo, rodeados de aire.

Aunque el medio terrestre es mucho más reducido que el acuático, su gran diversidad de ambientes y la heterogeneidad de los factores abióticos, han favorecido una gran diversificación de seres vivos terrestres.

Factores determinantes del medio terrestre

El **suelo** es el soporte físico sobre el que se desarrolla la vida terrestre. En él crecen las plantas y viven gran cantidad de organismos, como hongos, bacterias, diversos invertebrados, etc.

Entre los factores **abióticos** del medio terrestre destacan:

- **La luz.** La principal fuente de energía en la mayoría de los ecosistemas terrestres es la luz solar, fundamental para la vida en el planeta.

  La radiación solar que incide sobre el planeta es mayor en las zonas de montaña que a nivel del mar y aumenta desde los polos al ecuador.
- **La temperatura.** En el medio terrestre la temperatura experimenta grandes variaciones. Algunos lugares, como los desiertos, sufren fuertes oscilaciones diarias, en otras regiones varían mucho con las estaciones del año. En general, la temperatura disminuye al aumentar la altura sobre el nivel del mar.

  La mayoría de las especies del planeta viven en un margen de temperaturas entre los pocos grados bajo cero y los 50 °C.
- **La humedad atmosférica.** Es la cantidad de agua que hay en el aire. Es importante para los organismos terrestres, ya que necesitan agua para realizar sus funciones vitales.

  Los organismos terrestres se enfrentan continuamente a la pérdida de agua por evaporación, y muchos de ellos poseen estructuras para captarla y evitar la desecación.

La cantidad de luz a nivel del suelo disminuye a medida que aumenta la cobertura vegetal.

En los desiertos, las temperaturas diurnas pueden llegar a los 50 °C, mientras que por la noche bajan de 0 °C.

Las bacterias del género *Phormidium* son termófilas. Viven en fuentes termales, cuya temperatura es de 60 °C.

ACTIVIDADES

5. ¿Por qué son fundamentales la luz y el agua en los ecosistemas terrestres?

6. ¿Por qué el medio terrestre presenta unas condiciones más hostiles para el desarrollo de los seres vivos que el medio acuático?

www.yoquieroaprobar.es

3 Las adaptaciones al medio terrestre

El proceso de la evolución ha dado lugar a una gran diversidad de seres vivos que habitan en medios muy diferentes. Las distintas especies están adaptadas al medio en el que viven y presentan estructuras, mecanismos fisiológicos y pautas de conducta que facilitan su supervivencia en el entorno.

Algunas de las adaptaciones que presentan los seres vivos del medio terrestre están relacionadas con los factores abióticos que caracterizan este medio.

ACTIVIDADES

7. Busca en los *conceptos clave* el significado de «adaptación».
8. ¿Cuáles son algunas de las adaptaciones que presentan los organismos del medio terrestre para protegerse contra la desecación?

Adaptaciones a la luz

La luz origina una estratificación en los organismos fotosintéticos en función de sus necesidades. Las especies con mayor requerimiento de luz se desarrollan en los estratos superiores, mientras que las que precisan menos luz lo hacen en estratos inferiores.

Muchas plantas efectúan movimientos de orientación respecto a la luz, denominados **fototropismos**.

La actividad de los animales está influenciada por la luz. La alternancia de días y noches influye en el comportamiento y actividad de los animales. Muchos son activos solo durante el día, mientras que otros lo son durante la noche.

Adaptaciones a la temperatura

Las plantas anuales mueren en la estación desfavorable, dejando las semillas.

Se reduce la actividad de muchos árboles, y pierden las hojas.

Las yemas de las plantas pueden resistir temperaturas de hasta – 25 °C.

Los animales **homeotermos** (aves y mamíferos) mantienen una temperatura interna constante. Presentan distintas estructuras aislantes, como el pelo, las plumas o gruesas capas de grasa. Algunos animales, como los osos o las marmotas, hibernan entrando en un estado en el que ralentizan su actividad. El sudor en los mamíferos y los hábitos nocturnos son adaptaciones al calor.

Los animales **poiquilotermos**, que tienen una temperatura semejante a la del medio, en condiciones desfavorables emigran, permanecen aletargados o enterrados en estado larvario.

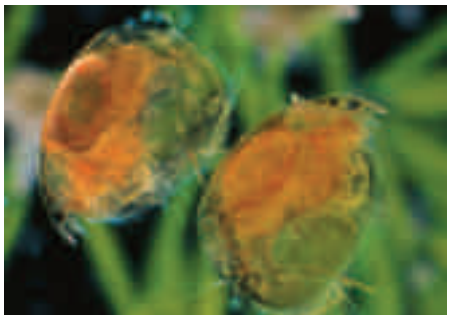
Adaptaciones a la humedad

Las plantas **hidrófilas** son aquellas que viven en ambientes muy húmedos y sombríos. Presentan epidermis finas y abundantes estomas para facilitar la pérdida del exceso de agua.

Las plantas **xerófilas** viven en ambientes secos. Sus hojas están transformadas en espinas o tienen forma de aguja para evitar la excesiva evaporación. Muchas desarrollan tallos y hojas gruesas para almacenar agua.

Los animales presentan estructuras especiales que evitan la pérdida de agua por transpiración, por ejemplo, el exoesqueleto de artrópodos, las escamas de los reptiles o el pelo de los mamíferos.

Tipos de organismos acuáticos



Plancton
Organismos que viven flotando en el agua. Incluye el fitoplancton y el zooplancton.

Necton
Animales nadadores. La mayoría de ellos poseen un cuerpo fusiforme.

Bentos
Organismos que viven sobre el fondo, fijos a él o desplazándose por el mismo.

4 El medio acuático

El medio acuático comprende tanto las masas de agua salada, mares y océanos, como las de agua dulce, ríos y lagos principalmente. Cada uno de estos medios tiene biotopos y biocenosis características.

Factores determinantes del medio acuático

En general, las condiciones ambientales de los medios acuáticos son bastante estables. Los factores abióticos que más influencia tienen son:

- **La luz.** La presencia o ausencia de luz determina la existencia de organismos fotosintéticos en los ecosistemas. La cantidad de luz, en el medio acuático, depende principalmente de la **transparencia** y la **profundidad**.
  - La transparencia del agua es menor que la del aire y depende de la cantidad de partículas en suspensión.
  - La intensidad de luz disminuye con la profundidad. La zona a la que llega la luz se denomina **fótica** y en ella se desarrolla el fitoplancton. La zona a partir de la cual ya no hay luz se denomina **afótica** y carece de organismos fotosintéticos.
- **La temperatura.** Es mucho más estable que en el medio terrestre y de ella depende la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y las corrientes.
- **La salinidad.** Expresa la concentración de sales minerales disueltas y es uno de los factores que más influye en la distribución de las especies acuáticas. La mayoría de los organismos están adaptados a vivir en márgenes estrechos de salinidad; solo unos pocos logran vivir en medios con un amplio margen, como los salmones.
- **La cantidad de oxígeno.** Cuanto mayor es la superficie de contacto entre la atmósfera y el agua, mayor es el intercambio de oxígeno. Su concentración depende principalmente de la temperatura y varía con la profundidad. La concentración de oxígeno es mayor en aguas frías que en cálidas.
- **La presión hidrostática.** Aumenta a razón de una atmósfera por cada diez metros de profundidad. Esto tiene un efecto importante en la forma de los seres vivos y en su modo de desplazarse.
- **La viscosidad.** En el medio acuático es muy alta, lo que facilita que los organismos queden suspendidos en el agua y dificulta su desplazamiento.
- **La densidad.** Es responsable de la flotabilidad de los seres vivos, por lo que apenas necesitan partes duras o rígidas en su cuerpo.
- **Los movimientos del agua.** Tiene una influencia fundamental en la costa y en el tramo alto de los ríos.

El mar Muerto tiene una concentración de sal seis veces mayor que la de los océanos. Los organismos que viven en él son halófilos.

ACTIVIDADES

9. ¿Cómo afecta la luz a la distribución de organismos en el medio acuático?

10. ¿Cuál de todos los factores abióticos del medio acuático te parece más determinante para la forma de los peces?

www.yoquieroaprobar.es

5 Las adaptaciones al medio acuático

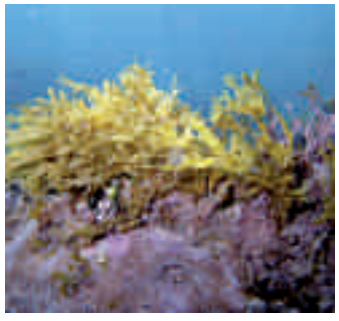
El medio acuático es más uniforme y estable que el terrestre. Las adaptaciones que presentan los organismos que viven en el medio acuático son bastante comunes.

ACTIVIDADES

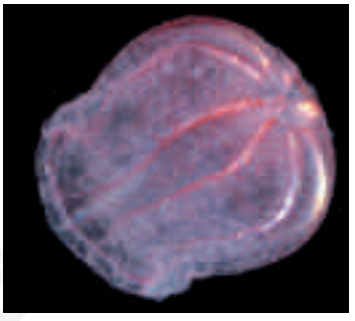
11. ¿Qué adaptaciones son comunes a la mayoría de los animales acuáticos?

Adaptaciones a la luz

El agua absorbe de forma desigual las radicaciones del espectro solar. Esto origina que los organismos fotosintéticos se distribuyan en función de la capacidad de sus pigmentos para captar la energía luminosa. Unos se desarrollan en las zonas más iluminadas y otros en las más oscuras.



Muchos animales que viven en las zonas menos iluminadas han desarrollado órganos específicos para producir luz. Esta capacidad se llama bioluminiscencia.



Adaptaciones a la presión hidrostática

Muchos peces poseen vejiga natatoria, para adaptarse a diferentes presiones y poder flotar con facilidad.

Los organismos que viven en las zonas profundas suelen tener forma aplanada, y las cavidades internas reducidas.

Adaptaciones a la salinidad

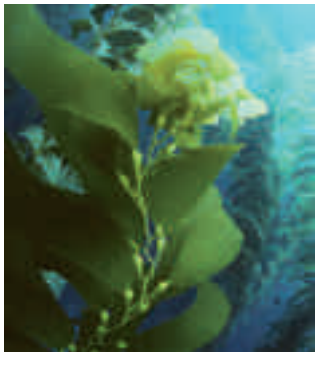
Algunos animales como el salmón o la anguila, que viven tanto en el mar como en los ríos, son capaces de regular su concentración interna de sales, manteniéndola constante frente a las variaciones salinas del medio externo, gracias a procesos osmóticos. Ello les permite vivir en aguas de diferentes salinidades.

Adaptaciones a la elevada densidad y viscosidad del agua

Los organismos que flotan en el agua tienen una superficie corporal amplia y pueden presentar prolongaciones o extensiones muy ramificadas.

Los organismos nadadores son fusiformes y con extremidades anchas en forma de pala. Algunos, como los cefalópodos, utilizan mecanismos de propulsión para desplazarse.

Ciertas plantas y algas presentan pequeñas vejigas llenas de aire que les permiten flotar y poder estar próximas a la superficie para captar la luz.



Adaptaciones a las corrientes de agua

Las plantas acuáticas tienen tallos flexibles, que no se rompen con la corriente.

Los organismos bentónicos suelen tener formas aplanadas o presentan apéndices o ventosas que les permiten sujetarse al fondo.

www.yoquieroaprobar.es

6 La biosfera, los ecosistemas y los biomas

La ecosfera es el mayor ecosistema que se puede considerar. Su biotopo está formado por la geosfera, la hidrosfera y la atmósfera, y su biocenosis está constituida por toda la biosfera.

El conjunto de todos los seres vivos que habitan la Tierra constituye la **biosfera**. Para su estudio hay que tener en cuenta que:

– Ningún organismo vive aislado. Para estudiarlos hay que considerar el medio en el que habitan y las relaciones que establecen con otros organismos.

– La distribución de los seres vivos sobre el planeta no es uniforme, sino que depende de las condiciones del medio, por lo que para estudiarlos es preciso hacerlo a través de unidades denominadas **ecosistemas**.

Un ecosistema es el conjunto de los seres vivos que habitan un determinado lugar, las características que definen su medio y las relaciones que se establecen entre ellos y con el medio.

El conjunto de todos los ecosistemas que constituyen la Tierra recibe el nombre de **ecosfera**. Estos ecosistemas no están aislados, sino que se relacionan unos con otros.

La ecología es la ciencia que estudia la composición y el funcionamiento de los ecosistemas.

Componentes de los ecosistemas

Todos los ecosistemas están formados por dos componentes:

Las rocas, el agua y el aire forman parte del biotopo. Las plantas y las aves son parte de la biocenosis.

- **Biotopo.** Es la parte **inorgánica** del ecosistema. Está formado por el medio físico (las rocas, el aire, el agua, etc.) y las características físico-químicas del entorno. Estas características constituyen los factores abióticos del ecosistema, como la luz, la temperatura, la humedad, la presión, etc.

  Los límites del biotopo coinciden con los del ecosistema y pueden estar limitados por una barrera geográfica, como un río, una montaña, etc.

- **Biocenosis.** También llamada **comunidad**, es la parte **biótica** del ecosistema. Está formada por el conjunto de seres vivos que habitan y se relacionan en el biotopo.

La zona de transición entre dos ecosistemas claramente diferenciados recibe el nombre de **ecotono**. En muchas ocasiones son zonas estrechas y alargadas, ricas en recursos, en las que conviven especies de los dos ecosistemas con especies propias del ecotono.

Biomas

Los ecosistemas terrestres que ocupan grandes extensiones reciben el nombre de **biomas**. Cada bioma se caracteriza por una flora y una fauna específicas, adaptadas a las condiciones ambientales del lugar.

Los principales biomas terrestres son: el **desierto frío**, la **tundra**, la **taiga**, la **estepa**, el **bosque caducifolio**, el **bosque mediterráneo**, el **bosque ecuatorial**, el **bosque tropical**, la **sabana** y el **desierto cálido**.

www.yoquieroaprobar.es

7 La alimentación de seres vivos en los ecosistemas

Para que los seres vivos puedan realizar las funciones vitales de nutrición, relación y reproducción necesitan materia y energía, que obtienen a partir de los nutrientes de los alimentos. Según la forma de obtenerlo, los seres vivos de un ecosistema se clasifican en tres grupos o **niveles tróficos**.

- **Productores.** Son los organismos autótrofos que fabrican materia orgánica a partir de inorgánica. La mayoría son fotosintéticos, utilizan la energía luminosa del sol para transformar el agua, las sales minerales del suelo y el dióxido de carbono de la atmósfera en materia orgánica. Este nivel está formado por las plantas, las algas y algunas bacterias.
- **Consumidores.** Son los organismos heterótrofos que se alimentan de la materia orgánica de otros seres vivos. Se distinguen tres tipos:
  - **Consumidores primarios.** Se alimentan de los productores. Los animales herbívoros son consumidores primarios.
  - **Consumidores secundarios**. Se alimentan de los consumidores primarios. Los animales carnívoros son consumidores secundarios.
  - **Consumidores terciarios**. Se alimentan de otros animales, tanto herbívoros como carnívoros.
- **Descomponedores.** Son aquellos organismos que utilizan la materia orgánica de los niveles tróficos anteriores, transformándola en nutrientes inorgánicos, aprovechables de nuevo por los productores. Los hongos y las bacterias forman este nivel.

Las plantas son organismos productores. Los conejos, que son animales hervíboros, pertenecen a los consumidores primarios. El zorro, que se alimenta de conejos, es un consumidor secundario.

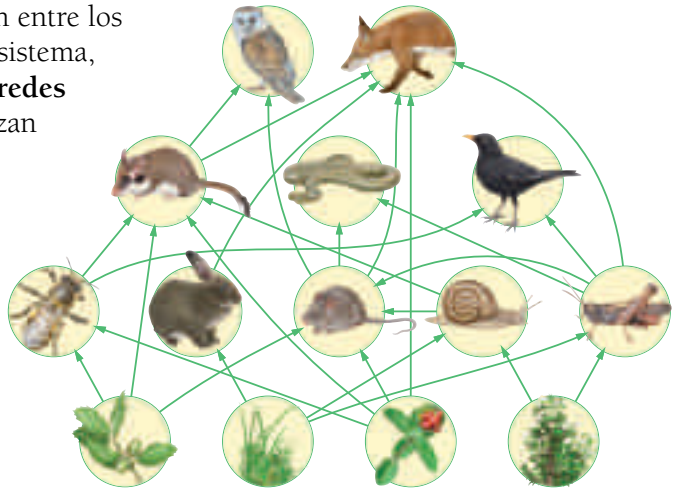
Relaciones tróficas

Se denominan **relaciones tróficas** a aquellas que se establecen entre los organismos que se alimentan unos de otros. Dentro de un ecosistema, estas relaciones se pueden representar mediante **cadenas** y **redes tróficas**, donde se ponen de manifiesto las fuentes que utilizan los distintos organismos para obtener la materia y la energía que necesitan.

Las cadenas y las redes tróficas son representaciones gráficas lineales, que indican mediante flechas quién es comido por quién. Las flechas parten del organismo que es consumido y apuntan hacia el organismo que consume.

Rara vez se dan cadenas tróficas aisladas. En los ecosistemas suele establecerse un entramado de relaciones alimentarias que forma complejas redes tróficas entre los organismos.

Cada especie puede ser consumida por una variedad de organismos y, a su vez, tener una gran diversidad de fuentes de alimentación.



Una red trófica se forma por un conjunto de cadenas interconectadas que se establecen entre los seres vivos de un ecosistema.

ACTIVIDADES

12. ¿Por qué las relaciones alimenticias que se establecen entre los organismos de un ecosistema no son lineales? ¿Qué crees que ocurriría si en un ecosistema desapareciese un eslabón de una cadena trófica?

www.yoquieroaprobar.es

8 Las pirámides tróficas

Una pirámide trófica es una representación gráfica de la variación que existe entre los diferentes niveles tróficos para una característica determinada.

En estas pirámides, cada nivel trófico se representa con una barra o piso con la misma altura, pero cuya extensión es proporcional al valor de la característica que se está representando.

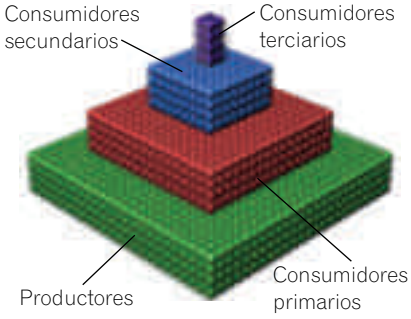
Los diferentes pisos se representan superpuestos. En la base se indican los productores; sobre ellos, los consumidores primarios, y a continuación, el resto de niveles. Existen distintas pirámides tróficas cuya interpretación nos permite conocer la eficacia de cada nivel trófico.

ACTIVIDADES

13. ¿Qué pirámides pueden ser invertidas? Indica un ejemplo de cada una de ellas.

14. ¿Por qué las pirámides de números son menos significativas que las de biomasa o energía?

Pirámides de números

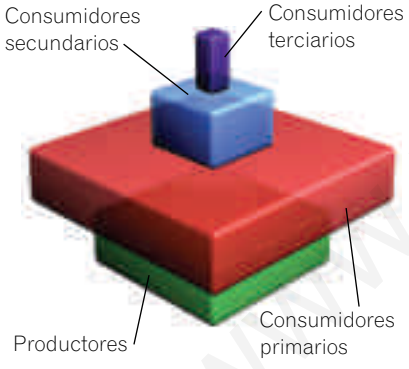


Cada piso representa el **número de individuos** que hay en ese nivel trófico, por unidad de superficie o volumen.

La información que proporcionan estas pirámides es poco útil, ya que consideran de igual forma a organismos muy diferentes dentro de un mismo nivel trófico. Por ejemplo, en el piso de los productores, un roble tiene la misma importancia que una margarita.

En algunos casos pueden darse pirámides invertidas, es decir, el número de individuos de un nivel puede ser superior al del nivel inferior. Esto suele ocurrir cuando existen muchos consumidores pequeños que se alimentan de un productor grande, como por ejemplo un rosal (productor), que sustenta a diferentes poblaciones de insectos herbívoros y carnívoros.

Pirámides de biomasa

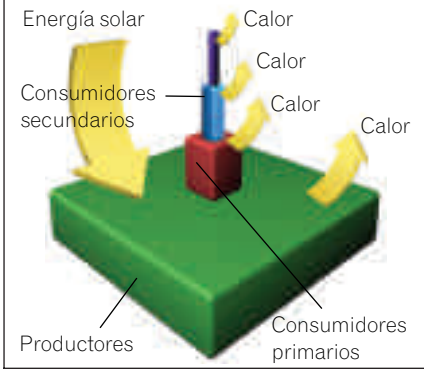


En cada piso se representa la **biomasa** de cada nivel trófico en un momento determinado. La biomasa corresponde a la cantidad de materia orgánica que forma un individuo, un nivel trófico o un ecosistema. La biomasa se mide en gramos o kilogramos de materia orgánica seca por unidad de superficie o volumen.

Este tipo de pirámides aportan información muy útil sobre la estructura y funcionamiento del ecosistema.

En algunos ecosistemas marinos pueden darse pirámides invertidas, donde la biomasa de los productores es inferior a la del resto de niveles superiores. El fitoplancton es consumido de manera masiva por los consumidores primarios, pero a su vez se reproduce y crece con mucha rapidez. Son situaciones temporales que si se mantuvieran en el tiempo causarían la desaparición del ecosistema.

Pirámides de energía



En estas pirámides cada piso representa la **energía almacenada** en un nivel trófico, en un tiempo determinado, y que queda disponible para el nivel trófico superior.

Sus valores se expresan en unidades de energía (kJ o kcal) por unidad de superficie o volumen y por unidad de tiempo.

Son las pirámides que proporcionan mayor información, ya que muestran el flujo de energía entre los diferentes niveles tróficos.

En general, en cada paso de una cadena alimentaria siempre hay una pérdida de energía utilizable. Cada nivel trófico solo aprovecha aproximadamente el 10 % de la energía disponible en el nivel trófico inferior. Por esta razón, las pirámides de energía no pueden ser invertidas, debido a que la energía que posee un nivel inferior debe ser siempre mayor a la del superior.

www.yoquieroaprobar.es

9 Hábitat y nicho ecológico

El hábitat de un organismo es el lugar donde vive, el área física en la que podemos encontrarlo.

Puede ser un área extensa, como un océano, o pequeña y limitada, como la superficie de un árbol o un hueco bajo una piedra.

Un hábitat concreto puede ser compartido por varias especies de plantas y animales. Por ejemplo, en una dehesa pueden convivir ciervos, jabalíes, lirones, topos, liebres…

Nicho ecológico

Dentro de un ecosistema, cada especie desarrolla una función única y diferente con respecto a las demás.

El nicho ecológico es el papel que desempeña una especie dentro de un ecosistema.

A diferencia del hábitat, el nicho ecológico no corresponde a un espacio delimitado físicamente. Para describir el nicho ecológico de un organismo es preciso conocer los factores que definen el medio en el que vive y el conjunto de las relaciones que establece con él. Es necesario, por ejemplo, saber cuáles son sus fuentes de alimentación, sus depredadores, sus competidores, cuáles son sus zonas de refugio, sus hábitos de vida, etc.

Una misma especie puede ocupar diferentes nichos en regiones distintas, en función de factores como el alimento disponible, los competidores, etc.

En determinadas ocasiones, las características ambientales del área en la que vive una población pueden variar dentro de ciertos límites, lo que puede hacer que esa población cambie su nicho ecológico, adaptándose a las nuevas características.

Algunos organismos, como los que tienen diferentes fases en su ciclo vital, ocupan distintos nichos ecológicos sucesivamente. Por ejemplo, un renacuajo es un consumidor primario que se alimenta de vegetales, pero la rana adulta es un consumidor secundario que se alimenta de insectos y otros animales.

Dos especies pueden compartir el mismo hábitat, pero no el mismo nicho ecológico. Si esto ocurre, las especies entran en competencia y una de ellas desplaza a la otra, que terminará desapareciendo.

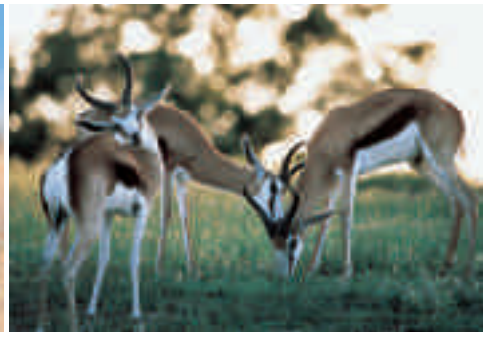
Cuando se introducen especies exóticas en un ecosistema, pueden entrar en competencia con las autóctonas por ocupar el mismo nicho ecológico. La especie introducida puede desplazar a la autóctona y llegar a convertirse en una plaga que afecte seriamente al ecosistema.

ACTIVIDADES

15. ¿Qué diferencias hay entre hábitat y nicho ecológico?

16. Describe cuál es el hábitat y el nicho ecológico del lince ibérico.

Las cebras, los ñús y las gacelas Thomson comparten el mismo hábitat, las praderas del Serengeti, pero sus nichos ecológicos son distintos. Cada especie se alimenta de un tipo de hierba. Las cebras comen tallos largos y duros y las hojas ya viejas; los ñus, las hierbas de tamaño medio, y las gacelas, las plantas herbáceas de poca altura, de esta manera no entran en competencia.



www.yoquieroaprobar.es

10 El suelo como ecosistema

Las lombrices tienen una especial importancia para los suelos, pues sus galerías facilitan el crecimiento de las raíces y sus heces retienen agua y contienen importantes nutrientes para las plantas.

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, formada por materiales que provienen de la alteración y disgregación de las rocas y de la actividad del agua, el aire y los seres vivos.

El suelo se puede considerar como una **interfase** o medio de transición entre la atmósfera, la biosfera, la geosfera y la hidrosfera.

El suelo está formado por una mezcla de componentes inorgánicos y orgánicos. Los componentes **inorgánicos** pueden ser sólidos (gravas, arenas, limo, arcilla…), líquidos (agua con diferentes sales disueltas) y gaseosos (aire en los huecos). Los componentes **orgánicos** están representados por los seres vivos y por la materia orgánica muerta, llamada **humus**, que procede de la descomposición de los seres vivos.

El ecosistema del suelo está constituido por una comunidad de seres vivos o **biocenosis** y por un **biotopo**.

Biocenosis del suelo

El suelo es muy importante para los organismos, tanto por el soporte que ofrece, como por constituir una fuente de agua y nutrientes.

Un número considerable de organismos viven en el suelo. Destacan las plantas, que a través de sus raíces extraen el agua y las sales minerales que precisan para su nutrición. Además, viven una gran cantidad de bacterias, hongos y animales, como lombrices, arañas, insectos, topos, etc.

Biotopo del suelo

Las características de un suelo, como su composición, estructura, desarrollo…, dependen de los factores abióticos, entre los que destacan:

- **El clima.** Participa en la formación del suelo. Además, influye en el tipo de vegetación que sustenta y esto es uno de los factores fundamentales que determina la cantidad de materia orgánica del suelo.
- **La topografía o relieve.** Condiciona en parte la cantidad de agua que penetra en el suelo y el grado de erosión que sufre. Las pendientes pronunciadas dificultan el desarrollo del suelo, debido principalmente a la erosión.
- **La temperatura.** Se trata de un factor bastante estable e importante, ya que, por ejemplo, las temperaturas altas favorecen la descomposición de la materia orgánica.
- **La luz.** Excepto en la parte más superficial, el suelo es un ambiente oscuro, lo que hace que muchos organismos que viven en él presenten adaptaciones a la oscuridad.
- **La composición gaseosa.** A medida que profundizamos en el suelo se empobrece el contenido de oxígeno y aumenta el de dióxido de carbono. Esto hace que en las capas más profundas se desarrollen organismos capaces de vivir con niveles mínimos de oxígeno.
- **La concentración de sales.** Depende de la actividad de los organismos descomponedores y de la alteración química de las rocas.

ACTIVIDADES

17. ¿Crees que la actividad humana puede influir en las características del suelo?

18. ¿Qué factores abióticos determinan las características de un suelo?

19. ¿Qué importancia ecológica tiene el suelo?

20. Busca en los *conceptos clave* el significado del término «interfase».

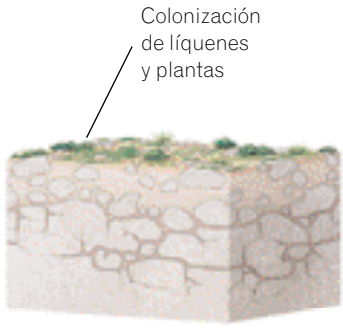
www.yoquieroaprobar.es

Formación y desarrollo del suelo

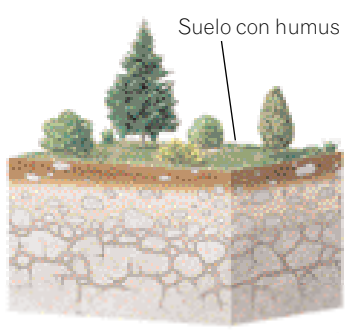
El proceso de formación de un suelo es muy lento, y depende, entre otros factores, del tipo de roca, del relieve, del clima y de los seres vivos.

Principales etapas de la formación de un suelo

Los fenómenos atmosféricos, principalmente los cambios de temperatura, producen la meteorización física de la roca madre. La roca proporciona materiales inorgánicos.



Sobre los materiales disgregados se instalan seres vivos, como líquenes y musgos, que colaboran en la disgregación de la roca y aportan al suelo materia orgánica.



La comunidad biológica del suelo va aumentando, y los restos de organismos sirven de alimento a bacterias y hongos, que los transforman en humus. Esto hace un suelo más fértil.

Pasado un tiempo, la alteración ha avanzado en profundidad, haciendo que el suelo sea más profundo. En un suelo maduro se pueden distinguir ya varias capas u horizontes.

Degradación y pérdida del suelo

El suelo es un ecosistema de enorme importancia para todos los seres vivos, incluidas las personas, ya que proporciona las sustancias nutritivas que precisan las plantas, constituyendo así el sustento de la agricultura y la ganadería.

Con el paso del tiempo el suelo se puede perder debido a la erosión. Actualmente, la velocidad de pérdida de suelo se ha visto incrementada debido principalmente a actividades humanas como el cultivo abusivo, la deforestación, el sobrepastoreo y la construcción y obras públicas. Esta pérdida de suelo produce desertificación, que hoy día constituye un problema ambiental y económico de alcance mundial.

Procesos que originan desertificación

La **tala de bosques** o los **incendios** rompen la estructura del suelo. Se pierde la cubierta vegetal y el suelo es más fácil y apto para cultivar.

Las **prácticas agrícolas no sostenibles** hacen que el suelo pierda nutrientes, tras varias cosechas, y deje de ser apto para la agricultura y el pastoreo.

El **sobrepastoreo**, o consumo excesivo de pastos, por el ganado empobrece aún más el suelo, elimina la vegetación y aumenta los procesos erosivos.

El suelo desprovisto de cubierta vegetal queda expuesto a la erosión que elimina la delgada capa de suelo fértil, produciendo **desertificación**.

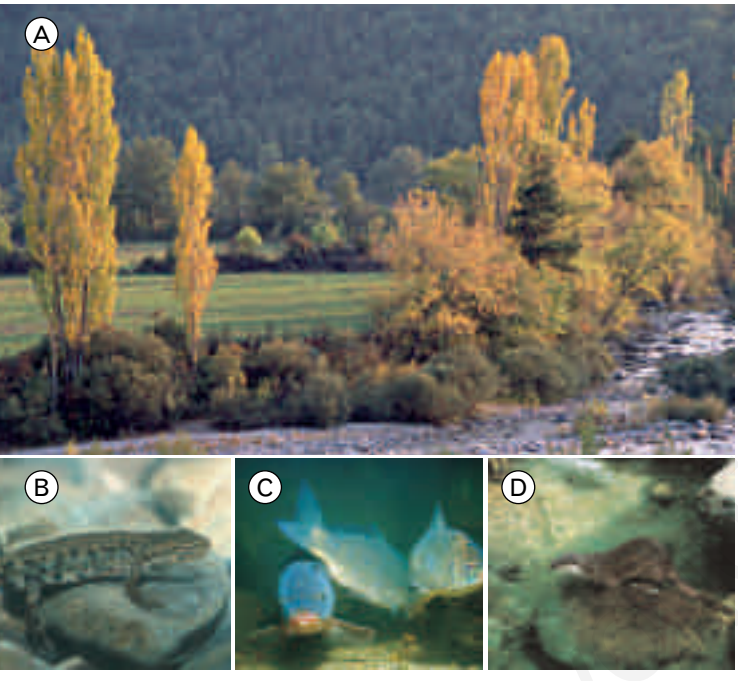
www.yoquieroaprobar.es

11 Los principales ecosistemas acuáticos de España

Los ecosistemas acuáticos ocupan una pequeña parte de España, sin embargo, en ellos habita una gran parte de la biodiversidad de este país. Destacan: los **ríos**, los **lagos**, los **humedales** y las **zonas marinas**.

Ríos

Los ríos conforman una gran variedad de ecosistemas de agua dulce. Discurren por cauces fijos, y su curso suele ser permanente y sufrir variaciones de caudal a lo largo del año, según sean sus fuentes de alimentación, precipitaciones, afluentes, etc. En los ríos se establece así una **zonación** en la que cada tramo se caracteriza por una comunidad de organismos propia.



A: bosque de ribera. **B:** tritón.
C: carpas. **D:** nutria.

- En el **curso alto** del río, la pendiente es acusada y el agua circula con gran velocidad. Se desarrollan organismos provistos de ganchos y ventosas para fijarse a las rocas y vencer la fuerza de arrastre de la corriente. Entre los vegetales destacan los musgos y algas adheridas a las rocas, y entre los animales: moluscos, como caracoles, y peces, como el salmón o la trucha, que pueden nadar contracorriente.
- En el **curso medio** y **bajo**, la corriente es más suave y el agua circula a menor velocidad. Esto propicia mayor diversidad de organismos. En las riberas crecen árboles y arbustos, que ocupan una pequeña y estrecha banda a lo largo del cauce, formando **bosques de ribera**. En ellos destacan los chopos, alisos, sauces, juncos y cañaverales.

A excepción de algunos insectos, que viven cerca de la superficie, la mayoría de animales se mantiene en el fondo, entre las piedras, ayudados por la vegetación que reduce el movimiento del agua. Entre los vertebrados destacan: anfibios, como ranas, sapos y tritones; peces, como el barbo o la carpa; aves, como fochas y garzas, y mamíferos, como la nutria.

Lagos

Los lagos son ecosistemas formados por masas de agua profundas y permanentes. En España, los lagos que existen son pequeños y muchos de ellos son de origen glaciar.

Lago Estany de Ratera (Lérida).

El ecosistema está condicionado por la luz y la temperatura. Hay una zona donde llega la luz, en la que viven organismos fotosintéticos, y una zona oscura, donde se acumula la materia orgánica en descomposición.

La temperatura condiciona la dinámica del agua de los lagos, de tal manera que cuando el agua superficial se enfría, en otoño e invierno, se hunde y la del fondo, rica en nutrientes, asciende a la superficie.

ACTIVIDADES

21. ¿Qué es un bosque de ribera? ¿Qué tipo de árboles lo forman?

22. Explica cómo condiciona la temperatura del agua, la dinámica de los nutrientes en un lago.

www.yoquieroaprobar.es

Humedales

Los humedales son zonas con el **suelo saturado de agua** o inundadas al menos durante una determinada época del año. Se trata de ecosistemas muy frágiles, que cambian según las estaciones y las precipitaciones.

España cuenta con un gran número de humedales, como lagunas, albuferas, deltas, marismas, tablas, salinas, rías, etc. Estos ecosistemas son variados en su origen y albergan una elevada biodiversidad, especialmente de aves acuáticas, que encuentran en ellos un lugar de descanso en sus largas rutas migratorias, convirtiéndose en lugar de refugio y cría en invierno.

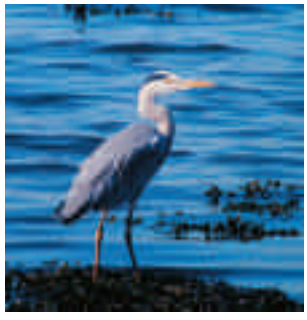
Hasta hace pocos años, los humedales eran considerados zonas sin valor ecológico e insalubres, por la presencia de mosquitos transmisores de enfermedades, siendo objeto de programas de desecación. Muchos de ellos fueron convertidos en tierras agrícolas y transformados para actividades industriales y urbanísticas, lo que ha hecho que muchas zonas húmedas hayan desaparecido y otras estén degradadas.

En la actualidad, estas zonas se protegen por su valor para la supervivencia de especies y por constituir ecosistemas muy productivos.

ACTIVIDADES

23. Señala la importancia de los humedades desde el punto de vista ecológico.

24. ¿En qué tipo de litorales encontraremos posidonia? ¿Es una planta o un alga? ¿Qué importancia tiene esta especie para los ecosistemas?



Las tablas son terrenos llanos que se inundan por el aporte de las aguas subterráneas y de los ríos.
Aunque actualmente el ecosistema de las tablas de Daimiel está muy deteriorado, continúa siendo un lugar de refugio para aves como el ánade real y el friso, el pato colorado, la malvasía o la garza imperial. Entre la vegetación predomina el carrizo, la espadaña, el junco y la castañuela.

Zonas marinas

Los **litorales** constituyen áreas de transición entre los sistemas terrestres y los marinos y están en constante evolución y cambio. Reciben el aporte de sedimentos y nutrientes procedentes de las cuencas hidrográficas, lo que contribuye al mantenimiento de una elevada diversidad de organismos y de sus redes tróficas.

En la Península se diferencian dos zonas marinas, con distintas características, tanto en sus litorales como en los ecosistemas marinos:

- **Litoral cantábrico y atlántico.** Es geológicamente abrupto, con predominio de los acantilados. Está bañado por aguas frías e influenciado por el oleaje y las mareas. Predominan los fondos rocosos con abundantes comunidades de algas, como laminarias, esponjas, anémonas, corales, moluscos, crustáceos y equinodermos.
- **Litoral mediterráneo.** Sus aguas son más cálidas y salinas. Presenta playas interrumpidas por deltas y albuferas. En ellos predominan los fondos arenosos, en los que abundan las praderas de **posidonia**, una planta endémica, que ofrece hábitat, alimento, refugio y lugares de cría a un gran número de especies animales.

www.yoquieroaprobar.es

12 Los principales ecosistemas terrestres de España

España posee una gran diversidad de ecosistemas, debida a factores como la orografía, el clima, la posición geográfica de la Península y los archipiélagos, la influencia de mares y océanos muy distintos e importantes contrastes geográficos. Dentro de esta diversidad suelen desarrollarse bosques.

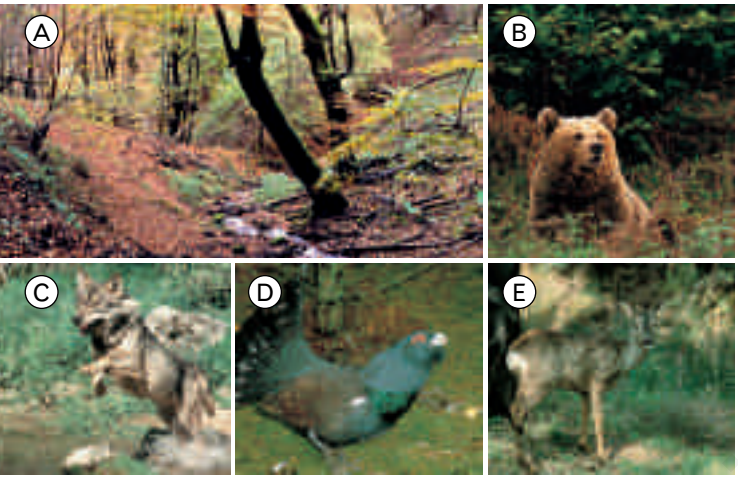
Bosque atlántico

Es un bosque caducifolio que se extiende por el norte y noroeste de la Península, en una estrecha franja desde Galicia hasta la costa catalana. Esta zona presenta un clima moderado, con inviernos fríos, veranos templados, y abundantes y regulares precipitaciones a lo largo del año.

Se caracteriza por el predominio de especies vegetales de hoja caduca, que forman bosques de hayas (**hayedos**) y robles (**robledal**), acompañados de otras especies, como arces, serbales, abedules, fresnos y castaños.

En estos bosques, la cantidad de luz que reciben las especies vegetales que crecen bajo la cubierta arbórea es pequeña, pero la materia orgánica que recibe el suelo, procedente de las hojas caídas en otoño, permite el desarrollo del **sotobosque**, con especies como acebos, espinos, arándanos, brezos, etc., y del **estrato herbáceo** con helechos, hongos, etc.

La fauna es rica y variada. Entre los vertebrados destacan: el oso, el lobo, el jabalí, la ardilla, el lirón, el ciervo, el corzo, el zorro y el urogallo.



A: bosque atlántico. **B:** oso. **C:** lobo.
D: urogallo. **E:** corzo.

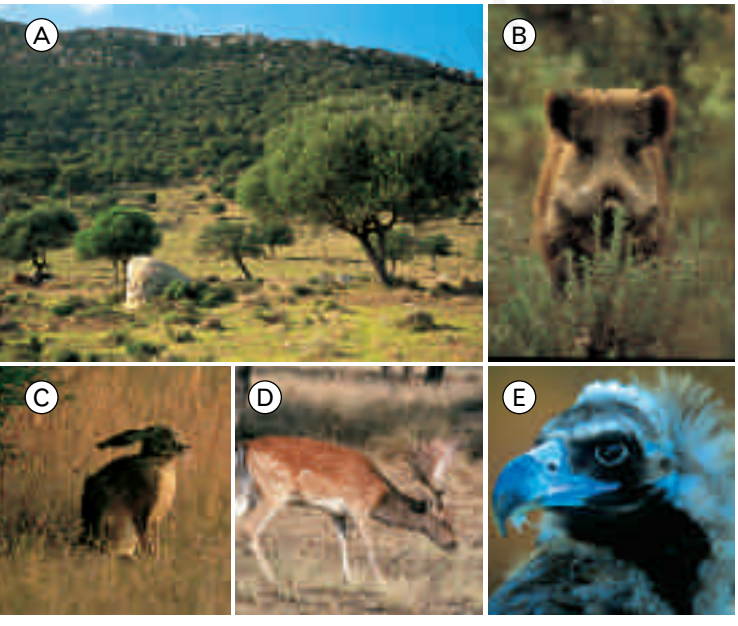
Bosque mediterráneo

El bosque mediterráneo o esclerófilo se da en zonas con clima templado y húmedo durante el invierno, y muy seco y caluroso en el verano. Ocupa la mayor parte del territorio peninsular, extendiéndose por el interior y sur de la Península y Baleares.

La vegetación dominante está formada por plantas esclerófilas que han desarrollado un mecanismo especial de adaptación frente a la larga sequía estival, con hojas perennes, pequeñas, duras y a veces con espinas, que evitan la pérdida excesiva de agua. Las especies más representativas son las encinas, alcornoques, acebuches, quejigos, pinos, etc. Por debajo de estos árboles proliferan arbustos típicos del sotobosque, como el madroño, el lentisco o la jara, y plantas aromáticas, como el romero y la lavanda.

La fauna es rica y variada, destacan: el zorro, la jineta, el corzo, la liebre, el águila imperial, el buitre negro y una gran variedad de insectos.

Las **dehesas** son bosques mediterráneos de encinas y alcornoques, que han sido aclarados por la acción humana, eliminando parte de los árboles y arbustos. En su lugar crece la hierba, que forman pastos útiles para el ganado. Son zonas de gran importancia ecológica y económica.



A: bosque mediterráneo. **B:** jabalí. **C:** liebre
D: gamo. **E:** buitre negro.

ACTIVIDADES

25. Señala las diferencias entre el bosque atlántico y el mediterráneo.

26. ¿Por qué las hojas del sotobosque mediterráneo son pequeñas y duras y a veces con espinas?

27. Busca en los *conceptos clave* el significado de «esclerófilo».

Prohibida su copia

Ciencia en tus manos

Observación y estudio de un ecosistema

El reconocimiento de los animales y plantas más comunes es un primer paso para apreciar la biodiversidad de nuestro entorno. Para comenzar la observación de los seres vivos basta con un cuaderno de notas, un bolígrafo, lápices de colores y unos prismáticos. Es también muy útil una cámara de fotos, preferiblemente digital.

1. El método de trabajo. Esta actividad se puede hacer en solitario o en grupo, pero cada persona debe llevar su propio cuaderno de notas.

Debemos apuntar en el cuaderno cada ser vivo que reconozcamos, indicando la fecha, la hora y el lugar en que lo hemos visto. En el caso de animales es importante comprobar si en días sucesivos volvemos a encontrarlos en el mismo lugar.

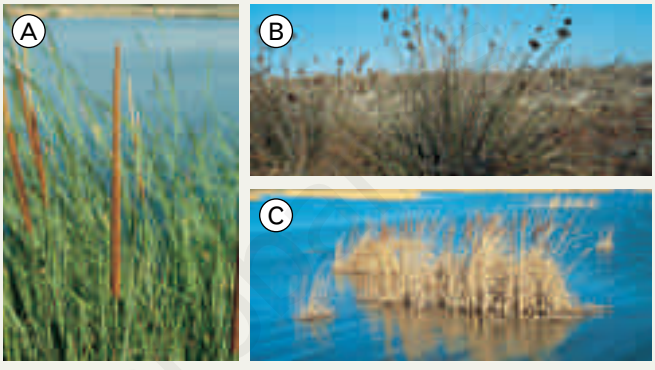
No debemos recolectar seres vivos, ya sean animales o plantas. En cambio, sí es muy interesante, recoger restos de su actividad, como piñas consumidas por aves o ardillas, egragópilas, mudas de serpientes o insectos, etc.

2. La identificación. Si disponemos de una cámara y un ordenador podemos llevar un registro de fotografías. No importa que no sean buenas: basta con que permitan identificar al ser vivo.

Si no podemos hacer una foto, debemos realizar un dibujo, aunque sea tosco, y añadir una descripción para luego poder reconocerlo con ayuda de las imágenes de esta actividad o con las de una guía.

Inicialmente bastará con indicar el nombre vulgar del ser vivo observado. Si nos llama la atención la nomenclatura científica, podemos buscar en la guía de campo el nombre de la especie.

El material de esta página, junto con la práctica de la unidad 6, es útil para iniciarse en la observación de nuestro entorno, pero conviene disponer también de guías completas e ilustradas de aves, anfibios, reptiles, mamíferos, rastros y huellas, vegetales, insectos, seres vivos del litoral…



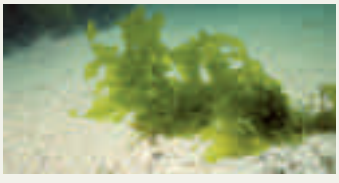
Las **espadañas** (A), los **juncos** (B) y los **carrizos** (C) forman densas matas que se adentran en el agua. Entre ellos anidan muchas aves como las fochas, los patos y los somormujos.

Gaviota argéntea. Muy abundante en las costas y también en los basureros de las grandes ciudades. Forma grandes bandadas.

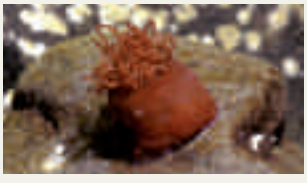
Gaviota reidora. Se encuentra en los mismos lugares que la argéntea. Su nombre se debe a su característico graznido.

Posidonia. Es una planta que crece en fondos arenosos del Mediterráneo. Sus raíces forman «pelotas de mar».

Bolso de sirena. Es la cápsula que encierra la puesta de huevos de la pintarroja, un pequeño tiburón.



Lechuga de mar. En las charcas de marea baja es frecuente encontrar esta alga de hojas planas y anchas.



Tomate de mar. Es un celentéreo que durante la marea baja esconde sus tentáculos.

ACTIVIDADES

28. Si puedes visitar un ecosistema costero podrás ver animales bentónicos, como los erizos de mar. ¿Qué significa que son bentónicos?

29. Las lavanderas son aves que suelen estar cerca del agua, tanto en el litoral como en los ríos y lagunas. Busca información para identificarlas.

www.yoquieroaprobar.es

Actividades

30. ● Lee las siguientes afirmaciones y corrige las que sean falsas.

a) La temperatura del agua aumenta con la profundidad.

b) El oxígeno se encuentra en menor cantidad en el medio acuático que en el terrestre, pero aumenta a medida que asciende la temperatura del agua.

c) La humedad atmosférica depende del grado de evaporación.

d) La radiación solar que recibe el planeta varía con la latitud y la nubosidad aumenta en los polos y disminuye hacia los trópicos.

31. ●● Indica qué tipo de relación interespecífica se produce en los siguientes casos.

a) Los búfalos suelen estar acompañados por aves, que se alimentan de los numerosos parásitos que existen sobre su piel.

b) Las vacas se alimentan de la hierba de los prados.

c) El cangrejo ermitaño se aloja en conchas vacías de caracoles, donde encuentra cobijo.

d) En el aparato digestivo de las termitas viven bacterias que digieren la celulosa de la madera.

32. ●●● En el dibujo se muestran dos componentes del plancton marino. ¿Qué adaptaciones presentan ambos organismos para facilitar su flotación?

33. ●●● ¿Se pueden considerar la competencia y la depredación como factores de selección natural?

34. ● ¿Qué ventajas e inconvenientes presentan las diferentes pirámides ecológicas?

35. ●● Si tuvieses que estudiar un ecosistema terrestre, por ejemplo un matorral mediterráneo, ¿qué datos deberías tener en cuenta?

36. ●● Señala un ejemplo de adaptación de los animales a los siguientes factores:

a) Carencia de agua.

b) Altas temperaturas.

c) Bajas temperaturas.

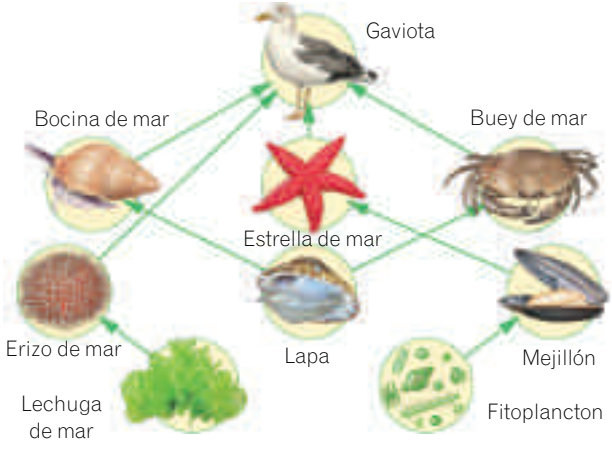
d) Oscuridad casi permanente.

37. ● ¿Qué adaptaciones de las hojas de las plantas son más características en el bosque mediterráneo?, ¿y en el bosque caducifolio?

38. ● Explica razonadamente por qué dos especies no pueden ocupar el mismo nicho ecológico.

39. ● ¿Podría mantenerse un ecosistema sin productores? ¿Conoces algún ecosistema cuyos productores no dependan de la luz solar como fuente de energía?

40. ●● En el esquema aparece representada una red trófica típica del litoral rocoso mediterráneo.



a) ¿A qué nivel trófico corresponde cada uno de los organismos del esquema?

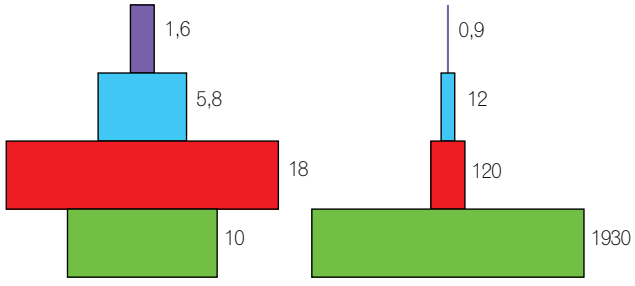
b) Supón que debido a una pesca excesiva se eliminan los bueyes de mar del ecosistema. ¿Aumentaría el número de lapas? ¿Disminuiría el de gaviotas?

41. ●● Construye dos cadenas tróficas y una red con estos organismos del bosque y matorral mediterráneo.

Lince, romero, jabalí, saltamontes, encina, musaraña, pulgón, herrerillo, águila imperial, alcornoque, conejo.

www.edebe.com

42. ●●● Los esquemas muestran las pirámides de biomasa (g/m^2) y de productividad (g/m^2 y año) de un lago.



a) ¿Cuál corresponde a una pirámide de biomasa? ¿Por qué lo sabes? ¿Cuál corresponde a la de productividad?

b) ¿Cómo podría interpretarse que una biomasa de 10 g/m^2 de fitoplancton alimentase a una masa de zooplancton de 18 g/m^2?

43. ● ¿Qué ocurre cuando desaparece un eslabón de una cadena trófica?

44. ●●● La introducción de una especie exótica en un ecosistema puede tener diferentes resultados. Señala alguna de las posibles consecuencias, tanto para el ecosistema como para la especie introducida.

45. ●●● El bosque de laurisilva, también conocido como monteverde, es un bosque típico de latitudes subtropicales, que en nuestro país podemos encontrar en las islas Canarias. Busca información sobre dicho ecosistema y señala:

a) Condiciones climáticas de dicho ecosistema.

b) Flora característica.

c) ¿Qué es el mar de nubes y qué relación guarda con la laurisilva?

46. ●● La posidonia es una planta que forma grandes praderas marinas en fondos arenosos desde el borde de la costa hasta los 50 m de profundidad, formando el ecosistema más productivo del Mediterráneo. ¿En qué reside el interés ecológico de estas praderas marinas?

47. ●● ¿Crees que podría desarrollarse un buen suelo en una zona de gran pendiente? ¿Por qué?

48. ● ¿De qué manera influye la atmósfera sobre el suelo?

49. ●● En agricultura es frecuente la rotación de cultivos, que consiste en alternar plantas de distintas familias, por ejemplo cereales con leguminosas. ¿Por qué crees que se lleva a cabo esta técnica?

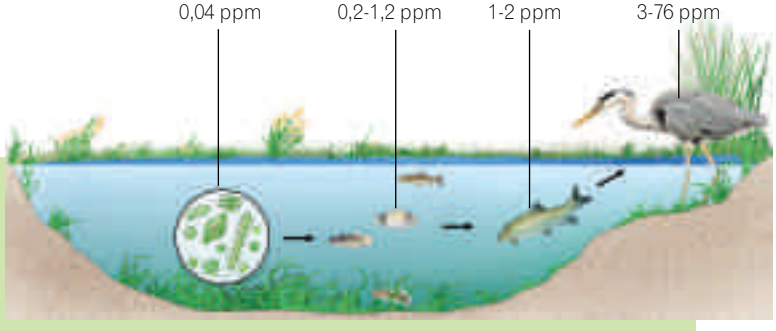
UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

La circulación del DDT en los ecosistemas

El DDT (Dicloro-difenil-tricloroetano) es uno de los compuestos principales de los pesticidas. Esta sustancia química fue ampliamente utilizada en el siglo XX para combatir las plagas de insectos.

Durante décadas, el DDT tuvo un uso agrícola y forestal, pero debido a su impacto mediaombiental se prohibió universalmente. Entre sus característica destaca el ser una sustancia altamente tóxica, estable y persistente. Tarda décadas en degradarse, se evapora y se desplaza a largas distancias a través del aire y el agua. Es poco soluble en agua, lo que hace que no se elimine con la orina y se acumula en el tejido adiposo de los animales, provocando, entre otros daños, alteraciones del sistema nervioso e inmunológico, distintas formas de cáncer, así como fallos en la reproducción y el desarrollo.

En la imagen aparecen las cifras de residuos de DDT, en miligramos por kilogramo (ppm, partes por millón) de tejido corporal en diferentes especies de un pantano.



50. ●●● ¿En cuánto se incrementó la concentración de DDT del plancton a la garza?

51. ●● ¿Por qué los contaminantes como el DDT se concentran más en los niveles tróficos más altos?

52. ●● Teniendo en cuenta que el ser humano está en los niveles tróficos superiores, ¿crees que le afectaría la concentración de DDT en el ambiente? Razona la respuesta.

53. ● Si el DDT no fuera estable, ¿podría acumularse en los seres vivos? ¿Y si se excretara con la orina?

54. ●● ¿Cómo explicarías que se haya encontrado DDT en animales de la Antártida como los pingüinos?

www.yoquieroaprobar.es

Resumen

ESTRUCTURA DE LOS ECOSISTEMAS

El medio ambiente

El medio ambiente está definido por el conjunto de factores ambientales o condiciones que existen en un lugar. Los factores ambientales pueden ser:

- Abióticos. Factores físico-químicos del medio.
- Bióticos. Dependen de la presencia de otros organismos. Entre los organismos se pueden establecer relaciones intraespecíficas (entre individuos de la misma especie) o interespecíficas (entre distintas especies).

Se distinguen dos medios. El medio terrestre y el medio acuático.

Componentes del ecosistema

Un ecosistema está constituido por el biotopo y la biocenosis.

El biotopo es la parte inorgánica del ecosistema. Está formado por el medio físico y los factores abióticos.

La biocenosis es la parte biótica del ecosistema. Está formada por el conjunto de seres vivos de un área y las relaciones que se establecen.

La ecosfera es el conjunto de ecosistemas de la Tierra.

Los biomas son los ecosistemas terrestres que ocupan grandes extensiones, como la tundra, la taiga, la selva tropical, etc.

Niveles tróficos en el ecosistema

En función de cómo obtienen la materia y la energía, los seres vivos se clasifican en niveles tróficos.

Productores. Son los autótrofos, que fabrican materia orgánica a partir de inorgánica.

Consumidores. Son los heterótrofos, que se alimentan de la materia orgánica ya elaborada. Pueden ser primarios, secundarios y terciarios.

Descomponedores. Organismos heterótrofos que se alimentan descomponiendo la materia orgánica de los niveles anteriores.

Las relaciones tróficas entre las especies de un ecosistema se pueden representar mediante cadenas, redes tróficas o pirámides.

Existen pirámides de números, biomasa y energía.

Hábitat y nicho

El hábitat es el lugar físico donde pueden encontrarse habitualmente los individuos de una especie.

El nicho ecológico es la función que una especie desempeña en el ecosistema.

El suelo como ecosistema

El suelo es la capa más superficial que recubre la corteza terrestre, su espesor es variable y está formado por materiales procedentes de la alteración de las rocas y de la actividad de los seres vivos, el aire y el agua.

El biotopo del suelo depende de factores abióticos, como el clima, la temperatura, la carencia de luz (excepto en la capa superficial), la pendiente y la concentración gaseosa y de sales minerales.

La biocenosis está constituida por los organismos que en él habitan y sus relaciones.

ACTIVIDADES

55. Completa el resumen señalando los factores abióticos que más influencia tienen sobre los ecosistemas.

56. Realiza un cuadro resumen señalando las principales relaciones intraespecíficas e interespecíficas.

57. ¿Qué diferencias en cuanto a biotopo y biocenosis hay entre el bosque atlántico y el mediterráneo?

www.apoyoareaprobados.es

En la bóveda del mundo verde

Las flores de los árboles de la bóveda vegetal, a diferencia de las de los gigantes, no pueden confiar en el viento para su polinización, pues el aire en torno a ellas está casi inmóvil. Por consiguiente, deben atraer animales transportistas, cosa que hacen gracias a la posesión de néctar, anunciándoles, mediante pétalos llamativamente coloreados, que este se halla disponible. Muchas son fertilizadas por insectos –escarabajos pesados–, avispas y mariposas de alas potentes y brillantes colores. Las flores que dependen de pájaros que se alimentan de néctar, colibríes en Sudamérica y nectarínidos en Asia y África, son casi siempre rojas, mientras que las que son pálidas y con olor fétido son normalmente frecuentadas por murciélagos.

Al desarrollarse las semillas surgen problemas de transporte similares. Tales semillas son mayores que los granos de polen, así que los animales que desempeñan la tarea de transporte deben ser de cierto tamaño. Por eso, muchos árboles envuelven las semillas con pulpa suculenta y dulce que atrae a los monos y cálaos, tucanes y murciélagos frugívoros, todos ellos animales del volumen suficiente como para tragarse el fruto con sus semillas sin tan siquiera notarlas. Los frutos de los ficus son consumidos en las mismas ramas. Las frutas de mayor tamaño, aguacates, durios y artocarpos, caen al suelo, donde pueden ser comidas por animales que habitan en él. En todos estos casos, la propia semilla posee una cubierta dura y resistente, de forma que puede recorrer intacta toda la longitud del conducto digestivo de esos animales y salir por el extremo final con los excrementos, y si hay suerte, a cierta distancia de donde fue consumida.

Una rica y variada comunidad habita el mundo verde de la bóveda, lejos del suelo, ramoneando y cazando, robando y alimentándose de carroña, reproduciéndose y muriendo sin abandonarlo nunca. Al haber tantas especies de árboles diferentes que fructifican en épocas distintas, por lo común siempre hay, en un sitio u otro, fruta disponible a lo largo del año, lo que posibilita que los animales se especialicen en alimentarse con fruta y poco más. Se forman cuadrillas errantes de aves y mamíferos que arrebatan esa fruta tan pronto como está dispuesta. Uno de los mejores modos de observar la vida en la bóveda vegetal es localizar un árbol que está a punto de dar frutos, sentarse cerca de él y esperar. Un ficus de Borneo, si sus frutos son maduros y olorosos, se

verá rodeado de multitud de animales. Los monos corren por sus ramas oliendo cada fruto para decidir, por su aroma, si ha llegado a su sazón, y si es así, se lo embuten en la boca.

[…]

En las ramitas más finas e inaccesibles, donde es difícil que los animales pesados se muevan, revolotean y graznan aves frugívoras. Los loros trepan torpemente, agarrando el fruto con las garras de una pata mientras que con la otra se cuelgan del revés; los cálaos y los tucanes recogen los frutos de uno en uno con sus largos picos, los lanzan al aire y se los tragan. El banquete no se interrumpe al finalizar el día, sino que por la noche llegan nuevos comensales.

DAVID ATTENBOROUGH,
El planeta viviente.
Salvat Editores

COMPRENDO LO QUE LEO

58. ¿Qué método recomienda el autor del texto para conocer la vida que forma parte de la bóveda vegetal? ¿Por qué?

59. ¿Qué elementos conforman el ecosistema «la bóveda vegetal»?

60. ¿Cómo afectaría al ecosistema descrito en el texto el hecho de que los murciélagos desaparecieran?

NO TE LO PIERDAS

Libros y artículos:

El planeta vivo
DAVID ATTENBOROUGH Y OTROS. Ed. Plaza y Janés
Obra divulgativa sobre aspectos de la vida en la Tierra.

Vida en las corrientes marinas
PAUL NICKLEN. *National Geographic,* agosto 2006.

En la red:

www.natureduca.com
Índice de artículos sobre ecología y ecosistemas.

www.mma.es
En esta página encontrarás toda la información relacionada con los Parques Nacionales de España.

6 Dinámica de los ecosistemas

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Entenderás que en un ecosistema se produce flujo de energía y ciclo de materia.
- Comprenderás los conceptos de biomasa, producción y productividad.
- Conocerás los principales ciclos biogeoquímicos.
- Analizarás los cambios naturales en los ecosistemas.
- Estudiarás algunos mecanismos de autorregulación de las poblaciones en los ecosistemas.
- Aprenderás qué es un impacto ambiental.
- Identificarás las principales figuras de protección de espacios naturales.
- Conocerás los grandes cambios ambientales que han ocurrido en la historia de la Tierra.
- Aprenderás a observar aves.

Hundimiento del petrolero *Prestige*.

El petrolero monocasco *Prestige* navegaba con bandera de Bahamas, transportando 77 000 toneladas de fuel, hacia Gibraltar, donde iba a realizar una parada técnica.

A las 15:15 horas del 13 de noviembre de 2002 a la altura de Finisterre (Galicia), el capitán del buque lanzó un SOS, alertando de sus dificultades. Declaró tener una avería, con un fuerte grado de escoramiento y con un área de fuga de petróleo hacia el mar. Se mantuvo a la deriva durante seis días hasta que finalmente se hundió, derramando miles de toneladas de fuel, que llegaron a las costas gallegas. Esto originó una de las catástrofes ecológicas y económicas más grandes de la historia de España.

Los resultados del vertido fueron devastadores. Las costas de Galicia, Principado de Asturias, Cantabria, País Vasco y algunas zonas de la costa francesa quedaron afectadas por la marea negra. Marisqueadores y pescadores vieron cómo su medio de vida quedaba arrasado.

Además de los propios pescadores, miles de voluntarios provenientes de todas partes del mundo intervinieron en las labores de limpieza del chapapote de las playas y aguas costeras; lo que se conoció como la marea blanca humana.

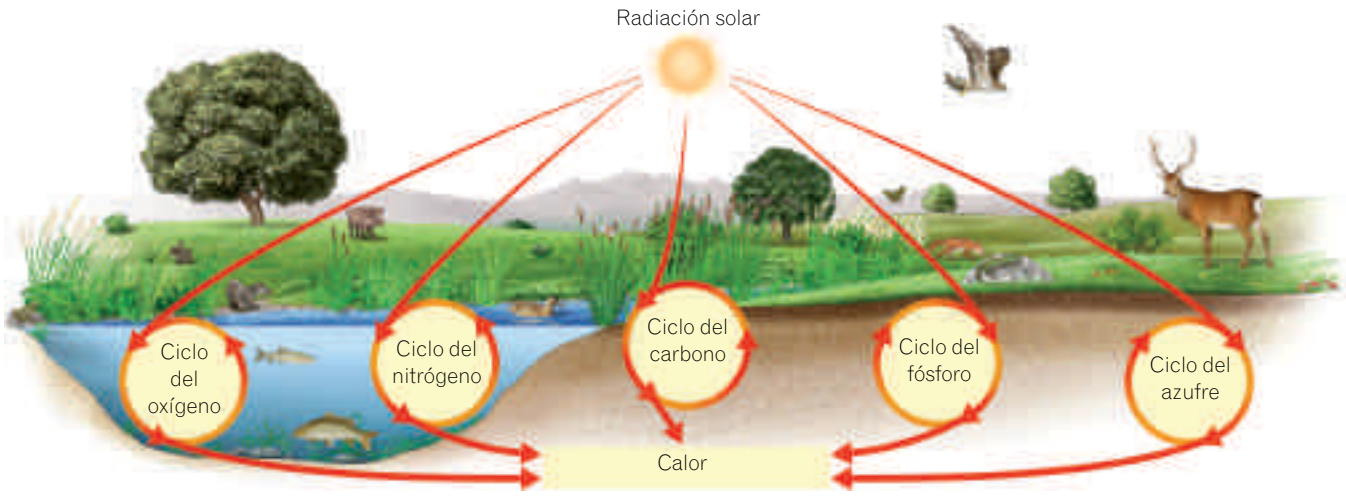
Las consecuencias de lo ocurrido están aún presentes. La catástrofe del *Prestige* afectó seriamente a la cadena alimentaria marina, especialmente a las aves. Los voluntarios y pescadores que participaron en las tareas de rescate sufren, años después, daños respiratorios, dolores de cabeza, problemas gastrointestinales, alteraciones psicológicas y trastornos del sueño. A largo plazo, sus efectos son cancerígenos y mutagénicos, debido a la presencia de benceno e hidrocarburos aromáticos en el chapapote.

RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿Qué es una marea negra? ¿Qué efectos ecológicos y económicos puede producir?
2. ¿Por qué decimos que el flujo de energía es unidireccional y el de materia cíclico?
3. ¿Cuáles crees que han sido los grandes cambios ambientales que han ocurrido en la historia de la Tierra?
4. ¿Crees que los ecosistemas evolucionan con el paso del tiempo? ¿Cómo?

Busca la respuesta

¿Qué es el estado clímax de un ecosistema?



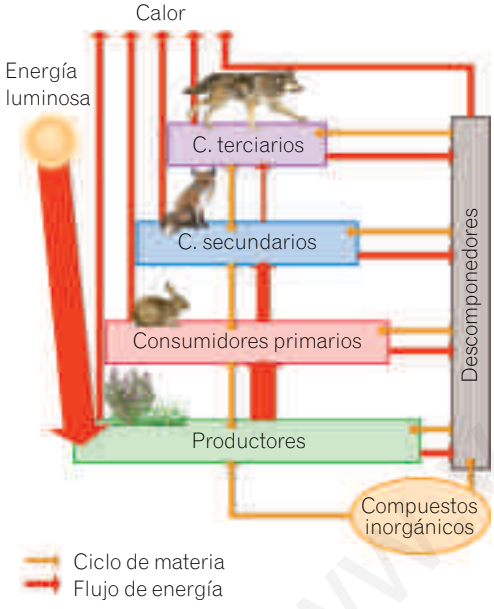
El funcionamiento de un ecosistema implica dos procesos: un flujo de energía y un ciclo de materia.

1 La energía y la materia en los ecosistemas

En los ecosistemas, la materia y la energía se transfiere de unos organismos a otros a través de las relaciones tróficas.

Flujo de energía

El flujo de energía es un proceso unidireccional abierto.



Los ecosistemas dependen de un suministro continuo de energía para su funcionamiento. La energía que entra en un ecosistema procede del **Sol**.

Los productores utilizan una pequeña parte de la energía que llega a la Tierra para realizar la fotosíntesis. En este proceso transforman la **energía luminosa** en **energía química**, que se acumula en la materia orgánica y se transfiere de unos organismos a otros a través de los niveles tróficos.

En cada nivel, una parte de la energía se utiliza para el crecimiento, otra se aprovecha en los procesos metabólicos, y finalmente otra se pierde con la respiración en forma de calor, que es cedido al medio y no se reutiliza.

La parte de la energía que se almacena en la materia orgánica es la que puede pasar al siguiente nivel. Por tanto, la cantidad de energía que pasa de un nivel trófico al siguiente es cada vez menor y no supera el 10 %. Esto limita el número de eslabones en las cadenas tróficas.

Ciclo de la materia

El ciclo de materia es un proceso cíclico cerrado.

La materia se encuentra tanto en los seres vivos como en el medio, formando parte de la atmósfera, el agua y la corteza terrestre. A través del ecosistema la materia no se pierde, sino que se recicla continuamente.

Los organismos productores utilizan materia inorgánica y la transforman en materia orgánica, que es ingerida por los consumidores primarios y pasa de unos organismos a otros a través de los niveles tróficos.

Cuando los productores y consumidores mueren, sus restos orgánicos son transformados por los descomponedores en compuestos inorgánicos. De esta manera quedan de nuevo a disposición de los productores.

ACTIVIDADES

1. Si en un determinado ecosistema pudiésemos pesar todos los herbívoros y carnívoros, ¿qué peso sería mayor? ¿Por qué?
2. ¿Es transferida toda la biomasa producida en un nivel trófico al nivel trófico siguiente? Razona la respuesta.

www.yoquieroaprobar.es

2 Los parámetros tróficos

Los parámetros tróficos nos permiten entender mejor las relaciones tróficas y evaluar la acumulación y transferencia de materia y energía que se produce en un ecosistema.

Biomasa (*B*)

La biomasa es la cantidad de **materia orgánica** acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema. Se expresa en gramos, kilogramos o toneladas por unidad de superficie o de volumen.

Los organismos aumentan la biomasa con la reproducción y el crecimiento.

En los ecosistemas acuáticos la biomasa de los productores es muy reducida. El fitoplancton es de pequeño tamaño, se reproduce rápidamente y es consumido masivamente. La mayoría de la biomasa se acumula en algunos consumidores, los peces.

Producción (*P*)

Se denomina producción a la **cantidad de energía** que se almacena en forma de **biomasa** en cada nivel trófico por unidad de tiempo. Se puede medir de distintas formas, en g/cm^2/año, kg/m^2/año, t/ha/año, etc.

En función del nivel trófico, se distinguie entre:

- **Producción primaria.** Es la cantidad de energía captada en un ecosistema por los productores a través de la fotosíntesis.
- **Producción secundaria.** Es la energía captada por los consumidores mediante la alimentación.

Dentro de la producción se diferencia entre:

- **Producción bruta (*PB*).** Es la cantidad total de biomasa generada por un nivel trófico cualquiera.
- **Producción neta (*PN*).** Es la cantidad total de biomasa que queda disponible para el siguiente nivel trófico, tras descontar la parte consumida en la respiración celular (*R*). Es decir, es la biomasa almacenada en un nivel trófico y que puede ser aprovechada por otros niveles ($PN = PB - R$).

En un bosque maduro la productividad es muy baja. La producción se emplea en reponer la elevada biomasa (troncos, ramas, hojas, frutos…) y en la respiración.

Productividad (*p*)

Expresa la «rentabilidad» y el estado de un nivel trófico, ya que relaciona su producción con su biomasa ($p = P/B$).

La productividad será tanto mayor cuanto menor sea la pérdida de biomasa entre un nivel trófico y el siguiente. En general, los organismos pequeños son muy productivos, debido a que se reproducen y crecen rápidamente; es decir, la biomasa se renueva con gran rapidez.

Biomasa: 500 000 kg/m^2

Biomasa: 650 000 kg/m^2

Aumento de biomasa: 150 000 kg/m^2
Producción neta: 15 000 kg/m^2/año
Productividad: 15000/500000 = 0,03 kg/m^2/año

www.yoquieroaprobar.es

3 Los ciclos biogeoquímicos

El carbono, el oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno, y en menor proporción el fósforo y el azufre, son los elementos más abundantes que forman la materia viva (**bioelementos**). Estos elementos también están presentes en el aire, en el suelo, en las rocas y en el agua. Los seres vivos los incorporan a sus estructuras, y después vuelven al medio, iniciando de nuevo el ciclo.

Los recorridos que realizan ciertos elementos químicos a través de la biocenosis y el biotopo de un ecosistema se denominan ciclos biogeoquímicos.

ACTIVIDADES

3. ¿De qué formas se devuelve el CO_2 a la atmósfera a partir de la materia orgánica?
4. ¿Qué es la desnitrificación? ¿Qué organismos la llevan a cabo?
5. ¿Cómo afectará al ciclo del fósforo el abuso de fertilizantes?

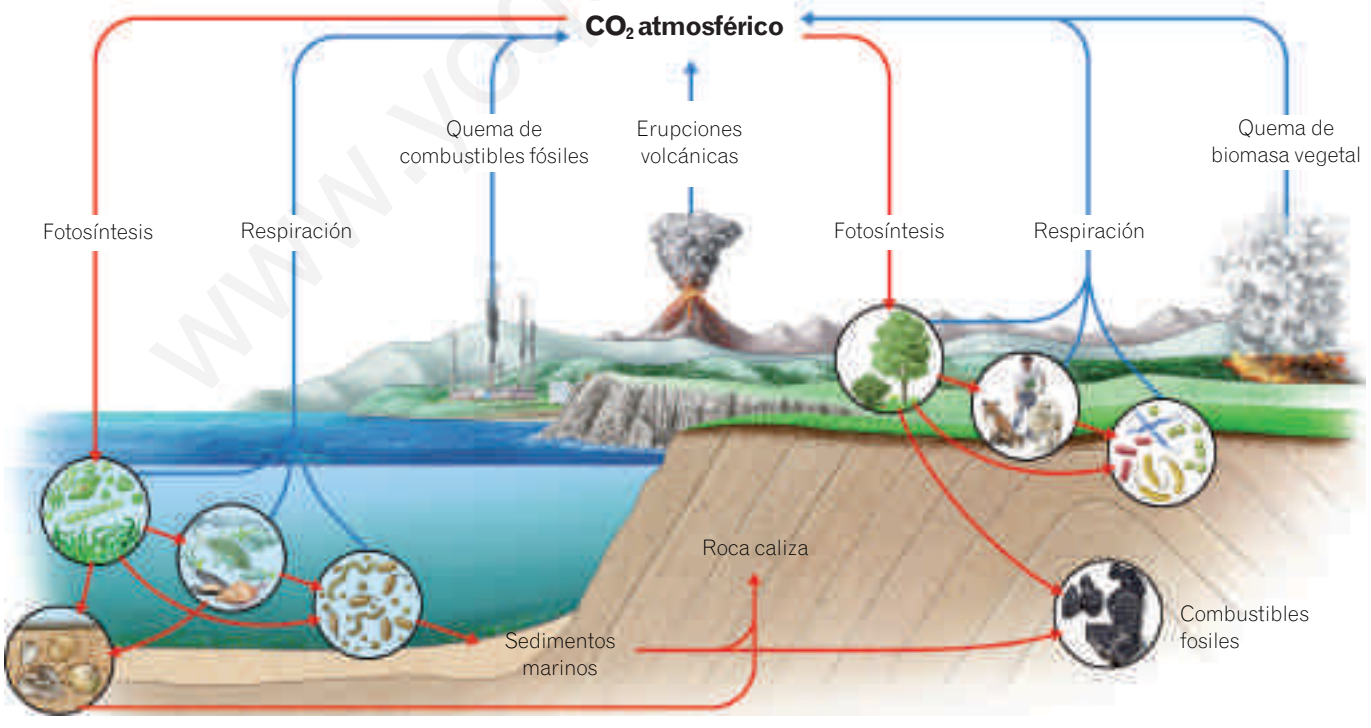
Ciclo del carbono

El carbono es un elemento fundamental de la materia viva, ya que forma parte de todas las moléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas…). Este elemento solo puede ser incorporado a dichas moléculas en forma de CO_2.

- Los organismos autótrofos, mediante la fotosíntesis, captan el CO_2 atmosférico o el disuelto en el agua y lo transforman en compuestos orgánicos. A través de la alimentación, el carbono pasa a los consumidores. Los restos orgánicos de productores y consumidores pasan al nivel de los descomponedores.

  Mediante la respiración celular, los productores, los consumidores y los descomponedores utilizan la materia orgánica y liberan CO_2 a la atmósfera.

- Parte de los restos orgánicos de los seres vivos pueden quedar enterrados formando depósitos en el suelo, o sedimentos marinos que con el tiempo se transformarán en combustibles fósiles como el carbón o el petróleo. La quema de biomasa vegetal y de combustibles fósiles libera nuevamente CO_2 a la atmósfera.
- Algunos organismos marinos utilizan el CO_2 disuelto en el agua para formar sus conchas y esqueletos de carbonato de calcio ($CaCO_3$).
  Con el tiempo, estos restos se transformarán en rocas calizas, que constituyen la mayor reserva de CO_2.
- Las erupciones volcánicas también liberan parte del carbono a la atmósfera en forma de CO_2.

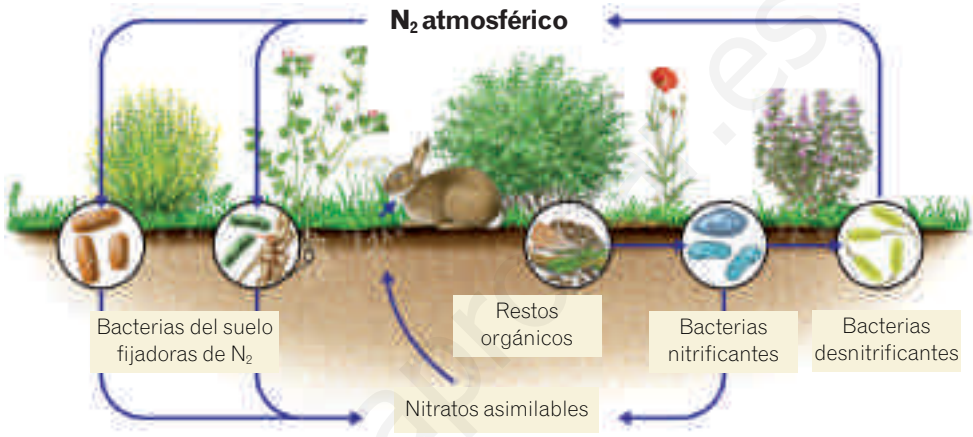


www.yoquieroaprobar.es

Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno es un componente fundamental de las proteínas y los ácidos nucleicos. Aproximadamente el 78 % del volumen de la atmósfera es nitrógeno; sin embargo, son muy pocos los seres vivos capaces de utilizar el nitrógeno gaseoso (N_2) del aire directamente.

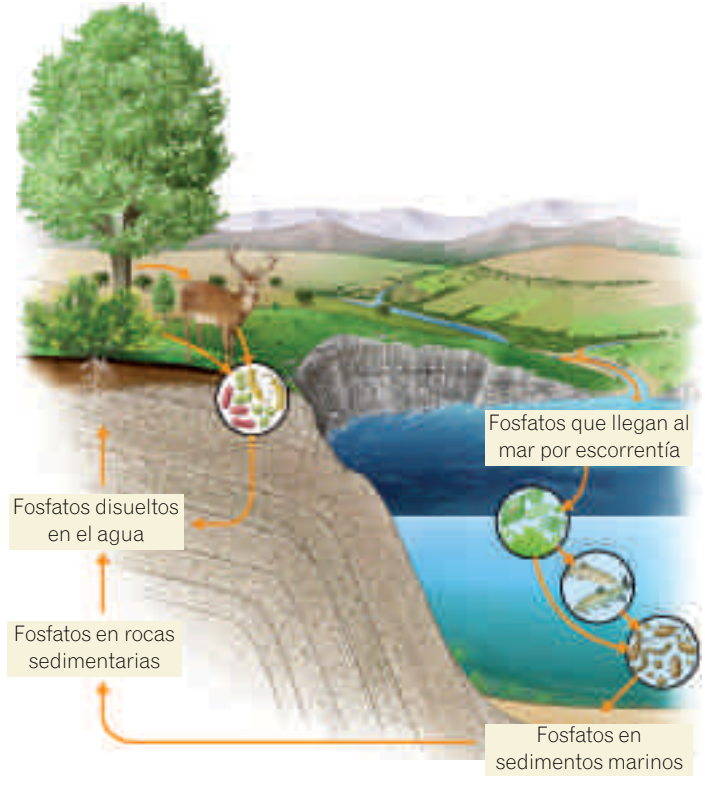
- Determinados grupos de bacterias libres del suelo y bacterias que viven en simbiosis en las raíces de leguminosas captan el nitrógeno atmosférico y lo transforman en nitratos asimilables por las plantas.
- Mediante la fotosíntesis las plantas incorporan el nitrógeno disuelto y lo utilizan para formar compuestos orgánicos. A través de la alimentación, el nitrógeno presente en los compuestos orgánicos de los productores pasa a los consumidores, que lo utilizan para formar sus propias proteínas y ácidos nucleicos, y como fuente de energía.
- Los restos orgánicos que generan los seres vivos al morir, y sus excrementos, devuelven el nitrógeno al medio, donde las bacterias **nitrificantes** del suelo lo convierten de nuevo en nitratos. Así, el nitrógeno vuelve a estar disponible para los productores.
- El ciclo del nitrógeno se cierra con las bacterias **desnitrificantes**, que utilizan en su metabolismo los nitratos del suelo y generan N_2 que vuelve de nuevo a la atmósfera.



Ciclo del fósforo

El fósforo es un elemento relativamente escaso, que forma parte de compuestos tan importantes como los ácidos nucleicos y de moléculas como el ATP. Además está presente en las membranas celulares y en estructuras rígidas, como huesos y caparazones de animales.

- La mayoría del fósforo se encuentra en rocas sedimentarias de origen marino. Su erosión libera fosfatos, que disueltos en el agua pueden ser utilizados por las plantas, que lo incorporan a su materia orgánica.
- A través de la alimentación, el fósforo pasa al resto de la cadena trófica. Cuando productores y consumidores mueren, sus restos son descompuestos por la acción de los descomponedores, liberando los fosfatos al medio, que serán de nuevo utilizados por las plantas.
- Una parte de los fosfatos son arrastrados hasta el mar. Allí, parte del fósforo pasa al fitoplancton y de estos al resto de la cadena trófica, y otra parte se incorpora a las conchas y esqueletos de animales acuáticos. Estos restos se depositan y pasan a formar parte de los sedimentos que originarán las rocas sedimentarias. Estas pueden retornar a la superficie y el fósforo entrará de nuevo en el ciclo.



www.yoquieroaprobar.es

4 Los cambios naturales en los ecosistemas

Con el paso del tiempo, todos los ecosistemas se transforman en otros distintos. Así, un bosque mediterráneo, en el que actualmente habitan alcornoques, encinas y jabalíes, quizás hace tiempo fue un mar, en el que convivían peces y algas.

Los dinosaurios mostraron una enorme diversidad y colonizaron una gran cantidad de hábitats. Su desaparición permitió el desarrollo de otros grupos animales, como los mamíferos, y a partir de ellos, la aparición de la especie humana.

Los ecosistemas son estructuras dinámicas que varían a lo largo del tiempo. Sin embargo, todos tienden a un estado de **equilibrio** o estabilidad en el que se producen pocos cambios. Para que un ecosistema esté en equilibrio son necesarias al menos tres condiciones:

– Los factores ambientales tienen que permanecer estables.
– El número de individuos en las poblaciones debe mantenerse más o menos constante.
– No deben existir factores externos que alteren el ecosistema.

El estado de equilibrio en un ecosistema es un estado ideal, ya que ningún ecosistema está aislado, ni exento de sufrir cambios.

Las transformaciones que tienen lugar en los ecosistemas pueden deberse a distintas causas y tener diferente duración.

Dependiendo del origen del cambio, estos pueden ser:

- **Naturales.** Los de origen natural o que se producen por la propia dinámica interna del ecosistema.
- **Artificiales.** Tienen un origen antrópico, debido a la actividad de las personas sobre el medio.

Dependiendo de su duración, los cambios pueden ser:

- **Graduales.** Ocurren lentamente en periodos largos de tiempo.
- **Catastróficos.** Suceden de manera rápida en un periodo corto de tiempo.

Generalmente, las transformaciones naturales que afectan al biotopo ocurren de manera gradual y en **tiempo geológico**, a lo largo de miles de años. Son fenómenos que afectan al relieve, al suelo, al clima, etc. El biotopo también puede cambiar de manera brusca y catastrófica, debido por ejemplo a una erupción volcánica o un terremoto.

Los cambios naturales que afectan a la biocenosis suelen ocurrir en un periodo de tiempo de cientos de años, en el denominado **tiempo biológico**. En este tiempo pueden sustituirse unas comunidades por otras.

Los cambios debidos a la acción humana ocurren en el llamado **tiempo social**, un intervalo corto de tiempo que puede ser de algunos años o décadas. La tala o la quema de un bosque son transformaciones antrópicas.

Cambios a nivel global

A lo largo de la historia de la Tierra se han producido cambios bruscos en las condiciones del medio que de una manera u otra, han afectado de forma global a todo el planeta.

Las glaciaciones que cubrieron de hielo grandes extensiones de la Tierra son un ejemplo. Estos prolongados periodos de enfriamiento global afectaron a los ecosistemas de todo el mundo. Muchas especies desaparecieron y la distribución de otras muchas se vio condicionada.

Hace unos 65 millones de años otro cambio drástico provocó la desaparición de los dinosaurios y de numerosas especies de plantas y de otros animales. Actualmente la explicación más aceptada como causa de esta extinción masiva es la de los efectos de la caída de un gran meteorito.

Material aprobado

Cambios rítmicos en los ecosistemas

En todos los ecosistemas se producen cambios **cíclicos** y **predecibles** que pueden observarse directamente. Estos cambios se deben a la dinámica de la Tierra y a los movimientos del Sol, la Tierra y la Luna.

La alternancia de días y noches, el ciclo de las mareas o los cambios estacionales son ciclos cortos que afectan a los seres vivos.

- **La alternancia de días y noches.** Influye en todos los ecosistemas de forma directa, excepto en algunos donde no llega la luz, como las cuevas y los fondos marinos.

  Durante el día, la fotosíntesis predomina sobre la respiración. En los ecosistemas marinos, por ejemplo, se producen migraciones verticales del fitoplancton en la columna de agua; de día los organismos fotosintéticos se sitúan cerca de la superficie y por la noche se alejan de ella.

  En los ecosistemas terrestres, los animales pueden ser activos de día o de noche, distinguiéndose entre animales **diurnos** y **nocturnos**. Cada uno aprovecha su periodo de actividad para alimentarse. Esta alternancia en la actividad aumenta los nichos y, por tanto, la diversidad en los ecosistemas.
- **La alternancia de estaciones.** Afecta a todos los ecosistemas, y en especial a los de zonas templadas, donde los seres vivos están adaptados a los acusados cambios cíclicos que se producen a lo largo del año. Cambios en las horas e intensidad de luz, en las temperaturas, en las precipitaciones, etc.

  La estacionalidad también condiciona el momento de reproducción de muchos seres vivos. Las plantas florecen cuando hay un determinado número de horas de luz al día y la mayoría de los animales tienen ritmos de reproducción anuales que aseguran que las crías nazcan en periodos favorables para su desarrollo.

Estas dos rapaces conviven en el mismo hábitat pero tienen nichos distintos. La lechuza es una rapaz nocturna que caza de noche, el águila es una rapaz diurna que encuentra sus presas durante el día.

ACTIVIDADES

6. Algunos seres vivos, como las aves, anticipan sus comportamientos a los cambios en el medio. ¿Qué ventajas crees que tiene este comportamiento?

EN PROFUNDIDAD

Cambios en la marisma de Doñana

La marisma es el ecosistema de mayor extensión de los tres que componen el Parque Nacional de Doñana. Tiene una gran importancia ecológica, ya que es lugar de paso y cría de muchas aves europeas y africanas. La marisma es un terreno llano e impermeable que sufre cambios importantes en las distintas estaciones del año.

Otoño. Las lluvias encharcan las zonas más profundas. En noviembre llegan aves del norte y centro de Europa, como gansos, patos y grullas para pasar el invierno.

Invierno. El nivel del agua es máximo, formándose pequeños lagos. A finales de la estación emprenden viaje hacia el norte los gansos y gran número de patos.

Primavera. La marisma parece una verde llanura. Numerosas aves africanas, como la garza imperial, llegan a la marisma y otras hacen sus nidos para críar sus polluelos.

Verano. El calor del sol seca la marisma y se transforma en una gran llanura de arcilla cuarteada por la que corren liebres, ratones, conejos, gamos, ciervos y jabalíes.

www.yoquieroaprobar.es

5 La sucesión ecológica

Cuando un ecosistema alcanza el clímax, prácticamente toda la materia orgánica que se produce es consumida y la materia orgánica muerta es descompuesta rápidamente. La biomasa alcanza niveles máximos y la producción neta es muy baja.

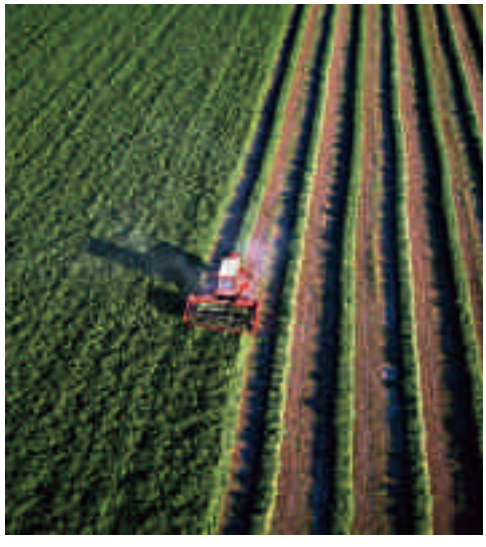
La sucesión ecológica es la secuencia de cambios que se producen en un ecosistema, como resultado de su propia dinámica interna.

La sucesión es un proceso lento y gradual que consiste en una evolución progresiva del ecosistema desde un estado inicial de **escasa diversidad** biológica, hasta un estado final de **mayor diversidad.** En los ecosistemas se produce la sustitución de unas especies por otras. La actividad de las nuevas especies origina cambios en el medio, que favorecen o dificultan la presencia de otras especies distintas.

Cambios generales en una sucesión

En todos los ecosistemas, a medida que la sucesión avanza, se van produciendo de manera general los siguientes fenómenos:

- **Aumenta la diversidad de especies.** Esto conlleva un mayor número de nichos ecológicos. Las especies generalistas son sustituidas progresivamente por otras especialistas.
- **Aumenta la complejidad estructural.** Al aumentar el número de especies, la diversidad de cada nivel trófico es mayor, y como consecuencia se producen redes tróficas cada vez más complejas. Además, crece el número de relaciones interespecíficas.
- **Se incrementa la biomasa.** Al comienzo de la sucesión se incrementa de forma exponencial, pero conforme va madurando, el crecimiento de la biomasa se estabiliza y se mantiene aproximadamente constante.
- **Aumenta la eficacia en el aprovechamiento de la energía.** A lo largo de los niveles tróficos, la energía fluye de manera más eficaz, con lo que el aprovechamiento energético tiende a ser óptimo.
- **Disminuye la productividad.** La relación producción/biomasa disminuye.
- **Aumenta la estabilidad del ecosistema.** Un ecosistema maduro presenta mecanismos de autorregulación que le hacen más resistente a las perturbaciones.



La instalación de monocultivos en zonas donde había bosques provoca una regresión hacia las primeras etapas de la sucesión. Se vuelve a etapas de gran producción y baja biodiversidad.

Comunidad clímax

Se denomina clímax al estado ideal de un ecosistema al final de un proceso de sucesión.

Es un estado teórico en el que no se producen cambios en la composición de una comunidad, que se mantiene estable y no es sustituida por ninguna otra.

El equilibrio de la comunidad **clímax** puede perderse si cambian las condiciones ambientales o el número de individuos de las poblaciones.

En realidad, el clímax no se alcanza nunca, ya que los ecosistemas no están aislados y ninguno es totalmente estable. En todos los ecosistemas, cada cierto tiempo, se producen alteraciones que llevan a etapas anteriores de la sucesión (**regresión**) o a una nueva evolución de la misma.

yoquieroaprobar.es

Sucesiones primarias y secundarias

Se pueden distinguir dos tipos de sucesión dependiendo del punto de partida del proceso.

- **Sucesión primaria.** Es aquella que se establece en un lugar que no ha sido colonizado anteriormente por seres vivos y en el cual no se ha formado un suelo. Es la sucesión que tendría lugar en una isla volcánica que se acaba de formar o en zonas de un glaciar en retroceso.
- **Sucesión secundaria.** Es la que se produce en una zona donde antes existía una comunidad que ha sido parcial o totalmente eliminada por una perturbación. La sucesión secundaria tiene lugar, por ejemplo, después de una tala, una inundación, una sequía, etc.

Las sucesiones primarias son más lentas que las secundarias, porque primero debe formarse un suelo. Las primeras especies que aparecen, denominadas **pioneras** o **colonizadoras**, son sustituidas por otras, llamadas **especialistas**, que explotan nichos no accesibles a las anteriores.

ACTIVIDADES

7. ¿Cómo cambia la diversidad de especies a lo largo de una sucesión ecológica? ¿A qué es debido dicho cambio?

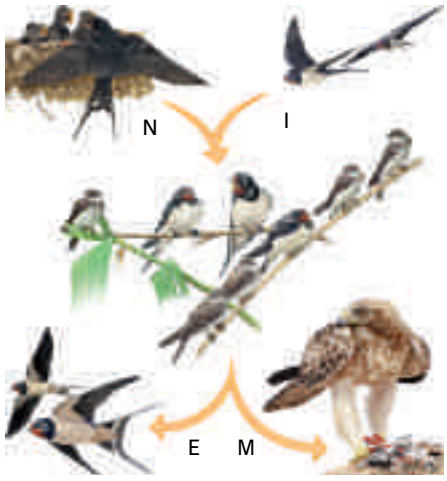
8. El bosque mediterráneo es considerado el ecosistema más próximo al clímax en la Península Ibérica. ¿Crees que el equilibrio de este ecosistema podría perderse por la desaparición de alguna especie típica como el jabalí? Justifica la respuesta.

Sucesión primaria en una isla volcánica

La sucesión comienza con la meteorización de la roca madre y la formación gradual del suelo. Las especies colonizadoras son líquenes y musgos que poco a poco producen un enriquecimiento del suelo que permite la aparición de plantas leñosas y matorrales. Con el tiempo se desarrolla un ecosistema con una elevada diversidad de especies especialistas.

Sucesión secundaria tras un incendio

En un bosque mediterráneo se produce un incendio. El suelo sufre importantes daños, pero algunos arboles y semillas pueden sobrevivir. Pronto crece el pastizal y un estrato arbustivo y arbóreo poco exigente con las condiciones del suelo. Conforme aumenta la diversidad vegetal se enriquece también el número de especies animales. Al final del proceso surge de nuevo un bosque mediterráneo.



El tamaño de una población depende de los nacimientos (N) y de la inmigración (I), que aumentan el número de individuos, y de la emigración (E) y las muertes (M), que lo disminuye.

6 Las poblaciones en los ecosistemas. Autorregulación

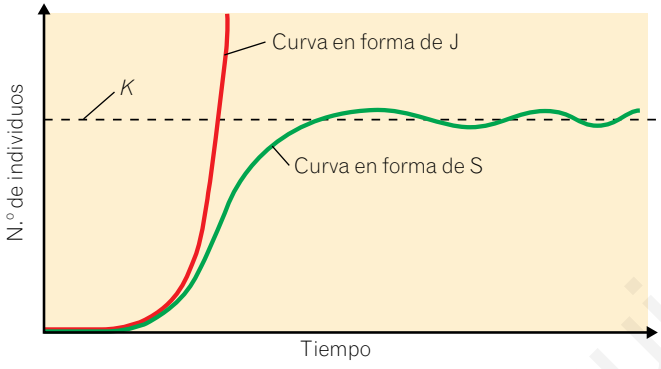
Una población es un conjunto de individuos de la misma especie que se relacionan en un espacio concreto. Para caracterizarla se utilizan parámetros demográficos como su tamaño, su distribución por edades o su tasa de natalidad y mortalidad.

El crecimiento de una población está condicionado fundamentalmente por la disponibilidad de recursos del medio y por el resto de las poblaciones de la comunidad.

Se llama resistencia ambiental al conjunto de factores bióticos y abióticos que limitan el crecimiento de una población.

Curvas de crecimiento

En un ecosistema ideal, en el que los recursos fueran ilimitados, una población crecería de forma exponencial. Si este crecimiento se representa en función del tiempo, se obtiene una **curva en forma de J**.

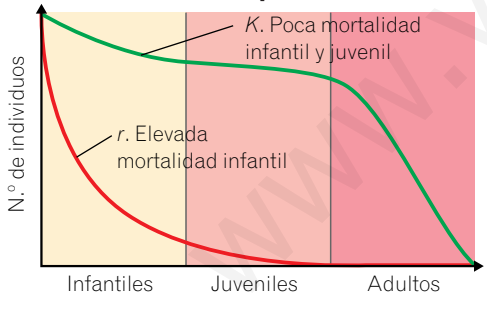


El crecimiento exponencial ocurre bajo condiciones especiales y no puede mantenerse durante mucho tiempo en la naturaleza, ya que se llega a un punto en el que los recursos se agotan y se produce la muerte masiva de los individuos.

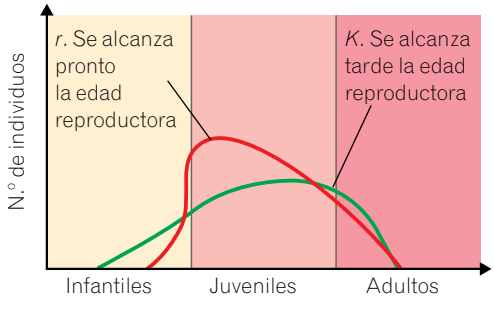
En condiciones naturales y en un medio con recursos limitados, la población comienza a crecer de manera exponencial hasta un punto en el que la resistencia ambiental frena el crecimiento. La población entonces crece lentamente y se mantiene más o menos constante en torno a un valor. Si se representa este crecimiento, se obtiene una **curva en forma de S**.

El valor en torno al cual se estabiliza el número de individuos de una población se denomina **capacidad de carga del ecosistema** (*K*). Este valor indica el tamaño máximo de una población, que puede mantenerse más o menos estable sin que se produzca la degradación del medio. Alrededor de *K*, las poblaciones sufren **fluctuaciones**, y el crecimiento de la población se dice que es **estacionario** y se encuentra en **equilibrio**.

Curva de supervivencia



Curva de fecundidad



Estrategias de reproducción

Según el crecimiento de sus poblaciones, las especies pueden tener dos estrategias distintas de reproducción.

- **Estrategas de la *r*.** Son especies oportunistas o pioneras que habitan ecosistemas inestables o en sus primeras etapas de desarrollo. Tienen un tiempo de vida relativamente corto y una tasa de reproducción elevada, dando lugar a un gran número de descendientes. Muchos organismos de pequeño tamaño, como las bacterias, las algas, muchos insectos y hierbas se incluyen en este grupo.
- **Estrategas de la *K*.** Son especies especialistas adaptadas a vivir en ambientes estables. Los individuos son longevos y la mayoría alcanza la edad adulta. Aunque pueden reproducirse varias veces en su vida su tasa de reproducción es baja y tienen pocos descendientes. La mayoría de las aves y los mamíferos pertenecen a este grupo.

www.yoquieroaprobar.es

7 Las plagas y su control

En un ecosistema, se considera una **plaga** aquella especie que altera el equilibrio de su población y repentinamente crece de forma extraordinaria produciendo efectos nocivos a otros seres vivos, al ecosistema o a las actividades humanas. Dados sus efectos negativos, desde hace mucho tiempo se utilizan distintas estrategias para controlarlas.

Control químico

Las plagas pueden combatirse con distintos productos químicos, llamados **pesticidas**. En la agricultura se utilizan **plaguicidas** para combatir los insectos, **herbicidas** para eliminar las malas hierbas y **funguicidas** para eliminar y evitar el crecimiento de hongos en el suelo.

El uso de sustancias químicas para controlar las plagas tiene beneficios, pero también genera una serie de problemas ambientales.

Los beneficios más destacables que se derivan del uso de pesticidas son:

- **Mejora en el rendimiento de las cosechas.** Gracias a ellos, a mediados del siglo pasado se produjo un aumento en la producción de alimentos, que permitió reducir las hambrunas en países en vías de desarrollo.
- **Permiten la lucha contra determinadas epidemias.** El uso de plaguicidas como el DDT erradicó la malaria de muchas zonas del planeta.

Algunos de los problemas que genera el uso de estas sustancias químicas son:

- **Aparición de resistencias.** El uso prolongado de pesticidas produce resistencias en las poblaciones. Con el tiempo los productos dejan de ser eficaces y la plaga es más difícil de eliminar.
- **Contaminación del medio.** La mayoría de estas sustancias producen contaminación al dispersarse por el aire y el agua o fijarse en el suelo. Esta contaminación repercute en muchos seres vivos ajenos a la plaga.
- **Elevado tiempo de persistencia en el ambiente.** La mayoría de los pesticidas provocan problemas de salud y son difíciles de degradar. Por ejemplo, el DDT puede permanecer decenas de años sin descomponerse.
- **No son selectivos.** Algunos compuestos químicos, además de destruir la plaga eliminan la flora y la fauna beneficiosa del ecosistema.
- **Son bioacumulativos.** Al introducirse en las cadenas alimentarías y no poder ser degradados, se van acumulando en los tejidos de los seres vivos, en cantidades cada vez mayores según se asciende en la cadena trófica.

Lucha biológica

Consiste en utilizar seres vivos, como depredadores específicos o parásitos, para regular la población de la especie causante de la plaga reduciéndola a una densidad muy baja. Con ello no se pretende la desaparición de la especie causante de la plaga, sino disminuir su población para minimizar los daños. Es un método más lento que el control químico y precisa de estudios cuidadosos sobre la dinámica de las poblaciones, pero resulta mucho más respetuoso con el medio.

Los métodos de lucha biológica necesitan tener disponible una población elevada de enemigos naturales específicos para la plaga. Se pueden comprar, por ejemplo, larvas de mariquitas para controlar la población de pulgones en un pequeño jardín.

Para luchar contra las plagas de mosca blanca que afecta a distintos tipos de cultivo, se pueden utilizar la mosca de la especie *Escarnia formosa*, que se alimenta de larvas de mosca blanca.

ACTIVIDADES

9. ¿Crees que el crecimiento de una población puede constituir un factor de resistencia ambiental?

10. ¿Qué especies crees que predominan en las primeras etapas de una sucesión, las K o las r estrategas? ¿Y en las etapas finales?

www.yoquieroaprobar.es

8 Cambios producidos por la acción humana en los ecosistemas. Recursos

Durante millones de años, todos los cambios que han tenido lugar en los ecosistemas han sido de carácter natural. Actualmente la especie humana es responsable de la mayoría de los cambios que ocurren en los ecosistemas, que además se producen a un ritmo acelerado.

La población mundial crece de manera exponencial, como si estuviera en un ecosistema ideal en el que los recursos fueran ilimitados. Mantener una población tan elevada origina un gran consumo de recursos, ya que se necesita espacio, alimentos, materias primas y energía. Además se generan gran cantidad de desechos que es necesario eliminar.

Recursos naturales

Un recurso natural es todo aquello que las personas tomamos de la naturaleza para obtener beneficio y satisfacer nuestras necesidades.

Las personas solo utilizamos una parte de los recursos. Se considera **reserva** a la cantidad de un recurso natural que puede ser explotada y cuya extracción resulta económicamente rentable.

Según su disponibilidad, los recursos naturales se clasifican en:

- **Recursos renovables.** Son aquellos que se pueden regenerar con el tiempo, o cuyo agotamiento supera las expectativas de vida de la especie humana. Los recursos biológicos se consideran renovables.
- **Recursos no renovables.** Son los que no se regeneran, al menos en una escala de tiempo humana y, por tanto, sus reservas tienden a disminuir a medida que se consumen. Los recursos como el petróleo, el carbón o el gas natural se consideran no renovables.

Peligros para la biodiversidad

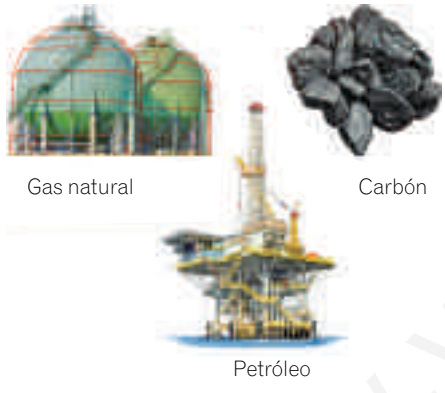
Las personas formamos parte de los ecosistemas y dependemos del resto de los seres vivos para mantener el equilibrio.

Ciertas actividades humanas suponen una amenaza para la biodiversidad.

- **La sobreexplotación.** Ocurre cuando se recogen plantas o animales a una velocidad mayor de la que se pueden regenerar de manera natural. Esto es evidente con los cultivos intensivos, la pesca abusiva y con especies animales exóticas de las que puede obtenerse beneficio económico.
- **La destrucción de hábitats.** Actualmente es un problema muy importante, que en muchos casos origina la extinción de especies. Entre las actividades humanas que degradan y destruyen los hábitats destacan las talas indiscriminadas, la contaminación, la ocupación del espacio para cultivos o para el desarrollo urbano, las obras públicas, la minería y los procesos industriales.
- **La introducción de especies invasoras.** Son especies que se han introducido de manera artificial en un ecosistema. Estas especies pueden no encontrar depredadores en su nuevo hábitat y desplazar a las poblaciones originales. Se calcula que el 39 % de las extinciones mundiales desde el año 1600 se debe a la introducción de especies invasoras.

Recursos energéticos renovables

Recursos energéticos no renovables



Hoy día más del 90 % de la electricidad procede de fuentes de energía no renovables.

ACTIVIDADES

11. ¿Cuáles crees que son las principales causas del incremento en el consumo de recursos?

12. ¿Consideras al agua un recurso renovable o no renovable? Justifica la respuesta.

www.yoquieroaprobar.es

9 Los impactos ambientales

Se denomina impacto ambiental a toda alteración en el medio ambiente provocada por la actividad humana.

Según sus consecuencias, los impactos se clasifican en dos tipos:

- **Impactos positivos.** Son los que implican una mejora en el medio. La reforestación tras un incendio, el saneamiento de los recursos hídricos contaminados o las políticas conservacionistas generan impactos positivos.
- **Impactos negativos.** Producen un deterioro del medio. Son muchas las actividades humanas que originan impactos negativos.
  - **La quema de combustibles fósiles.** Esta actividad produce un aumento en las emisiones de CO_2. La principal consecuencia es el aumento del efecto invernadero, siendo la primera causa del calentamiento global, muchas de cuyas consecuencias hoy día son imprevisibles.
  - **Los procesos industriales.** Los principales impactos que genera la industria están relacionados con la emisión de contaminantes. Los CFC, pesticidas y otros productos químicos y desechos nucleares producen contaminación en el agua, la atmósfera y el suelo.
  - **Los cambios en el uso del suelo.** El espacio natural es un recurso necesario para vivir y cultivar. El sobrepastoreo, la deforestación, la agricultura intensiva, la construcción de infraestructuras y la ampliación de zonas urbanas son las principales causas de la pérdida de suelo.
  - **La sobreexplotación de recursos biológicos.** La destrucción de hábitats, la introducción de especies exóticas y la sobreexplotación de recursos biológicos producen la pérdida de biodiversidad y la extinción de especies. Esto origina una pérdida de patrimonio genético y supone un freno a la evolución y la aparición de nuevas especies.

Los países industrializados somos responsables de más del 80 % de las emisiones de CO_2 a la atmósfera. Si se mantienen las emisiones al ritmo actual, se calcula que a finales de siglo la temperatura media de la Tierra podría elevarse hasta 2 °C por encima de la actual. Una de las consecuencias más evidentes es el aumento del nivel del mar debido a la fusión del hielo en los polos.

Los óxidos de azufre y de nitrógeno que emiten ciertas industrias y centrales térmicas provocan la lluvia ácida que amenaza muchos bosques.

Evaluación de los impactos ambientales

La **evaluación de impacto ambiental** (EIA) es un instrumento preventivo para la conservación y gestión del medio ambiente. La legislación española obliga a elaborar una evaluación de impacto ambiental antes de realizar determinados proyectos que puedan afectar al medio ambiente.

La EIA es un proceso complejo en el que participan especialistas de diferentes áreas. Esta evaluación debe tener en cuenta los efectos que sobre el medio puede causar una actividad, y contemplar que la actuación sea técnicamente posible, económicamente rentable y socialmente positiva.

Una evaluación de impacto ambiental comprende varias fases:

- **Estudio de impacto ambiental.** Es un documento en el que se identifican los impactos que un proyecto puede generar sobre el medio y las medidas correctoras que se deben tomar.
- **Información pública.** Particulares o colectivos interesados pueden leer el estudio de impacto y presentar alegaciones y sugerencias.
- **Declaración de impacto ambiental.** Las autoridades medioambientales analizan el estudio de impactos y las alegaciones presentadas. Por último se declara si el proyecto es o no es viable.

ACTIVIDADES

13. Indica dos impactos ambientales que se pueden derivar de la sustitución de un bosque de alcornoques por un monocultivo agrícola.

14. Señala algunas actividades humanas que destruyan los hábitats y las consecuencias que pueden derivarse de ellas.

www.yoquieroaprobar.es

El 16 de agosto de 1918 se declaró Parque Nacional al Valle de Ordesa. En 1982 el Parque Nacional se amplió y reclasificó bajo el nombre de Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

10 La protección del medio natural

La situación geográfica de España, su geología y su orografía propician una inmensa riqueza biológica que es necesario conservar. Uno de los principales problemas que hoy día amenaza la vida natural en España es la destrucción de hábitats, debida a diversas actividades humanas como la construcción de obras públicas, el urbanismo, la industria y la minería.

Para frenar el deterioro de los ecosistemas y proteger zonas del territorio de especial interés, a mediados del siglo pasado comenzaron a protegerse determinados **espacios naturales**.

Los espacios naturales protegidos son áreas poco transformadas por la explotación u ocupación de las personas, que presentan características biológicas y/o paisajísticas que les hacen gozar de especial protección.

En España la Ley de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna silvestre establece cuatro tipos de espacios protegidos: **Parques**, **Reservas Naturales**, **Paisajes Protegidos** y **Monumentos Naturales**.

La diferencia entre ellos está en la gestión que se realiza. Se clasifican en función de la administración que los gestiona o de su grado de protección.

Parques

Los **Parques** son áreas naturales poco transformadas por la explotación u ocupación humana, con paisajes de gran belleza, ecosistemas representativos, una flora, fauna o formaciones geomorfológicas singulares y unos valores ecológicos, estéticos, educativos y científicos cuya conservación es preferente. Dentro de esta categoría hay dos niveles de protección:

- **Parques Nacionales.** Son espacios muy poco transformados por el ser humano, y su singularidad debe ser de interés general, por ser representativos de los principales ecosistemas naturales españoles. Tienen el máximo nivel de protección. Su declaración y gestión es compartida entre el Estado y las Comunidades Autónomas.
- **Parques Naturales.** Tienen un nivel de protección inferior y en ellos se permiten determinados aprovechamientos de los recursos naturales. Su gestión depende de cada Comunidad Autónoma. La sierra de Grazalema, en Andalucía; Hoces del río Duratón, en Castilla y León; Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara, en la Comunidad de Madrid; y Aizkorri-Aratz, en el País Vasco, son ejemplos de Parques Naturales españoles.

El Parque Natural Albufera de Valencia es también área ZEPA, y está incluido en la lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del convenio Ramsar.

ACTIVIDADES

15. Busca en el anexo final las caracteristicas más importantes del Parque Nacional más cercano a tu localidad.

16. Busca información y explica qué características debe tener un espacio natural para ser declarado área ZEPA.

17. ¿Cuáles son las peculiaridades que hacen que una zona determinada pueda ser declarada como Parque Nacional?

Reservas Naturales

Son espacios naturales en los que se protegen ecosistemas, comunidades o elementos biológicos que por su rareza, fragilidad, importancia o singularidad merecen una valoración especial. En ellas se permite la explotación de los recursos cuando sea compatible con los valores a proteger.

El Regajal-Mar de Ontígola, en la Comunidad de Madrid; las Hoces del Cabriel, en Castilla-La Mancha, y las salinas de Ibiza y Formentera, en Illes Balears, son ejemplos de Reservas Naturales.

Paisajes Protegidos

Son lugares que se protegen porque poseen valores estéticos y culturales de especial interés. Actualmente existen en España más de 550 espacios protegidos. Su declaración corresponde a cada Comunidad Autónoma.

El Corredor Verde del Guadiamar, en Andalucía, y las Cuencas Mineras Asturianas son Paisajes Protegidos.

Monumentos Naturales

Son espacios o elementos naturales constituidos por formaciones de notoria singularidad o belleza. Se incluyen formaciones geológicas, yacimientos paleontológicos y demás elementos naturales que reúnan un interés especial por sus valores científicos, culturales o paisajísticos.

El Drago Milenario, en Tenerife; Los Berruecos, en Cáceres, y Los Órganos de Despeñaperros, en Jaén, son Monumentos Naturales.

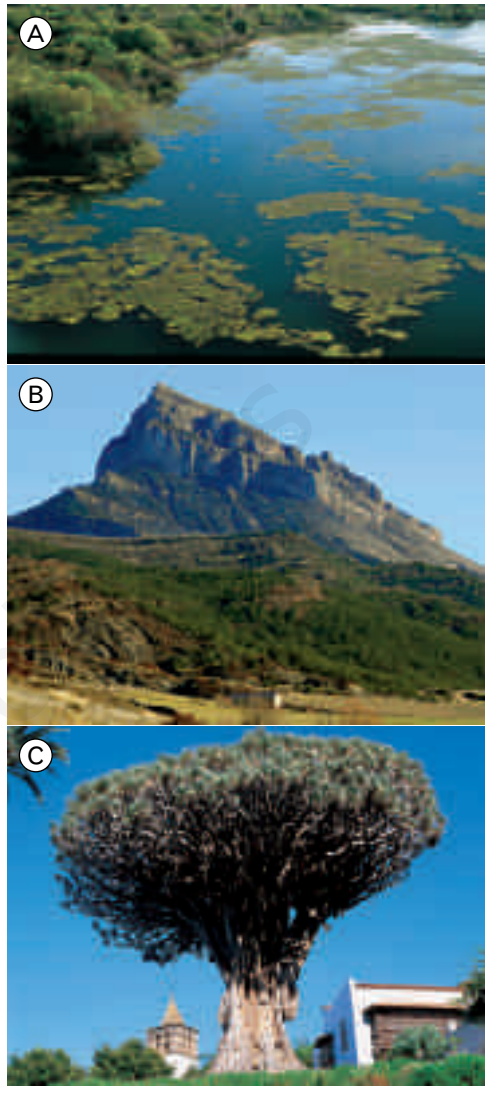
Reservas de la Biosfera

Son áreas representativas del planeta, de ecosistemas terrestres, costeros, marinos o una combinación de los mismos, no alterados por la acción del ser humano o que requieren ser preservados y restaurados.

En las Reservas de la Biosfera habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluidas las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. Esta distinción es otorgada por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación (UNESCO) en el marco del programa «El Hombre y la Biosfera».

Las Reservas de la Biosfera están reconocidas internacionalmente, aunque permanecen bajo la soberanía de los estados donde están situadas, y no están protegidas por ningún tratado internacional. Su función principal es la conservación y protección de la biodiversidad, los ecosistemas y la variedad genética. También se persigue el desarrollo económico y humano sostenible de la zona, así como la investigación, la educación y el intercambio de información entre las diferentes Reservas que forman una red mundial.

En el año 2008 existían 507 Reservas de la Biosfera declaradas en 102 países del mundo.



A: Reserva Natural Marismas de Santoña (Cantabria).
B: Paisaje Protegido de San Juan de la Peña y Monte Oroel (Aragón).
C: Monumento Natural del Drago Milenario (Canarias).

Las Dehesas de Sierra Morena son el único ejemplo de este tipo de ecosistema que la UNESCO ha declarado Reserva de la Biosfera.

www.yoquieroaprobar.es

11 Los grandes cambios ambientales

En 1883 el volcán Krakatoa lanzó a la atmósfera 54 km^3 de polvo y gases que provocaron una disminución de un 10 % en la radiación que llegaba al suelo durante tres años. Esto originó un enfriamiento del planeta, de entre 0,5 y 0,8 °C, que se mantuvo durante cinco años.

Desde que la Tierra se formó hace 4 500 M.a. ha estado sometida a grandes cambios ambientales, la mayoría debidos a procesos naturales que han modificado el biotopo y la biocenosis de los ecosistemas.

Cambios en la atmósfera

- **Evolución de la composición química.** La atmósfera terrestre se formó a partir de los gases procedentes de la intensa actividad volcánica que caracterizó los primeros momentos de nuestro planeta. En sus primeras etapas, la atmósfera era reductora, carecía de oxígeno y estaba principalmente formada por hidrógeno, metano, nitrógeno, amoniaco y vapor de agua. Hace unos 2 500 M.a. el aporte de oxígeno procedente de la actividad fotosintética de los primeros organismos vivos provocó un cambio en la composición de la atmósfera, que se volvió oxidante.
- **Cambios climáticos.** Actualmente la temperatura media de la Tierra es de unos 15 °C, pero a lo largo de su evolución ha experimentado variaciones bruscas de temperatura. La Tierra primitiva era mucho más cálida que la actual, debido principalmente a la cantidad de dióxido de carbono presente en su atmósfera. Con la aparición de los seres vivos fotosintéticos, la cantidad de CO_2 diminuyó. Esto provocó, hace unos 2 500 M.a., la primera glaciación, un periodo frío en el que grandes masas de hielo cubrieron la superficie terrestre.

  Desde esa primera glaciación han tenido lugar otras, separadas por **periodos interglaciares** más cálidos. Ahora estamos en un periodo interglaciar que comenzó hace unos 10 000 años.
- **Formación de la capa de ozono.** Hace unos 600 M.a. la acumulación de oxígeno en la atmósfera permitió que se formara la capa de ozono en la estratosfera. Esta capa protege a los seres vivos de la nociva radiación ultravioleta del Sol y permitió el desarrollo de la vida fuera del agua.
- **Incremento del efecto invernadero.** El efecto invernadero es un fenómeno natural que se produce en los primeros kilómetros de la atmósfera. Gases como el dióxido de carbono, el metano y el vapor de agua retienen la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre e impiden su salida al espacio. Esto provoca que aumente la temperatura.

  Actualmente, debido a la emisión de gases originados por actividades humanas, como la industria, la quema de combustibles fósiles y los incendios forestales, se está produciendo un incremento del efecto invernadero. Esto provoca un excesivo calentamiento de la atmósfera y, por tanto, un aumento de la temperatura media del planeta.

Las emisiones de gases que incrementan el efecto invernadero están provocando un cambio climático. En la actualidad uno de los problemas ambientales más graves.

ACTIVIDADES

18. ¿Qué importantes cambios ambientales, en el proceso evolutivo de la Tierra, han sido debidos a la actividad de los seres vivos?

19. ¿Cómo se formó la atmósfera primitiva? ¿Cuál era su composición? ¿Cuál fue la causa de que la atmósfera se enriqueciera en oxígeno?

20. ¿Qué es el efecto invernadero? ¿Qué lo origina? ¿Cuáles crees que pueden ser los efectos del incremento del efecto invernadero?

www.yoquieroaprobar.es

Cambios en la hidrosfera

La incesante actividad volcánica de la Tierra primitiva emitió grandes cantidades de vapor de agua a la atmósfera. Hace unos 4 400 M.a. el enfriamiento de la Tierra provocó que el vapor de agua se condensara y precipitara en forma de lluvias continuas que dieron lugar a las primeras masas de agua superficial y, posteriormente, a los mares y los océanos. La formación de la hidrosfera hizo posible la aparición de la vida y reguló el clima del planeta.

Cambios en la geosfera

- **Cambios en la distribución de continentes.** Desde su formación, los continentes no han cesado de cambiar. Su desplazamiento provocó la apertura y cierre de océanos, y la formación de cordilleras. Estos cambios fueron fundamentales en la distribución de los seres vivos y en la aparición y extinción de especies.
- **Cambios en los relieves y paisajes.** Las áreas continentales han estado expuestas a la acción de agentes geodinámicos tanto internos como externos, responsables del modelado del relieve.
- **Cambios en el magnetismo.** Los movimientos del núcleo terrestre generan un campo magnético, que ha sufrido varios cambios de polaridad.

Muchos animales utilizan los campos magnéticos para orientarse. Las migraciones de muchos de ellos se ven influidas por los cambios del magnetismo terrestre.

Cambios en la biosfera

- **Aparición de los seres vivos.** Los primeros seres vivos aparecieron hace unos 3 800 M.a. en los océanos primitivos, eran microorganismos procariotas que podían desarrollarse en una atmósfera rica en dióxido de carbono y nitrógeno. Con el tiempo, algunas bacterias desarrollaron capacidad fotosintética y emitieron grandes cantidades de oxígeno a la atmósfera. Este oxígeno posibilitó la aparición de bacterias aerobias.

  Hace unos 2 000 M.a. aparecieron las células eucariotas, a partir de las cuales surgieron, los protoctistas y, más tarde, los organismos pluricelulares más complejos (animales, plantas y hongos). La reproducción sexual aumentó la variabilidad de las especies y las líneas evolutivas. Hace unos 550 M.a. se produjo una gran diversificación de la biosfera, conocida como **explosión cámbrica**.
- **Aparición del *Homo sapiens*.** Los *Homo sapiens* somos una especie muy reciente en la Tierra, pero hemos desencadenado cambios muy profundos en el medio. En la actualidad la población humana crece a un ritmo exponencial, y necesita de gran cantidad de recursos para mantenerse.
- **Extinciones de especies.** A lo largo de la historia de la Tierra muchas especies han desaparecido y otras han surgido por evolución. Los científicos consideran que han ocurrido seis grandes extinciones, entre las que destacan la que tuvo lugar hace unos 245 M.a. (final del Paleozoico), donde desaparecieron más del 90 % de las especies, y la que ocurrió hace 65 M.a. (final del Mesozoico), en la que se extinguieron numerosas especies, entre ellas las de los dinosaurios. Los motivos de estas extinciones masivas aún se desconocen. Se han formulado diversas hipótesis para explicarlas, como el calentamiento del planeta debido a la intensa actividad volcánica o el impacto de meteoritos.

  Aunque la extinción es un fenómeno natural, diversas actividades antrópicas son responsables de muchas de las extinciones actuales.

En Australia pueden observarse unas formaciones rocosas llamadas estromatolitos que son el resultado del acúmulo de sucesivas capas de microorganismos que vivieron hace 3500 M.a.

ACTIVIDADES

21. Actualmente se habla de que nos encontramos ante la última gran extinción. Explica por qué.

www.yoquieroaprobar.es

EN PROFUNDIDAD

Los incendios forestales

Cuando se produce un fuego que no es controlado por las personas tiene lugar un **incendio**. Si el fuego encuentra las condiciones óptimas para extenderse y se vuelve incontrolable, afectando a terrenos forestales, se origina un **incendio forestal**.

En un incendio forestal la flora, la fauna y el suelo se ven gravemente afectados. Se rompe el equilibrio ecológico del bosque hacia el clímax, lo que provoca grandes pérdidas ecológicas y económicas.

La magnitud de los efectos de un incendio depende de muchos factores, como la intensidad del fuego, el desarrollo de la vegetación, su capacidad de adaptación al fuego, la orografía, el grado de humedad, la naturaleza del suelo, los fenómenos meteorológicos, etc.

Un bosque puede tardar más de 120 años en recuperarse tras un incendio.

Niveles de propagación de un incendio

Prevención de los incendios

Si bien existen incendios naturales, como los debidos a la caída de un rayo, la mayoría son provocados por las personas, ya sea por causas intencionadas o fruto de imprudencias.

Las causas que dan lugar a los incendios forestales pueden ser muy variadas, sin embargo, hay situaciones que influyen en ellos. En terrenos con grandes masas de vegetación en concurrencia con periodos más o menos largos de sequía, las probabilidades de que ocurra un incendio son muy elevadas.

Para evitar los incendios forestales es necesario establecer una serie de medidas de prevención, entre las que cabe destacar las siguientes:

Entre los años 1983 y 1993 en España se produjeron más de 100 000 incendios forestales. En esa década ardió cerca del 15 % de la superficie forestal.

- No encender fuego en zonas forestales de alto riesgo, especialmente en verano.
- No arrojar, en ningún lugar, colillas ni cerillas encendidas.
- No quemar matorrales, rastrojos o desperdicios sin solicitar permiso.
- Controlar la localización de vertederos y áreas recreativas.
- Crear cortafuegos. Zonas de anchura variable en las que la vegetación se ha eliminado o sustituido por otra de menor densidad.
- Realizar periódicamente desbroces para eliminar el matorral que forma el sotobosque de los montes.
- Establecer redes de vigilancia y detección en zonas de alto riesgo.
- Adoptar medidas legales destinadas a impedir beneficios económicos tras un incendio, como madera barata o suelo urbanizable.
- Promover la educación ambiental que permita concienciar a la población del efecto del fuego, así como erradicar conductas peligrosas.

ACTIVIDADES

22. Explica cómo crees que afectan los incendios forestales a la degradación del medio a escala global.

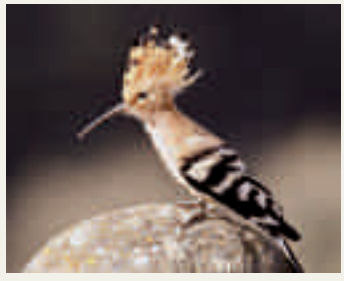
23. Señala cuatro efectos originados por los incendios forestales sobre los ecosistemas terrestres y marinos.

Ciencia en tus manos

Observación de aves

La observación y reconocimiento de aves es una buena forma de iniciarse en el estudio de la naturaleza. El cuaderno de campo resulta valioso para apuntar los lugares en que habitan los ejemplares que vamos reconociendo, y no hay que olvidar los prismáticos y el material mencionado en la práctica de la unidad 5. Esta pequeña guía es una introducción útil pero muy escueta. Conviene complementarla con una buena guía de aves, y con imágenes buscadas en Internet. Las aves tienen comportamientos muy interesantes, especialmente en las épocas de apareamiento y reproducción. Debemos ser respetuosos con ellas, observándolas con cuidado y sin molestarlas. Nunca debe tocarse un nido ni capturarse ejemplares.

Golondrina. Dorso negro y vientre blanco o anaranjado. Cola en forma de horquilla.



Abubilla. Color naranja, con alas blancas y negras, y una característica cresta.

Carbonero. De pequeño tamaño. Plumaje amarillo y cabeza negra y blanca.

Jilguero. Parecido al carbonero, pero con colores rojos en su plumaje.

Mirlo. Plumaje negro y pico amarillo. Con frecuencia camina por el suelo, escabulléndose entre los matorrales.

Cernícalo primilla. Cola redondeada y colores pardo-anaranjados. Suele cernirse, sobre la vertical en el aire.

Avión. Parecido a la golondrina, pero tiene el dorso de la cola blanco y la horquilla menos pronunciada.

Estornino. Aunque se parece al mirlo es más esbelto y pequeño, de color más pardo. Forma grandes bandadas.

Colirrojo tizón. Del tamaño de un gorrión. Plumaje gris oscuro y con la cola de color rojo.

Urraca. Plumaje blanco y negro azulado, cola larga y negra y un graznido muy característico.

ACTIVIDADES

24. En los ríos y lagunas suelen habitar aves acuáticas, como somormujos, fochas, pollas de agua, ánades, etc. Busca información sobre estas aves para poder identificarlas y anotar en tu cuaderno los lugares en que se encuentran.

Actividades

25. ● **Para comprender mejor las relaciones alimentarias entre los organismos de un ecosistema es necesario conocer algunos parámetros tróficos.**

a) ¿Qué representan la producción primaria bruta y la producción primaria neta en un ecosistema?

b) ¿De qué factores depende la producción primaria en un ecosistema?

26. ● **La energía del Sol ingresa en la cadena alimentaria con los productores. Solo una pequeña parte pasa a los consumidores.** ¿Qué ocurre con el resto? ¿Para qué utilizan los seres vivos la energía?

27. ●●● **En los siguientes esquemas se muestran los datos de biomasa, producción bruta y respiración de dos ecosistemas: un prado y un bosque de hayas.**

Biomasa: 3 kg/m^2
PB: 6 g/m^2/día
Respiración: 3 g/m^2/día

Biomasa: 18 kg/m^2
PB: 8,8 g/m^2/día
Respiración: 7 g/m^2/día

a) Calcula la productividad neta de ambos ecosistemas.

b) ¿Cuál de los dos es mejor para producir alimentos?

28. ●● **Señala procesos naturales de entrada y salida de CO_2 de la atmósfera.** ¿Qué actividades humanas explican que en los últimos años se esté incrementando el contenido de CO_2 de la atmósfera?

29. ●●● **¿Dónde se disuelve mejor el CO_2, en aguas frías o en aguas cálidas?** ¿Cómo afectaría al ciclo del carbono un aumento de la temperatura del agua debido al cambio climático?

30. ● **¿Qué seres vivos fabrican el nitrógeno atmosférico a partir de nitratos?** ¿Qué seres vivos utilizan los nitratos para fabricar proteínas y otros compuestos orgánicos?

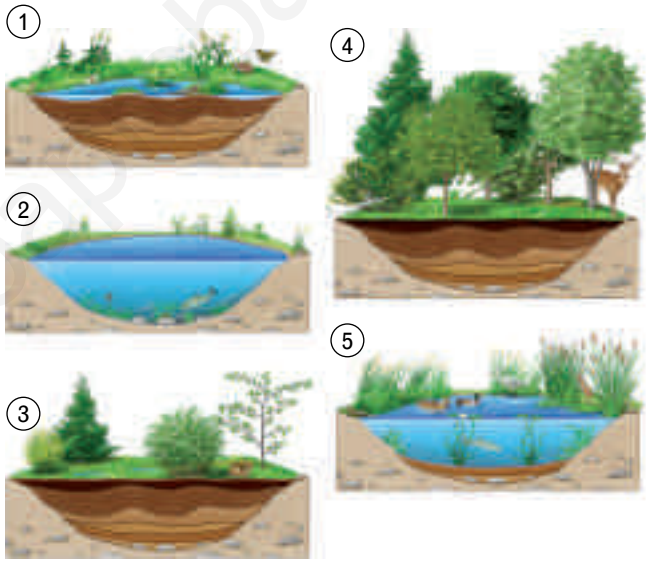
31. ● **¿Por qué las glaciaciones se consideran un cambio a nivel global?**

32. ●●● **Explica cómo afectan los cambios de estaciones al ciclo de vida del ciervo común (*Cervus elaphus*).**

33. ●● **A la largo de la historia de la Tierra siempre se han extinguido especies y han aparecido otras nuevas, pero en la actualidad la mayoría de las extinciones están relacionadas con actividades humanas.** ¿Qué actividades pueden producir la extinción de una especie? ¿Qué medidas se pueden llevar a cabo para evitarlo?

34. ● **Indica qué ocurre a lo largo de una sucesión respecto a:** la diversidad de especies, la estabilidad del ecosistema, los nichos ecológicos y la productividad. ¿Cómo se denomina el proceso inverso a la sucesión? Indica dos posibles causas naturales y dos ocasionadas por las personas que lo puedan originar.

35. ●● **Las figuras representan las diferentes fases de colmatación de un pequeño lago.**



a) Ordena las figuras secuencialmente en el tiempo.

b) Describe los acontecimientos que tienen lugar. ¿De qué proceso se trata?

c) ¿Cómo crees que contribuimos las personas a la aceleración de dicho proceso?

36. ●● **Hasta 1907 el rebaño de ciervos de la meseta del Kaibab, en Arizona, comprendía unos 4 500 individuos. Ese mismo año las autoridades locales concedieron la licencia para cazar en dicha región coyotes, lobos y pumas. En 1920 la población de ciervos había aumentado hasta casi 40 500 individuos. Seis años más tarde se vio reducida en un 65 %.**

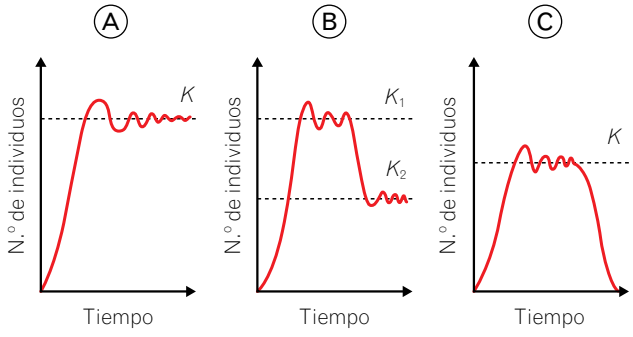
a) ¿Cuál crees que fue la causa del aumento del número de ciervos entre 1907 y 1920?

b) ¿A qué se debió la elevada mortandad de ciervos a partir del año 1920?

c) ¿Qué solución sugerirías para la recuperación del equilibrio de la población de ciervos?

www.yoquieroaprobar.es

37. ●●● Las gráficas muestran el número de individuos de tres poblaciones distintas (A, B y C) respecto al tiempo.



a) Explica cómo ha evolucionado la población C con el tiempo.

b) ¿Qué significado tiene *K*? Explica los cambios que se producen en la población A hasta que alcanza la capacidad de carga.

c) ¿Podemos decir que la población A se encuentra en equilibrio estacionario?

d) ¿Qué crees que ha ocurrido en la población B para que con el tiempo haya disminuido su capacidad de carga?

e) Plantéa una hipotesis que explique qué le puede haber sucedido a la población C.

38. ●● Las especies que constituyen las plagas, ¿suelen ser *r* o *K* estrategas? Razona la respuesta.

39. ●●● Indica cuáles crees que son los impactos ambientales más frecuentes sobre el agua, el relieve, el suelo, el paisaje, la atmósfera y la flora y fauna.

40. ● Según su extensión, los impactos ambientales pueden ser locales, regionales o globales. Indica dos ejemplos de cada tipo.

41. ●● Realiza un listado de recursos naturales que tú utilizas en función de:

a) Los estrictamente necesarios para el día a día.

b) Los que no son imprescindibles pero mejoran tu calidad de vida.

c) Aquellos necesarios para utilizar en el futuro.

Indica alguno de los posibles impactos ambientales que se generan en la explotación de dichos recursos.

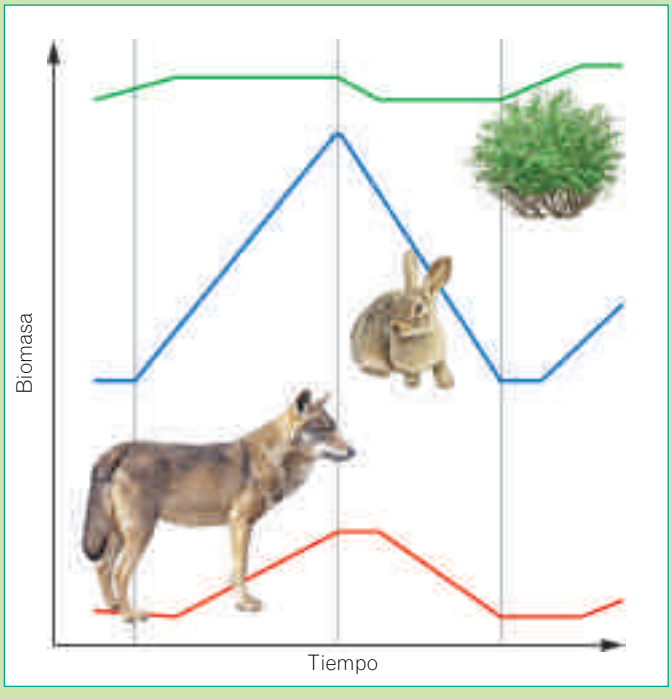
42. ● ¿Cuáles son las principales causas por las que se protege un espacio natural? ¿Qué ventajas se derivan de su protección?

43. ● El efecto invernadero ¿es un fenómeno natural o provocado por la acción del ser humano? ¿Qué consecuencias tiene su incremento para la Tierra?

UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

Sistema depredador presa

La gráfica adjunta muestra las oscilaciones de tres poblaciones de un ecosistema en el tiempo.



44. ● ¿A qué nivel trófico corresponde cada población?

45. ● ¿A qué se debe que la biomasa de los vegetales sea mayor que la de conejos y esta que la de lobos?

46. ● ¿Qué tipo de relación se establece entre el conejo y el lobo? Competencia, depredación, parasitismo o simbiosis. ¿Y entre la vegetación y el conejo?

47. ●● Explica por qué el ascenso en la población de lobos se produce después que el de conejos.

48. ●● ¿Qué factores pueden romper el equilibrio en la relación vegetación-conejos-lobos?

49. ●● ¿Qué ocurriría si la caza masiva de lobos llevara a su extinción?

50. ●●● ¿Qué podría suceder si se introdujeran ciervos en el territorio?

www.yoquieroaprobar.es

Resumen

DINÁMICA DE LOS ECOSISTEMAS

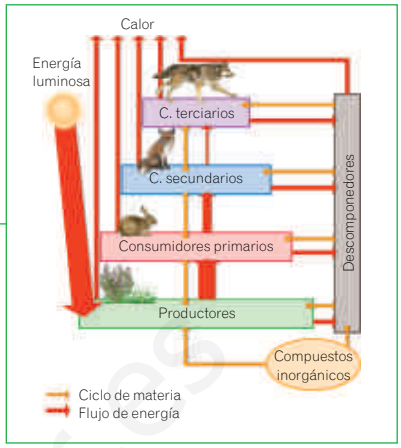
Parámetros tróficos en el ecosistema

En los ecosistemas la energía sigue un flujo unidireccional, mientras que la materia circula de forma cíclica.

Los parámetros tróficos permiten entender las relaciones tróficas entre los organismos de un ecosistema. Podemos distinguir:

- Biomasa. Masa total de un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema.
- Producción. Cantidad de energía que se almacena en forma de biomasa en cada nivel trófico, o en el ecosistema, por unidad de superficie o volumen y por unidad de tiempo.
- Productividad. Parámetro que relaciona la producción con la biomasa. Indica la rentabilidad de un nivel trófico.

Los ciclos biogeoquímicos muestran el recorrido de los elementos químicos a través del biotopo y la biocenosis.



Cambios en los ecosistemas

Los ecosistemas no son estáticos, sino que cambian con el tiempo. Podemos distinguir dos tipos de cambios:

- Cambios naturales. Pueden ser:
  - A nivel global. Debidos a variaciones ambientales bruscas.
  - Cambios cíclicos. Como los ocurridos por la alternancia del día y la noche, las estaciones o las mareas.
  - Sucesiones. Cambios ordenados que se producen en los ecosistemas con el paso del tiempo.
- Cambios antrópicos. Originan impactos ambientales.

Protección del medio ambiente

Creación de espacios naturales protegidos. Entre las figuras de protección destacan:

- Parques Nacionales y Naturales.
- Reservas Naturales.
- Paisajes Naturales.
- Monumentos Naturales.
- Reservas de la Biosfera.

Grandes cambios ambientales

Los principales cambios ambientales ocurridos en la Tierra son:

- Atmósfera. Evolución de la composición química, cambios climáticos, formación de la capa de ozono e incremento del efecto invernadero.
- Hidrosfera. Formación de mares y océanos.
- Geosfera. Cambios en la distribución de los continentes, formación de relieve y cambios del campo magnético.
- Biosfera. Aparición de los seres vivos y de la especie humana. Grandes extinciones.

www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

51. Señala las unidades en las que se pueden medir los diferentes parámetros tróficos.

52. Incluye en el resumen los tipos de sucesión ecológica indicando un ejemplo de cada tipo.

53. Añade en tu cuaderno una explicación de las medidas para prevenir y corregir determinados impactos ambientales.

54. Explica qué es la capacidad de carga del ecosistema y las estrategias de supervivencia de las especies *K* y *r* estrategas.

55. Completa en tu cuaderno una explicación de las diferentes figuras de protección.

La invasión de las estrellas de mar

En los últimos días Adrián Fonseca había aprendido más sobre los mares de cuanto hubiera sabido de ellos a todo lo largo de su vida, y no podía por menos que impresionarse ante el desorbitado cúmulo de desconocimientos que tanto él como la mayoría de los seres humanos poseían sobre lo que constituía la parte más importante del planeta.

Incluso las grandes ciudades costeras vivían de espaldas al mar, y se daba el caso de puertos en los que sus habitantes no podían contemplarlo más que a través de las sucias y contaminadas aguas de una dársena mugrienta.

¡Y existían tantas maravillas y enigmas sorprendentes más allá de la azul y monótona superficie de esas aguas!

De entre las muchas que los Lorenz –padre e hija– habían ido desvelándole, le impresionaba especialmente una que demostraba hasta qué punto el ser humano era capaz de romper estúpidamente el equilibrio ecológico poniendo en peligro con ello su propia existencia.

Según Max Lorenz, veinte años atrás, las estrellas de mar del Pacífico comenzaron a reproducirse en tan desproporcionada escala que muy pronto iniciaron una masiva destrucción de los arrecifes coralinos que circundaban las islas del Sur.

Dichas estrellas de mar se alimentaban al parecer de pólipos de coral, y en unas cuantas horas podían destruir arrecifes que habían tardado medio siglo en formarse, y que una vez muertos y concluido por tanto su lento proceso de crecimiento, se partían cayendo al fondo, y dejando las islas desprotegidas contra los embates del océano.

La inusitada invasión de estrellas puso en peligro infinidad de pueblos, y si se les permitía continuar reproduciéndose corría serio peligro el futuro mismo de la Micronesia, por lo que los científicos de todas las nacionalidades, incluido el propio Lorenz, acudieron a estudiar el extraño fenómeno, llegando a la conclusión de que la súbita eclosión de vida se debía a que los buceadores habían arrancado más de cien mil tritones, un hermoso molusco usado como adorno o pila bautismal, y cuya principal fuente de alimentación lo constituían precisamente las estrellas de mar.

Se había roto por tanto la cadena ecológica y para recomponerla se enviaron docenas de submarinistas que se dedicaron a cortar en dos pedazos a los miembros de las «columnas invasoras» que avanzaban como un disciplinado y arrasador ejército sobre los arrecifes.

Pero el terrorífico resultado fue que, en cuanto los submarinistas se marcharon, cada una de las partes en que se había dividido cada estrella de mar se convirtió en otra nueva, duplicando su número y causando el pánico entre los espantados aborígenes que veían cómo su viejo mundo se desmoronaba.

Hubo de recurrirse por último al poco ortodoxo sistema de inyectar una pequeña dosis de aldehído fórmico a cada una de las indestructibles invasoras.

¿Cuántas veces cometería el hombre idénticos errores, y cuándo aprendería que el universo es como un inmenso acueducto romano en el que la falta de una piedra provoca que todo se derrumbe?

ALVERTO VÁZQUEZ FIGUEROA,
Delfines.
Plaza y Janés

COMPRENDO LO QUE LEO

56. ¿Por qué los submarinistas arrancaron los tritones?

57. ¿A qué hacía referencia Lorenz al decir que el ser humano ponía en peligro su propia existencia?

58. ¿Cómo rompieron los submarinistas la cadena ecológica de las islas del Sur?

59. ¿Qué elementos de una cadena biológica se rompen cuando hay un incendio? ¿Qué consecuencias tiene esa alteración?

NO TE LO PIERDAS

Libros y artículos:

Los cambios del clima
JERÓNIMO LÓPEZ, EDUARDO ZORITA, JOSÉ MANUEL MORENO Y JOSEP ENRIC LLEBOT. Ed. Darwin
Este monográfico da respuesta a muchas de las preguntas que hoy día nos planteamos en torno al clima y los cambios que se producen en él.

Viaje a Australia, Nueva Zelanda y Malasia
GERALD DURRELL. Alianza Editorial.
Este libro reúne las aventuras y observaciones de su autor y la exposición de los desastrosos efectos de la intervención humana sobre el equilibrio ecológico.

En la pantalla:

Reservas de la biosfera. Colección: Descubrir el hombre y la naturaleza. Planeta de Agostini.

En la red:

www.quercus.es
Versión digital de la revista *Quercus.*

www.greenpeace.org/espana
Completa información sobre temas medioambientales.

www.kalipedia.com/ecología
Artículos y noticias sobre ecología.

7

El relieve y su modelado

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Conocerás los criterios con los que se pueden clasificar las formas del relieve.
- Estudiarás las grandes formas del relieve que hay en la corteza continental y en la corteza oceánica.
- Aprenderás cuáles son los procesos geológicos externos.
- Comprenderás cuáles son los resultados de la acción de los agentes geológicos.
- Estudiarás algunas características de los principales agentes geológicos.
- Analizarás los factores que influyen en la acción de los agentes geológicos.
- Experimentarás cómo producir estructuras sedimentarias.

Cueva de Carlsbad.

En la cueva de Carlsbad en Nuevo México, al sur de Estados Unidos, se encuentra la mayor cavidad cárstica del mundo: la sala llamada «Big Room» (sala grande), en cuyo interior cabrían seis campos de fútbol, y cuyo techo está a la altura de un edificio de treinta plantas.

¿Cómo se pudo formar semejante cavidad? Si la caliza fue disuelta por el agua de lluvia infiltrada, ¿hacia dónde se drenó ese sedimento? La sala no tiene desagüe posible para todo ese volumen de roca disuelta.

Para la geóloga Carol Hill y la bióloga Diana Northup, ambas de la Universidad de Nuevo México, no había aún una respuesta convincente a ese enigma, hasta que descubrieron la pista que las llevó a comprender lo que había ocurrido allí hace unos tres millones de años:

«La clave son los enormes depósitos de yeso en los que nadie había reparado. ¿Por qué tanto yeso en una cueva de roca caliza? La respuesta es casi increíble: la roca caliza estaba impregnada de petróleo, cuya descomposición por las bacterias produce sulfuro de hidrógeno, que reacciona con el oxígeno y el agua produciendo ácido sulfúrico. Este ácido disuelve la roca caliza como si fuera azúcar, y el resultado es la formación de sulfato de calcio: el yeso».

RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿Qué es el modelado cárstico? ¿Cómo se produce?
2. La cueva de Carlsbad y algunas otras son el resultado de la disolución de roca caliza con ácido. ¿Cómo se formó este ácido? ¿Cómo se forman normalmente las cuevas?
3. ¿Has visitado alguna vez una cueva? ¿Cómo se llaman las estructuras calcáreas en forma de columnas que se originan en el techo y en el suelo? ¿Y cómo se producen?
4. ¿Qué son los agentes geológicos? ¿Existe alguna relación entre el clima y la acción de los agentes geológicos?
5. ¿Qué es una cuenca sedimentaria?

Busca la respuesta

¿Qué significa que el oleaje es un agente geológico azonal?

1 El paisaje y el relieve

Según la clasificación descriptiva, este escalonamiento artificial en el relieve son terrazas. La genética lo clasificaría como una forma de modelado antrópico.

La Muela, en Guadalajara, según la clasificación genética es un cerro testigo. En el pasado, toda esta zona era una llanura situada a la altura de su cima. Los ríos han erosionado el relieve, dejando este cerro aislado.

Cuando contemplamos un **paisaje** percibimos de forma simultánea distintos elementos: las formas de la superficie terrestre, los elementos bióticos como la vegetación y la fauna, los elementos antrópicos como las carreteras y los cultivos, los fenómenos atmosféricos como la temperatura, el viento o la humedad, etc.

El relieve es el aspecto de la superficie terrestre prescindiendo de los elementos bióticos.

La representación de ese relieve se realiza en forma de mapas, que reciben el nombre de **mapas topográficos.**

En el relieve se pueden identificar algunas formas que se repiten con frecuencia: cerros, llanuras, valles, montañas escarpadas, etc.

Sin embargo, resulta complicado hacer una clasificación de los elementos del relieve, porque presentan una enorme variedad y existen muchas formas intermedias.

Para lograr esta clasificación se pueden utilizar dos criterios: el **morfológico** o **descriptivo**, y el **genético** o **interpretativo**.

Clasificación descriptiva de las formas del relieve

Las formas de relieve se clasifican por su **aspecto**. En esta clasificación se utilizan términos como:

- **Montaña.** Relieve aislado que tiene un gran desnivel entre su base y su cima.
- **Cerro.** Relieve aislado con escaso desnivel.
- **Desfiladero** o **garganta.** Valle de fondo estrecho que presenta paredes abruptas a sus lados.
- **Meseta.** Relieve aislado de cima plana.
- **Terrazas.** Relieve escalonado.

Clasificación interpretativa de las formas del relieve

La clasificación interpretativa o genética se basa en el **proceso** que ha originado las formas del relieve. Es la más clara y sencilla, porque se pueden incluir formas de relieve de aspecto algo diferente bajo la misma denominación, siempre que se hayan originado por el mismo proceso.

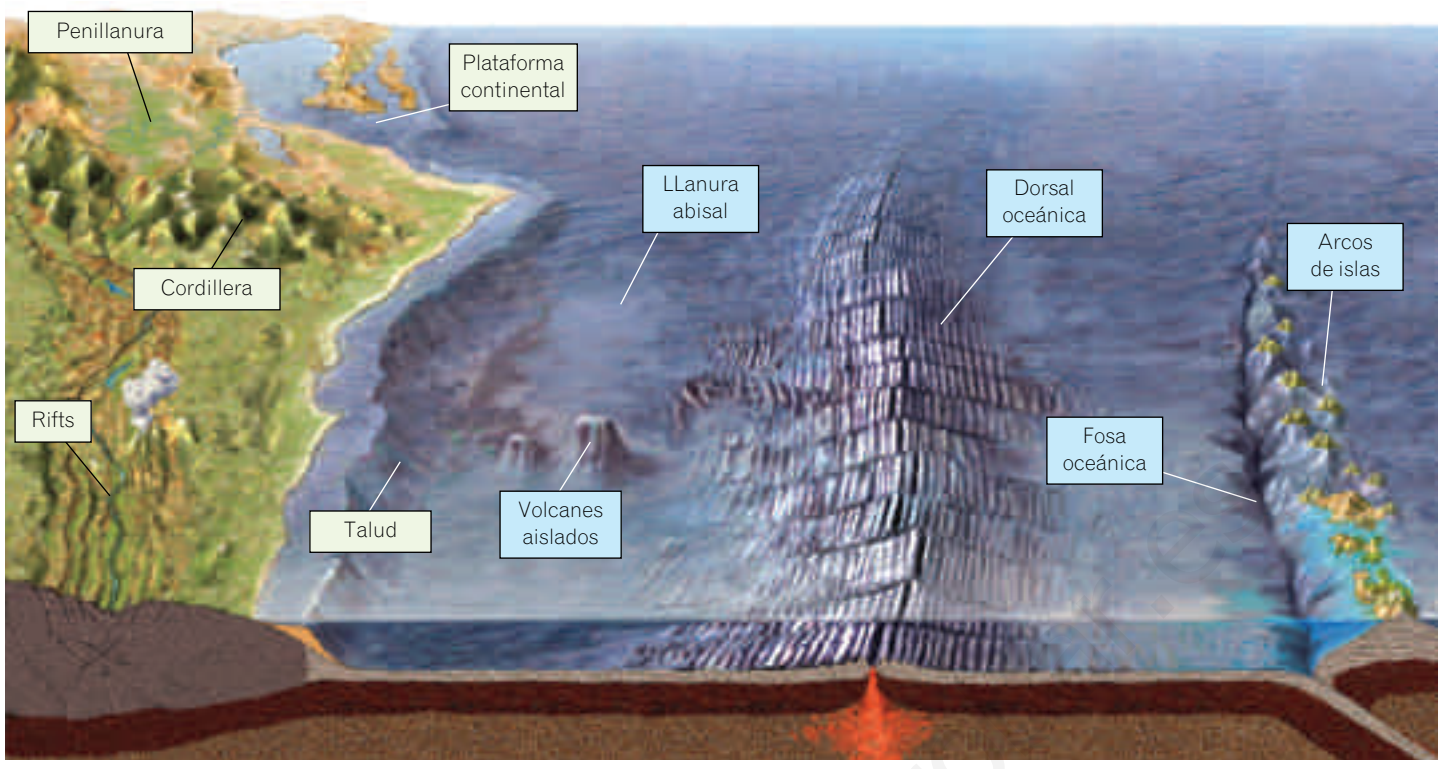
Algunos términos de la clasificación interpretativa son:

- **Montaña.** Relieve que destaca sobre las áreas colindantes, formado por el plegamiento de los materiales o por la actividad volcánica. La alineación de montañas se llama **cordillera** u **orógeno**.
- **Cerro testigo.** Relieve aislado cuya cima está a la altura a la que en el pasado estuvo toda la zona que le rodea.
- **Terrazas.** Zona fragmentada y escalonada, formada por sucesivos encajamientos de un río.
- **Modelado antrópico.** Producido por la actividad humana, ya sea un terraplén, una llanura, un aterrazamiento, etc.

ACTIVIDADES

1. El término «acantilado» se usa en la clasificación descriptiva para cualquier escarpe rocoso más o menos elevado y vertical, sin importar dónde ni cómo se haya formado. ¿A qué se aplica ese término en la clasificación interpretativa?
2. ¿El término «penillanura» es descriptivo o interpretativo? Explica por qué.

www.yoquieroaprobar.es



2 Los principales relieves terrestres

Si desapareciera el agua de los océanos, en la superficie terrestre se podrían diferenciar claramente dos zonas:

- **La corteza oceánica.** Compuesta principalmente por basalto, forma las cuencas oceánicas y se encuentra cubierta por agua casi en su totalidad.
- **La corteza continental.** Constituida básicamente por granito y rocas metamórficas, es más gruesa y menos densa que la oceánica, por lo que la mayoría sobresale de los océanos formando los continentes.

Relieves característicos de la corteza oceánica	Relieves característicos de la corteza continental
Llanuras abisales. Extensísimas llanuras submarinas cuya profundidad media es de unos 4 500 metros. **Dorsales oceánicas.** Alineaciones de volcanes con una intensa **actividad volcánica fisural**, es decir, con emisión de lava a lo largo de grietas. Forman cordilleras de miles de kilómetros de longitud, que se elevan una media de 2 500 m sobre la llanura abisal. **Relieves volcánicos aislados.** Volcanes aislados resultado de una **actividad volcánica puntual**. Cuando sobresalen del agua forman islas volcánicas, como Hawai o las islas Canarias. **Fosas oceánicas.** Surcos alargados en los que se alcanzan enormes profundidades, como la fosa de las Marianas, con 11 032 m de profundidad. Son zonas de intensa actividad sísmica, ya que en ellas la corteza oceánica es arrastrada a hundirse en el manto. **Arcos de islas.** Cordilleras volcánicas que emergen del mar y forman archipiélagos como el de Japón. Su actividad volcánica se relaciona con el hundimiento de la corteza que se produce en las fosas.	**Penillanuras.** Extensas llanuras resultado de la erosión producida por los agentes geológicos. Tienen una altitud media entre 300 y 600 m, y presentan una suave inclinación hacia el mar. **Cordilleras.** Alineaciones de montañas formadas por plegamiento de materiales, o por actividad volcánica. **Rifts.** Depresiones alargadas formadas por la rotura, distensión y hundimiento de la corteza continental a lo largo de grandes fracturas. Los principales ríos del mundo, como el Amazonas y el Nilo, tienden a ocupar estas zonas. Si el hundimiento es importante, pueden ser ocupados por el mar. **Plataformas continentales.** Parte de la corteza continental cubierta por el mar. En ellas se pueden encontrar **mares epicontinentales**, como el mar Báltico o el mar del Norte. Las plataformas continentales se corresponden con penillanuras o rifts hundidos bajo el mar. **Taludes continentales.** Representan los bordes de los continentes, y abarcan las zonas en pendiente situadas entre la plataforma continental y la corteza oceánica.

www.yoquieroaprobar.es

El viento, los ríos, los glaciares y el mar son agentes geológicos que realizan procesos de erosión y transporte.

3 Los procesos geológios externos. Meteorización y erosión

La superficie terrestre está sometida constantemente a cambios producidos por cuatro **procesos geológicos externos:**

- **Meteorización.** Es la **disgregación** de las rocas debida al efecto de los **agentes ambientales**, que las fracturan y alteran sus minerales.
- **Erosión.** Es la **evacuación** de materiales por parte de los **agentes geológicos**. La consecuencia es un desgaste de los relieves y un modelado característico del paisaje.
- **Transporte.** Es el **traslado** de materiales por parte de los agentes geológicos. En ocasiones, el transporte se realiza a grandes distancias. Durante este proceso continúa la fragmentación y alteración de los fragmentos.
- **Sedimentación.** Es la **acumulación** de los materiales en las zonas deprimidas de la superficie terrestre: las **cuencas sedimentarias**.

Meteorización

La fragmentación y disgregación de las rocas se produce de varias formas:

- **Meteorización mecánica.** Consiste en la rotura de las rocas debido a tensiones que pueden originarse por distintos procesos:
  - **Gelifracción.** Es la acción de cuña que realiza el agua al congelarse y aumentar de volumen dentro de las grietas de las rocas.
  - **Termoclastia.** Es la rotura de las rocas expuestas a una intensa insolación, debido a que se calientan y se dilatan más en el exterior que en el interior.
  - **Descompresión.** Es la expansión y el agrietamiento que se produce en rocas que se han formado a gran profundidad, como el granito, al encontrarse en la superficie, donde la presión es mucho menor.
- **Meteorización química.** Consiste en la disgregación de las rocas debido a la alteración química de sus minerales. Puede ocurrir por:
  - **Oxidación.** El oxígeno del aire, o el que hay disuelto en el agua, reacciona con algunos minerales, como la mica, produciendo su oxidación.
  - **Disolución.** Afecta a los minerales que se disuelven en el agua, como algunos carbonatos, sulfatos y cloruros.
  - **Carbonatación.** Es la reacción que se produce en algunos minerales, como la calcita o los feldespatos, al entrar en contacto con agua que lleva CO_2 en disolución. La carbonatación hace que estos minerales se vuelvan solubles o fácilmente disgregables.
  - **Hidrólisis.** Es la alteración de los minerales al reaccionar con los iones H^+ y OH^- del agua.
- **Meteorización biológica.** Consiste en la rotura o alteración química de las rocas debido a la acción de los seres vivos. Muchos organismos producen sustancias químicas que modifican las propiedades de los minerales.

La meteorización química produce el deterioro de los materiales expuestos a la intemperie.

ACTIVIDADES

3. Explica qué son los agentes ambientales y los agentes geológicos. ¿En qué se diferencian? ¿Qué cambios producen en la superficie terrestre?

Prohibida su reproducción

Erosión

Los agentes geológicos **erosionan** el relieve produciendo varios efectos sobre la superficie terrestre:

- **Evacuación de detritos**. Que son los fragmentos de roca o **clastos** producidos por la meteorización y acumulados al pie de los escarpes.
- **Modelado característico en la superficie terrestre.** Durante la erosión, los agentes geológicos también pueden arrancar clastos de las rocas produciendo unas formas de relieve que a menudo permiten reconocer con claridad el agente geológico que las ha originado.
- **Formación de penillanuras.** Las penillanuras son extensas superficies prácticamente planas, resultado de la erosión producida por los agentes geológicos. El proceso de formación de una penillanura requiere millones de años de acción erosiva continuada.
- **Redistribución de la masa de los continentes.** La erosión, junto con el transporte de los sedimentos y su posterior depósito en las cuencas sedimentarias, origina una pérdida de peso de las zonas montañosas y un aumento en las partes más bajas del continente.

Saber cómo erosionan los agentes geológicos, y conocer el modelado del paisaje que genera cada uno, es necesario para realizar correctamente una clasificación interpretativa o genética de las formas del relieve. Muchas de las formas de relieve que observamos actualmente, como los cerros testigo, las terrazas o los relieves ruiniformes, pueden presentar aspectos muy diversos y son el resultado de procesos erosivos en los que el agente geológico causante no es evidente o ya no está ahí.

Los relieves ruiniformes son el resultado de la erosión realizada por el agua al ir disolviendo el carbonato de calcio que cementaba las rocas.

Las formas de relieve producidas por erosión son a menudo fácilmente identificables, aunque el agente geológico ya no esté actuando. **A:** cárcavas producidas por las aguas salvajes. **B:** valle de origen glaciar. **C:** dolina formada por el hundimiento de una cavidad subterránea de origen cárstico.

ACTIVIDADES

4. Las costras lateríticas son formaciones geológicas constituidas por hidróxidos de aluminio y hierro procedentes de la meteorización de silicatos ricos en aluminio, como los feldespatos. ¿Qué tipo de meteorización, y qué proceso en concreto, es el que puede originar estos hidróxidos?

La alta energía que poseen los glaciares permite transportar clastos de gran tamaño, como este bloque errático.

Los sedimentos transportados y depositados por una avalancha de lodo no presentan ninguna selección.

El viento produce una intensa selección de los clastos que transporta. Los granos de arena que forman una duna son todos del mismo tamaño.

4 Los procesos geológicos externos. Transporte y sedimentación

El transporte y la sedimentación también son procesos que cada agente geológico realiza de un modo característico.

Parámetros que caracterizan el transporte

El transporte que realiza un agente geológico puede determinarse con tres parámetros:

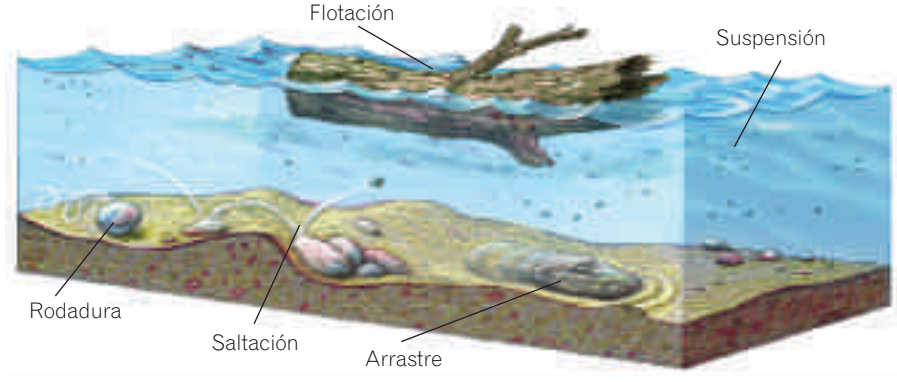
- La **energía.** Es la capacidad de un agente geológico para movilizar los sedimentos. Si un agente mueve y transporta clastos de gran tamaño tiene mucha energía. Si solo puede poner en movimiento y transportar clastos pequeños, su energía es baja.
- La **selección** de los clastos. Está relacionada con la energía. Los agentes geológicos con alta energía no seleccionan los clastos que transportan, y llevan simultáneamente clastos de tamaños muy diferentes.
- La **maduración** de los sedimentos. Es la forma en la que se producen cambios de composición, forma y tamaño en los sedimentos durante el transporte. Los clastos, además de continuar sometidos a la meteorización química, pueden ser triturados al golpearse entre sí. Los agentes geológicos, como los ríos y el oleaje, que trituran intensamente los clastos y alteran químicamente los minerales que los forman, producen un sedimento muy **maduro**.

Formas de transporte

Los clastos que son transportados por un medio fluido pueden desplazarse de dos formas:

- **En contacto con el fondo.** Cuando el fluido no es capaz de mantener en suspensión los clastos, estos se desplazan por el fondo, ya sea por **rodadura**, por **arrastre** o por **saltación**.
- **Sin tocar el fondo.** Cuando los clastos son finos, van adheridos a objetos flotantes, o si los materiales son solubles, pueden ser transportados en **suspensión** en el seno del líquido, por **flotación** o en **disolución**.

Los clastos muy pequeños, como las partículas de arcilla, pueden ir suspendidas en fluidos muy poco viscosos, como el aire. Los clastos de gran tamaño que solo pueden ser transportados en suspensión si el fluido es extremadamente viscoso, como ocurre con el hielo de los glaciares o con las avalanchas de barro.



www.yoquieroaprobar.es

Sedimentación

La sedimentación es la acumulación de los materiales transportados por un agente geológico. El que esos sedimentos puedan volver a ser transportados o queden definitivamente acumulados depende de si el lugar de la sedimentación está sometido a levantamiento o a hundimiento:

- Las zonas en **proceso de levantamiento**, o situadas a gran altura sobre el nivel del mar, están sometidas a erosión. Los sedimentos depositados en ellas acabarán volviendo a ser transportados, aunque sea en un plazo de miles o cientos de miles de años.
- Las zonas en **proceso de hundimiento** o **subsidencia** reciben el nombre de **cuencas sedimentarias**. En ellas los agentes geológicos pueden acumular miles de metros de espesor de sedimentos, que acabarán por transformarse en rocas sedimentarias.

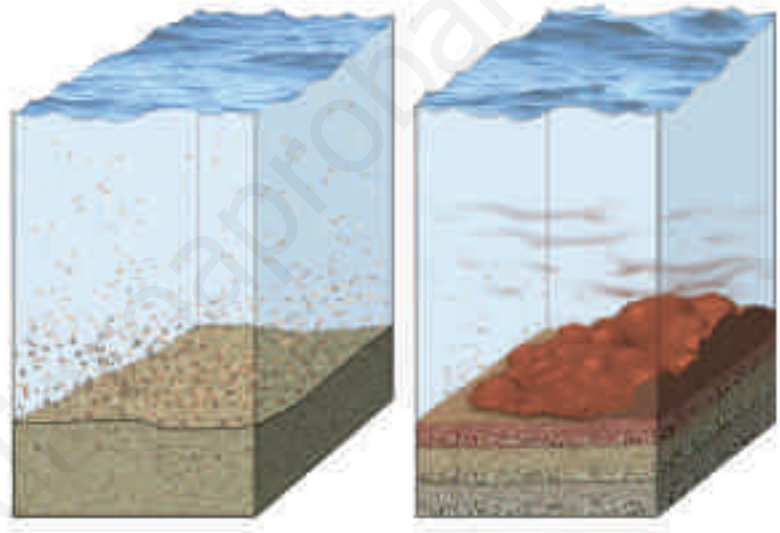
ACTIVIDADES

5. ¿Cómo distinguirías a simple vista el sedimento arenoso depositado por el viento del material depositado por una riada? ¿Cuál de ambos agentes geológicos produce una mayor selección sobre el sedimento que transporta?
6. ¿Qué proceso sedimentario es el que da origen a una duna? Explica en qué consiste ese proceso.

Acumulación de los sedimentos

La acumulación de los sedimentos se puede producir por dos procesos:

- **Decantación.** Es la caída o precipitación de los clastos al fondo del medio en el que se encontraban. Ocurre cuando la corriente que los transportaba se detiene, o cuando las partículas se han formado en el mismo fluido que permanece en reposo, como los esqueletos calcáreos de los organismos microscópicos del plancton.
- **Acreción cinética.** Se produce cuando los clastos que están siendo transportados tropiezan con un obstáculo que los detiene, y se acumulan unos sobre otros.



Decantación

Acreción cinética

Ordenación de los clastos. Las estructuras sedimentarias

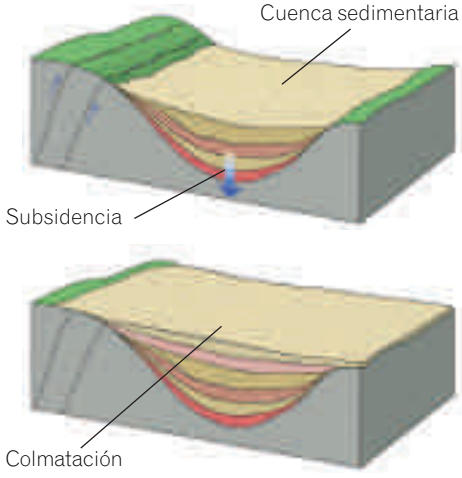
Durante la sedimentación se puede producir una **ordenación** de los clastos. Esto da lugar a **estructuras sedimentarias** que, cuando se encuentran en las rocas sedimentarias, permiten reconocer el agente geológico que las formó. Algunas de estas estructuras son:

- **Estratificación.** Es la disposición de los sedimentos en capas de algunos centímetros o algunos metros de espesor.
- **Laminación.** Disposición en capas de pocos milímetros de espesor. Ocurre cuando la sedimentación se ha producido en una corriente de baja energía, por un proceso de decantación, o por actividad biológica de algas y bacterias que forman un tapiz sobre el sedimento.
- **Sedimentación gradada.** Ordenación por tamaños de los clastos. Los más gruesos quedan abajo, y los más finos encima. Se produce cuando el sedimento ha sido arrastrado en una corriente turbulenta y luego se ha decantado.
- **Laminación cruzada.** Disposición en láminas que se cortan unas a otras. Esta ordenación ocurre cuando la sedimentación se produce en presencia de corrientes.

Rocas sedimentarias estratificadas. En los estratos se observa laminación cruzada.

www.yoquieroaprobar.es

5 Las cuencas y los ambientes sedimentarios



Las cuencas sedimentarias son extensas zonas de la superficie terrestre que presentan subsidencia o hundimiento.

Si los agentes geológicos aportan sedimentos a la misma velocidad que la cuenca se hunde, su profundidad puede permanecer constante aunque en ella se acumule un gran espesor de sedimentos.

Si una cuenca sedimentaria deja de experimentar subsidencia, los agentes geológicos acaban por **colmatarla** de sedimentos hasta igualar su superficie con la de las áreas circundantes.

En una cuenca sedimentaria suele haber varios agentes geológicos diferentes acumulando sedimentos al mismo tiempo, ya que son áreas muy extensas en las que puede haber condiciones ambientales diversas.

Cada agente geológico puede tener varios ambientes sedimentarios; por ejemplo, un glaciar acumula sedimentos en la morrena frontal, en las morrenas laterales, etc.

Ambientes sedimentarios

Un ambiente sedimentario es el lugar concreto donde un agente geológico acumula materiales. Los ambientes sedimentarios se pueden clasificar en tres tipos:

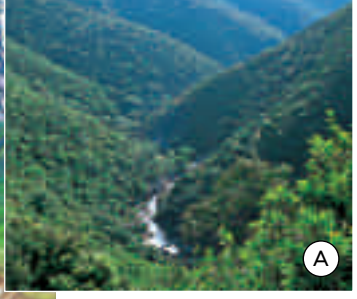
- **Ambientes sedimentarios continentales.** Se clasifican según el agente geológico al que pertenecen:
  - **Fluviales.** Son propios de los ríos.
  - **Torrenciales.** Son los relacionados con aguas salvajes y torrentes.
  - **Glaciares.** Son los que están asociados a los glaciares.
  - **Eólicos.** Aquellos en los que la sedimentación de los materiales la realiza el viento.
  - **Cársticos.** Son los que se producen a partir de las aguas que han disuelto determinadas rocas.
- **Ambientes sedimentarios marinos.** Se clasifican según la posición geográfica y sus características ambientales:
  - **Litorales.** Situados en la costa y dominados por la acción del oleaje.
  - **Recifales.** Son los arrecifes elaborados por corales, esponjas, bivalvos y otros organismos, a profundidades de pocos metros.
  - **Plataformas continentales.** Son áreas muy extensas, por lo que en ellas se identifican diferentes ambientes sedimentarios.
  - **Taludes continentales.** En ellos se acumulan materiales finos traídos mar adentro por las corrientes.
  - **Turbidíticos.** Se forman al pie del talud continental debido a las **corrientes de turbidez** que descienden hasta la llanura abisal.
- **Ambientes sedimentarios de transición.** Son aquellos que se encuentran entre el mar y el continente.
  - **Playas.** Zonas influenciadas por el oleaje y por el viento donde se acumula arena y grava.
  - **Deltas.** Producidos por el aporte de sedimentos de un río, e influenciados por la acción del oleaje.
  - **Estuarios.** Desembocadura de un río con intensa influencia de las mareas.

ACTIVIDADES

7. En una playa es frecuente que actúen simultáneamente dos agentes geológicos, y a veces más de dos. ¿Cuáles?

8. ¿Por qué la construcción de presas en el curso del río Ebro puede producir la reducción de su delta?

www.yoquieroaprobar.es



El valle en uve (A) es característico del curso alto. Los meandros (B) se dan en valles de fondo plano.

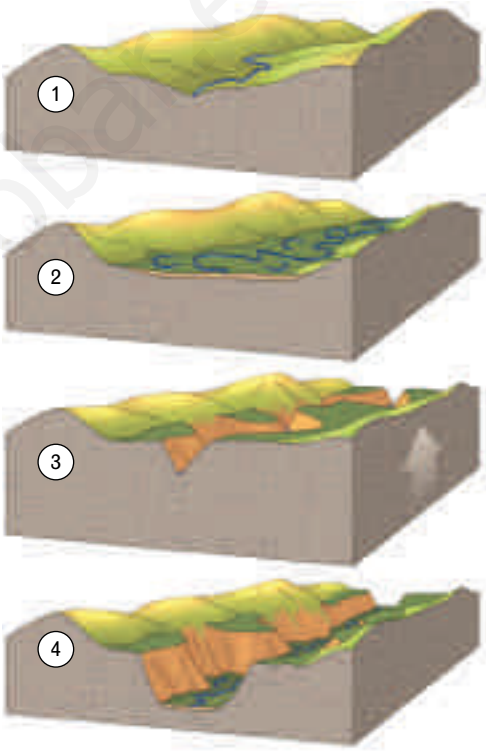
6 Los ríos. Modelado fluvial

Los ríos originan fundamentalmente tres formas de relieve:

- **Valles en uve.** Se producen cuando un río tiene gran capacidad erosiva y se encaja profundamente en el terreno, produciendo un cortado con paredes suavizadas por las aguas salvajes y los arroyos.
- **Valles de fondo plano.** A medida que un río corta el terreno pierde capacidad para encajarse, ya que va disminuyendo el desnivel entre su cauce y el nivel del mar. Cuando ya no puede profundizar más, pierde velocidad y comienza a trazar curvas, llamadas **meandros**, que van creando un valle cada vez más amplio y de fondo plano.
- **Penillanuras.** La penillanura es el resultado final del proceso de erosión fluvial. Se produce cuando los ríos han ido ampliando sus valles, hasta unirse unos con otros. Se forman así extensas llanuras que pueden llegar a abarcar gran parte de un continente.

La erosión produce una redistribución de masas quitando peso al continente, y es frecuente que el relieve ascienda a medida que es erosionado. En ese caso la red fluvial vuelve a disponer de energía suficiente para encajarse de nuevo en la llanura que ella misma había originado. Este levantamiento simultáneo a la erosión, o posterior a ella, origina dos formas de modelado características:

- **Los cerros testigo.** Son relieves residuales aislados, cuya cima plana es un fragmento de la antigua llanura situada a esa altura.
- **Las terrazas.** Son relieves escalonados que representan los sucesivos encajamientos y ampliaciones del valle en una zona que se levanta a la vez que las redes fluviales la erosionan.



El río se encaja en su valle (1). Al perder velocidad traza meandros (2). Si el relieve asciende (3) el río vuelve a encajarse (4) y se forman terrazas y cerros testigo.

Transporte y sedimentación fluviales

Los ríos producen una intensa maduración de los sedimentos que transportan, es decir, reducen el tamaño de los clastos y alteran los minerales más inestables.

A lo largo del curso de un río es frecuente encontrar una distribución de los clastos. En su curso alto los ríos disponen de energía para movilizar clastos de gran tamaño. En el curso medio, la energía del río es menor y pueden transportar únicamente grava fina, arena y limos. En los tramos más bajos del río, los materiales más finos, los limos y arcillas, aun son transportados.

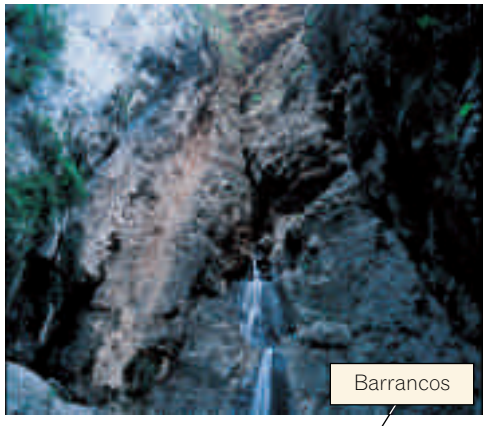
El transporte fluvial da lugar a clastos redondeados, que se denominan cantos rodados.

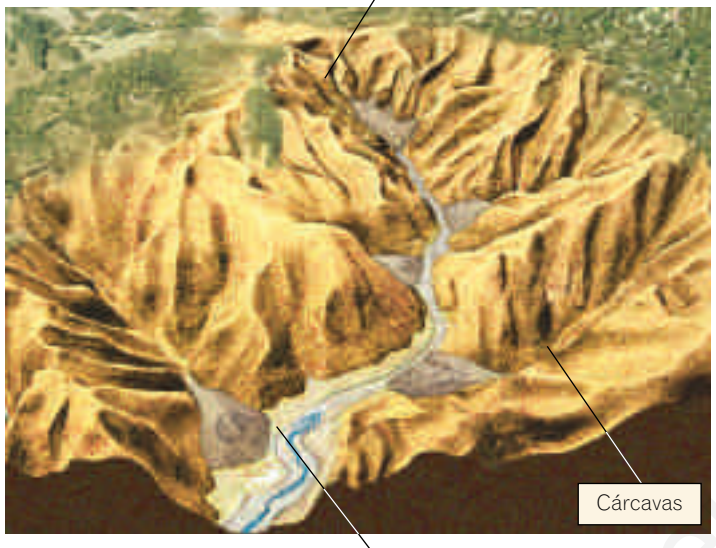
www.yoquieroaprobar.es

7 Los torrentes y las aguas salvajes. Modelado torrencial

Los arroyos y torrentes son cursos de agua efímeros que llevan agua únicamente tras las lluvias. Las aguas salvajes son aguas no canalizadas que discurren por el terreno tras una fuerte lluvia.

La máxima capacidad erosiva de este agente geológico se da en climas áridos, donde las lluvias son muy escasas pero violentas, por lo que originan formas de relieve muy características.





- **Cárcavas.** Son profundos surcos en el terreno; su desarrollo se ve favorecido si los materiales que componen el suelo son fácilmente deleznables, si la pendiente es fuerte y si no hay vegetación.
- **Barrancos.** Son profundos valles en uve que se forman en zonas de fuerte pendiente.
- **Ramblas.** Son cauces amplios que pueden permanecer secos durante años. Constituyen los canales por los que corre el agua tras tormentas especialmente violentas.

A menudo, las cárcavas se desarrollan en las **cuencas de recepción** de los torrentes, mientras que los barrancos componen el **canal de desagüe**. Las ramblas se desarrollan más abajo del **cono de deyección**, y pueden recoger el agua procedente de varios torrentes.

Transporte y sedimentación torrenciales

La capacidad de transporte del agente geológico torrencial es muy grande. Puede movilizar clastos de gran tamaño durante las avalanchas de barro, depositando los materiales al pie de las pendientes. Se trata de un transporte rápido, corto, poco selectivo, y que no produce maduración del sedimento.

La sedimentación se produce de forma violenta y sin ordenación de los materiales. Los depósitos torrenciales se caracterizan por la presencia de una mezcla caótica de clastos de todos los tamaños.

Los depósitos sedimentarios originados se pueden diferencian por su tamaño:

- **Conos de deyección.** Son acumulaciones pequeñas, normalmente con fuerte pendiente, producidas por arroyos de pequeñas dimensiones al pie de un relieve escarpado.
- **Abanicos aluviales.** Son acumulaciones muy extensas, que pueden abarcar desde cientos de metros cuadrados hasta decenas de kilómetros cuadrados o incluso más.
- **Pedimentos.** Son el resultado de la unión de varios abanicos aluviales. Forman con frecuencia una superficie suavemente inclinada al pie de las cordilleras.

Los Mallos de Riglos son un antiguo pedimento formado al pie de los relieves del Prepirineo. Tras su formación, la Península Ibérica se ha elevado y el pedimento ha quedado expuesto a la erosión.

www.yoquieroaprobar.es

8 El viento. Modelado eólico

El viento es el principal agente modelador del paisaje en los desiertos cálidos. Aunque su capacidad erosiva es pequeña comparada con otros agentes geológicos, es importante en zonas con el suelo seco y vegetación escasa.

Deflación

En estos lugares el viento puede realizar dos procesos erosivos:

- **Deflación.** El viento se lleva los materiales más pequeños y deja los de mayor tamaño, originando un **desierto pedregoso**, llamado **reg**.
- **Abrasión eólica.** El viento cargado de arena produce un lijado sobre la superficie de las rocas.

Transporte y sedimentación eólica

El viento transporta grandes volúmenes de materiales finos a enormes distancias, ya que la arena más fina y el polvo son llevados a gran altitud en la troposfera, donde puede permanecer en suspensión durante semanas o meses.

La sedimentación eólica produce acumulaciones de arena y de polvo muy características:

- **Depósitos de loess.** Son acumulaciones de polvo transportado por el viento. Recubren grandes extensiones en las zonas más periféricas de los desiertos.
- **Dunas.** Son acumulaciones de arena que pueden tener forma de media luna, presentar la cresta recta o formarse paralelamente a la dirección del viento y desarrollar una cresta sinuosa.

A: desierto pedregoso formado por deflación.
B: rocas con forma de seta formadas por abrasión eólica.

ACTIVIDADES

9. ¿Por qué el transporte torrencial no produce la maduración del sedimento?

10. Las piedras en los desiertos aparecen pulidas y lisas en sus caras expuestas al viento. ¿Cómo se produce este pulido?

Dunas con forma de media luna.

Dunas de crestas sinuosas.

www.yoquieroaprobar.es

A: acantilado en la Costa Brava (Gerona).
B: playa y acantilado en Endaya.
C: arco de piedra en Mallorca.

9 Las aguas marinas. Modelado litoral

Plataforma de abrasión en la costa de Castellón.

En las costas acantiladas las olas realizan un trabajo erosivo constante. Cuanto más fuerte es el oleaje, más intensa es la **abrasión** producida por la arena y la grava que las olas lanzan continuamente contra las rocas.

Se realizan dos procesos erosivos:

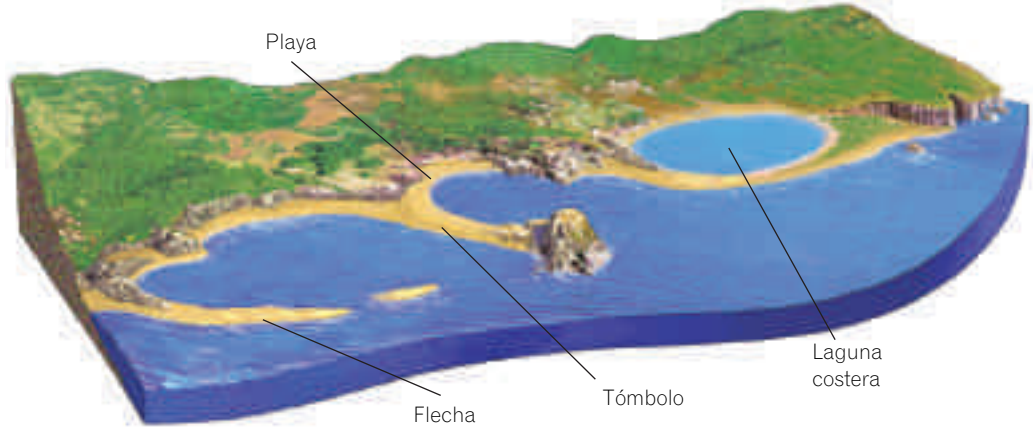
- **Retroceso del acantilado.** Las olas **socavan** la parte baja de los acantilados, que provoca la **caída de bloques**. Esto determina el retroceso del acantilado, con lo que el mar gana terreno al continente.
  El retroceso del acantilado produce una superficie que puede quedar parcialmente al descubierto durante la marea baja. Esta superficie se denomina **plataforma de abrasión**.
- **Trituración y lavado de los materiales.** Los bloques y fragmentos de rocas son desmenuzados. El oleaje y las corrientes transportan mar adentro los materiales más finos, como los limos, y dejan en la costa la arena y la grava.

Transporte y sedimentación litoral

La arena es transportada a lo largo de la costa por las **corrientes litorales** hasta las zonas más resguardadas, donde se sedimenta originando:

- **Playas.** Acumulaciones de arena o grava en zonas donde el litoral tiene una pendiente suave.
- **Tómbolos** y **flechas.** Cordones arenosos perpendiculares o paralelos a la costa, que suelen aislar pequeñas **lagunas** y **marismas** costeras.

En las zonas arenosas del litoral es frecuente que el viento forme dunas con la arena que aporta el oleaje. La duna de Pyla en Francia es una duna costera de más de 100 metros de altura.



www.yoquieroaprobar.es

10 Los glaciares. Modelado glaciar

El **agente geológico glaciar** está formado por grandes masas de hielo, los **glaciares**, que fluyen lentamente bajo su propio peso, como si se tratara de un líquido extremadamente viscoso.

Los glaciares pueden avanzar erosionando el suelo y realizando un eficaz transporte sobre el terreno llano, o incluso cuesta arriba, si el espesor de la masa de hielo es mayor en la zona donde este se acumula que en la periferia.

En los valles de las zonas montañosas se forman lenguas glaciares que producen formas erosivas características:

- **Valles en U.** Son valles amplios y profundos, de perfil redondeado.
- **Zonas de sobreexcavación.** Son concavidades producidas por el flujo del hielo. Al retirarse el hielo se forman en ellas lagos o lagunas.

El hielo de los glaciares fluye como un líquido viscoso. Aunque la existencia de una pendiente facilita su avance, puede avanzar también sobre una llanura, o incluso cuesta arriba.

Transporte y sedimentación glaciares

La sedimentación en el medio glaciar produce **tillitas**, que son las acumulaciones de clastos producidas por los glaciares. Las más frecuentes son las **morrenas** asociadas al movimiento de las **lenguas glaciares**.

ACTIVIDADES

11. ¿En qué se parecen los procesos de abrasión eólica y abrasión litoral? ¿Por qué es mucho más eficaz el segundo?

12. ¿Por qué los glaciares depositan sedimentos sin ninguna selección, con clastos de todos los tamaños mezclados caóticamente?

www.yoquieroaprobar.es

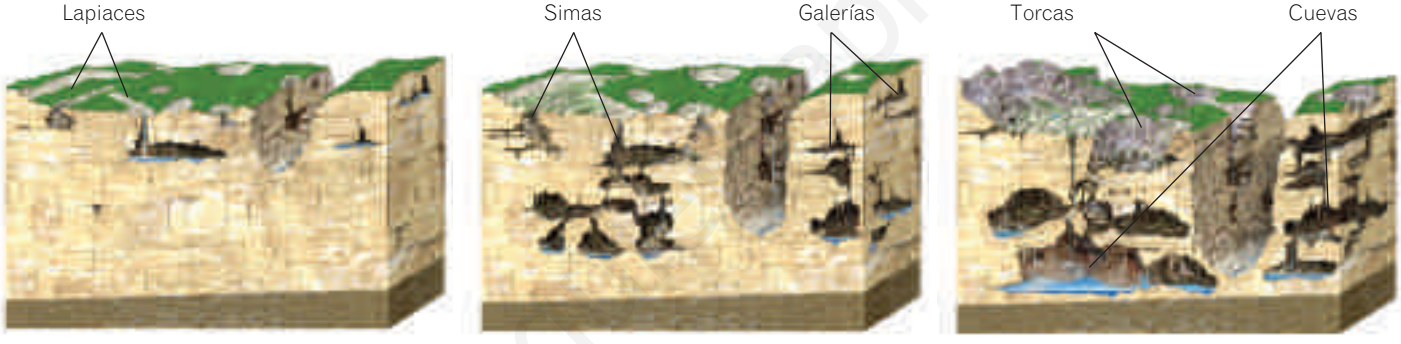
Muchas simas son vías de entrada a cuevas cársticas.

11 El modelado cárstico

El **agente geológico cárstico** está constituido por las aguas superficiales y subterráneas con capacidad para disolver las rocas, originando formas erosivas tanto en la superficie como en el subsuelo:

- **Formas erosivas superficiales.** Se pueden crear por:
  - **Disolución.** El agua de lluvia al correr sobre las rocas solubles produce unos surcos llamados **lapiaces**. En ocasiones forma también **paisajes ruiniformes**, en los que puede haber arcos, corredores, tormos, etc.
  - **Colapso.** Cuando se desploma el techo de una cavidad subterránea aparecen en la superficie depresiones llamadas **torcas** o **dolinas**.
- **Formas erosivas subterráneas.** Se clasifican según su forma en:
  - **Galerías.** Túneles más o menos horizontales. Cuando son muy estrechos se llaman **gateras**.
  - **Simas.** Conductos verticales que a veces llegan a la superficie.
  - **Salas.** Grandes cavidades de forma irregular.

Proceso de formación de un carst



1. Infiltración de agua con CO_2 por las grietas de la roca caliza. Formación de lapiaces en el exterior.

2. Disolución de la roca caliza por la acción química del agua con CO_2. Formación de galerías, simas y salas.

3. Mayor disolución de la caliza. Se forman torcas y también grandes cuevas con estalactitas y estalagmitas.

Sedimentación cárstica

La sedimentación en el entorno cárstico se produce de dos formas:

- **Acumulación de la arcilla de descalcificación.** Al disolverse el carbonato de calcio de las calizas queda un residuo de arcilla, que se puede acumular en cavidades subterráneas.
- **Precipitación de sales solubles.** El carbonato de calcio disuelto puede precipitar formando tobas calcáreas, estalagmitas, estalactitas y otras formaciones, que en general reciben el nombre de **travertinos**.

Los travertinos son formaciones producidas por la precipitación del carbonato de calcio disuelto en el agua.

ACTIVIDADES

13. ¿Qué forma del modelado cárstico se origina si se hunde el techo de una sala que está próxima a la superficie del terreno?

14. La «Sima de los huesos» en la sierra de Atapuerca (Burgos) es un importante yacimiento de fósiles humanos. ¿Qué tipo de estructura es ese yacimiento?

www.yoquieroaprobar.es

12 Factores condicionantes del modelado

El modelado del paisaje está producido por la acción erosiva de los agentes geológicos. Los procesos erosivos a su vez están influidos por diversos factores:

- **Climáticos.** Dependiendo del clima de una zona, ciertos agentes geológicos pueden predominar o no estar presentes.
  - En **zonas cálidas y áridas** no hay glaciares ni ríos.
  - En **zonas templadas y lluviosas** con abundante vegetación, ni las aguas salvajes ni el viento ejercen una acción importante.
  - En **zonas polares** o de **alta montaña** el agua permanece en forma de hielo, determinando la acción del agente geológico glaciar.

En la frontera entre Argentina y Brasil se encuentran las cataratas del río Iguazú. Este río va por una zona de rift, un conjunto de grandes fallas que rompen una penillanura.

- **Tectónicos y estructurales.** La tectónica condiciona fuertemente la actuación de los agentes geológicos, y por ello también el modelado:
  - Los ríos tienden a circular a lo largo de **fallas**, ya que estas son zonas donde el terreno suele estar hundido.
  - Las lenguas glaciares tienden a encajarse en las zonas donde hay más **fracturas** y los materiales son más fácilmente erosionables.
  - El **levantamiento del terreno** hace que los ríos recuperen energía potencial y con ello capacidad erosiva. Cuando una penillanura se levanta, los ríos vuelven a erosionarla encajándose profundamente en ella. Si el levantamiento se produce en distintas etapas, los sucesivos encajamientos de los ríos producen paisajes aterrazados.
- **Litológicos.** El tipo de roca sobre el que actúan los agentes geológicos también influye en el modelado de distintas formas:
  - Los materiales blandos se erosionan más fácilmente, mientras que los más duros, como las cuarcitas, originan resaltes en el relieve. Es frecuente que en una penillanura queden **relieves residuales** formados por los materiales más difíciles de erosionar.
  - En las costas, donde el oleaje ejerce una acción erosiva constante sobre las rocas, los materiales más blandos producen entrantes, bahías y ensenadas, mientras que los más duros originan salientes, cabos e islotes.
  - Las rocas calizas, los yesos, y con frecuencia también las areniscas muy cementadas con carbonato de calcio, al ser solubles determinan el desarrollo de un modelado cárstico.
- **Antrópicos.** Con frecuencia la actividad humana modifica el modelado del relieve o limita la acción de los agentes geológicos.
  - En los taludes y terraplenes se intenta generalmente impedir o frenar la acción erosiva de las aguas salvajes.
  - Los arroyos y ríos se canalizan a menudo para prevenir sus crecidas.
  - Los puertos y zonas de recreo costeras se protegen de la acción erosiva del oleaje mediante malecones, etc.

Obras como el malecón de la playa de las Teresitas en Tenerife modifican la acción del oleaje.

www.apuntesparaopositores

EN PROFUNDIDAD

Sistemas morfoclimáticos

El proceso de modelado del paisaje se puede considerar que guarda una estrecha relación con el clima, ya que este factor determina qué agentes geológicos pueden actuar.

En la Tierra es posible identificar cuatro grandes zonas climáticas: zona polar, zona templada-húmeda, zona tropical y zona ecuatorial.

Zona polar

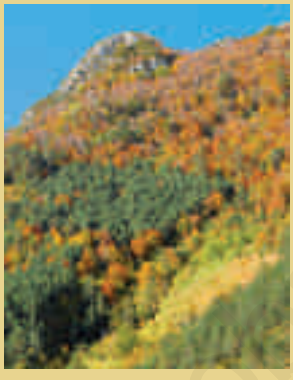
Localización. Polos Norte y Sur y zonas de alta montaña.

Clima. Temperatura anual media inferior a 0 °C. Precipitaciones muy escasas.

Vegetación. Inexistente.

Procesos de meteorización. Meteorización mecánica efectiva y química poco efectiva.

Agente geológico predominante. Glaciar.



Zona templada-húmeda

Localización. Zona comprendida entre los 60° y los 35° de latitud en ambos hemisferios.

Clima. Temperaturas cálidas en verano y frías en invierno. Presenta abundantes precipitaciones.

Vegetación. Abundante. Bosques.

Procesos de meteorización. Meteorización mecánica y química muy efectivas.

Agente geológico predominante. Fluvial. Torrencial (poco efectivo).

Zona tropical

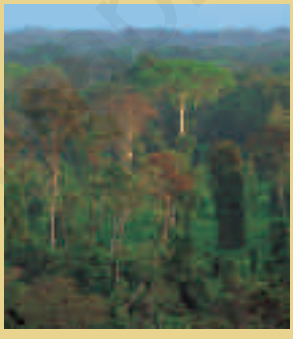
Localización. Zona comprendida entre los 35° y los 15° de latitud en ambos hemisferios.

Clima. Temperaturas elevadas todo el año con precipitaciones muy escasas.

Vegetación. Muy escasa. Desiertos.

Procesos de meteorización. Meteorización mecánica efectiva y química muy poco efectiva.

Agente geológico predominante. Torrencial (muy efectivo). Eólico.



Zona ecuatorial

Localización. Zona comprendida entre los 15° de latitud norte y los 15° de latitud sur.

Clima. Temperaturas elevadas todo el año con abundantes precipitaciones. En ocasiones hay una estación seca y otra lluviosa.

Vegetación. Muy abundante. Selvas.

Procesos de meteorización. Meteorización mecánica y química muy efectivas.

Agente geológico predominante. Fluvial.

Agentes geológicos azonales

Los agentes geológicos cuya acción no depende de las zonas climáticas se clasifican como **azonales.**

- **El agente geológico cárstico** produce su modelado sobre rocas solubles. Incluso en zonas áridas y semidesérticas, donde el agua es muy escasa, puede desarrollarse un modelado cárstico si hay aguas subterráneas.
- **El agente geológico marino** actúa en las costas, independientemente de la zona climática de la que se trate. Los resultados de la actividad del mar en la costa están influidos por factores como la litología, la estructura de los materiales y la tectónica, que producirán un tipo u otro de costa.

ACTIVIDADES

15. Aunque el agente geológico marino se clasifica como azonal, en muchas costas del continente antártico, aunque sean acantiladas, no se produce erosión por el oleaje. ¿Qué impide actuar a este agente en estos lugares?

www.yoquieroaprobar.es

Ciencia en tus manos

Reelaboración de un depósito torrencial por el oleaje

La manipulación de un modelo a escala para reproducir la acción de los agentes geológicos permite comprender su funcionamiento y facilita la interpretación de lo que encontramos en el campo.

Vamos a reproducir en el laboratorio la forma en que el agente geológico litoral reelabora los materiales de un depósito torrencial.

1. **Preparamos el material.** Necesitamos una bandeja grande de plástico, una fiambrera de plástico, arena, barro, piedras de diferentes tamaños, y una espátula o pala pequeña para producir el oleaje.

2. **Preparamos un depósito torrencial.** Ponemos en la fiambrera una lámina de plástico y la llenamos con una mezcla de arena, barro y piedras de diferentes tamaños. La mezcla debe tener la proporción adecuada de barro para que no se deshaga con facilidad, pero que el oleaje pueda erosionarla. Las piedras simulan los bloques de todos los tamaños que se acumulan en el cono de deyección de un torrente.

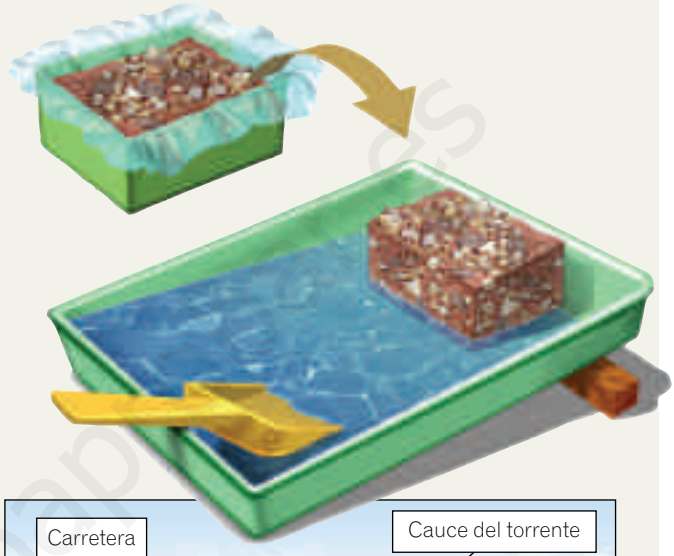
A continuación volcamos la fiambrera, poniendo la mezcla en un extremo de la bandeja de plástico.

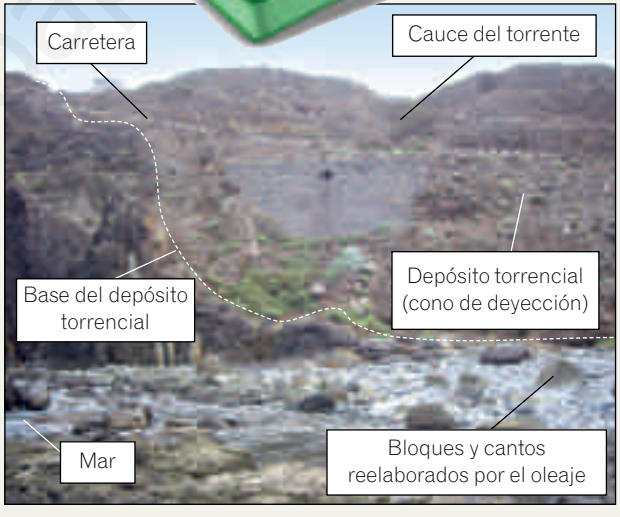
3. **Simulamos la acción del oleaje.** Inclinamos la bandeja poniendo una madera u otro objeto bajo el extremo en el que está nuestro depósito torrencial.

Ponemos agua de forma que moje la mezcla, y con la espátula comenzamos a producir un oleaje dirigido hacia el depósito torrencial.

A los pocos minutos el bloque se empezará a desmoronar. El agua se va enturbiando con el barro, y la arena va siendo transportada hacia la parte profunda de la bandeja. Junto al depósito torrencial se van acumulando los bloques y cantos.

4. **Interpretamos el resultado.** El oleaje produce un lavado del depósito torrencial, evacuando los materiales más finos y favoreciendo la acumulación de los cantos y bloques en la línea de costa.





ACTIVIDADES

16. ¿Qué significa que el oleaje realiza un lavado de los materiales del depósito torrencial?

17. Las avenidas torrenciales que arrastran materiales muy gruesos ocurren cada muchos años. ¿Te parece que la canalización del torrente de la fotografía es suficiente para evacuarlos cuando se produzca la siguiente?

18. La arena que el oleaje acumula en las playas es reelaborada en muchos casos por el viento. ¿Qué depósitos característicos forma el viento? ¿Qué tipo de selección o «lavado» realiza el viento sobre los materiales depositados por el oleaje?

19. ¿Qué ha ocurrido con la arena y con el barro en nuestro modelo? Si dejamos reposar la bandeja durante varias horas, ¿cómo se habrán depositado finalmente los sedimentos?

20. ¿Realiza el agente torrencial una selección por tamaños de los materiales? ¿Y el oleaje?

www.yoquieroaprobar.es

Actividades

21. ● **Explica cuál es la diferencia entre relieve y paisaje.** Cuando contemplamos la naturaleza, lo que percibimos habitualmente ¿es el relieve o el paisaje?

22. ● **Cita tres ejemplos de relieves antrópicos, y explica cuál es la finalidad de esas formas de relieve.**

23. ● **¿Qué son los rifts?** ¿Por qué suelen estar ocupados por grandes ríos o incluso por el mar?

24. ●● **Las plataformas continentales y las llanuras abisales son zonas de relieve plano que se encuentran bajo el agua, pero tienen importantes diferencias.** Indica a cuál de ambos relieves pertenece cada una de estas características y sitúala en la tabla-resumen:

- Forma parte de la corteza oceánica.
- Forma parte de la corteza continental.
- Constituida fundamentalmente por granito.
- Constituida fundamentalmente por basalto.
- Su profundidad media es de 4 500 metros.
- Su profundidad media es de unos 100 metros.
- Vida abundante; ecosistemas completos, pues llega la luz y abundan las algas.
- Vida escasa; no llega la luz y no hay organismos productores.

	Tipo de corteza	Tipo de roca que la forma	Profundidad media	Ecosistemas
Plataforma continental				
Llanura abisal				

25. ●● **Si hiciéramos un sondeo en el fondo del mar Báltico hallaríamos un gran espesor de sedimentos, pero ¿qué encontraríamos bajo ellos: granito o basalto?** Razona tu respuesta.

26. ● **Explica la diferencia entre los conceptos de meteorización y erosión.** ¿Cuál de ambos produce resultados más apreciables sobre el paisaje?

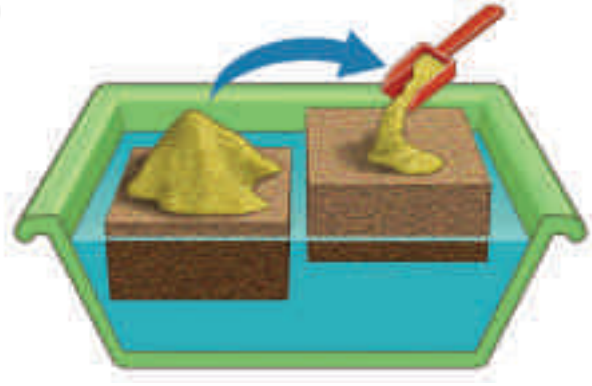
27. ● **¿Se puede considerar que están definitivamente sedimentados los clastos que han quedado acumulados a mitad de una ladera tras ser transportados por las aguas salvajes después de una tormenta?** Explica tu respuesta haciendo referencia al proceso de sedimentación en las cuencas sedimentarias.

28. ● **Las rocas como el granito nos parecen extremadamente rígidas, pero pueden experimentar variaciones de volumen al encontrarse en la superficie terrestre.** ¿En qué sentido cambian su volumen: se expanden o se contraen? ¿Por qué? ¿Qué proceso geológico se produce en el granito como consecuencia de ese cambio de volumen?

29. ●●● **El granito presenta a menudo en su superficie manchas de óxido de origen natural.** ¿Qué proceso es el que tiene como resultado esa oxidación? ¿Qué minerales componentes del granito lo experimentan con facilidad?

30. ● **Explica por qué la erosión produce un levantamiento de los relieves a la vez que provoca su destrucción.** ¿No son contradictorios estos dos fenómenos? ¿Cuál de ambos es el que finalmente se impone?

31. ●● **Imagina que tienes el dispositivo de la figura, formado por dos balsas de corcho flotando en el agua. Una tiene un montón de arena y la otra no. Con una cucharilla vas tomando la arena de la primera y llevándola a la segunda.**



¿Cómo reacciona la primera balsa a medida que le quitas peso? ¿Y la segunda a medida que se lo añades? ¿Qué procesos geológicos estás representando? ¿Qué zonas de la superficie terrestre relacionadas con la erosión y la sedimentación representa cada una de las balsas?

32. ● **¿Se podrían distinguir fácilmente los materiales arenosos depositados por un río de los depositados por un torrente en su cono de deyección?** ¿Cómo?

33. ●● **Observa la fotografía.** ¿Qué agente geológico ha producido este valle? ¿Cómo podríamos comprobar que ese agente geológico es el que lo ha elaborado, si ya no está allí?

www.yoquieroaprobar.es

34. ●● Observa la roca de la fotografía: es un bloque de granito situado cerca de la costa Estoniana del mar Báltico. Procede de una cordillera situada en la península de Escandinavia, a más de 500 km de distancia. ¿Cómo ha llegado hasta allí?

35. ●● Atravesando la lengua de un glaciar se clavaron unas largas estacas verticales. Al cabo de diez años, las estacas habían cambiado de posición.

a) ¿Qué demuestra el hecho de que las estacas hayan cambiado de posición?

b) ¿Por qué avanzaron más las estacas del centro?

UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

Los desiertos

Los grandes desiertos se sitúan en las zonas climáticas tropicales, por lo que se consideran **sistemas morfoclimáticos**; sin embargo, hay algunos desiertos que están situados en latitudes templadas, como el desierto del Tíbet o el desierto de Thar, al noroeste de la India. Estos desiertos se forman al pie de grandes relieves; el viento húmedo procedente de la India, al remontar el Himalaya pierde toda su humedad en forma de lluvia, y cuando baja por el lado opuesto de la cordillera es un viento seco que da lugar a un desierto.

Estos desiertos se clasifican como **azonales**, ya que su origen no está relacionado con una zona climática.

42. ● Copia el dibujo esquemático, indicando qué significan las flechas azul y naranja, y por qué se producen las precipitaciones en el lugar señalado. Indica cuáles son las vertientes de barlovento y de sotavento del relieve.

43. ● Este modelo solo se cumple si el viento que remonta el relieve procede del océano. Si viene de recorrer un continente, no hay zona de lluvias en el barlovento del relieve. ¿Por qué?

36. ● Explica la diferencias entre un estuario y una playa.

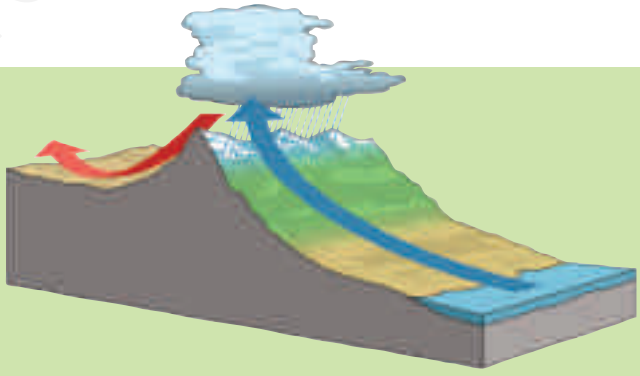
37. ● ¿Qué forma de relieve se origina cuando un río está elaborando un valle de fondo plano pero el terreno se levanta y el río se encaja de nuevo, repitiéndose este proceso varias veces?

38. ● Explica las diferencias que hay entre un arroyo o torrente, un río y una rambla.

39. ● ¿Por qué es desaconsejable levantar una construcción justo al borde de un acantilado contra el que rompen las olas? ¿Qué riesgo presenta esa zona?

40. ● ¿Qué tipo de forma de modelado se aprecia en la fotografía? ¿Qué agente geológico la ha producido y mediante qué proceso?

41. ● Una gran parte de los ríos españoles, como el Ebro, el Segura, el Tajo y muchos otros, circulan a lo largo de fallas en gran parte de su recorrido. ¿Esto es casualidad o tiene una explicación?



44. ● Cita un sistema morfoclimático zonal y explica qué significa el calificativo de zonal.

45. ● El Kilimanjaro es un volcán de 5 202 m de altitud situado prácticamente sobre la línea del ecuador, y su cumbre está cubierta por un glaciar. ¿Por qué se puede considerar que es un glaciar azonal? ¿Qué factor o factores hacen posible que haya un glaciar en el ecuador?

46. ●● Teniendo en cuenta que los vientos dominantes en la Península Ibérica son del oeste, especialmente en las situaciones de borrascas, explica por qué la zona de Extremadura es en general mucho más húmeda que la zona de Levante. Haz un esquema explicativo semejante al de arriba.

www.yoquieroaprobar.es

Resumen

EL RELIEVE TERRESTRE

El relieve forma parte del paisaje, junto con los elementos bióticos, antrópicos y las apreciaciones subjetivas del observador.

Composición

Está compuesto por formas del relieve: montañas, valles, cerros, etc., que pueden clasificarse:

- Descriptivamente. Haciendo alusión a su aspecto, tamaño y otras propiedades.
- Interpretativamente. Haciendo alusión al proceso que las ha originado.

Pueden ser:

- Relieves continentales. Están situados sobre corteza continental.
  Los principales son:
  - Penillanuras.
  - Cordilleras.
  - Rifts.
  - Plataformas continentales.
  - Taludes continentales.
- Relieves oceánicos. Están situados sobre corteza oceánica.
  Los principales son:
  - Llanuras abisales.
  - Dorsales oceánicas.
  - Relieves volcánicos aislados.
  - Fosas oceánicas.
  - Arcos de islas.

Modificación

El relieve está modificado por procesos externos:

- Meteorización: rotura mecánica de las rocas y alteración química de sus minerales.
- Erosión: evacuación de los detritos y modelado característico del paisaje.
- Transporte: traslado de materiales a las cuencas sedimentarias. Redistribución de la masa de los continentes.
- Sedimentación: acumulación en capas, formación de estructuras sedimentarias.

Modelado

El modelado del relieve se realiza por agentes geológicos como:

- Fluvial: los ríos.
- Torrencial: los arroyos y las aguas salvajes.
- Eólico: el viento.
- Marino: el oleaje de las costas.
- Glaciar: las masas de hielo.
- Cárstico: las aguas que disuelven las rocas.

Está influido por factores:

- Climáticos.
- Litológicos.
- Tectónicos.
- Antrópicos.

www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

47. ¿Las islas Canarias son un relieve continental u oceánico? Explica tu respuesta.

48. Añade en tu cuaderno el tercer tipo de meteorización y explica en qué consiste.

49. Redacta en tu cuaderno un resumen con las formas de transporte, e ilústralo con dibujos esquemáticos.

50. Define en tu cuaderno y pon un ejemplo de los términos «sistema morfoclimático» y agente «geológico azonal».

El país de la tierra amarilla

El norte de China recibe a veces el nombre de «País de la Tierra Amarilla» debido al color amarillento de la profunda capa de fino cieno de tierra caliza llamado loess que lo cubre en su mayor parte. El río que lo recorre y recoge las aguas de la mayor parte del norte de China ha adquirido el mismo color, y por ello es llamado el río Huang (Amarillo). El amarillo ha sido designado a menudo como el color imperial, y un relato (ahora invalidado) de los orígenes de la civilización china se refiere a los chinos como «hijos de la Tierra Amarilla», aludiendo a sus supuestos orígenes en el país del loess, no al color de su piel.

[…]

La capa del loess es muy profunda –hasta 200 metros en algunas zonas, y recubre la mayor parte de las regiones montañosas–, y su estructura suelta significa que constantemente ascienden nuevos nutrientes a la superficie, lo cual los hace virtualmente inagotables. Su principal desventaja es que el viento y el agua la erosionan fácilmente, incluso en las laderas más suaves. Al mismo tiempo es muy fácil de trabajar, y durante mucho tiempo las moradas se crearon haciendo túneles en las laderas de las montañas para formar relativamente espaciosas cuevas cálidas en invierno y frescas en verano. La resquebrajadura vertical del loess hace esto practicable, pero puede exponer a sus ocupantes a catástrofes en caso de terremotos, que son lamentablemente comunes en el noroeste de China.

[…]

Se cree que los loess fueron originalmente depositados (como en el norte de Alemania, donde se originó el término) por los fuertes vientos que soplaron de las capas de hielo en retirada que en su tiempo cubrieron el norte de Eurasia. Los vientos recogieron los finos sedimentos de la llanura glaciar y los fueron dejando caer progresivamente sobre una zona muy grande al sudeste y al este. Esto, junto con las bajas precipitaciones, debió desalentar presumiblemente el crecimiento del bosque. A lo largo de los siguientes milenios, el Huang y sus tributarios se fueron cargando masivamente con los cienos de los materiales arrastrados de las laderas de la divisoria de aguas, desprotegidas por la falta de árboles, y adquiriendo su color amarillo.

RHOADS MURPHEY,
Cunas de la Civilización. China
Ediciones Folio, S.A.

COMPRENDO LO QUE LEO

51. ¿Qué característica hace que los nutrientes de los loess salgan al exterior?

52. ¿Cómo se originaron los loess en China?

53. ¿Por qué el texto se titula *El país de la tierra amarilla*?

54. ¿Cómo podría haber sido el río Huang si hubiera crecido el bosque en sus orillas?

55. En el texto se describen hechos y también se aventuran hipótesis para explicar hechos. Escribe dos hechos y dos hipótesis. ¿Cómo has llegado a la conclusión de que unos son hechos y otros hipótesis?

NO TE LO PIERDAS

Libros y artículos:

El relieve de la Tierra
EDUARDO MARTÍNEZ DE PISÓN. Ed. Salvat, Temas Clave, n.º 75
Desarrolla, con esquemas y gráficos muy claros, las formas constitutivas del relieve terrestre.

Geología, procesos externos
F. ANGUITA y F. MORENO, Ed. Luis Vives (Colección Edelvives Universidad/Formación de Profesores)
Desarrolla los problemas que aparecen en los límites de la atmósfera con la hidrosfera y con la tierra sólida.

En la pantalla:

La máquina del tiempo. BBC, producida por Adam Smith, narrada por David Attenborough. Expone algunas fuerzas que han podido causarlas transformaciones que ha sufrido la Tierra.

En la red:

photojournal.jpl.nasa.gov/targetFamily/Earth?start=330
Imágenes de la superficie terrestre obtenidas por diversas técnicas. Aparecen deltas, costas, cordilleras, volcanes.

8

Estructura y dinámica de la Tierra

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Comprenderás el ciclo de las rocas, sus procesos y la escala de tiempo a la que ocurren.
- Estudiarás la estructura de la Tierra.
- Averiguarás qué son las discontinuidades sísmicas.
- Entenderás qué es la litosfera, y qué procesos la originan y la destruyen.
- Diferenciarás las teorías fijistas y movilistas sobre el origen de los relieves.
- Conocerás los fundamentos de la teoría de la tectónica de placas.
- Sabrás cuál es el origen de los relieves, de los terremotos y de los volcanes.
- Reproducirás la reconstrucción de Pangea.

Iglesia de San Juan de Parangaricutiro, cuya torre sobresale del campo de lava.

«A las cuatro de la tarde […] noté que una grieta, que se encontraba en uno de los corrales de mi granja, se había abierto y vi que era una clase de grieta que tenía una profundidad solamente de la mitad de un metro. Me fijé alrededor […] cuando sentí un trueno, los árboles temblaban […]. Fue entonces que vi cómo en el agujero, la tierra se hinchó y se levantó dos o dos y medio metros de alto y una clase de humo o de polvo fino, gris como las cenizas, comenzó a levantarse para arriba en una porción de la grieta que no había visto previamente. Más humo comenzó inmediatamente a levantarse con un chiflido ruidosamente y continuo, y había un olor de azufre.»

Dionisio Pulido, un agricultor del pueblo de Paricutín, en México, describe así el comienzo de la erupción volcánica en su campo de maíz el día 20 de febrero de 1943. A finales de ese año, el volcán Paricutín tenía ya una altura de 336 metros y la lava había sepultado cinco pueblos de los alrededores.

En 1952 la actividad volcánica cesó tan bruscamente como había comenzado nueve años antes. El cono volcánico había alcanzado una altura de 424 metros y había cubierto de lava una extensión de 25 kilómetros cuadrados.

RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿Recuerdas qué procesos realizan los agentes geológicos y qué resultados producen sobre el relieve?
2. ¿Qué edad tiene la Tierra? ¿Y el Sistema Solar?
3. ¿Se mueven los continentes o han estado siempre en las mismas posiciones que ocupan actualmente?
4. ¿Cuáles son las tres capas concéntricas en que está estructurado nuestro planeta?
5. ¿Qué es la litosfera? ¿Es lo mismo que la corteza?
6. El volcán Paricutín levantó su edificio volcánico de cientos de metros de altitud en tan solo unos meses. ¿Todos los relieves se forman tan rápidamente?

Busca la respuesta

¿Realmente se separan los continentes americano y europeo? ¿Cómo se puede saber? ¿A qué velocidad lo hacen?

cienciaparatodos.es

James Hutton fue el primer geólogo que dedujo que la Tierra tenía millones de años de antigüedad.

1 El tiempo y los procesos geológicos

A mediados del siglo XVIII, las ideas más aceptadas sobre el origen de la Tierra eran las que describe el relato del Génesis en la Biblia, según el cual, el mundo había sido creado unos 6 000 años antes de Cristo, y desde su creación mantenía un aspecto prácticamente inmutable.

James Hutton y el tiempo geológico

El geólogo **James Hutton** observaba, sin embargo, algo muy distinto a un relieve inmutable. Cada año, el río que pasaba cerca de su ciudad se desbordaba y dejaba una fina capa de arena y arcilla sobre la llanura de inundación.

Hutton podía ver las sucesivas láminas de sedimentos que el río había acumulado durante muchos años y dedujo acertadamente que la arena y la arcilla procedían del desgaste de las montañas.

Sus observaciones le resultaron aún más chocantes cuando vio que las montañas, en muchos casos, estaban formadas por materiales apilados en capas sucesivas, muy parecidas a aquellas que él había visto formarse por el desbordamiento del río. Al parecer, había dos procesos contrapuestos en la Tierra, uno que tendía a desgastar las montañas y a acumular los restos en capas de sedimentos, y otro que era capaz de plegar las capas de sedimentos hasta formar cadenas de montañas.

Sin embargo, aquellos procesos actuaban muy lentamente. Hutton fue el primero que empezó a pensar que la edad de nuestro planeta debía medirse en **millones de años**. En su libro *Teoría de la Tierra*, publicado en 1795, apenas dos años antes de su muerte, afirmaba que en la historia de la Tierra «no encontramos vestigios de un comienzo ni perspectivas de un final».

Hutton introdujo la noción de los millones de años del **tiempo geológico** para explicar que procesos muy lentos, como la erosión, pudieran lograr resultados de gran magnitud.

ACTIVIDADES

1. ¿Por qué a Hutton le parecía que la existencia de rocas formadas por sedimentos fluviales era incompatible con la idea de una Tierra inmutable y de pocos miles de años de edad?
2. ¿Qué significa que un proceso lento consigue resultados de gran magnitud?

Sedimentos depositados por un arroyo en la actualidad, procedentes de la erosión de un relieve.

Rocas sedimentarias en el Pirineo. Los sedimentos se han transformado en rocas que han sido plegadas.

2 El ciclo de las rocas

Hutton estaba en lo cierto al suponer que los sedimentos se transformaban en rocas y que estas eran de nuevo convertidas en sedimentos por los agentes geológicos. Este proceso cíclico se desarrolla en dos escenarios diferentes:

- **En la superficie terrestre.** Aquí tiene lugar la meteorización de las rocas y su transformación en sedimentos, transportados por los agentes geológicos y acumulados en las cuencas sedimentarias.
- **En el interior de la corteza terrestre.** Aquí los materiales se encuentran sometidos a altas presiones y temperaturas, los sedimentos se transforman en rocas que pueden plegarse, cambiar su aspecto y composición, o incluso fundirse.

El **plegamiento** de las rocas y el **vulcanismo** forman **relieves**, llevan los materiales hacia la superficie terrestre. La acumulación de sedimentos en **cuencas sedimentarias**, que presentan **subsidencia**, lleva los materiales hasta el interior de la corteza.

El interior de la corteza

En el interior de la corteza terrestre hay tres factores que producen modificaciones en los materiales:

- **La presión.** Debida al peso de las rocas, aumenta rápidamente con la profundidad. A 12 km de profundidad supera las 3 000 atmósferas.
- **La temperatura.** También aumenta con la profundidad, en unos 3 °C por cada 100 metros. Aunque este valor presenta variaciones, en la base de la corteza se alcanzan temperaturas próximas a los 1 000 °C.
- **Los esfuerzos de compresión y distensión.** Producidos por los movimientos del manto, que comprimen y estiran los materiales de la corteza.

Los tres factores mencionados producen importantes cambios en los materiales que se encuentran en el interior de la corteza:

- **Diagénesis.** Es la transformación de los sedimentos en **rocas sedimentarias** debido a la presión y a la temperatura, que producen compactación y cementación de los componentes del sedimento.
- **Metamorfismo.** Es el conjunto de cambios que experimentan las rocas sometidas a altas presiones y temperaturas, sin llegar a fundirse. Se forman así las **rocas metamórficas**.
- **Magmatismo.** Es la fusión de las rocas formando un magma, cuya consolidación origina las **rocas magmáticas**.

ACTIVIDADES

3. ¿Qué procesos son los que llevan los materiales desde la superficie hacia el interior de la corteza y desde el interior de nuevo hacia la superficie? ¿En qué zonas actúan cada uno de ellos?

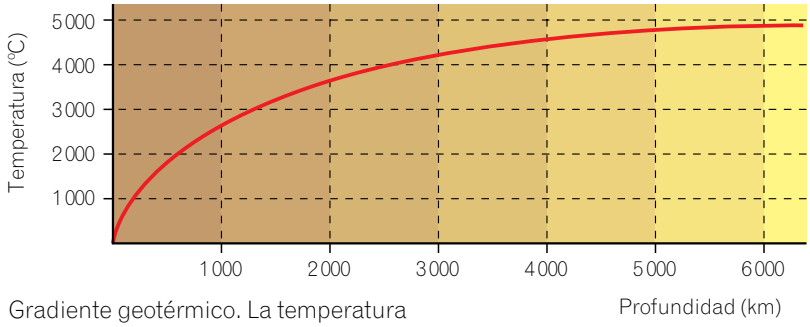
	Procesos	Descripción	Resultado
Superficie terrestre	Meteorización	Fragmentación de rocas y alteración química de sus minerales.	Detrito. Clastos sueltos.
	Erosión y transporte	Traslado de materiales por los agentes geológicos.	Sedimento con madurez textural y mineralógica creciente.
	Sedimentación	Acumulación de los sedimentos en capas superpuestas.	Formación de estratos, y hundimiento hacia el interior de la corteza.
Interior de la corteza	Diagénesis	Cementación y compactación de sedimentos.	Rocas sedimentarias.
	Metamorfismo	Cambios en la textura y minerales de las rocas sin que se produzca fusión.	Rocas metamórficas.
	Magmatismo	Fusión de las rocas y formación de magmas.	Rocas magmáticas.

El ciclo de las rocas es el conjunto de procesos que las modifican, las transforman en sedimentos y convierten estos de nuevo en rocas.

www.yoquieroaprobar.es

3 El gradiente geotérmico y el calor interno de la Tierra

El aumento de temperatura que se produce hacia el interior de la Tierra recibe el nombre de **gradiente geotérmico**.



Gradiente geotérmico. La temperatura aumenta rápidamente hasta alcanzar los 2 000 °C dentro del manto superior, y luego sigue haciéndolo con más lentitud, hasta aproximarse los 5 000 °C en el centro de la Tierra.

El valor medio de este gradiente es de unos 3 °C por cada cien metros de profundidad (30 °C por cada kilómetro de profundidad), hay zonas más frías donde el gradiente baja y zonas calientes donde aumenta.

El causante del gradiente geotérmico es el calor interno de la Tierra. En su mayor parte es calor residual procedente de hace más de 4 000 millones de años.

En aquella época el planeta estaba sometido a tres procesos que generaban grandes cantidades de calor:

- **Los impactos de meteoritos**, cuya energía cinética se transforma en energía térmica. Durante unos mil millones de años se produjo un intenso bombardeo de meteoritos, algunos del tamaño de pequeños planetas.
- **La desintegración de elementos radiactivos**, que produce partículas subatómicas como los electrones y los neutrones a altas velocidades. Estas, al chocar con los átomos de su alrededor, aumentan su energía térmica. En aquella época estos elementos radiactivos eran mucho más abundantes que en la actualidad.
- **La decantación de los materiales más densos**, principalmente el hierro, hacia el núcleo terrestre, comenzó cuando el planeta ya había empezado a fundirse, pero una vez iniciado produjo a su vez mucho más calor debido al rozamiento del hierro fundido al atravesar los materiales rocosos.

Erupción del volcán Pinatubo en Filipinas. La desgasificación de la Tierra continúa en la actualidad. Los gases emitidos por los volcanes aportan agua y gases al exterior.

Formación de capas

Los procesos descritos aumentaron tanto la temperatura de la Tierra que hace unos 4 500 millones de años nuestro planeta llegó a estar fundido casi por completo.

Al fundirse la Tierra, los materiales se ordenaron por densidades: el hierro formó el **núcleo**; flotando sobre él quedaron los materiales rocosos del **manto**, y sobre este empezó a formarse la **corteza** como una delgada capa de rocas poco densas.

Los gases desprendidos de las rocas fundidas fueron acumulándose sobre la superficie del planeta, y formaron la **atmósfera**. El vapor de agua se fue condensando y acabó formando los océanos y el resto de la **hidrosfera**.

Hoy día los volcanes activos continúan emitiendo grandes cantidades de gases y de vapor de agua, que pasan a engrosar el volumen de la atmósfera y de la hidrosfera.

Actualmente todavía hay procesos que generan calor, como la desintegración de elementos radiactivos, que sigue produciéndose aunque a un ritmo mucho más lento, o el rozamiento provocando por el movimiento de los materiales en el interior del manto y del núcleo, pero la Tierra es un planeta que se enfría lentamente.

ACTIVIDADES

4. ¿Por qué el calor producido por las desintegraciones de elementos radiactivos era mucho mayor hace 4 000 millones de años que en la actualidad?
5. ¿La cantidad de agua que forma la hidrosfera terrestre permanece constante o tiende a aumentar con el tiempo? Explica tu respuesta.

www.yoquieroaprobar.es

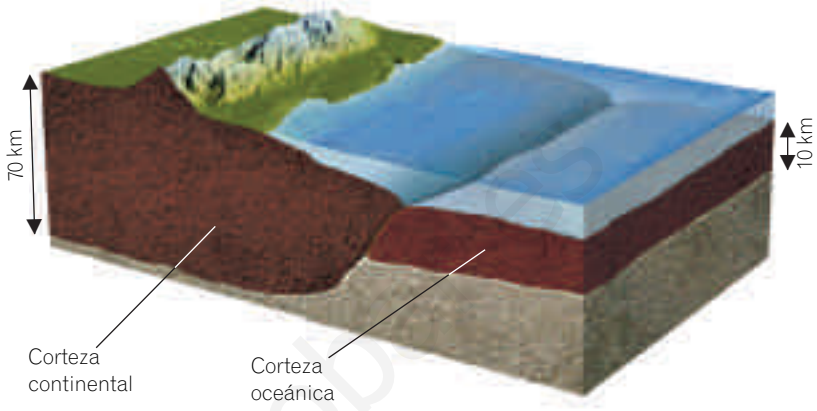
4 Composición y estructura de la Tierra

La Tierra presenta tres capas bien definidas: un **núcleo** metálico, un **manto** rocoso y una **corteza**, también rocosa y poco densa.

Corteza

La corteza es una capa rocosa delgada y sólida. Existen dos tipos muy diferentes:

- **Corteza continental.** Su grosor varía entre 30 y 70 km. Forma las masas continentales y está compuesta fundamentalmente por **granito**. En muchas zonas, su superficie aparece cubierta de un espesor variable de **rocas sedimentarias** y de **sedimentos** sin consolidar.
- **Corteza oceánica.** Su grosor es de unos 10 km. Forma los fondos de los océanos y está compuesta por **basalto** y **gabro**, rocas cuya densidad es un poco mayor que la del granito.

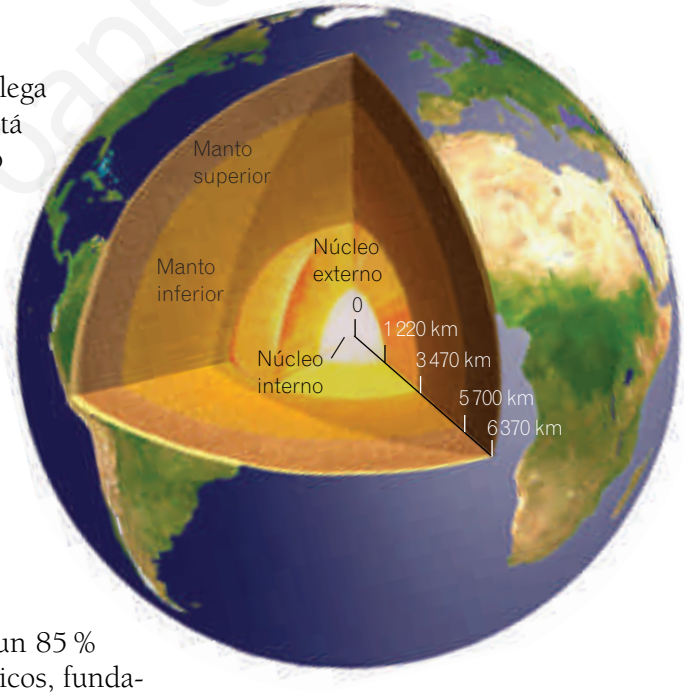


Manto

El manto es una capa rocosa situada bajo la corteza y que llega hasta la superficie del núcleo, a 2 900 km de profundidad. Está compuesto casi únicamente por **peridotita**, una roca cuyo principal mineral componente es el **olivino**. Tiene dos partes:

- **Manto superior.** Comprende desde la base de la corteza hasta los 670 km de profundidad.
- **Manto inferior.** Abarca desde los 670 km hasta la superficie del núcleo, a 2 900 km de profundidad.

A los 670 km de profundidad, la presión es suficiente para producir la compactación de los minerales de la peridotita, que adquiere así una densidad mayor, haciendo que el manto inferior sea más denso que el superior.



Núcleo

La composición del núcleo es metálica. Se calcula que tiene un 85 % de hierro, un 5 % de níquel y un 10 % de elementos no metálicos, fundamentalmente silicio, oxígeno y carbono. Esta es la composición de los meteoritos metálicos llamados **sideritos**.

El núcleo tiene dos partes con la misma composición pero con diferente estado físico:

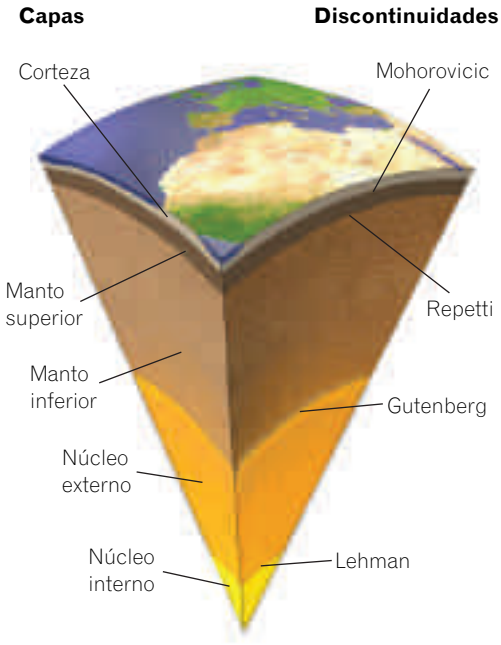
- **Núcleo externo.** Comprende desde los 2 900 km de profundidad, es decir, desde la base del manto, hasta los 5 150 km, y se encuentra en estado líquido. Su fluidez es similar a la del agua, y está agitado por violentas corrientes de convección. Estas corrientes son las que originan el **campo magnético** terrestre.
- **Núcleo interno.** Es una esfera de unos 1 220 km de radio, y se encuentra en estado sólido.

ACTIVIDADES

6. Busca en los *conceptos clave* el término «siderito» y explica qué interés tienen los sideritos para el estudio de la Tierra.

www.yoquieroaprobar.es

5 Las discontinuidades sísmicas. La litosfera



Las ondas sísmicas que se producen en un terremoto recorren el interior de la Tierra y se reciben en los sismógrafos de todo el mundo. Cuando las ondas sísmicas pasan de una capa de la Tierra a otra de diferentes características cambian su velocidad, su trayectoria se desvía, y parte de la onda se refleja.

Al analizar los registros de las ondas sísmicas, los sismólogos pueden localizar a qué profundidad se encuentran las separaciones entre las capas.

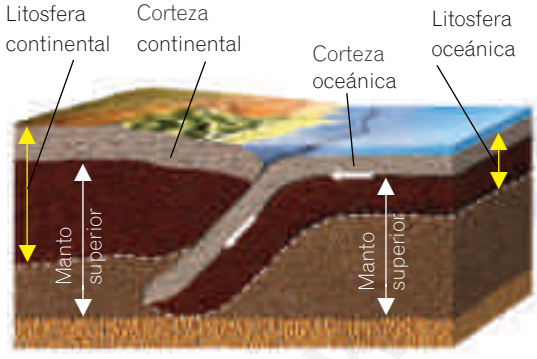
Debido a que estas superficies de separación se identifican y localizan gracias a los estudios sismológicos, reciben el nombre de **discontinuidades sísmicas**.

Se reconocen cuatro discontinuidades sísmicas, que llevan los nombres de sus descubridores:

- **Discontinuidad de Mohorovicic.** Se sitúa entre la corteza y el manto. Está a una profundidad variable, entre 30 y 70 km.
- **Discontinuidad de Repetti.** Separa el manto superior del inferior. Se localiza a 670 km de profundidad.
- **Discontinuidad de Gutenberg.** Separa el manto del núcleo externo. Está a 2 900 km de profundidad.
- **Discontinuidad de Lehman.** Separa el núcleo externo del núcleo interno. Se encuentra a 5 150 km de profundidad.

La litosfera

En el interior del manto superior hay otra discontinuidad que se encuentra a una profundidad muy variable. La parte del manto que queda sobre esta discontinuidad se halla unida a la corteza formando un conjunto rígido.



La parte más externa del manto superior está firmemente unida a la corteza formando un conjunto rígido, que recibe el nombre de litosfera.

Se distinguen dos clases de litosfera:

- **Litosfera continental.** Formada por corteza continental y parte del manto superior. Llega a tener un espesor de casi 300 km bajo las cadenas montañosas, mientras que en las zonas llanas continentales su grosor es de unos 100 km.
- **Litosfera oceánica.** Constituida por corteza oceánica y parte del manto superior. Su grosor es inferior a 100 km en las zonas más antiguas de los océanos, y de menos de 20 km en las zonas más jóvenes de los océanos.

El resto del manto superior situado bajo la litosfera, aunque también es sólido, está sometido a temperaturas y presiones tan altas que puede fluir lentamente como un líquido extremadamente viscoso, de forma parecida a como se mueve el hielo de los glaciares.

La litosfera, al ser arrastrada por esos movimientos del manto sublitosférico, se fragmenta en grandes bloques, llamados **placas litosféricas**.

ACTIVIDADES

7. Haz un dibujo esquemático de las capas de la Tierra indicando su composición y estado, y señalando las discontinuidades.

www.yoquieroaprobar.es

6 El origen de los relieves y el fijismo

Hutton intuía que el calor interno era el causante de que hubiera relieves en la Tierra. Esta intuición se vio confirmada en las erupciones volcánicas, como la del Paricutín en México. Estas erupciones levantan conos volcánicos de cientos de metros de altura en tan solo unos meses o unos años. Hutton pensaba en un proceso más lento, capaz de plegar las capas de sedimentos y apilarlas sobre sí mismas hasta levantarlas a miles de metros sobre el nivel del mar. Pero ¿cómo podía el calor interno de la Tierra causar ese levantamiento vertical?

A lo largo del siglo XIX y principios del XX se desarrollaron varias teorías que trataban de explicar el origen de las cordilleras y el plegamiento de los estratos, partiendo de la base de que los continentes y los océanos habían ocupado las mismas posiciones desde el origen de la Tierra.

Algunas aludían a los relatos bíblicos, atribuyendo al diluvio universal el aspecto de algunos relieves, o la presencia de fósiles marinos en las montañas; otras suponían que la Tierra se había ido contrayendo al enfriarse, y que los relieves eran las arrugas que tal contracción había causado en la corteza.

Estas teorías recibieron el nombre de **teorías fijistas**, ya que tenían en común la suposición de que los continentes habían permanecido siempre fijos en las mismas posiciones que ocupaban en la actualidad.

El vulcanismo puede formar relieves rápidamente, como la isla de Surtsey, en Islandia, formada en una erupción volcánica en 1963.

Wegener y el comienzo del movilismo

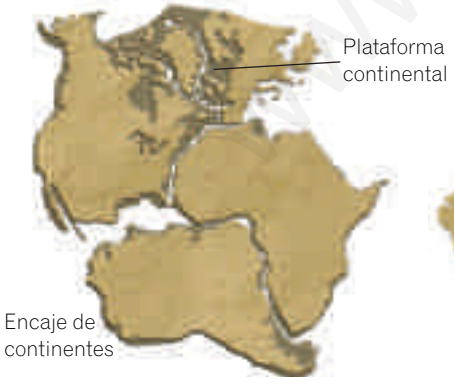
En 1912 el meteorólogo **Alfred Wegener** propuso una teoría revolucionaria. En su libro *El origen de los continentes y océanos* afirmaba que los continentes podían desplazarse, y que hacía 300 millones de años habían estado unidos formando una masa continental única a la que llamó **Pangea**.

Wegener aportó pruebas muy sólidas para defender su teoría, pero la idea de que los continentes pudieran desplazarse era demasiado increíble. Wegener pensaba que los continentes se movían resbalando sobre los fondos oceánicos, pero no podía explicar qué fuerza era capaz de empujarlos, aunque aludió a la rotación terrestre como una posible causa. A pesar de la validez de sus pruebas, su teoría de la **deriva continental** cayó en el descrédito.

ACTIVIDADES

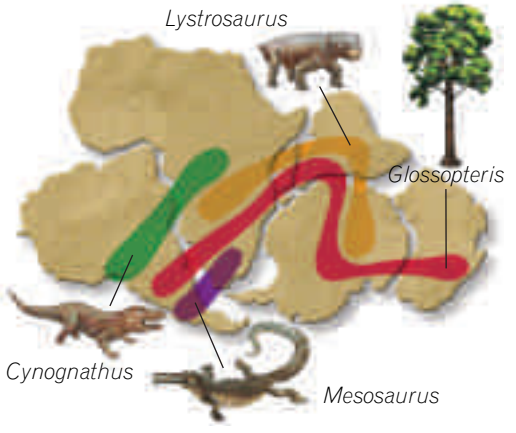
8. ¿Qué son las teorías fijistas? ¿Qué proceso invocaban algunas de estas teorías para explicar el plegamiento de las rocas y la formación de los relieves?

9. Haz un resumen en tu cuaderno con las pruebas que aportó Wegener para demostrar que los continentes se habían movido.



El encaje de los perfiles de los continentes había sido observado y mencionado por otros autores, como Alexander von Humboldt, a principios del siglo XIX, o Frank Taylor, en 1910.

Las huellas de la erosión del hielo de hace 300 millones de años parecían caóticas, pero cobraban sentido si se suponía que en esa época los continentes estaban juntos y cubiertos por un casquete de hielo.



Se encontraban fósiles iguales en continentes diferentes, lo que no podía explicarse a menos que los continentes hubieran estado en contacto sin ningún océano de separación.

www.yoquieroaprobar.es

7 Los movimientos verticales. La isostasia

El libro publicado por Wegener en 1912 no causó mucho impacto entre los geólogos.

Las teorías fijistas estaban en pleno desarrollo, el movimiento de los continentes parecía totalmente innecesario para explicar el origen de las montañas, todavía había científicos que intentaban encajar la historia de la Tierra en los pocos miles de años que abarcaba el relato bíblico, y muchos seguían atribuyendo al diluvio universal el origen de algunas formaciones geológicas de arenas y conglomerados.

Sin embargo, los movimientos verticales de la corteza sí necesitaban una explicación. Cada vez era más evidente que los fósiles que había en las montañas procedían de las profundidades marinas, y el enorme espesor de las series de estratos en las cordilleras indicaba que se habían depositado en una cuenca cuyo fondo se hundía a medida que se acumulaban las capas de sedimentos.

La astenosfera. Propuesta de una nueva capa

En 1914 el geólogo **Joseph Barrell** sugirió que en el interior del manto, a unos 100 km de profundidad, habría una zona en la que las altas temperaturas harían que los materiales perdieran gran parte de su rigidez y se comportaran plásticamente. Llamó a esta capa **astenosfera**, que significa «capa débil».

La astenosfera permitiría que el fondo de las cuencas se hundiera debido al peso de los sedimentos que se acumulaban, y que los relieves se levantaran a medida que la erosión les iba quitando peso. Este proceso correspondía a la **isostasia**.

Los desplazamientos verticales debidos a la isostasia son en algunos casos muy llamativos. Por ejemplo, la península de Escandinavia se ha levantado varias decenas de metros desde que hace 10 000 años desapareciera el casquete de hielo que la recubría; actualmente continúa su levantamiento a una velocidad de entre 1 y 10 mm/año, según las zonas.

ACTIVIDADES

10. ¿Quién propuso la existencia de la astenosfera? ¿Dónde estaría situada esta capa? ¿Por qué pensaba este autor que era necesaria esta capa?

11. Busca en los *conceptos clave* el significado de «isostasia». Explica un ejemplo que muestre el movimiento de ascenso de la corteza, y otro que muestre el movimiento de hundimiento o subsidencia.

Las series sedimentarias con grandes espesores se explican por el hundimiento del fondo de la cuenca a la misma velocidad a la que se acumulaban los sedimentos.

Las terrazas son superficies prácticamente horizontales, que quedan levantadas cuando el río se encaja en su cauce. Este encaje es una consecuencia del levantamiento continental.

La llanura que se observa sobre el acantilado recibe el nombre de rasa costera, y fue elaborada por la erosión del oleaje antes de que el continente se levantara.

Los relieves como los Alpes continúan levantándose unos milímetros cada año debido a que la erosión les quita peso y produce su ascenso por isostasia.

www.yoquieroaprobar.es

8 El desarrollo del movilismo

Durante la Segunda Guerra Mundial se desarrolló intensamente la tecnología del **SONAR**, que permitió elaborar detallados mapas de los **fondos oceánicos.**

El aspecto del fondo del océano era radicalmente distinto de lo que se suponía. No era una llanura tapizada por una gruesa capa de sedimentos acumulados a lo largo de millones de años, sino que tenía relieves y profundas grietas, estaba recorrido por una **cordillera** de más de 2 000 m de altitud y de miles de kilómetros de longitud, y las zonas llanas tenían muy pocos sedimentos. Aquella imagen del fondo de los océanos hizo que el fijismo resultara insostenible.

A lo largo de la década de 1950 se desarrollaron diversas campañas para la recogida de muestras de los fondos oceánicos y para completar los mapas con su topografía. Paralelamente, la informática tuvo un gran desarrollo, y los ordenadores permitieron un tratamiento más eficaz de los datos.

El análisis de las muestras puso de manifiesto que en los fondos oceánicos de todo el mundo no se encontraba ninguna roca de más de 185 millones de años de antigüedad.

Los argumentos aportados por Wegener empezaron a tomar protagonismo. Su propuesta de que los continentes actuales eran el resultado de la fragmentación de **Pangea**, ya no resultaba tan inaceptable como 25 años antes.

Vista aérea de las islas Canarias. La isla de Tenerife es un gigantesco volcán que se alza más de 7 000 m sobre el fondo oceánico. Su edad no supera los 70 millones de años.

Entre 1945 y 1960 la abundante información recopilada sobre los fondos oceánicos hizo que las teorías fijistas quedaran desacreditadas y se empezara a aceptar la movilidad de los continentes.

www.yoquieroaprobar.es

EN PROFUNDIDAD

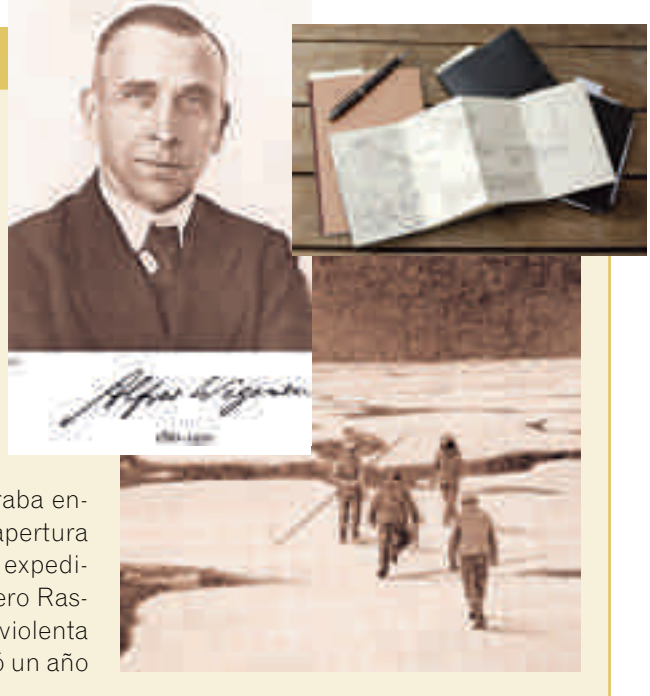
Wegener y la defensa del movilismo

En 1926 se celebró un congreso al que acudieron geólogos de todo el mundo. El geólogo Frank Taylor expuso su hipótesis acerca de que el origen del Himalaya y otras cordilleras era un resultado del movimiento y la colisión de fragmentos de la corteza. Wegener presentó sus ideas sobre la deriva continental. Eran los dos únicos defensores del movilismo, y sus propuestas fueron rechazadas por el resto.

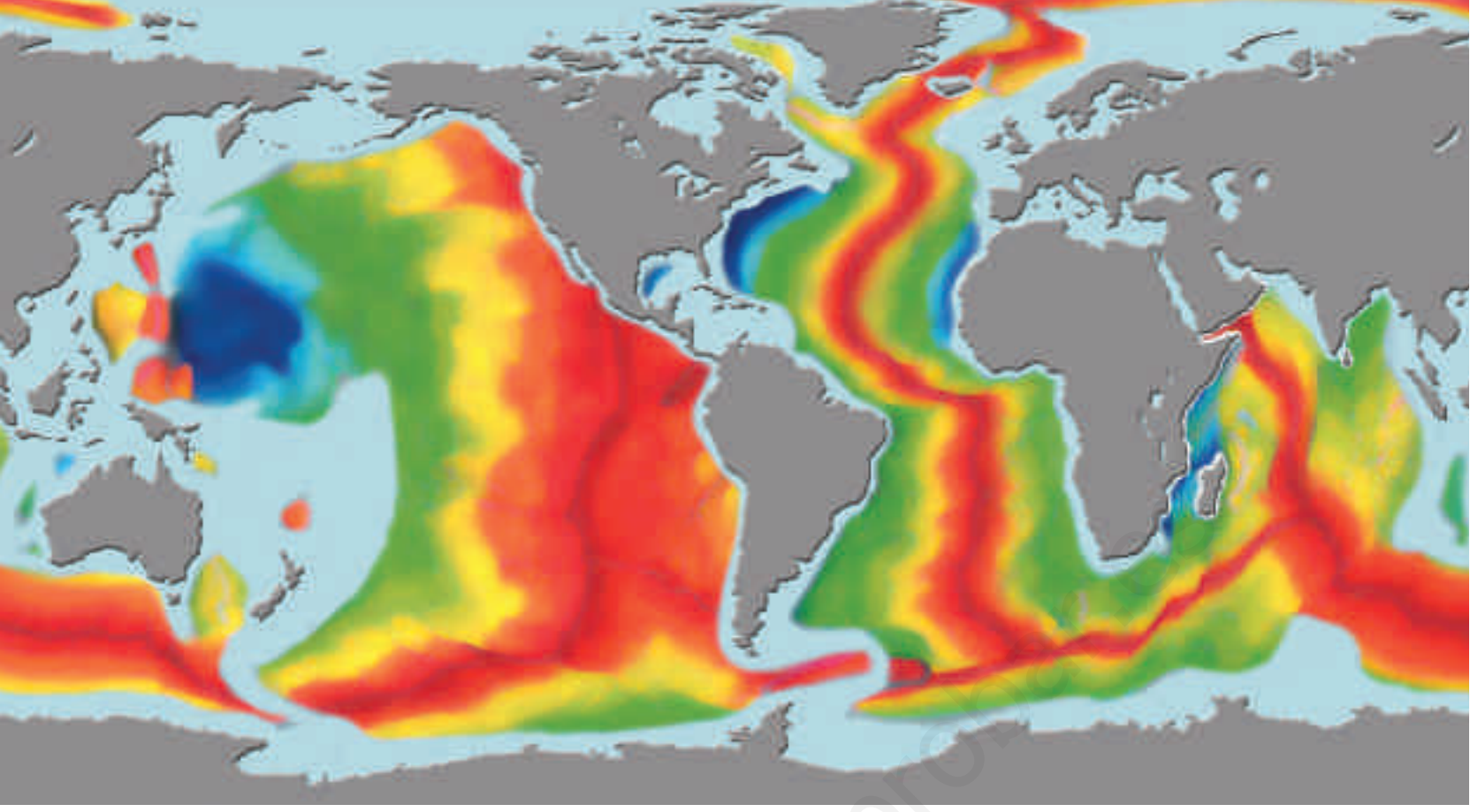
En 1929 el geofísico Arthur Holmes dedujo que el manto presentaba **corrientes de convección**. Aquello brindaba un punto de apoyo al movilismo.

En 1930 Wegener dirigió una expedición a Groenlandia, donde esperaba encontrar pruebas de que actualmente continuaba el movimiento de apertura del océano Atlántico. En el mes de noviembre unos miembros de la expedición quedaron aislados. Cuando Wegener se dirigía con su compañero Rasmus Willumsen a llevarles provisiones, fueron sorprendidos por una violenta tormenta y ambos desaparecieron. El cuerpo de Wegener se recuperó un año más tarde.

¿Cuál crees que era el principal argumento en contra de la teoría de Wegener?



Alfred Wegener en la expedición a Groenlandia.

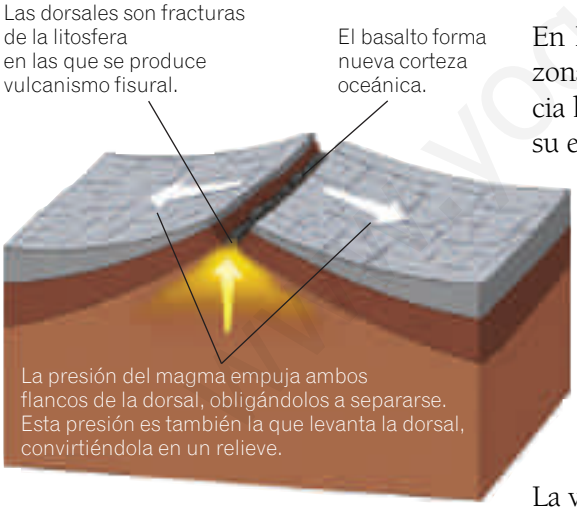


Edad de los fondos oceánicos. Las zonas más antiguas (azul) son las más próximas a los continentes. Las más recientes son las dorsales (rojo).

9 La extensión del fondo oceánico

Hacia 1960 se sabía ya que la composición del fondo oceánico era fundamentalmente basáltica, y que la dorsal oceánica era una cadena de volcanes activos que presentaban un elevado flujo térmico y una alta sismicidad.

En 1962, el geofísico **Harry Hess** propuso que las dorsales eran en realidad zonas donde se creaba nueva corteza oceánica, y que esta era empujada hacia los lados por el nuevo material, de forma que el océano iba aumentando su extensión.



La edad de las rocas basálticas respaldaba esta hipótesis. Los basaltos del fondo oceánico eran tanto más antiguos cuanto más alejados estaban de la dorsal; su edad era máxima en las proximidades de los continentes y mínima en el mismo eje de la dorsal.

Todo empezaba a encajar. El océano Atlántico se había abierto al desplazarse hacia el este los continentes de Europa y África, y hacia el oeste Norteamérica y Suramérica, y continuaba creciendo y haciéndose cada vez más ancho.

La velocidad de expansión actual debía de ser de unos pocos milímetros al año, aunque era difícil de calcular. Sin embargo, la velocidad a la que se había expandido a lo largo de su historia se podía calcular gracias a las muestras recogidas por los barcos de prospección geofísica.

Los estudios sísmicos mostraban que no era la corteza, sino la **litosfera** entera la que se deslizaba, arrastrada probablemente por las **corrientes de convección** cuya existencia había sugerido **Arthur Holmes** en 1929. Si Wegener hubiera vivido hasta los 80 años, habría visto confirmadas sus ideas sobre la movilidad continental.

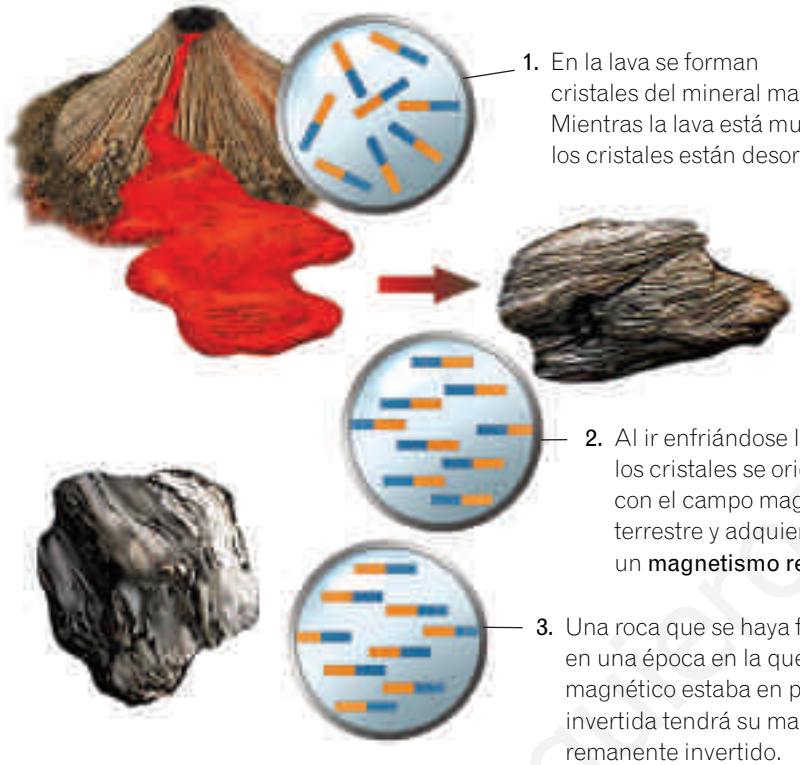
ACTIVIDADES

12. ¿Qué es el vulcanismo fisural? ¿En qué zonas de la Tierra se produce una intensa actividad volcánica de este tipo?

www.yoquieroaprobar.es

Bandeado magnético de los fondos oceánicos

Desde principios del siglo XX se sabía que el **campo magnético** de la Tierra es inestable, y que su polaridad se **invierte** cada cierto tiempo, de forma que el polo sur magnético pasa a ocupar el lugar del polo norte magnético, y viceversa. Actualmente, el polo norte magnético está en la Antártida (polo sur geográfico), y el polo sur magnético, en el océano Glacial Ártico (polo norte geográfico).



1. En la lava se forman cristales del mineral magnetita. Mientras la lava está muy caliente los cristales están desordenados.

2. Al ir enfriándose la lava, los cristales se orientan con el campo magnético terrestre y adquiere un **magnetismo remanente**.

3. Una roca que se haya formado en una época en la que el campo magnético estaba en posición invertida tendrá su magnetismo remanente invertido.

ACTIVIDADES

13. Teniendo en cuenta que la brújula es una aguja imantada y que los polos opuestos de un imán se atraen y los del mismo signo se repelen, ¿por qué el polo norte de la brújula señala hacia el polo norte geográfico?

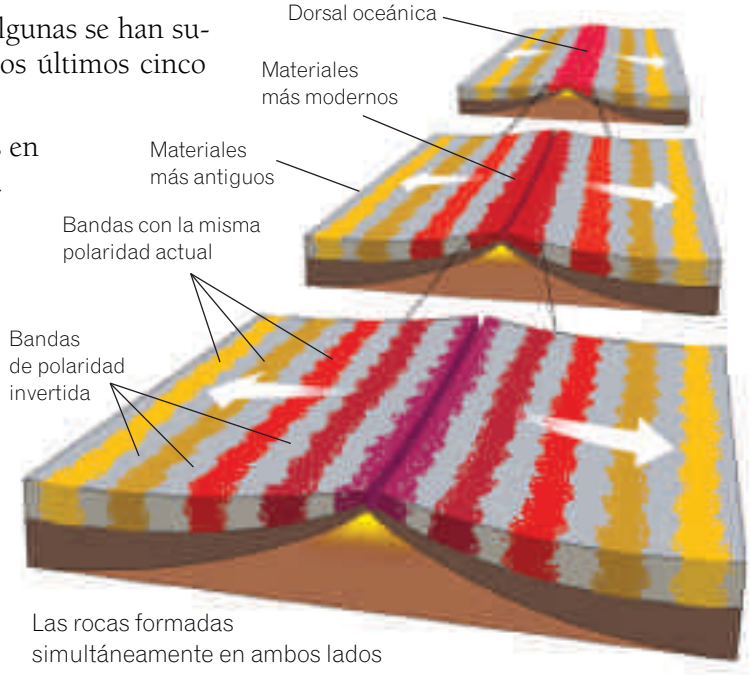
Estas inversiones ocurren con un ritmo muy irregular. Algunas se han sucedido más rápidamente y otras con más lentitud. En los últimos cinco millones de años se han producido más de veinte.

Las inversiones del campo magnético quedan registradas en las **rocas volcánicas** que contienen minerales como la **magnetita**, que pueden actuar como si fueran brújulas microscópicas.

Cuando la lava se consolida, los cristales de magnetita quedan orientados en la dirección norte-sur, en la posición en que el campo magnético terrestre se encuentre en esa época.

En 1963 los geólogos **Fred Vine** y **Drummond Matthews** publicaron un artículo en el que explicaban los resultados de las medidas del **magnetismo remanente** de las muestras de basaltos recogidas en los fondos oceánicos.

La interpretación que aportaron Vine y Matthews en su artículo terminó de arrinconar definitivamente las teorías fijistas.



Las rocas formadas simultáneamente en ambos lados de la dorsal tienen la misma orientación magnética y forman bandas paralelas y simétricas

www.apuntesproper.es

10 La tectónica de placas

La expansión del fondo oceánico propuesta por Hess en 1962 fue el detonante de un cambio profundo y muy rápido en la geología. En los años siguientes se publicaron numerosas investigaciones que fueron perfilando una nueva forma de comprender la Tierra, y en 1968 se había desarrollado ya una teoría completa sobre los procesos geológicos: la **tectónica de placas**.

Hay importantes diferencias con la deriva continental propuesta por Wegener, ya que la tectónica de placas hace referencia a la **litosfera**, que es arrastrada por el movimiento convectivo del manto situado bajo ella. Sin embargo, las deducciones que realizó Wegener sobre los desplazamientos continentales y sus argumentos a favor del movilismo resultaron acertados.

ACTIVIDADES

14. ¿Qué idea, propuesta por Arthur Holmes en 1929, ha resultado fundamental en la teoría de la tectónica de placas?

	Deriva continental	Tectónica de placas
Mecanismo de movimiento de los continentes	Los continentes se deslizan sobre el fondo oceánico. Los fondos oceánicos permanecen inmóviles.	Las placas litosféricas se deslizan sobre el manto sublitosférico. Se desplazan tanto los continentes como los fondos oceánicos.
Fuerza que impulsa el movimiento de los continentes	No hay un mecanismo claro. Se sugiere que la rotación de la Tierra podría ser la causa del movimiento.	Corrientes de convección del manto sublitosférico. La expansión del fondo oceánico en las dorsales empuja a los continentes.
Causas de los relieves	Arrugas producidas en el frente de avance de los continentes.	Colisiones entre placas litosféricas.

Las pruebas aportadas por Wegener sobre el movimiento de los continentes siguen siendo válidas, y su propuesta de la existencia del continente único Pangea se ha visto confirmada.

La astenosfera, una capa que no estaba

Cuando, en 1914, **Joseph Barrell** sugirió la existencia de la **astenosfera**, no estaba pensando en una capa sobre la que pudiera deslizarse la litosfera, sino que buscaba una explicación para los movimientos isostáticos, pero con el desarrollo de la tectónica de placas, esta capa plástica cobró protagonismo.

Desde el principio se le atribuyó un importante papel en el movimiento de la litosfera; confirmar su existencia con el método sísmico parecía una tarea relativamente sencilla. Incluso se propuso que la convección del manto estaba limitada solamente a esta capa.

Pero en la década de 1990 empezó a quedar claro que la astenosfera no estaba donde se suponía. No había una capa plástica continua bajo la litosfera. Actualmente, los estudios sísmicos han mostrado que la convección afecta a todo el manto situado bajo la litosfera

A: Inicialmente se pensaba que la astenosfera era la capa que permitía el deslizamiento de la litosfera, y que podía ser en ella donde se producía la convección.

B: Actualmente se ha comprobado que la convección afecta a todo el manto. La litosfera que subduce representa la parte descendente de la convección.

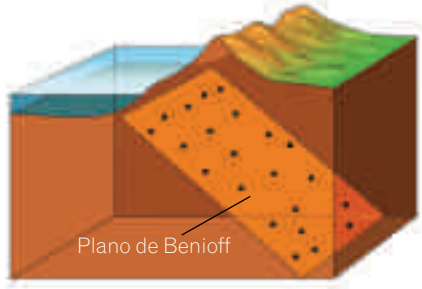
La convección en el manto es la causante del movimiento de las placas litosféricas.

www.yoquieroaprobar.es

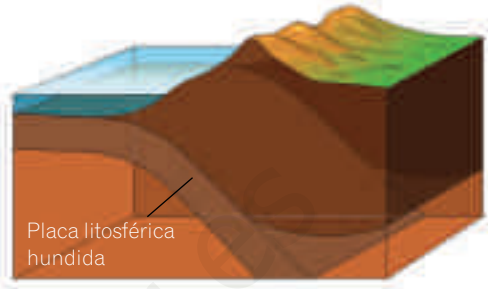
Pruebas de la tectónica de placas

Las numerosas investigaciones realizadas a lo largo de las décadas de 1970 y 1980 mostraron que, fenómenos geológicos como el vulcanismo, la sismicidad, la formación de cordilleras y muchos otros, podían encontrar una explicación en el contexto de la tectónica de placas.

En la década de 1950, el físico y sismólogo Hugo Benioff descubrió que los terremotos que se producían en la costa norteamericana del Pacífico presentaban una distribución peculiar: aquellos cuyo foco sísmico era menos profundo estaban próximos a la línea de costa, y los más profundos se producían tierra adentro, como si se dispusieran en un plano inclinado. Esa superficie inclinada se llamó **plano de Benioff**.



En algunos márgenes continentales los terremotos se disponen sobre un plano inclinado.

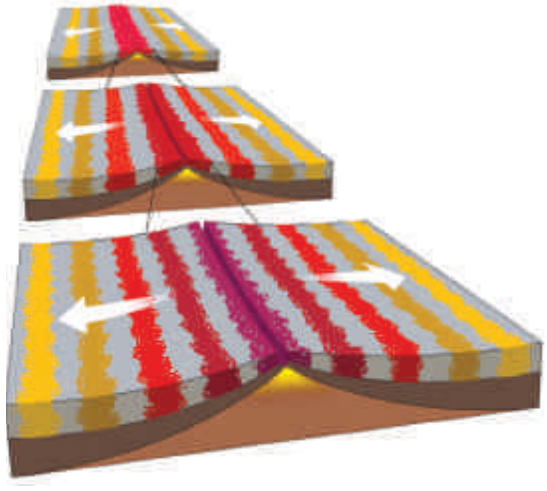


Interpretación de la tectónica de placas: el plano de Benioff es una zona de destrucción de litosfera oceánica.

Según la teoría de la tectónica de placas, el plano de Benioff se correspondía con la superficie de una placa litosférica oceánica que se hundía en el manto bajo el continente.

La distribución de volcanes y terremotos coincide con los bordes de las placas litosféricas. El «cinturón de fuego» del Pacífico es una zona de intenso vulcanismo y sismicidad que bordea los márgenes de este océano, donde la litosfera oceánica se hunde bajo los continentes que lo rodean. En estas zonas se forman cadenas montañosas e islas de origen volcánico.

Actualmente es posible medir la velocidad a la que se desplazan los continentes, midiendo variaciones diminutas en el tiempo que tarda un rayo láser en viajar desde un laboratorio hasta otro situado en otro continente, reflejándose en la Luna o en un satélite artificial. Según estas mediciones, Europa y América se separan entre 2 y 6 milímetros al año.



Las dorsales oceánicas presentan una intensa actividad volcánica y sísmica, como corresponde a zonas de fractura de la litosfera. La simetría en las bandas de magnetismo remanente de las rocas es una prueba de que en las dorsales se crea litosfera que es empujada hacia los lados a medida que va surgiendo más material por la dorsal.

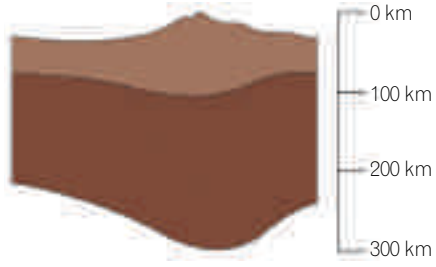
Las cadenas montañosas son el resultado de la **colisión de placas**. Se ha comprobado que la India era una placa independiente cuya deriva la llevó a colisionar con Asia levantando el relieve del Himalaya.

La tectónica de placas aporta el mecanismo que Hutton buscaba, capaz de plegar los sedimentos y levantar con ellos cadenas de montañas.

11 Las placas litosféricas

La litosfera es una capa mixta formada por la corteza y parte del manto superior. Su espesor es variable, en las grandes cordilleras llega a tener 300 km de grosor, ya que los relieves son en realidad un engrosamiento de toda la litosfera, mientras que en los fondos oceánicos su espesor es menor de 100 km. En las dorsales oceánicas, que son zonas de fractura de la litosfera, el manto sublitosférico está prácticamente en la superficie.

Hay dos tipos de litosfera que se diferencian en su composición y en sus propiedades físicas: la **litosfera oceánica** y la **litosfera continental**.

Tipo de litosfera	Grosor	Composición de la corteza	Densidad	Movimiento
Litosfera oceánica		Más del 90 % de su masa son rocas basálticas. Rocas metamórficas pobres en cuarzo.	El basalto es una roca densa. La litosfera oceánica puede hundirse en el manto.	Se desplaza activamente al formar parte de las corrientes de convección del manto.
Litosfera continental		Más del 85 % de su masa son rocas graníticas. Rocas metamórficas ricas en cuarzo. Rocas volcánicas ricas en cuarzo. Rocas sedimentarias.	El granito y las rocas ricas en cuarzo son poco densas. La baja densidad de la corteza continental impide que esta litosfera pueda hundirse en el manto.	Se desplaza pasivamente, empujada por la litosfera oceánica o arrastrada por las corrientes de convección.

Si observamos el mapa tectónico de la superficie terrestre podemos apreciar que hay tres tipos de placas según su composición:

- **Placas oceánicas.** Están compuestas únicamente por litosfera oceánica. La placa Pacífica, la placa de Cocos y la de Nazca son de este tipo.
- **Placas continentales.** Están compuestas únicamente por litosfera continental. La placa Arábiga es de este tipo.
- **Placas mixtas.** Contienen litosfera continental y oceánica. Es el caso de la mayoría de las placas, como la Euroasiática, la Africana, etc.

Las placas litosféricas de mayor tamaño son mixtas: tienen litosfera continental y oceánica, por lo que forman parte a la vez de las masas continentales y de los fondos oceánicos.

Casi toda la superficie terrestre está ocupada por siete grandes placas mixtas: **Norteamericana**, **Suramericana**, **Africana**, **Euroasiática**, **Pacífica**, **Antártica** y **Australiana**.

Hay además otras placas de menor tamaño, como las de Nazca, Cocos, Índica, Caribe, Filipina y Arábiga.

A una escala más detallada hay también fragmentos pequeños de litosfera que se mueven empujados por las placas mucho más grandes que los rodean. Es el caso de algunas islas del Mediterráneo, como las Baleares, Córcega, Cerdeña, y otras. Reciben el nombre de **microplacas** o litosferoclastos; es decir, fragmentos de litosfera.

ACTIVIDADES

15. ¿La litosfera forma parte de las corrientes de convección del manto o es arrastrada pasivamente por ellas?

16. Te presentan dos muestras de rocas tomadas de dos sondeos, uno realizado en un fondo oceánico y otro efectuado en un continente. La muestra A es oscura, densa, contiene muy poco cuarzo y parece de origen volcánico. La B es de color más claro, contiene mucho cuarzo y es bastante menos densa que la otra. ¿Puedes deducir cuál pertenece a cada sondeo?

www.yoquieroaprobar.es

Movimientos relativos en los bordes de las placas

Los **bordes de las placas** son zonas en las que dos o más placas entran en contacto e interactúan entre sí, dando lugar a una intensa actividad geológica: vulcanismo, sismicidad, compresión y distensión de los materiales, subsidencia… y estos procesos son a su vez el resultado del tipo de **movimiento relativo** que se produce en esos bordes.

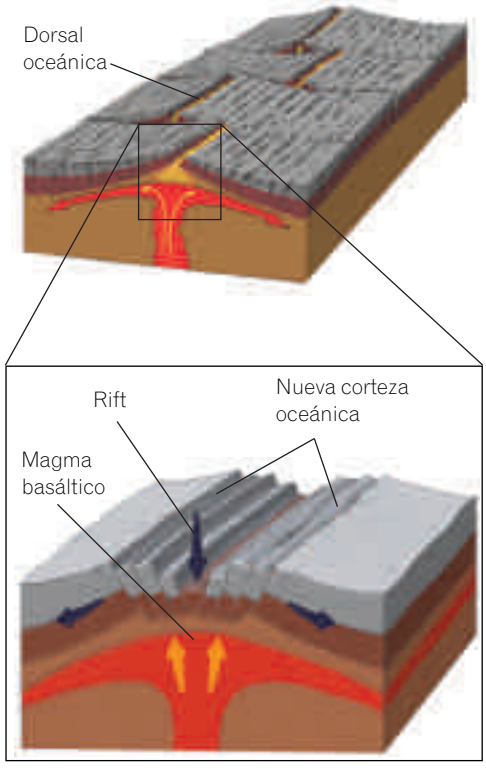
Tipo de movimiento entre las placas	Tipo de borde resultante	Estructuras geológicas que se producen	Ejemplos	Principales procesos geológicos asociados
Divergente	**Constructivo**. Se crea nueva litosfera oceánica.	Dorsal oceánica	Dorsal centroatlántica	Sismicidad moderada. Intenso vulcanismo. Expansión del fondo oceánico.
Convergente	**Destructivo**. Se destruye litosfera oceánica.	Zona de subducción	Costa del Pacífico en Suramérica	Sismicidad intensa. Vulcanismo. Formación de relieves volcánicos.
	De colisión. Se produce colisión entre continentes.	Orógeno de colisión	Pirineos	Sismicidad. Plegamiento de las rocas. Formación de relieves.
De cizalla	**Pasivo** o conservador.	Falla transformante	Falla de San Andrés (California)	Sismicidad.

ACTIVIDADES

17. ¿Qué dos placas están implicadas en la zona de subducción de la costa occidental de Suramérica? ¿Qué cordillera volcánica se ha formado en esa zona como resultado?

18. ¿Qué tipo de movimiento se produce en el límite entre la placa del Caribe y la Norteamericana? ¿Qué procesos geológicos pueden darse en esa zona? ¿Y en el margen oriental de la placa del Caribe?

www.yoquieroaprobar.es



12 Los procesos geológicos en los bordes de placa

Bordes constructivos. Las dorsales oceánicas

Los bordes constructivos de placa son las **dorsales oceánicas**. Presentan las siguientes características:

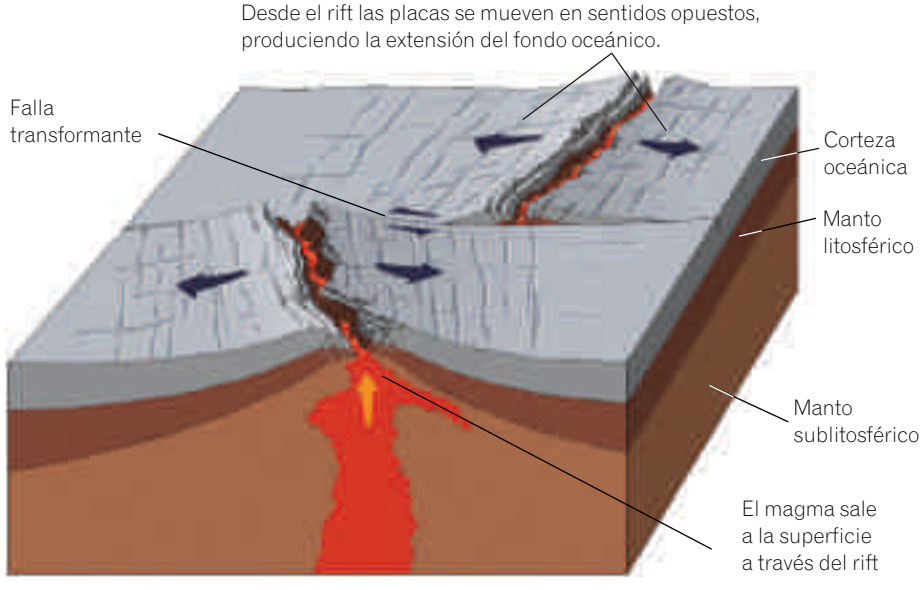
- Son zonas de fractura, de miles de kilómetros de longitud, en las que el material caliente del manto sale a la superficie originando una intensa **actividad volcánica fisural**.
- El vulcanismo produce grandes volúmenes de **basalto**, que origina nueva **corteza oceánica**. Esta corteza queda adherida a la parte más superficial del manto formando una delgada **litosfera**.
- Las **corrientes de convección** divergentes producen **esfuerzos distensivos** que tienden a separar los dos flancos de la fractura, por lo que esta tiende a permanecer abierta favoreciendo la continua salida del magma basáltico.
- La **presión** que realiza el magma desde el interior levanta los dos bordes de la fractura, que forman el **relieve** de la dorsal. Entre ambos bordes queda la depresión ocupada por la fractura, que recibe el nombre de **rift**.
- En la zona del rift, la corteza es delgada y está muy fracturada. El agua del océano se infiltra fácilmente por ella, pero al entrar en contacto con las rocas incandescentes situadas apenas a unos metros de profundidad, es expulsada a muy alta temperatura, formando **surtidores hidrotermales**.

Bordes pasivos. Las fallas transformantes

Las dorsales son fracturas discontinuas y zigzagueantes; con frecuencia, una dorsal se interrumpe y continúa unos kilómetros más a la izquierda o a la derecha. En ese caso, la extensión del fondo oceánico hace aparecer una zona de cizalla que recibe el nombre de **falla transformante**.

La principal característica de las fallas transformantes es un movimiento de cizalla muy activo que produce una **fuerte sismicidad**.

La falla de San Andrés, en California, es una falla transformante que tiene en uno de sus flancos el continente norteamericano y en el otro la península de California. La sismicidad de este área se debe a la actividad de esa zona de fractura.



www.yoquieroaprobar.es

Bordes destructivos. Las zonas de subducción

A medida que la litosfera oceánica se aleja de la dorsal donde se formó se va enfriando y se hace más densa.

Su grosor aumenta debido a que el manto sublitosférico se enfría y se va adhiriendo a ella. Finalmente tiene suficiente densidad para hundirse en el manto.

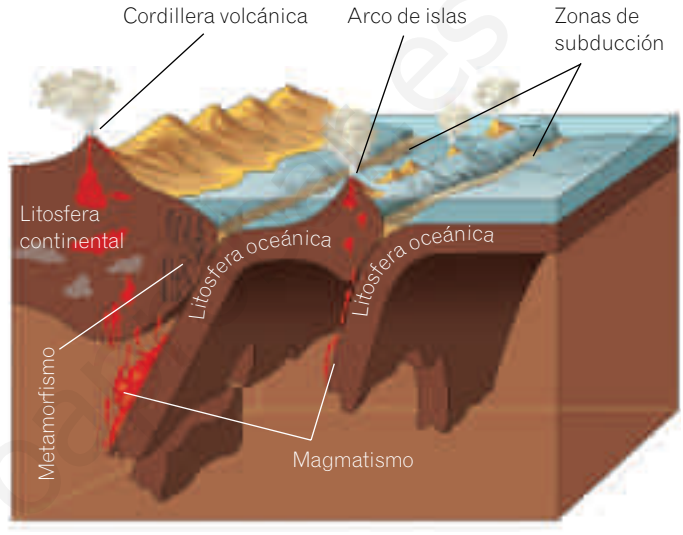
En las zonas de subducción la litosfera oceánica se dobla y se sumerge en el manto. Por ello son zonas de destrucción de litosfera oceánica.

ACTIVIDADES

19. ¿Dónde será más gruesa la litosfera: en el Pirineo o en la provincia de Burgos? ¿Cuál de ambas zonas experimenta un ascenso isostático más notable?

La **placa subducente** siempre es oceánica, pero la **placa cabalgante**, que es la que permanece en la superficie, puede ser oceánica o continental. En ambos casos ocurren procesos similares:

- Se destruye litosfera oceánica.
- El empuje de la placa subducente origina una intensa **sismicidad**.
- Se produce **magmatismo** por la fusión del basalto de la placa subducente.
- El engrosamiento de la placa cabalgante origina una cordillera volcánica (**orógeno térmico**) o una alineación de islas volcánicas (**arco de islas**).
- Se produce **metamorfismo** por el incremento de la presión y la temperatura.



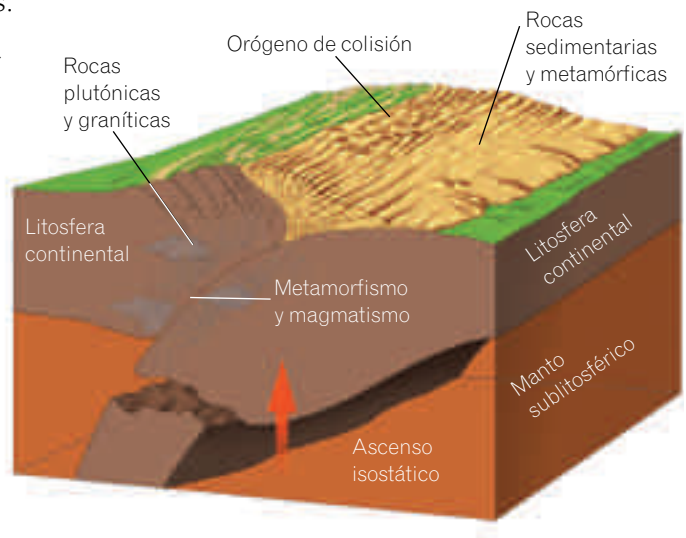
Bordes de colisión. Los orógenos de colisión

La litosfera continental no puede subducir debido a que el granito tiene una densidad insuficiente para hundirse en el manto.

Cuando se produce la colisión entre dos placas continentales, una de ellas queda cabalgada sobre la otra y el movimiento convergente se detiene.

En una zona de colisión ocurren varios procesos geológicos:

- El grosor de la litosfera continental se incrementa, llegando a duplicarse, debido a la superposición de ambas placas.
- Los sedimentos acumulados entre las dos placas antes de su colisión, quedan deformados, fracturados y apilados sobre la **zona de sutura** entre las dos placas, formando un relieve que recibe el nombre de **orógeno de colisión**.
- Se produce un **ascenso isostático** del orógeno por el empuje que realiza el manto sobre la litosfera engrosada.
- La compresión debida al choque y el rozamiento entre ambas placas producen metamorfismo y magmatismo. Se originan emplazamientos de plutones graníticos.
- La colisión provoca en ambas placas grandes fracturas que causan una fuerte sismicidad.



www.yoquieroaprobar.es

EN PROFUNDIDAD

Sondeos en el fondo oceánico

El *Glomar Challenger* era un barco de 122 metros de eslora que en 1968 fue adaptado para la investigación marina. Se le instaló una torre de perforación de 60 metros de altura, desde la que se podían realizar sondeos en fondos oceánicos de hasta 6 000 metros de profundidad.

Estaba equipado con un sistema de **posicionamiento dinámico GPS**, consistente en un receptor que detectaba constantemente la posición del barco gracias a los satélites GPS, y conectado a un ordenador que calculaba si el barco se encontraba exactamente en el lugar preciso o si había sido desplazado por el oleaje y las corrientes.

El barco tenía cuatro hélices independientes que podían desplazarlo rápidamente en cualquier dirección y sentido contrarrestando cualquier desplazamiento. El ordenador controlaba el funcionamiento de las hélices, de forma que el barco podía permanecer inmóvil sobre un punto del fondo oceánico, lo que resultaba imprescindible para realizar los sondeos en zonas profundas del océano, ya que en ellos era necesario extraer periódicamente la tubería para recuperar las muestras o para cambiar la broca, tras lo cual había que continuar el sondeo bajando de nuevo la tubería…, y acertando en el pozo abierto.

En cada sondeo se proyectaba extraer un **testigo** continuo; es decir, un cilindro de roca tan largo como la profundidad del sondeo. Para ello se utilizaba un tubo de perforación hueco en cuyo interior quedaba la muestra. Naturalmente, el testigo se obtenía en varios fragmentos, ya que algunos sondeos tenían cientos de metros de profundidad.

Era difícil saber si la tecnología para realizar sondeos a 6 000 metros de profundidad desde un barco funcionaría como se esperaba, pero los resultados fueron espectaculares. En el primer año, el *Glomar Challenger* recogió más de 5 000 metros de testigo realizando sondeos con una gran precisión, muchos de ellos de cientos de metros de profundidad.

El laboratorio del barco contaba con los últimos adelantos tecnológicos para estudiar las muestras. Podía realizar análisis mineralógicos para saber el origen de las rocas, análisis isotópicos para averiguar su edad absoluta, estudios paleomagnéticos, y todo tipo de observaciones con microscopios ópticos y electrónicos.

En 1972 el *Glomar Challenger* comenzó una campaña en el Mediterráneo, y una vez más los resultados fueron sorprendentes. Bajo una capa de sedimentos había unos estratos de sal que superaban los 1 000 metros de espesor en muchas zonas. ¿Qué podía significar aquello?

Entre 1968 y 1983 el *Glomar Challenger* realizó innumerables campañas geofísicas en los mares y océanos de todo el mundo. Los resultados de estas campañas cambiaron por completo nuestra visión de la Tierra.

Solo había una explicación posible: el Mediterráneo se había secado por completo en algún momento de su historia. La explicación parecía imposible, pero no tardó en ser confirmada por nuevas investigaciones. Hace 6,5 millones de años, el Estrecho de Gibraltar quedó cerrado y el Mediterráneo, privado de su principal fuente de alimentación, se convirtió en un desierto de sal. Permaneció en ese estado durante casi un millón de años, y hace unos 5,5 millones de años volvió a llenarse cuando el Estrecho se abrió de nuevo, permitiendo la entrada del agua desde el Atlántico.

ACTIVIDADES

20. Explica en qué consiste el sistema de posicionamiento dinámico y por qué es necesario un sistema tan sofisticado a bordo de un barco de investigación geológica.

21. Uno de los problemas que se tienen al realizar un sondeo es la temperatura de las rocas, que si es demasiado alta puede estropear el dispositivo de perforación. ¿Dónde es más probable que se encontrara este problema: cerca de la dorsal atlántica o cerca de los bordes del océano? Explica tu respuesta.

22. Explica qué tipo de rocas y sedimentos se extrajeron del fondo del Mediterráneo para reconstruir esa historia sobre su desecación y sobre el momento en que sucedió.

www.yoquieroaprobar.es

Ciencia en tus manos

Reconstrucción de Pangea

Wegener realizó un trabajo de investigación, correlación y reconstrucción paleogeográfica de una gran envergadura: recorrió diferentes partes del mundo en busca de fósiles, estructuras y formaciones geológicas, y demostró que la única forma lógica de correlacionarlas era aceptando la movilidad continental.

Vamos a reproducir su reconstrucción de la Pangea: utilizaremos los resultados de sus investigaciones tratando de correlacionar el contenido fósil y las formaciones geológicas de los distintos continentes.

1. Preparamos el material. En primer lugar debemos hacer una fotocopia muy ampliada del dibujo de los continentes con el aspecto que tenían hace 250 M.a., y del planisferio actual. A continuación recortaremos los continentes antiguos por la línea negra de su borde, para separar los bloques litosféricos.

2. Comparamos con la situación actual. Si superponemos los continentes dibujados con los del planisferio, veremos que ni su tamaño ni su forma encajan bien. Esto se debe a los cambios producidos por la deriva continental, las colisiones entre continentes y la subducción.

- Áreas emergidas actualmente
- Plataformas continentales actuales
- Macizos graníticos
- Límite hasta el que llegan los sedimentos glaciares (tillitas) del Carbonífero
- Dirección de flujo del hielo durante la glaciación del Carbonífero
- Cadenas montañosas antiguas en el hemisferio sur
- Cadenas montañosas del periodo Devónico en el hemisferio norte
- Cadenas montañosas del periodo Carbonífero en el hemisferio norte
- Distribución del reptil fósil *Lystrosaurus*
- Distribución del reptil fósil *Cynognathus*
- Distribución del reptil fósil *Mesosaurus*
- Distribución del vegetal fósil *Glossopteris*

3. Montamos Pangea. Tratamos a continuación de montar el puzle del supercontinente Pangea. Para ello debemos girar y desplazar los continentes de manera que las distribuciones de fósiles, las estructuras y las formaciones geológicas se continúen de la forma más lógica posible. Hay que tener en cuenta que en las plataformas continentales no se han buscado fósiles (están bajo el agua), pero eso no quiere decir que no estén allí.

www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

23. Observa el continente suramericano. Actualmente está más curvado, debido a la subducción. ¿En qué costa de este continente se produce subducción, y qué relieve se ha levantado como consecuencia?

24. La India tampoco encaja con Asia si damos a los continentes la forma que tenían hace 250 M.a.. ¿Qué ha ocurrido entre estos dos continentes?

25. Observa que en la mayoría de los casos las placas continentales giran sobre sí mismas además de desplazarse. ¿Qué placa es la que ha realizado un giro mayor desde la rotura de Pangea?

Actividades

26. ● **¿Qué idea introdujo Hutton en la geología?** ¿Por qué un evento como el del volcán Paricutín podría utilizarse como argumento para discutir esa idea?

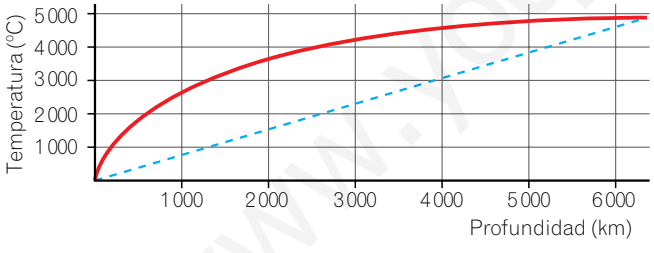
27. ● **¿Qué procesos intervienen en el ciclo de las rocas modificando su composición y su aspecto?** ¿Cuáles de ellos ocurren en el interior de la Tierra y cuáles en la superficie?

28. ●● **¿Qué procesos son los que conducen los materiales desde la superficie terrestre hacia el interior de la corteza y del manto?** ¿Qué procesos son los que pueden originar un relieve?

29. ● **El gradiente geotérmico se atenúa a partir de unos kilómetros de profundidad.** ¿Qué temperatura habría en el centro de la Tierra si no se atenuara y la temperatura continuara ascendiendo 30 °C por cada kilómetro de profundidad? Calcúlalo sabiendo que el radio terrestre es de 6 370 km. ¿Qué temperatura se alcanza realmente en el centro de la Tierra?

30. ●● **En el extremo de un pasillo de 15 metros de longitud hay un radiador que proporciona al ambiente una temperatura de 26 °C. En el otro extremo del pasillo hay una puerta que da a la calle, donde la temperatura es de 5 °C.** Calcula el gradiente que hay entre los dos extremos del pasillo, y represéntalo gráficamente.

31. ●● **Observa la gráfica del gradiente geotérmico; la línea no es una recta. ¿Qué significa eso?**



Imagina que el gradiente geotérmico tuviera el aspecto de la línea recta azul de trazos.

a) ¿La temperatura en el centro de la Tierra sería la misma?

b) ¿Sería igual el gradiente en la corteza terrestre?

c) ¿Tendría la misma temperatura el manto superior?

d) ¿La Tierra en su conjunto tendría más o menos energía térmica? ¿Sería un planeta más activo o menos activo geológicamente?

32. ●●● **Uno de los tres procesos que generaron calor durante la formación de la Tierra es utilizado por el ser humano para producir electricidad.** ¿Cuál es? ¿Puedes describir en pocas palabras el proceso que se sigue para obtener electricidad por ese método?

33. ● **¿Cuándo se produjo la fusión de la Tierra?** ¿Qué consecuencias tuvo este proceso?

34. ● **¿Dónde hay más rocas sedimentarias: en la corteza continental o en la oceánica?** ¿Por qué?

35. ● **El manto terrestre está separado en dos partes de la misma composición.**

¿Cómo se llaman y a qué profundidad está la discontinuidad que las separa? ¿Cómo se llama esa discontinuidad? ¿En qué se diferencian esas dos partes, si tienen prácticamente la misma composición mineralógica?

36. ●●● **El núcleo externo y el interno tienen la misma composición metálica, y se diferencian en que el núcleo externo está líquido mientras que el núcleo interno está sólido. Sin embargo, si compruebas la gráfica del gradiente geotérmico, puedes ver que el núcleo interno está más caliente que el externo.**

¿Por qué, entonces, no está también fundido?

37. ● **¿Qué es y cómo se detecta una discontinuidad sísmica?** ¿Qué les ocurre a las ondas sísmicas al atravesar una discontinuidad?

38. ● **¿Qué es la litosfera?** ¿Es una capa de composición homogénea? ¿Dentro de qué capa de la Tierra se encuentra su base? ¿Qué tipos de litosfera hay?

39. ●● **¿Qué diferencia importante hay entre el comportamiento de la litosfera y el del manto sublitosférico?** ¿Qué relación tiene esa diferencia con el movimiento de los continentes?

40. ● **¿Qué son las teorías fijistas?** ¿Cómo explicaban la formación de relieves?

41. ●● **¿Por qué el hecho de que se encuentren en África y en Suramérica fósiles de la misma especie de reptil se puede considerar una prueba de que estos continentes estaban juntos?** ¿No podría vivir el mismo reptil en dos continentes separados? Razona tu respuesta.

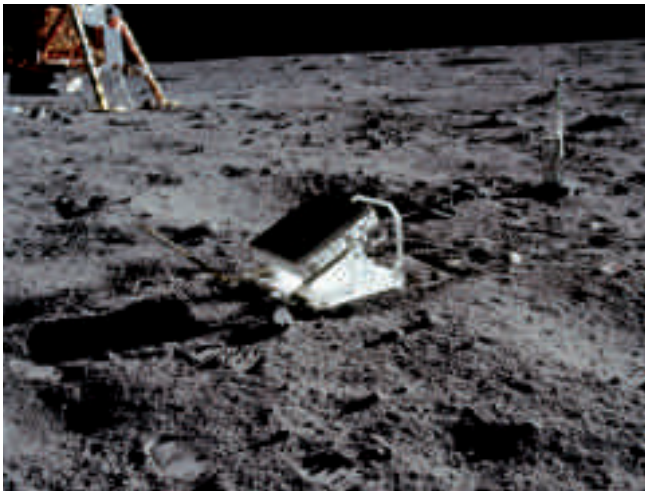
42. ●● **Según la teoría de Wegener,** ¿cuál era el origen de la cordillera de los Andes en Suramérica y de las Montañas Rocosas en Norteamérica?

43. ● **La cantidad de sedimentos en los fondos oceánicos es nula en las dorsales y muy grande en las proximidades de los continentes.**

Explica por qué ese hecho contradice las teorías fijistas, y qué explicación le da la tectónica de placas.

www.yoquieroaprobar.es

44. ●●● En esta fotografía puedes ver unos reflectores de rayos láser que los astronautas de la misión *Apollo 11* instalaron en la superficie de la Luna en 1969. Gracias a estos instrumentos se comprobó un año después que, en efecto, los continentes se movían y que Norteamérica se alejaba de Europa a unos cinco centímetros por año. Explica cómo se usaron estos espejos para realizar esa medición.



45. ●●● Es posible hacer un cálculo aproximado de la intensidad del vulcanismo en la dorsal centroatlántica. El océano Atlántico tiene una extensión de 81 millones de kilómetros cuadrados, y la corteza oceánica que forma su fondo tiene una capa de basalto de unos 2,5 kilómetros de espesor medio.

a) Con estos datos, calcula cuántos kilómetros cúbicos de basalto hay en el fondo del Atlántico.

b) Teniendo en cuenta que este océano comenzó a formarse hace 175 millones de años, calcula qué cantidad de basalto ha vertido la dorsal por término medio cada año desde el inicio de su formación.

c) En realidad, el vertido de basalto no ha sido constante, porque al principio la dorsal era más pequeña. Calcula qué vertido de basalto por año se produce en la actualidad, teniendo en cuenta que en cada año el océano amplía su extensión en unos 40 000 kilómetros cuadrados aproximadamente.

46. ● Sabiendo que el océano Atlántico aumenta su anchura unos cinco centímetros al año, calcula cuánto ha aumentado la distancia entre Europa y América desde que Colón cruzó este océano en 1492.

UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

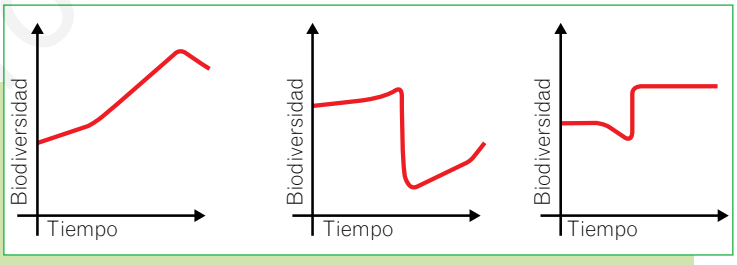
El neocatastrofismo

A principios del siglo XIX, el zoólogo y paleontólogo Georges Cuvier propuso que en la historia de la Tierra habían ocurrido sucesivas inundaciones catastróficas, la última de las cuales habría sido el diluvio universal. Estas inundaciones eran las causantes de extinciones masivas de las formas de vida. Su teoría se llamó **catastrofismo**.

El catastrofismo se abandonó pronto, pero a lo largo del siglo XX se vio que en la historia de nuestro planeta también había habido eventos catastróficos. Uno muy conocido es el que relaciona un impacto meteorítico hace 65 millones de años con la extinción de muchas especies de seres vivos, entre ellos los dinosaurios. La teoría que trata de valorar la importancia de estas catástrofes en la histora geológica se ha llamado **neocatastrofismo**.

47. ● La teoría catastrofista suponía que los continentes no habían cambiado de lugar, y era por tanto una teoría fijista. ¿Es también una teoría fijista el neocatastrofismo?

48. ●● Las tres gráficas adjuntas representan la variación del número de especies (biodiversidad) con respecto al tiempo. ¿Cuál de ellas se corresponde con una extinción catastrófica? Razona tu respuesta.



49. ● El catastrofismo de Cuvier se abandonó pronto, pero el neocatastrofismo se ha ido afianzando a lo largo del siglo XX, y continúa aportando interpretaciones valiosas del registro geológico. ¿Cuál crees que puede ser la causa de esta diferencia?

a) El catastrofismo se basaba en una interpretación de la Biblia, y el neocatastrofismo se basa en la interpretación objetiva de observaciones.

b) Ambas teorías dicen básicamente lo mismo, pero el neocatastrofismo es más actual.

c) Ambas son teorías científicas, e igual que se abandonó el catastrofismo, tal vez se abandone próximamente el neocatastrofismo.

50. ●● La interpretación de las rocas ha permitido reconocer que en la historia de la Tierra ha habido en efecto, algunas inundaciones catastróficas, aunque ninguna a escala de todo el planeta. Ninguna de esas inundaciones se ha atribuido al diluvio universal, ¿a qué crees que es debido?

www.yoquieroaprobar.es

Resumen

ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA TIERRA

Capas

Corteza rocosa, sólida, fría y rígida. Hay dos tipos:

- Continental: granítica, poco densa. Forma los continentes.
- Oceánica: basáltica, más densa. Forma los fondos oceánicos.

Manto rocoso, caliente, sólido. Presenta solifluxión. Se divide en:

- Manto superior: formado por peridotita.
- Manto inferior: formado por peridotita, pero más denso que el manto superior.

Núcleo metálico, muy caliente. Se divide en:

- Núcleo externo: líquido, agitado por violentas corrientes de convección.
- Núcleo interno: sólido, muy rígido.

Discontinuidades sísmicas

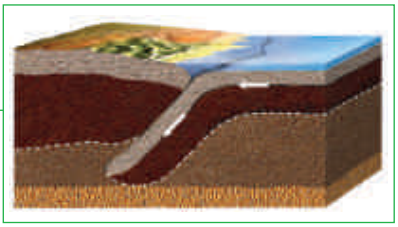
Son las superficies de separación entre las capas. Se detectan sísmicamente.

- Mohorovicic: entre la corteza y el manto.
- Repetti: entre el manto superior y el manto inferior. Situada a 670 km de profundidad.
- Gutenberg: entre el manto inferior y el núcleo externo. Está a 2 900 km de profundidad.
- Lehman: entre el núcleo externo y el interno. Está a 5 150 km de profundidad.

La litosfera

Está formada por la corteza y los primeros kilómetros del manto superior. Puede ser de dos tipos:

- Litosfera continental: contiene corteza continental. De 70 a 300 km de espesor.
- Litosfera oceánica: contiene corteza oceánica. De 10 a 100 km de espesor.



Las placas litosféricas

Son los fragmentos en que está rota la litosfera.

Forman los continentes y los fondos oceánicos.

Pueden ser: continentales, oceánicas o mixtas, según tengan un tipo de litosfera o los dos.

Hay siete grandes placas y otras menores.

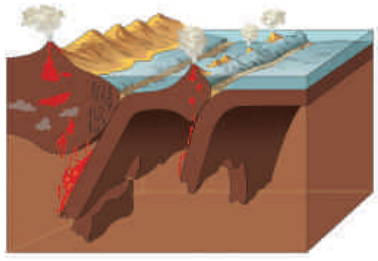
Sus movimientos producen diversos efectos:

- Desplazamientos de los continentes y expansión de los océanos.
- Actividad volcánica, sísmica y tectónica en sus bordes.

Bordes de placas

Según el movimiento relativo de las placas, pueden ser:

- Bordes convergentes. En ellos se destruye litosfera oceánica por subducción.
  - Si es entre dos placas oceánicas, se forma un arco de islas.
  - Si es entre una oceánica y una continental, se forma un orógeno térmico.
  - Si es entre dos placas continentales, se forma un orógeno de colisión.
- Bordes divergentes. Son las dorsales oceánicas. En ellos se crea litosfera oceánica.
- Bordes pasivos. Son las fallas transformantes. No se crea ni se destruye litosfera.



www.yoquieroaprobar.es

En trineo por el fondo del mar

El principal objetivo que teníamos para nuestro trineo en el Atlántico era la cordillera más larga de la Tierra: la Dorsal Atlántica, que se extiende prácticamente de Polo a Polo, dividiendo el océano en dos cuencas. La Dorsal describe una curva a la mitad de su extensión, entre Euráfrica y las Américas, siguiendo aproximadamente el contorno de sus costas, lo cual viene en apoyo de la tan debatida teoría de la deriva de los continentes, sentada por Penck y Wegener y que aún cuenta con partidarios. Las Azores, las Rocas de San Pablo y la isla de la Ascensión son otras tantas cumbres de la Dorsal Atlántica que asoman de las aguas.

La cumbre sinuosa de la Dorsal está profundamente hendida por una grieta casi continua llamada Valle Atlántico, que acaso contiene los epicentros de los movimientos sísmicos que se producen en este océano. Yo me propuse arriesgar un trineo en aquella tentadora depresión.

El sondador de eco del Calypso *señaló los primeros contrafuertes de la Dorsal Atlántica, que se alzaban en el papel registrador de la misma manera como fueron descritos por los eximios exploradores del Atlántico, los norteamericanos Maurice Ewing y Bruce Essen. Mientras navegábamos hacia la cumbre de la cresta dorsal, los picachos fueron ascendiendo hasta alcanzar una altitud de 1 525 metros bajo la superficie. Después se produjo una dramática caída de tres mil metros hacia el valle oceánico. A nosotros, que navegábamos sobre la llana superficie del mar, nos costaba comprender que nos hallábamos sobre un abrupto y accidentado sistema formado por cumbres y valles hundidos en la noche eterna.*

[…]

El primer trineo estaba equipado con una cámara estereoscópica provista de película en color. Lo remolcamos con el mayor cuidado. Los pies desnudos de Maurice Léandri notaban los menores choques que acusaba el tenso cable, de casi seis kilómetros y medio de longitud y que descendía hasta el valle. Cinco horas después, el trineo salió chorreando a la superficie, transformado de manera sorprendente. El armazón había perdido su pintura amarilla y estaba abollado por numerosas colisiones. Sin embargo, la cámara y el flash de Edgerton parecían intactos, pues los tubos que los encerraban no habían recibido daños.

La película estereoscópica resultó impresionante. La cámara había captado escenarios de una gran diversidad, que cambiaban del modo más imprevisto. Nos parecía hojear un catálogo de geología. Una toma mostraba un amontonamiento de bloques de lava, de cantos agudos, y la siguiente nos hacía atravesar un Sahara en miniatura, seguido por los grises y rocosos contrafuertes de los Alpes, recubiertos de un fino polvillo sedimentario que parecía nieve. A su manera, aquellas escenas reducidas sugerían tanto lo gigantesco como el arte de un hábil jardinero-arquitecto japonés.

JAQUES YVES y JAMES DUGAN,
El mar viviente.
Ed. Éxito, S.A.

COMPRENDO LO QUE LEO

51. ¿Cómo era el trineo del Calypso?

52. ¿Por qué el armazón del trineo había sufrido daños?

53. ¿Crees que Cousteau y su equipo alcanzaron su objetivo? ¿Por qué?

54. ¿En qué se parece y en qué se diferencian el trineo del Calypso de otras máquinas enviadas por los científicos para explorar la superficie de otros planetas?

55. Si alguien pusiera como título del texto: «El fondo del Atlántico: un tratado de geología», ¿te parecería adecuado? Explica tus razones.

NO TE LO PIERDAS

Libros y artículos:

Biografía de la Tiera
FRANCISCO ANGUITA. Ed. Aguilar
Crónica de los descubrimientos, los éxitos y los fracasos de los científicos que investigan la Tierra.

Tectónica de placas
F. F. JORDÁ. Ciencia Hoy. Ed. Santillana

Tectónica y relieve en el centro de la Península Ibérica.
ROSA TEJERO, DAVID GÓMEZ ORTIZ, JAVIER RUIZ Y F. SÁNCHEZ SERRANO. *Investigación y Ciencia*. 366, marzo 2007

En la pantalla:

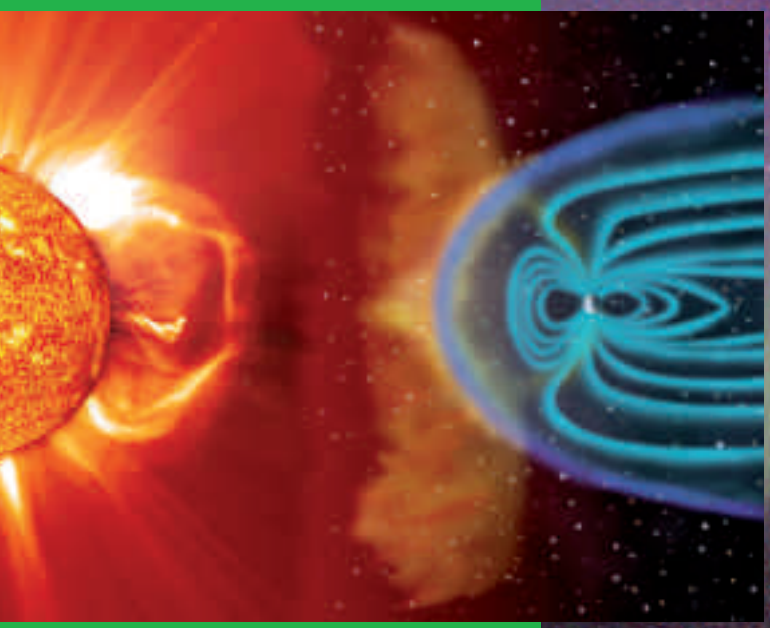
Viaje al centro de la Tierra
Colección Geosfera. Vol. 4. Ed. Salvat-BBC.

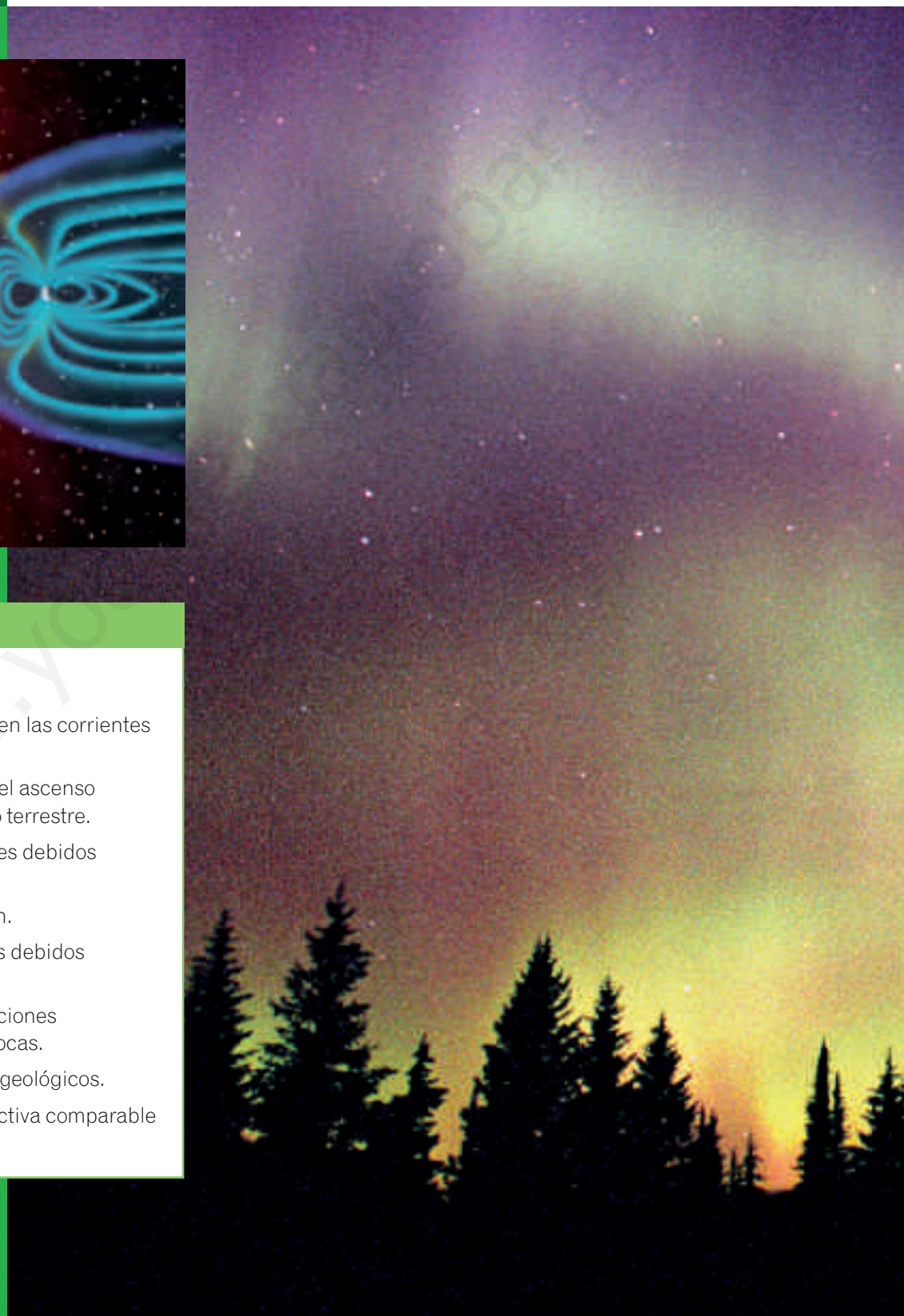
En la red:

www.geoiberia.com/geo_iberia/evolucion/evolucion_paleo.htm
Formación geológica de la Península Ibérica.

www.school-portal.co.uk/ GroupRender CustomPage.asp?GroupID=12426&resourceId=60797
Animaciones sobre procesos de geodinámica interna.

9 Manifestaciones de la dinámica terrestre





PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Comprenderás cómo se producen las corrientes de convección.
- Conocerás las consecuencias del ascenso de material caliente en el manto terrestre.
- Diferenciarás los tipos de relieves debidos a estas corrientes.
- Estudiarás qué es la subducción.
- Distinguirás los tipos de relieves debidos a la subducción.
- Estudiarás los tipos de deformaciones que pueden producirse en las rocas.
- Entenderás qué son los riesgos geológicos.
- Producirás una corriente convectiva comparable a las del manto terrestre.

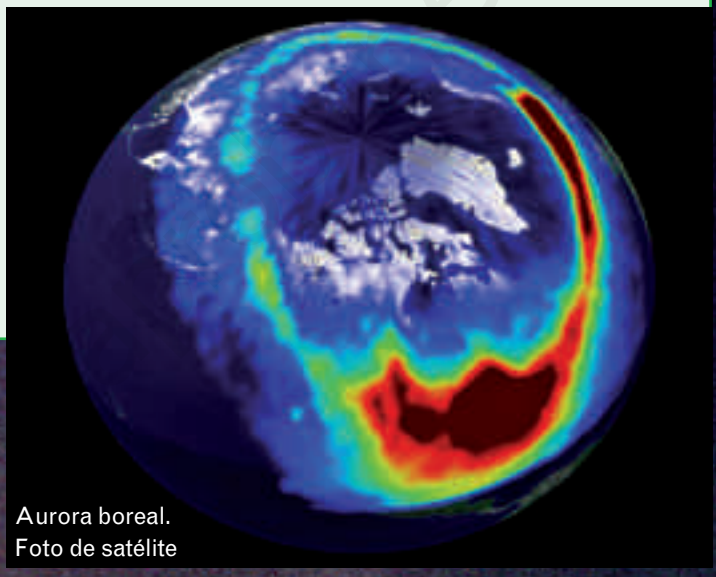
Aurora boreal.

Durante el año 1958, el cielo nocturno de México se vio inundado en repetidas ocasiones por las fantasmagóricas cortinas de luz de la aurora boreal. Nunca se había presenciado este fenómeno en una latitud tan baja. La razón fue que aquel año el Sol tuvo un máximo de actividad que lanzó hacia la Tierra varias tormentas solares, formadas por chorros de protones y electrones. Las auroras son provocadas por la colisión de estos chorros de materia con la alta atmósfera.

En 2006 los físicos Harald Frey y Tai Phan encontraron una explicación para la aparición de las auroras en esas latitudes: «Hemos descubierto que en el escudo magnético de la Tierra se forman a veces grietas que permanecen abiertas durante horas, y las tormentas solares pueden penetrar en él, como el agua entra en una casa durante una tormenta a través de una ventana abierta».

El escudo al que se refieren es el campo magnético terrestre, una envoltura magnética que, a pesar de su ocasional agrietamiento, desvía eficazmente estas tormentas solares, que podrían ser fatales para la vida en la Tierra.

Este escudo protector, la magnetosfera, es una de las muchas manifestaciones de la dinámica interna de nuestro planeta; se origina en el incandescente núcleo externo, formado por hierro líquido a más de 4 000 °C de temperatura.



Aurora boreal.
Foto de satélite

RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿Qué es el movimiento de convección de un líquido?
2. ¿Qué es el gradiente geotérmico?
3. ¿Recuerdas la composición de las tres capas terrestres?
4. ¿Qué es el magmatismo y por qué se produce?
5. ¿A qué se debe el relieve que forman las dorsales oceánicas?
   a) A que se forman edificios volcánicos muy altos.
   b) A que en las dorsales la litosfera es más gruesa de lo normal.
   c) A que la intensa actividad volcánica acumula grandes volúmenes de lava.
   d) A la presión que ejerce el magma situado bajo la dorsal.

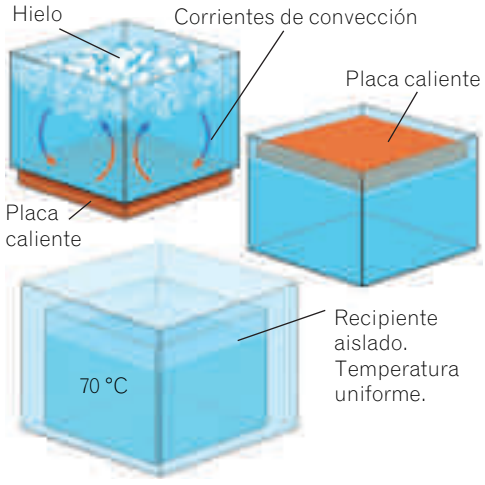
Busca la respuesta

¿Qué relación hay entre el origen de los Pirineos y el de la cordillera Ibérica?

1 La dinámica interna de la Tierra

El hecho de que el campo magnético terrestre tenga la potencia suficiente para desviar las tormentas solares es un indicio de que la Tierra es un planeta con una gran actividad en su interior. Marte, por ejemplo, tiene un campo magnético mucho más débil y, a pesar de su mayor distancia al Sol, la superficie del planeta es barrida intensamente por las tormentas solares.

La actividad interna de la Tierra se debe a la gran cantidad de energía térmica acumulada en su interior, lo que produce movimientos convectivos.



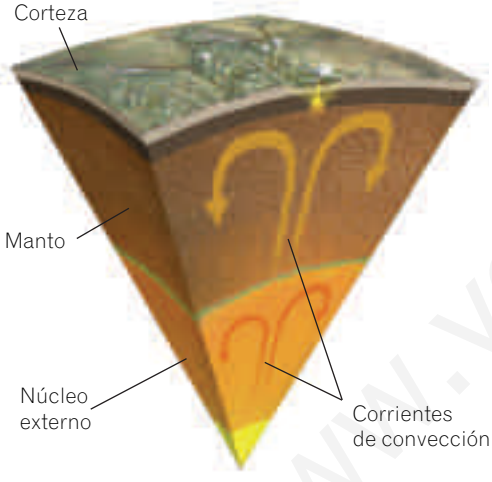
En el interior de un fluido se forman corrientes de convección cuando su parte inferior está más caliente que la superior.

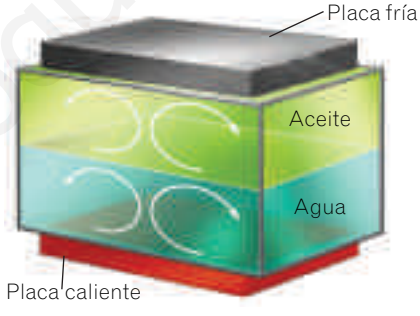
Convección en el interior terrestre

Los **movimientos de convección** consisten en **corrientes** ascendentes y descendentes en el interior de un fluido, que se forman cuando el fluido se vuelve inestable debido a que su parte superior es más densa y tiende a hundirse, mientras que la parte inferior es menos densa y tiende a flotar hacia la superficie.

La inestabilidad causante de las corrientes se origina cuando el fluido es calentado por abajo. El fluido caliente se expande, su densidad disminuye y tiende a flotar formando **corrientes ascendentes**, mientras que el fluido situado más arriba se encuentra más frío y su mayor densidad le empuja a hundirse, formando **corrientes descendentes**.

La Tierra se asemeja a un recipiente que está siendo calentado por abajo, ya que en el centro del planeta las temperaturas casi alcanzan los 5 000 °C, mientras que la superficie de la corteza está fría.



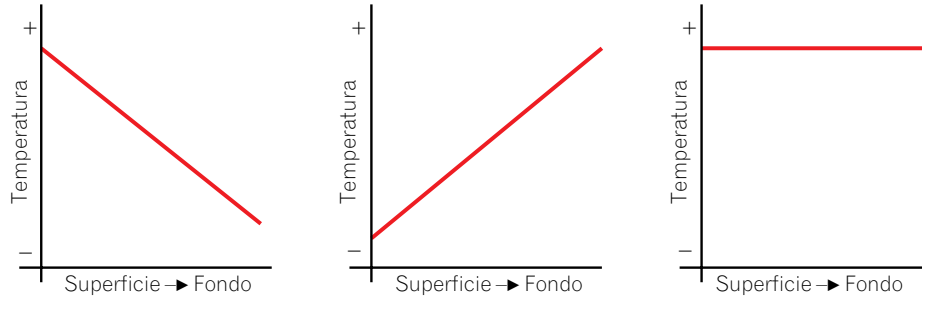


Sin embargo, hay una importante diferencia entre la Tierra y el recipiente, porque el planeta está separado en dos fases de muy distinta densidad que no pueden mezclarse: el **núcleo metálico** y el **manto rocoso**, por lo que se parece más a un recipiente en el que hubiera dos fluidos diferentes, como agua y aceite.

El núcleo metálico es más denso que el manto rocoso, por eso no se mezclan aunque ambos están en convección.

ACTIVIDADES

1. Las tres gráficas de la derecha representan la distribución de la temperatura del agua de los tres recipientes de la figura superior. ¿Qué gráfica corresponde a cada caso?



www.yoquieroaprobar.es

2 Las manifestaciones de la convección

Los movimientos convectivos en el interior terrestre se manifiestan en la superficie de diversas formas:

- **Magnetismo terrestre.** Tiene su origen en las violentas corrientes de convección que agitan el hierro líquido del núcleo externo. A temperaturas de varios miles de grados, parte de los electrones de los átomos de hierro se desprenden de las cortezas atómicas y, al ser arrastrados por las corrientes de convección, originan corrientes eléctricas que causan el campo magnético.
- **Movimiento de continentes.** Se debe a los movimientos convectivos que tienen lugar en el manto terrestre. La parte superficial de las corrientes de convección se desplaza horizontalmente en la parte más superficial del manto, empujando a los continentes, separándolos o haciéndolos colisionar entre sí. Estas colisiones son el origen de muchas **cordilleras**.
- **Vulcanismo.** El calor transportado desde la base del manto hasta la parte más superficial de la Tierra da lugar a las cordilleras volcánicas más activas del planeta: las **dorsales oceánicas**. En las zonas de subducción, donde las corrientes de convección se sumergen de nuevo, se produce la fusión del material de la corteza arrastrado hacia el interior del manto, lo que origina vulcanismo, aunque de un tipo diferente.
- **Sismicidad.** Los movimientos de los continentes y de los fondos oceánicos producen en la litosfera grandes fracturas, en las que el movimiento de los bloques produce fuertes **terremotos**. Las zonas de subducción presentan también una intensa actividad sísmica.
- **Segregación de materiales por densidades.** Al estar el manto en continuo movimiento, los materiales menos densos van siendo llevados hasta la superficie, donde difícilmente pueden volver a hundirse. De esta forma se ha originado la **corteza continental granítica.** Este ha sido también el origen de la **atmósfera** y la **hidrosfera** terrestres, ya que el vulcanismo arroja grandes cantidades de gases al exterior, una gran parte de los cuales es vapor de agua.

El Pirineo es un relieve originado por la colisión de la Península Ibérica contra el continente europeo.

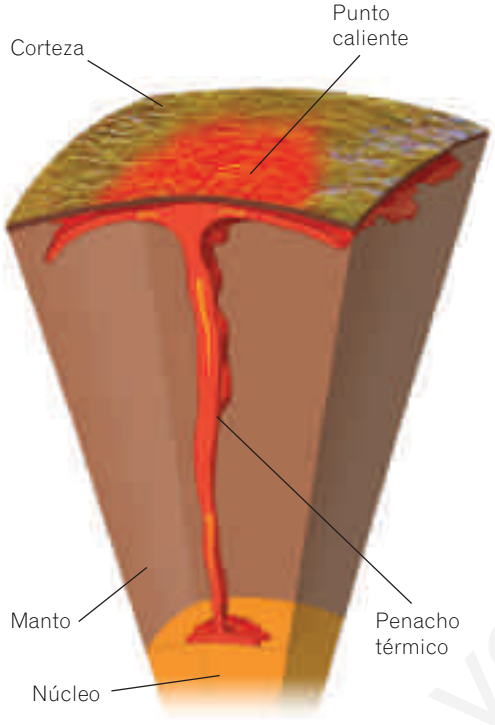
Las zonas de subducción presentan una elevada sismicidad.

La convección del manto es la causa del vulcanismo. A la izquierda, vulcanismo hawaiano de alta temperatura, producido por las corrientes ascendentes desde las profundidades del manto. A la derecha, vulcanismo peleano explosivo, asociado a las zonas de subducción, debido a la fusión de la corteza arrastrada por las corrientes de convección descendentes.

El granito de la corteza continental es un destilado formado por los materiales de menor densidad, por lo que no puede ser arrastrado de nuevo hacia el interior del manto en las zonas de subducción.

www.yoquieroaprobar.es

El Monte Olimpo, en Marte.



Entradas a grutas excavadas en el hielo del glaciar La Mer de Glace, en los Alpes franceses.

3 La convección del manto y los relieves

El relieve más alto que se conoce en el Sistema Solar está en Marte y es el volcán Monte Olimpo, un gigantesco edificio de basalto de más de 24 km de altura. En Marte no hay cordilleras y en la Tierra sí. Sin embargo en nuestro planeta no existe ningún volcán tan grande. ¿Por qué estas diferencias?

La explicación es que en Marte no hay placas litosféricas. Las cordilleras que nos resultan tan familiares en la Tierra son el resultado de que la litosfera esté rota en fragmentos que se mueven, separándose o colisionando entre sí, hundiéndose por subsidencia bajo el peso de los sedimentos o levantándose isostáticamente cuando son empujadas por abajo.

Penachos térmicos y puntos calientes

En el manto terrestre, igual que en el de Marte, las corrientes de convección ascendentes tienen forma de columnas o **penachos** de material caliente que ascienden desde la base del manto hacia la superficie.

Los penachos térmicos son columnas de material rocoso caliente que ascienden desde la base del manto hacia la superficie, donde originan una zona de intenso vulcanismo, llamada punto caliente.

Ocurre algo similar cuando ponemos un cazo con agua al fuego; se alzan pequeños chorros de agua caliente desde el fondo hacia la superficie. Pero el manto está sólido, o al menos eso se desprende de los estudios sísmicos. ¿Pueden formarse corrientes de convección en un material sólido?

La clave está en lo qué entendemos por «**material sólido**». El hielo de los glaciares parece un sólido, se puede caminar sobre él y se puede excavar una gruta en su interior, pero en realidad se comporta más como un líquido que como un sólido, ya que fluye, aunque muy lentamente, y la gruta que podemos excavar en él se va colapsando en apenas unos años.

La solifluxión es el comportamiento de un material aparentemente sólido, que puede fluir lentamente como un fluido muy viscoso.

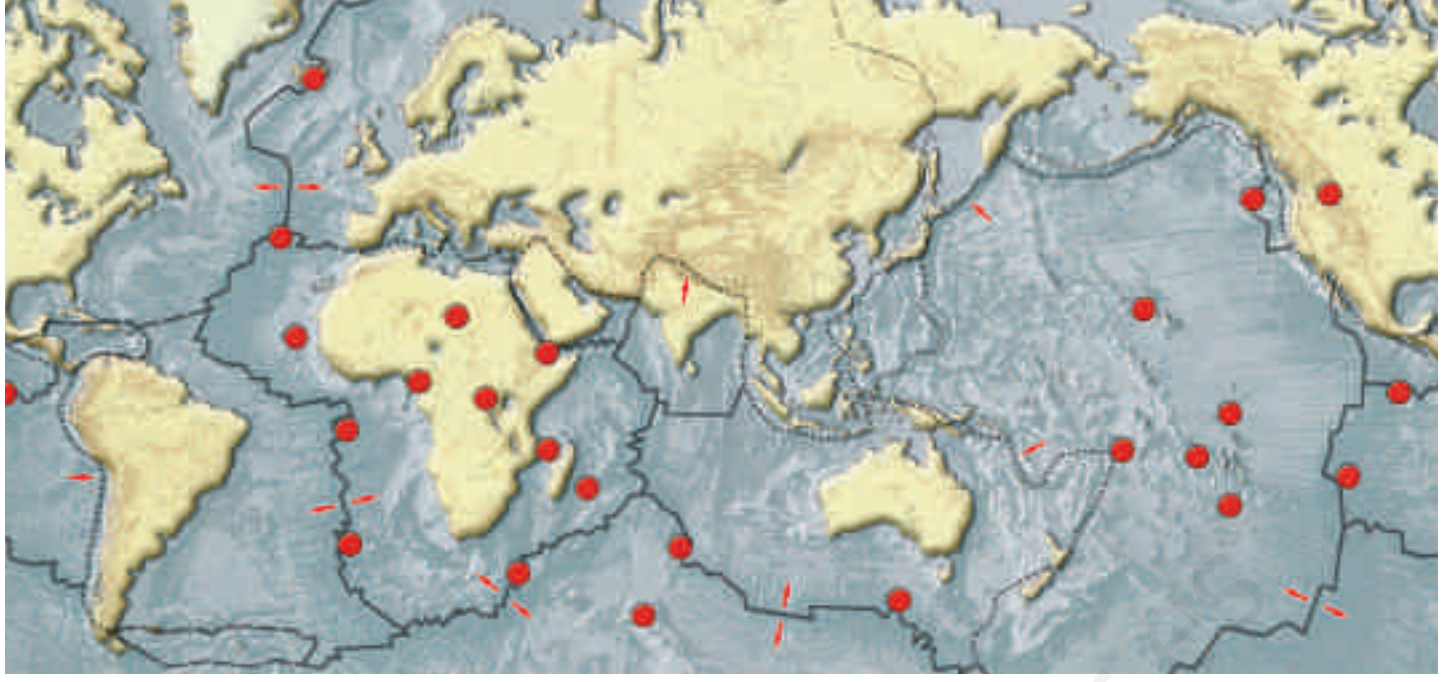
El manto presenta **solifluxión**. A pesar de que está formado por rocas aparentemente sólidas y rígidas, puede fluir muy lentamente. En su interior se forman **penachos térmicos** de roca caliente que ascienden a velocidades de pocos centímetros por año. Al llegar a la superficie originan **puntos calientes** con vulcanismo activo.

Hay tres tipos de relieves asociados a los puntos calientes: **dorsales oceánicas**, **mesetas continentales elevadas** y **archipiélagos volcánicos**.

ACTIVIDADES

2. ¿Conoces alguna sustancia que tenga apariencia sólida y que a la vez se comporte como un líquido que fluye lentamente? ¿Afectan los cambios de temperatura a la fluidez de esa sustancia?
3. En Marte no hay granito. ¿Qué puede decirnos este hecho sobre la convección en su manto: es más o menos intensa que en la Tierra?

www.yoquieroaprobar.es



Mapa del relieve de fondos oceánicos. Los puntos rojos corresponden a la situación actual de los principales puntos calientes del planeta. Estudios recientes, publicados en marzo de 2008, parecen demostrar que la localización de los puntos calientes varía con el tiempo, debido a que las corrientes de convección del manto mecen los penachos térmicos desde su base.

4 Las dorsales oceánicas y las mesetas continentales

Las zonas volcánicas más activas del mundo son las **dorsales oceánicas**. Son cordilleras volcánicas de miles de kilómetros de longitud y con una altitud media de 2 500 metros sobre la llanura circundante. Presentan dos elevaciones paralelas, con un valle central llamado **rift**. Aparecen además cortadas perpendicularmente por grandes fracturas, algunas de ellas de cientos de kilómetros de longitud, llamadas **fallas transformantes**.

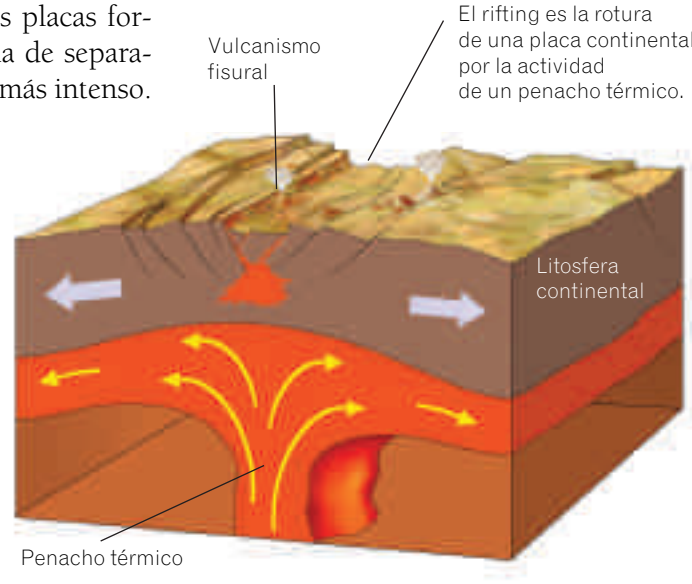
Sin embargo, las dorsales son en realidad zonas donde la corteza es muy delgada y está fracturada. Su relieve se debe a la presión que ejerce el magma situado bajo la corteza, que levanta los bordes de las placas formando las dos crestas paralelas de la dorsal. El rift es la zona de separación entre ambas placas, y es la parte donde el vulcanismo es más intenso.

Mesetas continentales elevadas y rifting

La litosfera continental es gruesa, rígida y fría, y conduce muy mal el calor. Cuando bajo ella se sitúa un penacho térmico, el calor se acumula en su base, las rocas se dilatan, se hacen menos densas y experimentan un empuje hacia arriba, con lo que el continente empieza a abombarse y a fracturarse.

Este es el origen de las **mesetas elevadas**, extensas llanuras levantadas por la presión de un penacho térmico situado bajo la litosfera. La parte occidental del continente europeo está experimentando actualmente un levantamiento de este tipo, que afecta también a la Península Ibérica.

El rift puede convertirse en una dorsal oceánica, separando los fragmentos del continente y formando un océano entre ellos. Si el penacho térmico pierde actividad y el manto empieza a enfriarse, la litosfera continental fracturada comienza un rápido hundimiento y se convierte en una cuenca sedimentaria. Este hundimiento de la litosfera debido al enfriamiento del manto se llama **subsidencia térmica**.



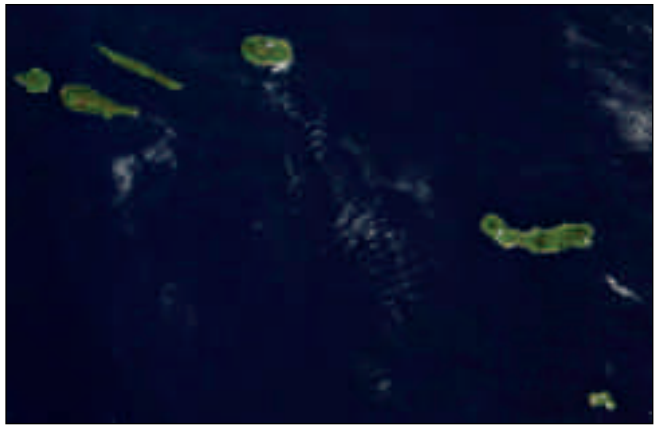
ACTIVIDADES

4. Observa el mapa de los fondos oceánicos. ¿A qué se debe que Islandia tenga una intensa actividad volcánica?

www.yoquieroaprobar.es

5 Los archipiélagos volcánicos

La litosfera oceánica es más delgada que la continental. Cuando un penacho térmico se sitúa bajo ella también se abomba, pero el vulcanismo se manifiesta muy pronto y origina un **archipiélago volcánico**.



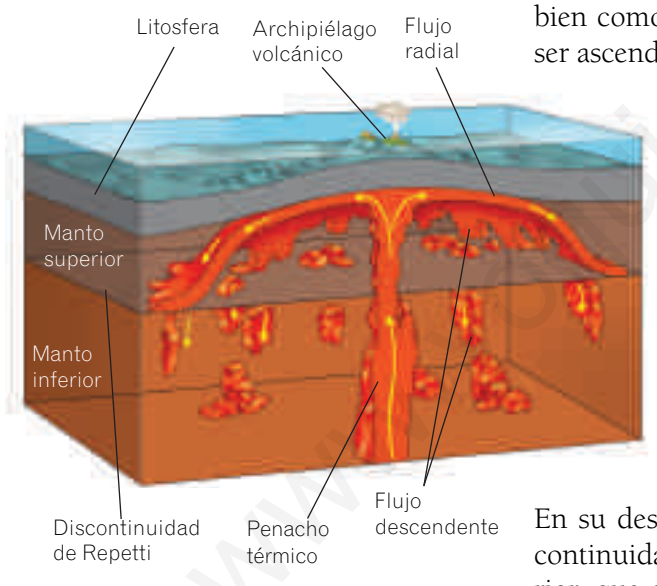
Las islas Azores son el resultado del vulcanismo producido por un punto caliente en el océano Atlántico.

Los puntos calientes en la litosfera oceánica originan archipiélagos volcánicos como Hawai, las Azores y muchos otros. Pero no todos los archipiélagos volcánicos están relacionados con puntos calientes.

El vulcanismo de un punto caliente en la litosfera oceánica vierte grandes volúmenes de basalto, pero no puede llegar a formarse un volcán gigante como el Monte Olimpo de Marte, porque en la Tierra las placas están en movimiento y no permanecen estáticas sobre el penacho térmico, por lo que en vez de formarse un único edificio volcánico de grandes dimensiones, se va formando un rosario de volcanes, que se van extinguiendo a medida que se alejan del foco térmico.

Corrientes convectivas descendentes

Las imágenes sísmicas del interior terrestre muestran que los penachos térmicos forman columnas ascendentes relativamente bien organizadas. Cuando alcanzan la base de la litosfera se abren como un paraguas, o más bien como el yunque que corona las nubes de tormenta; el flujo deja de ser ascendente y se hace **radial**.



El penacho térmico se va enfriando, principalmente por dos procesos:

- **Conducción del calor a la litosfera.** En ella se produce magmatismo, que da lugar al vulcanismo.
- **Expansión de los materiales.** Las rocas que forman el penacho térmico se expanden a medida que alcanzan zonas de menor presión, y su expansión las enfría, del mismo modo que la expansión de un gas reduce su temperatura.

Cuando el material se hunde de nuevo en el manto forma **corrientes descendentes**, que son más difusas que las ascendentes porque el flujo radial disgrega el penacho térmico. En su descenso los fragmentos procedentes del penacho llegan a la discontinuidad de Repetti, pero no se hunden fácilmente en el manto inferior, que es más denso, y pueden quedar apoyados sobre la discontinuidad hasta que la presión los va compactando. Cuando su densidad ha aumentado lo suficiente, acaban por hundirse en el manto inferior.

ACTIVIDADES

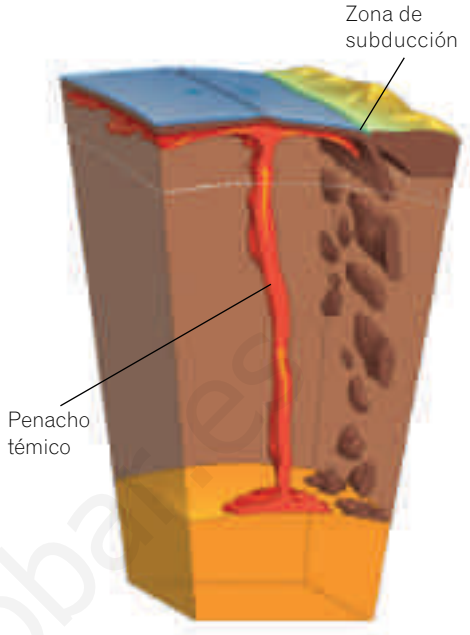
5. En un archipiélago volcánico ligado a un punto caliente, como Hawai, los volcanes más antiguos, además de estar extinguidos, se encuentran sumergidos y no forman islas. ¿Por qué?
6. Cuando se escapa el gas de una bombona, esta se enfría. Explica qué similitud hay entre ese enfriamiento del gas y el experimentado por un penacho térmico al ascender.

www.apuntesenbiologia.es

6 La subducción

La **litosfera oceánica**, formada en las dorsales, es delgada y no muy densa debido a su alta temperatura, pero a medida que se aleja de la dorsal se va enfriando y también experimenta **subsidencia térmica**. Al mismo tiempo, se va volviendo más gruesa a medida que el material del manto superior se adhiriere a su base.

Finalmente puede ocurrir que su peso la empuje a hundirse en el manto, formando una corriente convectiva descendente. Se origina entonces una **zona de subducción**, que es la zona en que la placa oceánica se dobla y se hunde en el manto. La litosfera continental granítica no puede hundirse en el manto, porque es menos densa.

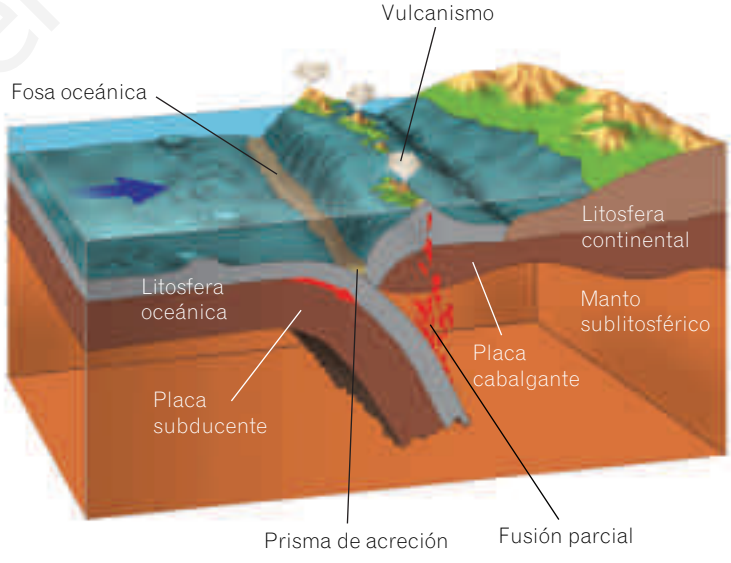


La subducción es la formación de corrientes convectivas descendentes constituidas por litosfera oceánica.

Características de las zonas de subducción

Las zonas de subducción presentan varios rasgos característicos:

- Se encuentran en los océanos, puesto que siempre es una placa oceánica la que subduce.
- La placa que permanece sin subducir, llamada **placa cabalgante**, puede ser oceánica o continental.
- En la zona donde la **placa subducente** se dobla, se forma una **fosa oceánica** profunda y alargada.
- En la fosa oceánica se acumula un gran espesor de **sedimentos**.
- Si los sedimentos son comprimidos contra la placa cabalgante, quedan adheridos a ella formando un **prisma de acreción**.
- Son zonas de **intensa sismicidad**, debido al rozamiento. Los seísmos están distribuidos según un plano inclinado, llamado **plano de Benioff**.
- La placa subducente experimenta una **fusión parcial**, que aporta **magmas** a la base de la placa cabalgante, produciendo manifestaciones magmáticas, como **vulcanismo** e **intrusiones plutónicas**.
- El empuje de la placa subducente sobre la placa cabalgante la comprime, aumentando su grosor y originando un relieve, un **orógeno volcánico**.



En las zonas de subducción la interacción entre la placa oceánica subducente y la placa cabalgante produce sismicidad, vulcanismo, formación de orógenos...

ACTIVIDADES

7. ¿Por qué la placa cabalgante puede ser oceánica o continental, pero la subducente siempre es oceánica?

www.yoquieroaprobar.es

7 La formación de las cordilleras. Los orógenos

Los orógenos son **alineaciones montañosas**, y su origen está ligado a las zonas de subducción y a los movimientos de las placas. Según su origen, se pueden diferenciar cuatro tipos de orógenos: **arcos de islas**, **orógenos térmicos**, **orógenos de colisión** y **orógenos intraplaca**.

Arcos de islas

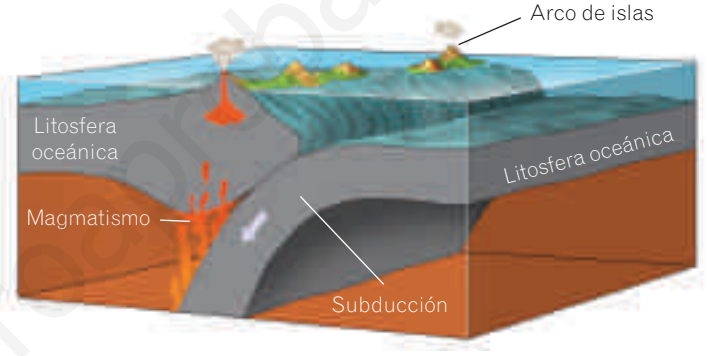
Cuando la placa cabalgante está formada por litosfera oceánica, el orógeno que se forma en su borde da lugar a un **archipiélago lineal** de **islas volcánicas**, llamado **arco de islas**.

Los arcos de islas son zonas **volcánicas** y de **intensa sismicidad**. Las islas se forman por el engrosamiento de la placa cabalgante, al ser comprimida por la placa subducente, y también como resultado del **vulcanismo**, que origina edificios volcánicos muy altos.

ACTIVIDADES

8. En los arcos de islas todas las islas presentan vulcanismo, mientras que en los archipiélagos volcánicos ligados a puntos calientes solo están activos los volcanes de un extremo de la alineación de volcanes. ¿Puedes explicar el porqué de esa diferencia?

Japón y Filipinas son arcos de islas: archipiélagos volcánicos producidos por subducción.

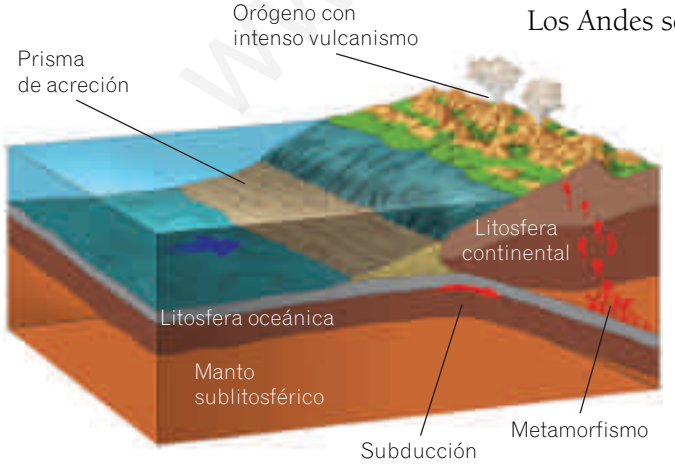


Las fosas oceánicas que se forman junto a los arcos de islas son las más profundas de la Tierra. La fosa de las Marianas alcanza los 11 032 metros de profundidad.

El elevado **riesgo sísmico** y **volcánico** de estos archipiélagos trae asociados otros riesgos, como la formación de **tsunamis**, olas gigantes muy destructoras.

Orógenos térmicos

Si la placa cabalgante está formada por litosfera continental, se origina en su borde un **relieve volcánico** que recibe el nombre de **orógeno térmico**. Los Andes son un relieve formado por este proceso.



En la zona de subducción también se forma una **fosa oceánica**, pero menos profunda que en los arcos de islas, ya que en estas se acumula un gran espesor de sedimentos procedentes de la erosión del continente.

Estos sedimentos son fuertemente comprimidos contra el talud continental y quedan adosados a él, formando un **prisma de acreción**, con rocas metamórficas y sedimentarias.

La corteza oceánica de la placa subducente, igual que ocurre en los arcos de islas, experimenta **fusión** al introducirse en el manto, y origina magmas que tienden a ascender, y que dan lugar a las **erupciones volcánicas** y también a emplazamientos de **rocas plutónicas** en el interior de la corteza continental.

www.yoquieroaprobar.es

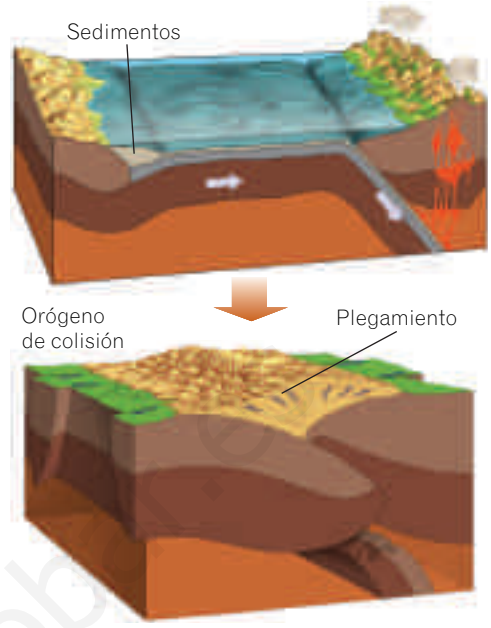
Orógenos de colisión

La corteza continental está compuesta principalmente por rocas graníticas y metamórficas, relativamente poco densas, que no pueden hundirse en el manto. Los continentes son empujados pasivamente por la extensión del fondo oceánico que se produce en las dorsales, y en su movimiento de deriva pueden colisionar entre sí.

Cuando se produce el choque entre dos placas continentales, ninguna de ellas puede subducir y se produce un **orógeno de colisión**.

En los orógenos de colisión, a diferencia de los orógenos térmicos y de los arcos de islas, el proceso predominante no es el vulcanismo sino la **tectónica**, es decir, el relieve no es una alineación de volcanes, sino que está formado por el **plegamiento** de los materiales de ambas placas y de los sedimentos que se habían acumulado entre ellas antes de que se produjera la colisión.

El rozamiento entre ambas placas produce magmatismo que origina rocas plutónicas, pero los volúmenes de magmas que se generan son mucho menores que en el caso de un orógeno producido por subducción.

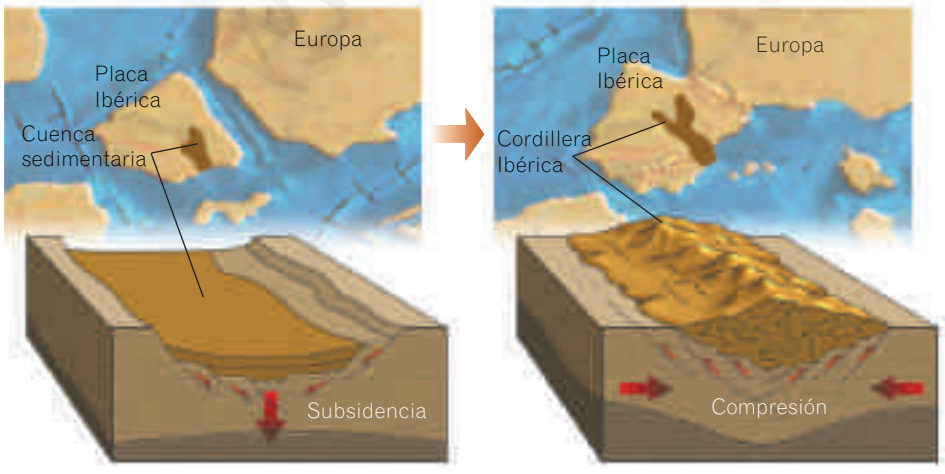


Orógenos intraplaca

Cuando se produce una colisión entre continentes, la compresión se transmite hacia el interior de ambos. Es frecuente que se formen grandes **fallas**, causantes a su vez de **terremotos**. La sismicidad del sur de China es una consecuencia de la colisión entre Asia y la India, que levantó la cordillera del Himalaya.

Si en el interior del continente hay una **cuenca sedimentaria**, por ejemplo un antiguo rift ya inactivo, los sedimentos acumulados en esta cuenca son plegados y levantados al recibir la compresión originada en el borde del continente, a cientos de kilómetros de distancia. De esta forma se produce un orógeno en el interior de una placa continental.

Estos **orógenos intraplaca** no tienen necesariamente una forma tan lineal como los que se forman siguiendo el borde de un continente, sino que conservan vagamente la forma que tenía la cuenca sedimentaria de la que proceden. El plegamiento de los materiales es menos intenso que en los orógenos de colisión, y el relieve formado también es de menor altura.



ACTIVIDADES

9. ¿Qué significa que en un orógeno predomina la tectónica sobre el vulcanismo? ¿En qué orógenos se produce esto, y por qué?

10. La cordillera Ibérica fue un rift antes de ser una cordillera. Explica brevemente qué ocurrió desde que empezó a originarse aquel rift hasta que se formó el relieve.

www.yoquieroaprobar.es

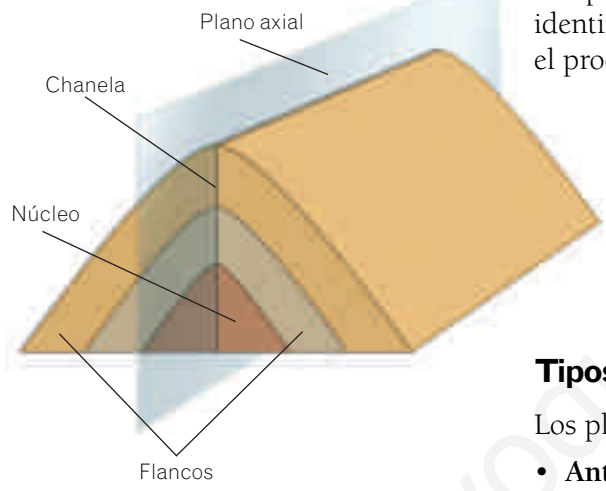
8 La tectónica. Deformaciones de las rocas

Deformación plástica: pliegues en rocas metamórficas.

Los esfuerzos compresivos y distensivos a los que está sometida la corteza producen tres tipos de deformaciones en las rocas:

- **Deformación elástica.** Es una deformación reversible. Las rocas se deforman al experimentar una sacudida brusca, pero después recuperan su forma inicial. El paso de las **ondas sísmicas** produce este tipo de deformación en las rocas.
- **Deformación plástica.** Consiste en el **plegamiento** de las rocas, y es irreversible; normalmente se produce cuando están sometidas a esfuerzos de compresión intensos durante millones de años.
- **Deformación frágil.** Corresponde a la **rotura** de las rocas. Ocurre cuando éstas soportan un esfuerzo compresivo o distensivo superior al que pueden absorber con una deformación elástica o plástica.

Pliegues. Elementos geométricos de un pliegue



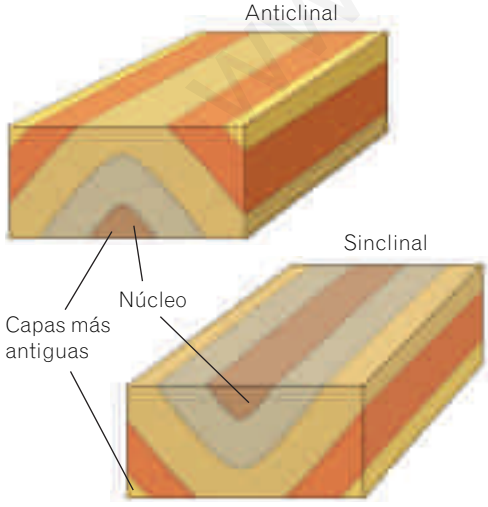
Los pliegues son deformaciones plásticas de las rocas. En ellos se pueden identificar cuatro elementos que nos permiten clasificarlos y comprender el proceso que los han originado:

- **Charnela.** Es la parte en que las capas presentan mayor curvatura.
- **Flancos.** Son las partes situadas a ambos lados de la charnela.
- **Núcleo.** Es la parte central del pliegue.
- **Plano axial.** Es un plano imaginario que pasa por la charnela, dejando un flanco a cada lado. Es como el plano de simetría del pliegue.

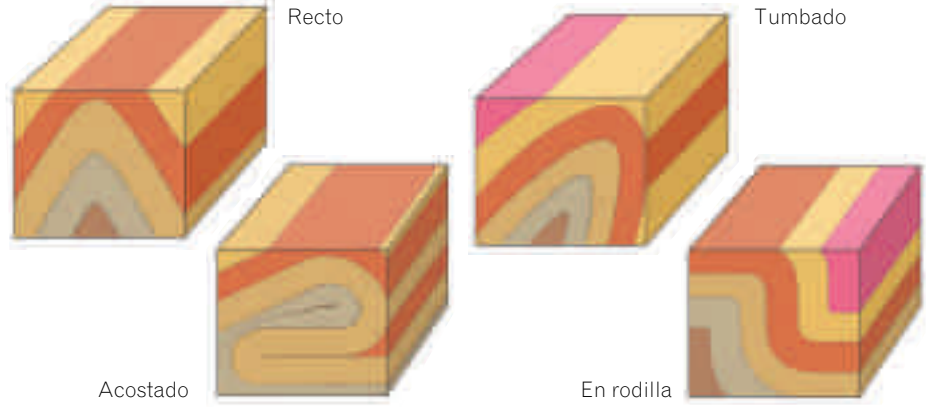
Tipos de pliegues

Los pliegues pueden clasificarse en dos tipos básicos:

- **Anticlinales.** Las capas más modernas quedan envolviendo a las más antiguas. Si el plano axial está vertical, los flancos apuntan hacia abajo y la charnela está arriba. Su núcleo está formado por las capas más antiguas.
- **Sinclinales.** Las capas más antiguas quedan envolviendo a las más modernas. Si el plano axial está vertical, los flancos apuntan hacia arriba y la charnela está abajo. Su núcleo está formado por las capas más modernas.



Según la posición del plano axial y de los flancos, los pliegues se pueden clasificar en diversos tipos, tanto si son anticlinales como si son sinclinales:



www.yoquieroaprobar.es

Deformación frágil. Diaclasas

Las diaclasas y las fallas son deformaciones frágiles de las rocas.

Las diaclasas son **roturas** de las rocas en las que los fragmentos no se han desplazado sino que se mantienen en su posición inicial. Se pueden producir por diversas causas:

- **Grietas de retracción.** Se originan en las arcillas y lodos al secarse.
- **Grietas de gelifracción.** Son debidos al efecto de cuña del agua al helarse en las fisuras de las rocas.
- **Disyunción columnar.** Se produce en las coladas de lava al enfriarse.
- **Lajamiento por descompresión.** Las rocas que se han originado en el interior de la corteza a altas presiones se expanden y fracturan al ascender hasta la superficie terrestre debido a la erosión del relieve.

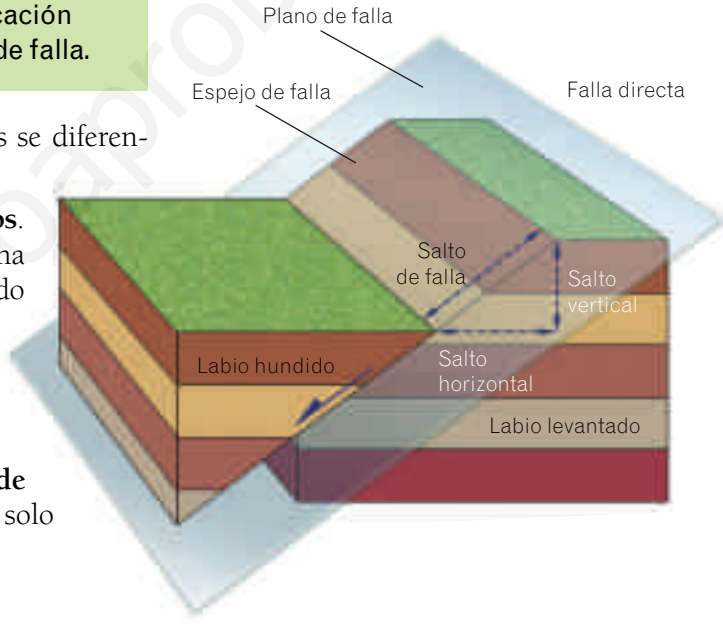
Disyunción columnar en Cabo de Gata (Almería).

Fallas. Elementos geométricos y tipos de fallas

Las fallas son roturas de las rocas en las que hay una dislocación de los bloques o labios. El plano de fractura se llama plano de falla.

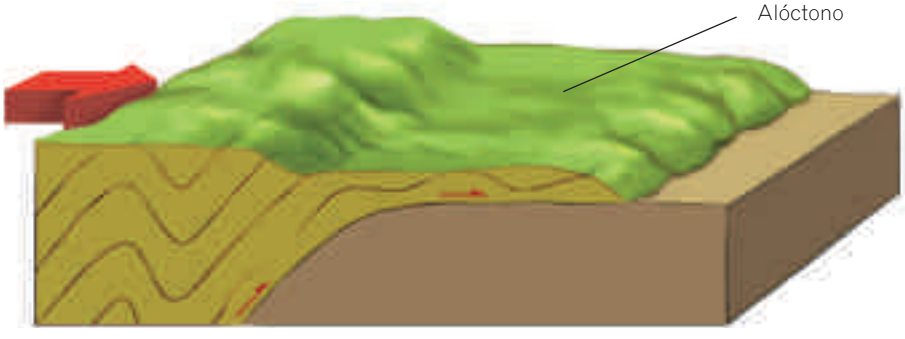
Dependiendo de cómo se produzca la dislocación de los labios se diferencian tres tipos de fallas:

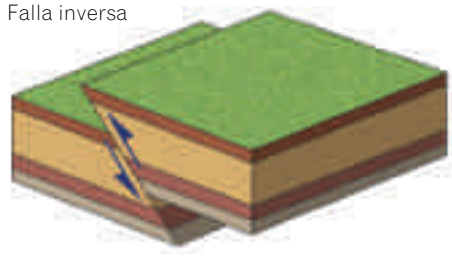
- **Directas o de gravedad.** Se forman por **esfuerzos distensivos**. El labio hundido está apoyado sobre el plano de falla y ha resbalado sobre él; es decir, el plano de falla buza o está inclinado hacia el labio hundido.
- **Inversas.** Se originan por **esfuerzos compresivos**. El labio hundido está bajo el plano de falla o, lo que es lo mismo, el plano de falla buza hacia el labio levantado.
- **De rumbo o de desgarre.** La falla se forma por **esfuerzos de cizalla**. No hay movimiento vertical de los bloques, sino solo horizontal. El plano de falla suele ser casi vertical.

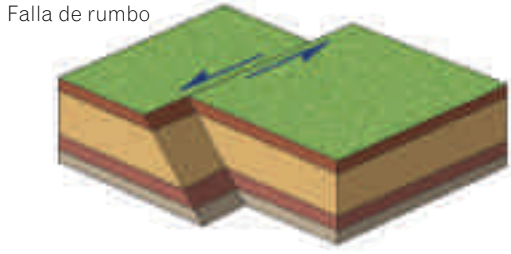


Mantos de corrimiento

Un manto de corrimiento es una **falla inversa** casi horizontal, en la que el labio levantado, llamado **alóctono**, se ha desplazado desde centenares de metros a decenas de kilómetros. Se suelen formar en los orógenos de colisión, debido a la fuerte compresión a la que son sometidos los materiales que quedan entre ambas placas.







www.yoquieroaprobar.es

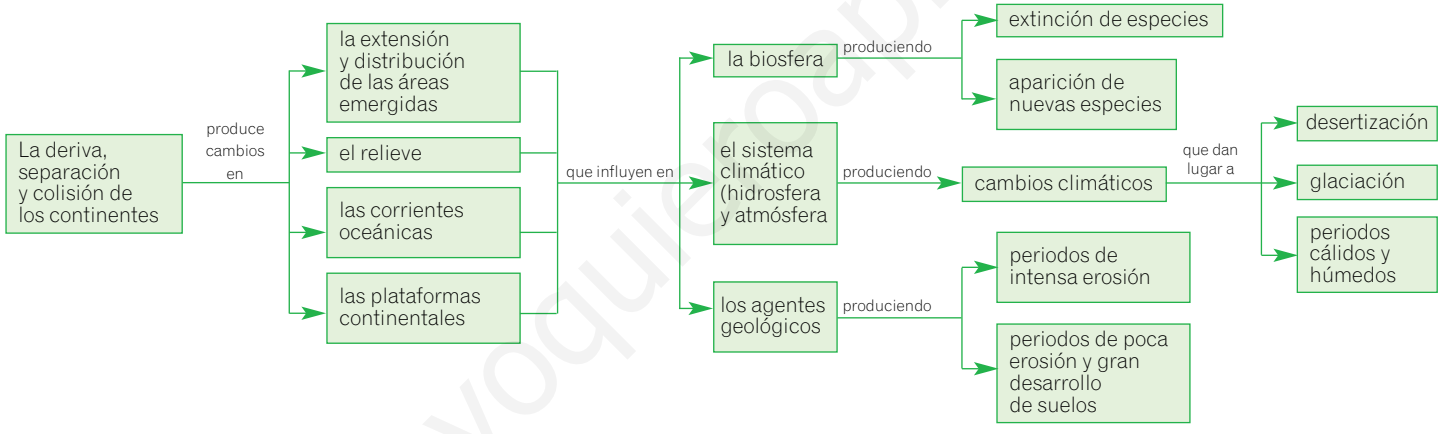
9 La interacción entre procesos internos y externos

Las corrientes de convección del manto producen **vulcanismo** y **movimiento y colisión de continentes**, que a su vez son los causantes de la formación de **relieves**.

El exterior de la Tierra también presenta una intensa y variada actividad, desarrollada fundamentalmente por tres sistemas que realizan diversos trabajos mecánicos y químicos utilizando la energía solar:

- **El ciclo del agua**, que distribuye la hidrosfera por toda la superficie del planeta, poniendo el agua a disposición de los otros dos sistemas.
- **Los agentes geológicos**, que realizan una redistribución de masas al erosionar los relieves y acumular sedimentos en las cuencas sedimentarias. Esto activa el proceso de **isostasia**, de forma que los relieves erosionados tienden a levantarse y las cuencas tienden a hundirse bajo el peso de los sedimentos.
- **La biosfera**, que mantiene la atmósfera, la hidrosfera y el suelo en una situación alejada del equilibrio químico, ya que selecciona de estos medios las moléculas y elementos que necesita, y vierte a ellos sus desechos.

La deriva continental influye sobre estos tres sistemas de diversas formas:



La interacción entre la actividad interna y externa del planeta puede resumirse del siguiente modo:

- **Los procesos internos** producen el engrosamiento de la litosfera (orógenos) o su adelgazamiento (zonas de rift).
- **La isostasia** hace que las zonas engrosadas formen relieves, y las adelgazadas cuencas sedimentarias, creándose así diferencias de altura en la superficie terrestre.
- **Los agentes geológicos** redistribuyen la masa de la litosfera, al erosionar los relieves y acumular sedimentos en las cuencas sedimentarias. Tienden, por tanto, a igualar la superficie, eliminando relieves y colmatando las cuencas.
- **La isostasia** produce entonces el levantamiento de las zonas erosionadas, que son empujadas desde abajo, y el hundimiento de las cuencas, con lo que tiende a mantenerse la diferencia de altura entre ambos.

Por último, la erosión elimina el engrosamiento de la litosfera y la isostasia deja de actuar. Mientras tanto, otros relieves se han formado en otros lugares.

ACTIVIDADES

11. Los cambios climáticos influyen a su vez sobre la biosfera y sobre los agentes geológicos. Explica con ejemplos cómo la situación climática influye en la evolución de los seres vivos y cómo determina también la actuación de los agentes geológicos.

www.yoquieroaprobar.es

10 Los riesgos geológicos

Un riesgo geológico es una situación en la que un proceso geológico puede ocasionar daños sobre las personas o sus intereses.

El concepto de riesgo geológico es **antropocéntrico**, ya que tiene en cuenta únicamente los intereses humanos. Por ejemplo, no se considera «riesgo» la posibilidad de que un volcán pueda destruir los bosques y la fauna de una isla deshabitada. Los riesgos se pueden clasifican en:

- **Riesgos debidos a procesos externos.** Son las inundaciones, las avenidas torrenciales, la sequía, la erosión del suelo fértil, la subsidencia por disolución cárstica, los procesos gravitatorios, etc.
- **Riesgos debidos a procesos internos.** Son la sismicidad, con sus efectos asociados, como los tsunamis, los corrimientos de tierras, etc., y la actividad volcánica, que implica procesos como emanaciones de gases, avalanchas de rocas, coladas de lava, explosiones, lahares, etc.

Las medidas de prevención incluyen equipos humanos listos para intervenir al ser alertados.

Medidas contra los riesgos geológicos

Para evitar o minimizar los daños que pueden producirse cuando un riesgo geológico se materializa, se toman tres tipos de medidas:

- **Medidas de previsión.** Están dirigidas a saber en qué consiste el riesgo, cómo puede materializarse y qué zonas resultarían afectadas en ese caso. Para ello se elaboran **mapas de riesgos**, en los que se indican los procesos que podrían causar daños y la gravedad de estos.
- **Medidas de prevención.** Son las destinadas a **evitar** que se materialice el riesgo o a **minimizar los daños** si llega a materializarse. La reforestación de las laderas con arbustos y árboles son un ejemplo de medidas del primer tipo, ya que tratan de impedir las avenidas, favoreciendo la infiltración del agua de lluvia. La construcción de diques de contención es una medida del segundo tipo, ya que con ella se intenta impedir que la avenida cause daños.

El Instituto Geográfico Nacional publica en su página web un mapa de riesgos sísmicos.

- **Medidas de predicción.** Están destinadas a saber con la mayor antelación posible el momento y el lugar en que se va a materializar un riesgo. En algunos casos, como el riesgo sísmico, es imposible la predicción, ya que no hay ningún indicador fiable de cuándo y en qué lugar preciso va a ocurrir un terremoto, pero en otros casos es posible disponer un sistema que avise de la proximidad de un evento que puede causar daños. Estos dispositivos son los **Sistemas de Alerta Temprana** (SAT).

ACTIVIDADES

12. ¿Qué significa que el concepto de riesgo geológico es antropocéntrico?

13. Busca en los *conceptos clave* el término «lahar», y explica por qué puede producirse en volcanes muy altos como el de la fotografía.

www.yoquieroaprobar.es

EN PROFUNDIDAD

Unos vecinos peligrosos

Los movimientos de los continentes tienen una influencia decisiva sobre la evolución de los seres vivos.

Cuando un continente, como es actualmente el caso de Australia o, en menor medida, la isla de Madagascar, queda aislado de los demás, las poblaciones que allí habitan pierden el contacto con las de otros continentes y se interrumpe el intercambio genético y cualquier otro tipo de relación, como la depredación o la competencia, que quedan limitadas a las faunas locales.

La fragmentación de **Pangea** hace 240 millones de años dio origen a dos grandes continentes: **Laurasia** al norte y **Gondwana** al sur. Gondwana continuó su fragmentación durante la era mesozoica, y hace unos setenta millones de años el continente suramericano se separó por completo y quedó convertido en una gigantesca y alargada isla.

Su extremo sur llegaba hasta latitudes casi polares, pero su zona más septentrional se situaba en una zona tropical y disfrutaba de un clima cálido y húmedo en el que se desarrollaron extensas selvas.

Durante más de sesenta y cinco millones de años en este continente aislado se desarrollaron muchas especies diferentes de reptiles, aves y mamíferos que establecieron complejas relaciones tróficas.

Phororhacos. Un «ave del terror» del continente suramericano, corredora y carnívora, que se extinguió con la llegada de los carnívoros de Norteamérica.

Los grandes depredadores estaban representados por tres grupos: unos mamíferos marsupiales carnívoros con largos colmillos de sable, unos cocodrilos capaces de correr por tierra firme pero que sin duda pasaban gran parte del tiempo en el agua, y unas aves corredoras de gran tamaño, algunas de tres metros de altura, a las que se ha llamado «aves del terror».

Hace unos tres millones de años se formó el istmo de Panamá, y los continentes norteamericano y suramericano quedaron unidos, produciéndose un intercambio de faunas. Desde el sur llegaron a Norteamérica mamíferos como los armadillos, las zarigüeyas y los osos hormigueros; pero en Suramérica entraron depredadores como el puma y el mapache, estableciendo una fuerte competencia con los depredadores suramericanos, que terminaron por extinguirse.

También entraron desde el norte grandes herbívoros, como el mastodonte, parecido al mamut, y finalmente el ser humano, hace unos 15000 años, cuya expansión coincidió con la retirada de los hielos del último periodo glaciar.

El mastodonte llegó a Suramérica desde el norte del continente americano. En su extinción influyó su caza masiva por el ser humano.

El puma, un depredador llegado de Norteamérica, se distribuyó ampliamente por Suramérica, estableciendo una fuerte competencia con los depredadores suramericanos.

www.yoquieroaprobar.es

Ciencia en tus manos

Formación de un penacho térmico

Las corrientes de convección en el manto son similares a las que se pueden formar en el interior de un fluido que es calentado por abajo, auque la enorme viscosidad del manto hace que esas corrientes ascendentes, los **penachos térmicos**, tarden millones de años en recorrer el manto y llegar hasta la base de la litosfera. Vamos a producir en el laboratorio la formación de un penacho térmico.

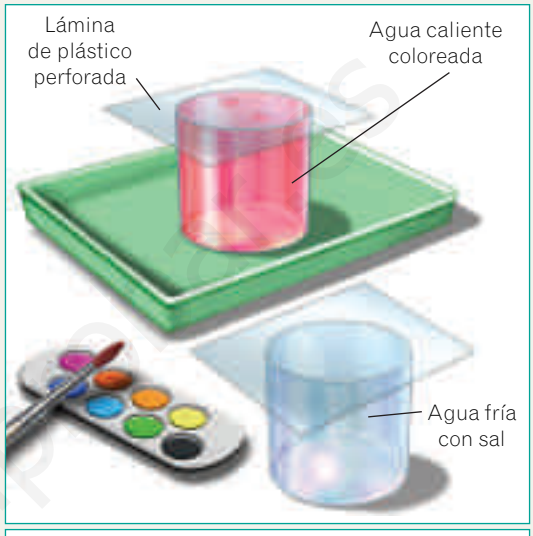
1. **Preparamos el material.** Utilizaremos dos vasos de vidrio transparente, una bandeja grande de plástico, dos láminas de plástico un poco rígido (sirven las tapas de tarrinas), agua, hielo, sal, témpera o acuarela roja y un mechero de gas.

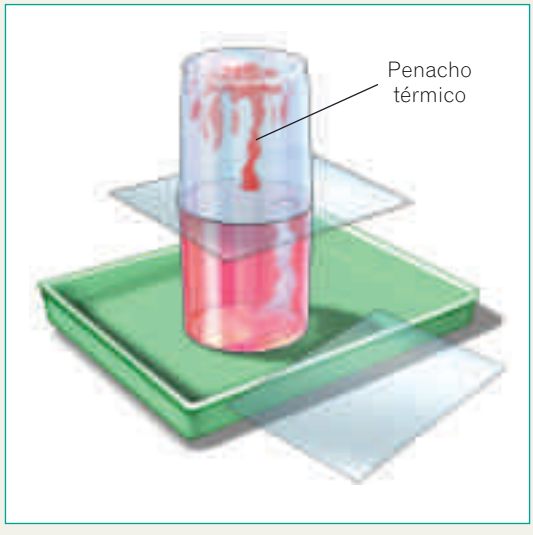
Ponemos a hervir agua con un poco de acuarela roja para teñirla, y por otro lado preparamos agua con hielo y le añadimos dos cucharadas de sal. Obtendremos así agua roja muy caliente y agua salada muy fría.

2. **Realizamos el montaje.** Ponemos un vaso en la bandeja, lo llenamos hasta el borde con agua caliente coloreada y colocamos sobre él una de las láminas, en la que previamente hemos hecho dos agujeros y cortado los bordes.

El otro vaso lo llenamos hasta el borde de agua fría y salada. Le podemos añadir las virutas muy trituradas de sacar punta a un lápiz para visualizar mejor el movimiento del agua; le ponemos encima la lámina sin perforar procurando que no quede aire, le damos la vuelta con cuidado y lo colocamos sobre el otro vaso. Sujetamos la lámina perforada y retiramos con cuidado la no perforada, tirando de ella con suavidad. Quedan así los dos vasos separados únicamente por la lámina perforada.

3. **Interpretamos el resultado.** La corriente ascendente que se forma en el vaso superior es similar a un penacho térmico del manto; es un flujo ascendente organizado en forma de columna de material caliente, que al llegar a cierta altura se desmorona y se hunde de nuevo. Al hundirse lo hace de manera difusa. Se puede observar que la convección afecta toda la masa de agua del vaso igual que ocurre en el manto. Si hemos puesto las virutas de lápiz, se podrá ver que el flujo ascedente se hace radial al llegar a la parte de arriba dispersando las virutas, que tienden a flotar.





ACTIVIDADES

14. ¿Por qué añadimos sal al agua fría? ¿Qué pretendemos al poner agua muy caliente en un vaso y agua muy fría en el otro?

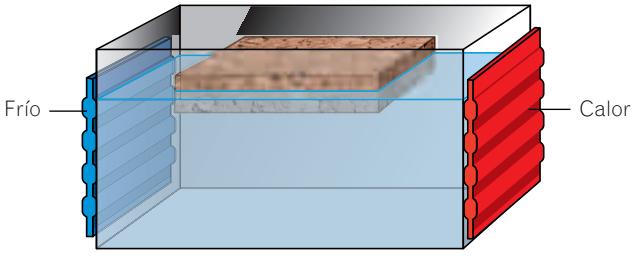
15. Explica qué significa que en este experimento se produce una transformación de energía térmica en energía mecánica. ¿Qué papel desempeña la gravedad en esa transformación?

16. En el vaso superior se produce, además del flujo ascendente en forma de columna, un flujo descendente más difuso y desorganizado. ¿Ocurre algo parecido en el manto terrestre? ¿Con qué se puede comparar la corriente ascendente de agua caliente? ¿Y el flujo disperso descendente?

www.yoquieroaprobar.es

Actividades

17. ●● **La figura representa un recipiente con agua al que se le ha aplicado calor en un lateral y frío en el otro.** Indica cómo se producirían corrientes de convección en el agua. ¿Hacia dónde se desplazaría el corcho que flota en la superficie?



18. ●●● **En verano se suelen formar remolinos de polvo, que son corrientes ascendentes de aire que se forman sobre superficies calientes.** Explica cómo se forman.

19. ●● **En los hornos de las industrias siderúrgicas se funde mineral de hierro, obteniéndose hierro líquido sobre el que flota una masa rocosa llamada escoria.** ¿Qué dos capas de la Tierra se originaron por un proceso comparable a este?

20. ● **¿Tendría alguna consecuencia para la vida en la Tierra que el núcleo externo dejara de estar agitado por corrientes de convección?**

21. ● **Explica por qué la existencia de un gigantesco edificio volcánico en Marte significa que en ese planeta no hay placas litosféricas móviles.**

22. ● **¿La plastilina es un líquido o un sólido?** Razona tu respuesta y explica qué propiedad presenta ese material que lo hace comparable con los materiales del manto.

23. ●● **¿Quién propuso que las dorsales eran en realidad fracturas en la litosfera con gran actividad volcánica, en las que se producía la extensión del fondo oceánico?** ¿Y qué dato relacionado con el paleomagnetismo de las rocas confirmó esa teoría?

24. ● **El dibujo representa dos bloques de madera del mismo tipo, pero de diferente grosor. Dibuja en tu cuaderno cómo quedarían si los pusieras flotando en el agua.** ¿Cuál de ellos representaría un relieve y cuál se podría comparar con una cuenca sedimentaria?

25. ●● **Lee atentamente el siguiente texto:**

«El cuerpo puede perder calor eficazmente si está cubierto con una prenda delgada y fácilmente fisurable, pero si está cubierto con una prenda gruesa y mala conductora térmica, el calor se acumula y pronto empieza la sudoración».

Cópialo en tu cuaderno, pero cambiando las siguientes palabras: donde pone cuerpo pon «manto terrestre»; en vez de prenda pon «litosfera» y en lugar de sudoración escribe «actividad magmática». Escribe a continuación una explicación breve de por qué los penachos térmicos acumulan mucho más calor bajo la litosfera continental que bajo la litosfera oceánica.

26. ● **En las rocas de la cordillera Ibérica se puede leer una curiosa historia: hace unos 200 millones de años el terreno se levantó formando una llanura elevada en la que se encajaron los ríos; posteriormente se formaron grandes fallas y el terreno comenzó un hundimiento relativamente rápido que transformó aquella meseta en una cuenca sedimentaria en la que acabó entrando el mar.** ¿Hay algún proceso ligado a la dinámica del manto que nos permita comprender qué ocurrió?

27. ● **Cuando un penacho térmico se sitúa bajo la litosfera, produce en esta un abombamiento, pero dependiendo del tipo de litosfera se manifiesta de manera diferente.** Completa en tu cuaderno esta tabla, escribiendo el texto de los recuadros en sus casillas correspondientes.

Gruesa y rígida | El calor se evacua pronto hacia el exterior | En focos puntuales | Edificios volcánicos

Delgada | Se acumula el calor bajo la litosfera | A lo largo de fisuras (vulcanismo fisural) | Rifting

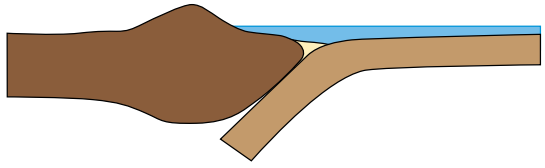
Tipo de litosfera	Características de la litosfera	Evacuación del calor	Tipo de vulcanismo	Resultado
Continental				
Oceánica				

28. ●● **El neopreno es una espuma de goma impermeabilizada que se usa para hacer prendas aislantes del frío para los deportes acuáticos.** Como es muy poroso y, por tanto, poco denso, la persona que lo lleva flota fácilmente en el agua, pero si esa persona se sumerge a diez o doce metros, la presión del agua comprime las burbujas del tejido, que aumenta su densidad y pierde la flotabilidad. ¿Con qué proceso ligado a la dinámica del manto y la litosfera se puede comparar este aumento de densidad del neopreno al ser comprimido?

www.yoquieroaprobar.es

29. ● Copia el dibujo simplificado de una zona de subducción y añádele los siguientes rótulos:

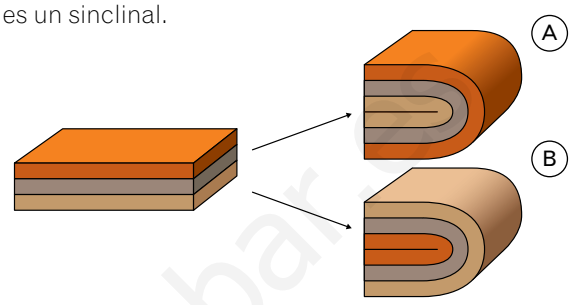
a) Litosfera continental
b) Fosa submarina
c) Placa cabalgante
d) Sedimentos que forman el prisma de acreción
e) Litosfera oceánica
f) Orógeno volcánico
g) Placa subducente



Indica también dónde se produce magmatismo, dónde hay actividad volcánica y dónde se produce fusión en la placa subducente. Dibuja el plano de Benioff e indica su significado. Añade unas flechas indicando el movimiento de la placa subducente.

30. ● **Las islas Marianas, las Filipinas y Japón son arcos de islas.** Explica cómo se han formado y por qué en estas zonas se pueden producir tsunamis.

31. ● **Tomando como referencia la serie sin deformar, y sabiendo que el estrato de más arriba es el más moderno y el de abajo el más antiguo,** indica cuál de los pliegues tumbados es un anticlinal y cuál es un sinclinal.



UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

La misión *Viking*

En 1969 la NASA preparaba la misión ***Viking*** para buscar rastros de vida en el planeta Marte. El químico James Lovelock que formaba parte del equipo científico sugirió que la huella más evidente de que un planeta tiene vida está en su atmósfera.

«La vida crea y mantiene un desequilibrio químico en la atmósfera, aportando gases que si no se repusieran constantemente, desaparecerían en pocos miles de años al reaccionar entre sí y con las rocas de la superficie».

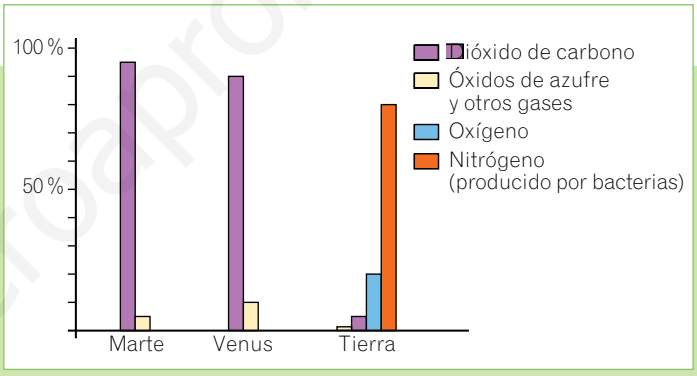
32. ● **¿Cuál era el objetivo de la misión *Viking*?**

33. ●●● **El dióxido de carbono es un gas inerte que no reacciona con las rocas ni con otros gases (a menos que se encuentre disuelto en agua).** ¿Su abundancia en la atmósfera de un planeta es un signo de que esa atmósfera está en equilibrio o en desequilibrio químico?

34. ●● **Indica la frase adecuada y explica por qué lo es.**

La sugerencia de Lovelock significaba que:

a) Para ver si un planeta tenía vida era necesario crear un desequilibrio en su atmósfera.
b) Para saber si en un planeta había vida, bastaba con analizar su atmósfera en busca de un desequilibrio químico.
c) La presencia de una atmósfera en equilibrio químico es un signo de la existencia de vida.
d) La vida era una consecuencia del desequilibrio químico de la atmósfera.



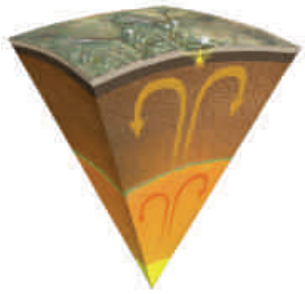
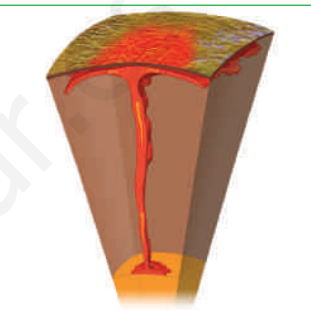
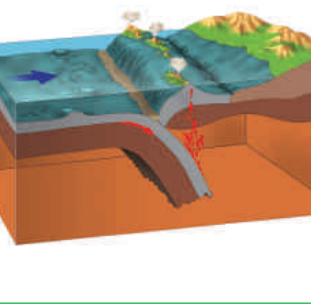
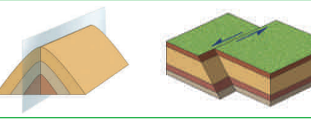
35. ●●● **Observa los diagramas de barras que representan los gases que componen las atmósferas de Marte, Venus y la Tierra.**

a) ¿Qué proceso aporta oxígeno a la atmósfera terrestre?
b) ¿Cuál de los gases representados en la gráfica se produce abundantemente en las erupciones volcánicas? ¿Por qué ese gas es escaso en la atmósfera terrestre?
c) Teniendo en cuenta que los relámpagos durante las tormentas producen grandes cantidades de óxido de nitrógeno, ¿se puede decir que la presencia de nitrógeno y oxígeno en la atmósfera terrestre representa un desequilibrio químico? Razona tu respuesta.
d) ¿Por qué para comparar la composición de las atmósferas de los planetas es más adecuado utilizar un diagrama de barras que una gráfica de puntos?
e) ¿Cuál de las tres atmósferas se puede decir que es una anomalía que necesita una explicación?

www.yoquieroaprobar.es

Resumen

LA DINÁMICA TERRESTRE

Causas	Convección en el núcleo externo, metálico y líquido, que origina el campo magnético. Convección en el manto rocoso, que produce: • Magmatismo: causante a su vez del vulcanismo y de las intrusiones plutónicas. • Sismicidad. • Movimientos de los continentes. • Segregación de los materiales por densidades, originando la corteza granítica, la hidrosfera y la atmósfera.	
Corrientes ascendentes en el manto	Forman penachos térmicos: columnas de material caliente que ascienden lentamente. Los penachos térmicos originan puntos calientes en la superficie, que originan tres tipos de relieves: • Dorsales oceánicas, que son bordes constructivos de placa. • Archipiélagos volcánicos. • Mesetas elevadas en los continentes. El cese de la actividad de un penacho produce subsidencia térmica en la litosfera.	
Corrientes descendentes	Son más difusas y fragmentadas que los penachos ascendentes. Si están constituidas por litosfera oceánica forman una zona de subducción, en la que: • La placa cabalgante puede ser oceánica o continental. • Se forma una fosa oceánica donde la placa subducente se introduce en el manto. • Se acumulan sedimentos que pueden formar un prisma de acreción. • Hay intensa sismicidad, distribuida según un plano de Benioff. • Hay intensa actividad magmática.	
Deformaciones de las rocas	Deformación elástica: es reversible cuando cesa el esfuerzo. Deformación plástica: es irreversible. Da lugar a pliegues. Deformación frágil: rotura de las rocas. Produce diaclasas y fallas.	
Riesgos	Debidos a procesos internos: vulcanismo, sismicidad, y sus procesos derivados. Debidos a procesos externos: inundaciones, avenidas, desertización, erosión… Se tratan de evitar mediante medidas de previsión, prevención y predicción.	

www.yoquieroaprobar.es

ACTIVIDADES

36. ¿Dónde situarías en el resumen la existencia de un gradiente geotérmico?

37. Explica brevemente las causas y las consecuencias del desplazamiento de los continentes.

38. ¿Qué produce el enfriamiento de un penacho térmico y la formación de una corriente descendente?

39. Haz en tu cuaderno un resumen con los elementos y los tipos de pliegues y fallas.

40. ¿En qué parte del resumen se podrían situar los mantos de corrimiento?

41. Explica qué es la isostasia, y qué papel desempeña entre los procesos externos e internos.

La pluma gigante

El piloto de la Guardia Costera se rió por lo bajo, maravillado.

–Es uno de los grandes. Los vemos muy pocas veces, pero todavía no me habían informado de la existencia de este.

–Emergió la semana pasada –dijo Tolland–. Probablemente solo durará unos días más.

–¿Qué es lo que lo provoca? –preguntó Rachel, comprensiblemente perpleja ante el inmenso vórtice de agua que giraba en medio del océano.

–Una cúpula de magma –dijo el piloto.

Rachel se giró hacia Tolland con expresión recelosa.

–¿Un volcán?

–No –dijo Tolland–. En la costa este no hay volcanes activos, pero a veces se producen bolsas de magma un poco traviesas que se inflaman bajo el suelo marino y provocan puntos de calor, que a su vez producen un gradiente de temperatura inverso, es decir, agua caliente en el fondo y agua fría encima. El resultado son estas gigantescas corrientes en espiral. Se las conoce como megaplumas. Giran durante un par de semanas y luego se disuelven.

El piloto miró la palpitante espiral que seguía girando en la pantalla líquida.

–Pues al parecer esta está en pleno apogeo –anunció. Hizo entonces una pausa, comprobó las coordenadas del barco de Tolland y luego miró sorprendido por encima del hombro.

[…]

–¿Qué es ese gran bulto que hay sobre el suelo marino? –dijo Corky señalando la extensa llanura de lecho oceánico donde un montículo con forma de cúpula se elevaba como una burbuja. Directamente encima de él giraba el vórtice.

–Ese montículo en una cúpula de magma –dijo Tolland–. Es ahí donde la lava empuja hacia arriba el suelo oceánico.

Corky asintió.

–Como un grano inmenso.

–Por decirlo de alguna manera.

–¿Y si revienta?

Tolland frunció el ceño, recordando el famoso estallido de la megapluma ocurrido en 1986 en el estrecho Juan de Fuca, en el que miles de toneladas de magma salieron despedidas al océano a una temperatura de mil doscientos grados Celsius, magnificando la intensidad de la pluma casi al instante. Las corrientes de superficie se ampliaron y el vórtice se expandió velozmente hacia arriba. Lo que ocurrió a continuación era algo que no tenía intención de compartir con Corky ni con Rachel esa noche.

–Las cúpulas de magma atlánticas no estallan –dijo Tolland–. El agua fría que circula sobre el montículo enfría y endurece continuamente la corteza de la Tierra, manteniendo el magma a salvo bajo una gruesa capa de roca. Llega un momento en que la lava que está debajo se enfría y la espiral desaparece. Generalmente, las megaplumas no son peligrosas.

DAN BROWN,
La conspiración.
Ediciones Urano, S. A.

COMPRENDO LO QUE LEO

42. ¿A qué se debió la gran intensidad de la «megapluma» de 1986?

43. ¿Cómo se forma una «megapluma»?

44. A continuación aparecen cuatro posibles títulos para el texto. Elige el que mejor resuma la idea principal:

a) Megaplumas: formación y consecuencias.
b) La actividad de los volcanes marinos.
c) Megaplumas: origen y características.
d) La peligrosidad de las megaplumas.

45. ¿Qué crees que ocurrió cuando estalló una megapluma en 1986 en el estrecho Juan de Fuca?

46. ¿Crees que Tolland intenta asustar a Rachel y Corky? ¿Por qué?

NO TE LO PIERDAS

Libros y artículos:

Objetivo: volcán
ROONEY, ANNE. RBA Libros, S.A.
Viaje desde el núcleo fundido de la Tierra.

Puntos calientes en movimiento
JOHN A. Tarduno. Investigación y ciencia, marzo 2008.
Estudio actual de los penachos térmicos.

En la pantalla:

Volcán. National Geographic Video.
TRI Pictures S.A. (1989)

En la red:

www.icm.csic.es/geo/gma/tema1/1_1.html
Introducción a la geología marina.

10

La historia de nuestro planeta

Lord Kelvin.

Thomas Huxley.

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Estudiarás qué son el actualismo y el uniformitarismo.
- Sabrás cuál es la edad de la Tierra y cuáles son las rocas más antiguas.
- Aprenderás qué son la geocronología absoluta y relativa.
- Conocerás qué son la anatomía comparada y la tafonomía.
- Sabrás qué son los fósiles y cuáles son los más característicos.
- Aprenderás cómo se ha dividido la edad de la Tierra en intervalos de tiempo, y qué ha ocurrido en cada uno.
- Entenderás cómo ha evolucionado la biosfera en los últimos millones de años.
- Estudiarás los principales acontecimientos geológicos en el mundo y en España en los últimos millones de años.
- Aprenderás cómo realizar réplicas de fósiles.

La Tierra y la Luna.

En la segunda mitad del siglo XIX tenía lugar un intenso debate científico; los geólogos trataban de averiguar la edad de la Tierra, pero no lograban encontrar un sistema fiable. William Thomson (lord Kelvin) era el físico más eminente y respetado de la época, y desdeñaba los intentos de los geólogos aduciendo que carecían de rigor matemático. Él hizo su propio cálculo; supuso que la Tierra había sido una esfera de roca fundida en el pasado y dedujo el tiempo que habría necesitado para enfriarse hasta su estado actual, obteniendo un resultado de entre 20 y 90 millones de años.

Aquel resultado era muy preocupante; los geólogos creían que la Tierra era mucho más antigua, tal como Hutton había propuesto a finales del siglo XVIII, y los biólogos creían que la evolución de los seres vivos no podría haberse desarrollado en tan poco tiempo.

Thomas Huxley era un experto zoólogo y anatomista cuya apasionada defensa del evolucionismo le valió el sobrenombre de «El bulldog de Darwin». Cuando, en una sesión de la Real Sociedad de Historia Natural de Inglaterra, William Thomson intervino rechazando la idea de una Tierra muy antigua y mostrando sus cálculos como inapelables, Huxley le respondió con cierto sarcasmo:

«Se pueden comparar las matemáticas con un molino de exquisita artesanía, que muele la materia por fina que sea, pero lo que se produce depende de lo que se le mete; igual que no hay molino capaz de extraer harina de trigo a partir de guisantes secos, tampoco ninguna página de fórmulas puede dar un resultado fiable a partir de datos imprecisos».

RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿Recuerdas qué observó James Hutton y qué propuso sobre la edad de la Tierra?
2. ¿Cómo puede saberse el aspecto que tenían los animales extinguidos de los que solo conocemos restos fósiles?
3. ¿Qué es la orogenia Alpina? ¿Qué relieves formó en la Península Ibérica?
4. El actualismo es un método de trabajo en geología que consiste en:
   a) Estudiar los acontecimientos más antiguos, ignorando los que ocurren en el presente.
   b) Estudiar cómo ocurren actualmente los procesos geológicos para comprender cómo ocurrieron en el pasado.
   b) Averiguar qué procesos geológicos son lentos y cuáles ocurrieron de forma catastrófica.

Busca la respuesta

En Caravaca (Murcia) y en otros lugares de España y del mundo se encuentra un estrato llamado «límite K-T». Es, sin duda, el estrato más famoso del planeta. ¿Por qué es tan famoso? ¿Cómo se formó? ¿Qué significa su nombre?

Charles Lyell (1797-1875) nació en 1797, el año de la muerte de Hutton. Desde muy joven se interesó por las ciencias de la naturaleza y por la obra de Hutton. En 1830 publicó el primer tomo de *Principios de Geología.*

1 La edad de la Tierra

En 1795 el geólogo **James Hutton** publicó su libro *Teoría de la Tierra*, en el que defendía la idea de que la edad de nuestro planeta se medía en cientos o quizá miles de millones de años. A él se opusieron aquellos que creían que la Tierra solo tenía unos miles de años de edad.

Charles Lyell también era geólogo y, tras leer el libro de Hutton, escribió *Principios de geología*. En esta obra recopilaba, ampliaba y explicaba las ideas de Hutton, aportando los resultados de sus propias investigaciones sobre la edad de los materiales terrestres. Entre las personas que quedaron profundamente impresionadas por la lectura de los *Principios de geología* estaba **Charles Darwin**, que se llevó el libro en su viaje alrededor del mundo.

Lyell desarrolló dos ideas que ya habían sido adelantadas por Hutton: el **actualismo** y el **uniformitarismo**.

Actualismo

Lyell resumió este principio en la frase «**el presente es la clave del pasado**». Con esto quería dar a entender que los procesos que habían dado forma a la Tierra eran los mismos que aún se producen en la actualidad.

Lyell pensaba en procesos como la erosión, el vulcanismo o la formación de relieves por plegamiento. Pero también es cierto que en la historia de la Tierra ha habido procesos y situaciones que actualmente ya no se producen, como el intenso bombardeo meteorítico, la formación del núcleo metálico o la existencia de una atmósfera sin oxígeno.

Uniformitarismo

Lyell proponía que los procesos geológicos como la erosión y el levantamiento de los relieves eran muy lentos, y que si lograban resultados de gran magnitud, era porque actuaban durante larguísimos periodos de tiempo.

Sin embargo, aunque la mayoría de los procesos geológicos se ajustan a esa manera de funcionar, también ha habido procesos catastróficos en la historia de nuestro planeta, como las épocas de vulcanismo muy intenso o las inundaciones catastróficas asociadas a la dinámica de las glaciaciones.

ACTIVIDADES

1. Propón un ejemplo para ilustrar la idea de que «el presente es la clave del pasado».
2. Explica tu opinión acerca de si se puede estudiar el origen de la vida con una perspectiva actualista.

Cadena montañosa del Himalaya. La formación de relieves por plegamiento es un proceso lento, que se ajusta al modelo uniformitarista de Lyell.

Paisaje producido por una inundación catastrófica durante el deshielo del último periodo glaciar, hace 15 000 años, al romperse el dique de hielo que represaba un lago.

www.yoquieroaprobar.es

Difíciles cálculos sobre la edad del planeta

Darwin encontró en la obra de Lyell un reflejo de su teoría de la evolución. La selección natural era también una teoría uniformitarista pero aplicada a los seres vivos. Se trataba de la lenta acumulación de modificaciones hereditarias y, como en el caso de los fenómenos geológicos, necesitaba **mucho tiempo** para lograr efectos de gran magnitud.

¿Pero cuánto tiempo necesitaba la selección natural para producir seres tan complejos como los vertebrados a partir de formas más primitivas como los seres unicelulares? ¿Y cuánto tiempo tardaban las misteriosas fuerzas geológicas en convertir las capas de sedimentos en un altísimo relieve?

Darwin, Lyell y otros muchos naturalistas intentaron encontrar un procedimiento para hallar la edad de la Tierra. Realizaron cálculos basándose en la velocidad a la que eran erosionadas las montañas, o a la que se acumulaban los sedimentos en las cuencas sedimentarias, incluso la velocidad a la que las lombrices producían suelo fértil… Pero estos cálculos arrojaban resultados muy diferentes y nada concluyentes.

En 1862 el físico **William Thomson** afirmó que si la Tierra había sido en algún momento de su historia una esfera de roca fundida y se había ido enfriando, la edad de nuestro planeta no sería de más de 90 millones de años. Aquella conclusión era decepcionante. Ni la biología ni la geología podían explicar sus observaciones ni justificar sus teorías con un intervalo tan corto de tiempo. Fue entonces cuando el naturalista **Thomas Huxley** expresó sus dudas sobre la validez del método empleado por Kelvin para calcular la edad de la Tierra.

El físico William Thomson (lord Kelvin) atribuyó a la Tierra una edad de menos de 90 millones de años.

Radiactividad y edad de las rocas

William Thomson tenía casi ochenta años en 1903, cuando los físicos **Henri Becquerel**, **Pierre Curie** y **Marie Curie** recibieron el premio Nobel por el descubrimiento de la **radiactividad**. Esta forma de energía era una fuente de calor que lord Kelvin no había tenido en cuenta.

La desintegración de los elementos radiactivos contenidos en los minerales de las rocas, se empezó a utilizar muy pronto como un reloj que permitía calcular su edad. Los resultados fueron asombrosos: las rocas graníticas tenían en muchos casos una edad de más de mil millones de años. La geología y la biología habían encontrado por fin el tiempo necesario para el uniformitarismo de Lyell y para el evolucionismo de Darwin.

Gracias a la radiactividad se pudo averiguar la edad de las rocas, lo que permitió saber que la edad de la Tierra era de miles de millones de años.

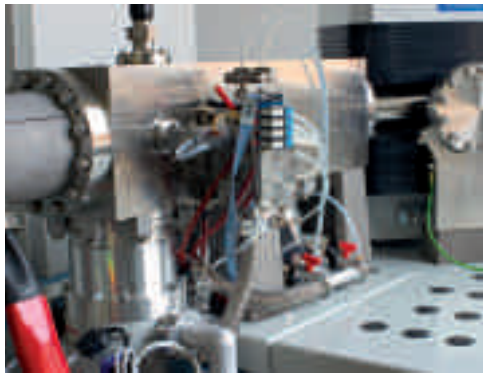
La corteza continental más antigua tiene casi 4 000 millones de años de antigüedad, nuestro planeta es aún más antiguo. Este meteorito se formó a la vez que la Tierra, y su edad es de 4 500 millones de años.

ACTIVIDADES

3. ¿Cómo podemos saber que hace 3 800 millones de años ya estaban diferenciadas la litosfera continental y la oceánica y que funcionaba la tectónica de placas?
4. ¿Por qué el descubrimiento de una nueva fuente de calor, como la radiactividad, invalidaba los cálculos de lord Kelvin? Esa fuente de calor ¿aumentaba o disminuía la edad de la Tierra calculada por él?

www.yoquieroaprobar.es

2 Geocronología absoluta y relativa



El espectrógrafo de masas es un aparato que permite medir las proporciones de elemento inicial y resultante que hay en una muestra, y averiguar así su edad.

La geocronología es el conjunto de técnicas que permiten medir el tiempo geológico.

La geocronología **absoluta** permite atribuir una edad concreta a un material, mientras la **relativa** se utiliza para comparar dos o más procesos y ordenarlos por su antigüedad.

Geocronología absoluta. Método radiométrico

La **radiactividad** se produce en la **desintegración** de los núcleos de átomos inestables, como el radio, el uranio o el plutonio. En estas desintegraciones, el átomo inicial se transforma en otro átomo de un elemento diferente.

La transformación del elemento inicial en el resultante ocurre a un ritmo que puede averiguarse. Todas estas transformaciones se ajustan a la misma ley.

La desintegración de la mitad de los átomos radiactivos que hay en una muestra se produce en un periodo fijo de tiempo, llamado periodo de semidesintegración o periodo de vida media.

Elemento inicial	Elemento resultante	Periodo de vida media (años)
Rubidio-87	Estroncio-87	$47\,000 \times 10^6$
Uranio-238	Plomo-206	$4\,510 \times 10^6$
Potasio-40	Argón-40	$1\,300 \times 10^6$
Carbono-14	Nitrógeno-14	5 730

Tabla con algunos elementos radiactivos y el elemento resultante en el que se transforman tras su desintegración. Junto a ellos, su periodo de vida media.

Si en un mineral que forma parte de una roca hubiera inicialmente 1 g de potasio-40 (^{40}K), transcurrido su **periodo de semidesintegración** (1 300 millones de años) solo quedará medio gramo de este **isótopo** de potasio. Pasados 1 300 millones de años más quedará un cuarto de gramo, y así sucesivamente.

Normalmente se analizan muestras de minerales que contienen cantidades muy pequeñas del elemento inicial, por lo que cuando ha transcurrido ocho o diez veces el periodo de semidesintegración, las cantidades que quedan son tan diminutas que el método deja de ser fiable, dada la falta de precisión.

La datación radiométrica calcula la edad de un material, basándose en sus porcentajes de elemento inicial y elemento resultante de una desintegración.

El circón es un mineral que suele contener una cierta proporción de uranio- 238, por lo que se utiliza para datar radiométricamente las rocas graníticas en que se encuentra.

Las rocas magmáticas y metamórficas son las más adecuadas para aplicar el método radiométrico de datación, ya que en ellas los minerales se forman a la vez que la roca, por lo que si se averigua la edad de un mineral, también se halla la edad de la roca. En las sedimentarias esto no ocurre, pues a menudo están compuestas por fragmentos de otras rocas, y cada fragmento puede tener diferente edad.

ACTIVIDADES

5. Busca en los *conceptos clave* el término «isótopo», y explica qué significa el número que se escribe junto al nombre del elemento.
6. ¿Por qué con el método del carbono-14 solo se pueden medir edades de muestras de hasta 50 000 años, mientras que el potasio-40 permite medir la edad de minerales de miles de millones de años de antigüedad?

www.yoquieroaprobar.es

Geocronología relativa

La geocronología relativa trata de ordenar los acontecimientos geológicos, determinando cuál ocurrió antes y cuál después.

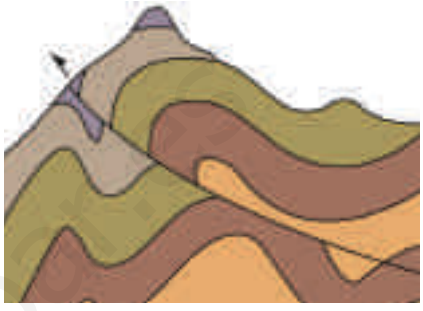
Se basa en tres principios: la **superposición de los estratos**, la **superposición de los procesos geológicos** y la **correlación del contenido fósil**.

Principio de superposición de los estratos

Las capas de sedimentos depositadas en una cuenca sedimentaria se acumulan de forma que las más recientes recubren a las más antiguas, por lo que en una serie sedimentaria los estratos superiores serán más modernos que los inferiores.

La superposición normal de los estratos puede verse alterada por los procesos tectónicos, como el plegamiento o la fracturación de las series sedimentarias.

En una serie fuertemente plegada, los estratos más antiguos pueden quedar sobre los más modernos.



Las fallas inversas también pueden alterar el orden normal de superposición de los estratos.

Principio de superposición de los procesos geológicos

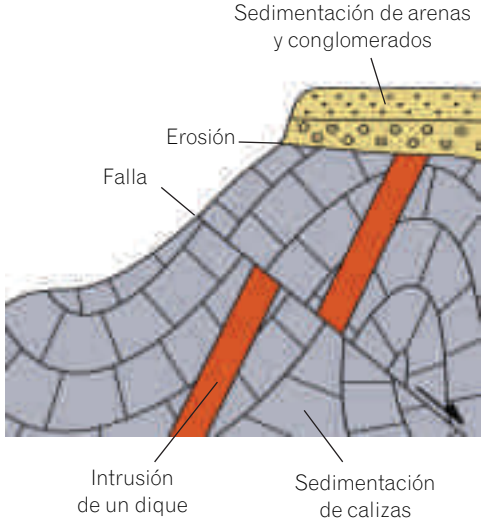
Un proceso geológico, por ejemplo, un plegamiento, una falla o una intrusión magmática, siempre es posterior a los materiales a los que afecta, y anterior a los materiales a los que no afecta y a los procesos que le afectan a él.

Principio de correlación

Dos estratos que contienen el mismo fósil característico pertenecen al mismo intervalo temporal representado por ese fósil.

Este principio no puede aplicarse en materiales con fragmentos de fósiles procedentes de la erosión de una unidad. Esos fragmentos de fósiles se llaman «fósiles rodados» y carecen de valor para la correlación de unidades.

La estratigrafía estudia los estratos, su origen, su edad, etc., y aplica los principios de la geocronología para correlacionarlos.



Las calizas a ambos lados del río pueden correlacionarse porque tienen el mismo contenido fósil.

Los materiales depositados por el río contienen fósiles de ambas series, pero no se pueden correlacionar con ninguna.

ACTIVIDADES

7. En el dibujo superior están identificados varios acontecimientos geológicos. El más antiguo es la sedimentación de la serie de calizas, y el siguiente, el plegamiento de la serie. ¿En qué orden ocurrieron los demás?

www.yoquieroaprobar.es

Estudiando la actividad volcánica actual, los geólogos pueden comprender la actividad volcánica del pasado.

3 El actualismo como método de trabajo

Para poder reconocer e interpretar las rocas volcánicas, los geólogos estudian los volcanes actuales. Saben que la actividad volcánica actual se parece mucho a la de hace millones de años. Este es el principio del **actualismo** que Lyell explicó en su libro *Principios de Geología*.

Pero a veces los investigadores encuentran algo que no se puede interpretar con lo que se conoce actualmente, ya sea una formación geológica o los restos de un animal extinguido. ¿Cómo averiguar, por ejemplo, el aspecto que tenían los dinosaurios si hoy no existen?

Cuvier y la anatomía comparada

El zoólogo **Georges Cuvier** era gran experto en anatomía. Cuvier llegó a la conclusión de que las diferentes partes de la anatomía de un animal guardaban una estrecha relación entre sí; por ejemplo, un mamífero con pezuñas y cuernos sería herbívoro, y su dentición, la adecuada para esa dieta. Este método le permitió interpretar la forma de vida y la anatomía de animales extinguidos como el megaterio.

El método de trabajo de Cuvier se ha seguido desarrollando. Hoy día, los paleontólogos pueden reconstruir no solo la anatomía y la forma de alimentación, sino también los hábitos y el comportamiento de animales a partir de restos fosilizados.

El megaterio era un perezoso gigante que se extinguió hace unos 8 000 años. Cuvier pudo reconstruir el aspecto y los hábitos de este animal a partir de sus restos fósiles.

La anatomía comparada permite reconstruir el aspecto y algunos hábitos de los animales extinguidos, estudiando sus restos fósiles.

Actualismo aplicado a fósiles. La tafonomía

Además de aportar información sobre la anatomía y los hábitos de los animales, los fósiles contienen también información sobre los procesos ocurridos desde que los restos se originaron hasta que quedaron fosilizados.

La tafonomía analiza los fósiles para averiguar los procesos ocurridos desde que se origina un resto hasta que se transforma en fósil.

La presencia en un ammonites de diferentes materiales, indica que experimentó varios episodios de enterramiento y exhumación.

Encontrar huesos articulados en un yacimiento indica que el animal fue enterrado rápidamente , por ejemplo, por una avalancha de lodo. Los huesos desarticulados y rotos señalan que hubo un transporte posterior a la muerte del animal.

www.yoquieroaprobar.es

4 Los fósiles

Un fósil es cualquier resto de un ser vivo o de su actividad que queda conservado en las rocas.

La **fosilización** es un proceso de **mineralización**. Durante la transformación del sedimento en roca sedimentaria ocurren diversos procesos que forman parte de la fosilización:

– Precipitación de minerales en espacios que ya existían, como el interior de una concha.
– Precipitación de minerales en los huecos dejados por la materia orgánica al descomponerse.
– Relleno de cavidades con sedimento que luego queda cementado.
– Sustitución de unos minerales por otros, al disolverse los primeros.
– Cambios en la estructura cristalina de los minerales que forman los restos.

Como resultado se forman diferentes tipos de fósiles.

ACTIVIDADES

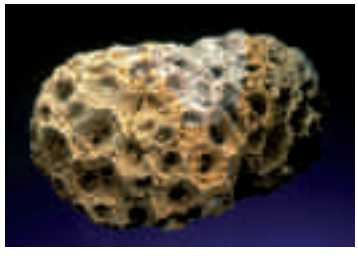
8. ¿Por qué los dientes suelen fosilizar especialmente bien?

9. Imagina que encuentras una serie de estratos totalmente verticales. En esas condiciones no sabes cuáles son más antiguos y cuáles más modernos, hasta que en la superficie de uno de ellos encuentras una huella de dinosaurio..., en relieve; es decir: su molde. ¿Esa sería la cara superior o inferior del estrato?

Caparazón formado por gran número de piezas articuladas. En este caso, el organismo era un trilobites.

Las piezas del exoesqueleto pueden desarticularse total o parcialmente, como en este crinoideo.

Concha hueca rellena de sedimento. El material de la concha de este ammonites ha configurado su estructura.



En este fósil de coral cementado, ha precipitado calcita en los huecos que antes ocupaban los pólipos.

En este pez, además de conservarse perfectamente el esqueleto, también se han mineralizado algunos tejidos blandos.

Coprolito o excremento fosilizado. Quedó en el sedimento y al descomponerse la materia orgánica, el hueco se rellenó de sedimento.

Huella fosilizada. Al poco tiempo de producirse se rellenó de sedimento, que luego se cementó al quedar cubierto por otras capas de materiales.

Los caparazones de organismos unicelulares marinos son microfósiles, que tienen gran valor para la correlación estratigráfica.

Huesos de dinosaurio.

Diente de tiburón.

Cráneo humano.

Las piezas esqueléticas de los vertebrados ya están muy mineralizadas en el organismo vivo, por lo que pueden fosilizar fácilmente si quedan englobadas en el sedimento.

Formación bandeada de hierro, producida por la precipitación del hierro disuelto en los océanos cuando en el Proterozoico estos empezaron a tener oxígeno disuelto.

Las discordancias permiten la correlación de unidades geológicas. Se utilizan sobre todo en los materiales fanerozoicos.

5 La escala del tiempo geológico

El descubrimiento de la radiactividad permitió durante el siglo XX realizar cálculos cada vez más precisos sobre la edad de la Tierra.

¿Pero qué criterios se podían utilizar para dividir los 4 500 millones de años de edad de nuestro planeta en intervalos de tiempo más pequeños?

La subdivisión del tiempo geológico se realiza estudiando las rocas según criterios geoquímicos, biológicos y estratigráficos.

- **Los criterios geoquímicos** se basan en el análisis químico de los minerales de las rocas, que pueden delatar, por ejemplo, la presencia de una atmósfera oxidante o reductora, o la presencia de elementos anómalos debidos a impactos de meteoritos.
- **Los criterios biológicos** consisten en el estudio de los fósiles, que permiten correlacionar unidades geológicas y detectar los momentos en que se han producido extinciones masivas de especies.
- **Los criterios estratigráficos** radican en el estudio de las rocas estratificadas. Se buscan las discordancias, que son las superficies erosivas que cortan estratos plegados y sobre las que se han depositado otros estratos que no son paralelos a los anteriores.

La utilización conjunta de estos tres criterios ha permitido dividir la historia de la Tierra en intervalos de tiempo organizados jerárquicamente.

La historia de la Tierra se divide en cuatro eones. Cada eón se puede dividir en eras; estas, en periodos; los periodos, en pisos, y estos, en zonas.

Cuando se tienen suficientes datos, se pueden intercalar otras subdivisiones, como subperiodos, subpisos o subzonas. Estas divisiones menores se realizan normalmente al estudiar las rocas más recientes.

Comienzo (M. a.)	Nombre del eón		Acontecimiento que marca su inicio	Procesos característicos del eón	Materiales utilizados en su datación
	Fanerozoico		Aparición de fauna similar a la actual. Brusco aumento de la biodiversidad.	Gran desarrollo de animales y vegetales.	Rocas metamórficas y magmáticas. Fósiles característicos.
550	Precámbrico	Proterozoico	Oxígeno libre en la atmósfera.	Aparición de animales pluricelulares. Océanos y atmósfera cada vez más oxidantes.	Formaciones bandeadas de hierro. Rocas metamórficas y magmáticas.
2 500		Arqueozoico	Aparición de la vida.	Actividad biológica que produce cambios en el planeta. Formación de calizas.	Rocas metamórficas y graníticas.
3800		Hádico	Formación de la Tierra.	Intenso bombardeo meteorítico. Formación de la Luna. Formación de corteza continental granítica.	Meteoritos. Rocas lunares. Rocas metamórficas en Canadá, Groenlandia y Australia.
4500					

www.yoquieroaprobar.es

Bioestratigrafía y litoestratigrafía

La bioestratigrafía es la parte de la geología que trata de establecer subdivisiones del tiempo geológico utilizando para ello los fósiles.

Aunque para establecer las subdivisiones se utilizan también otros criterios, el paleontológico es el más empleado porque los fósiles tienen la ventaja de que la mayoría son relativamente abundantes y fáciles de reconocer.

La litoestratigrafía tiene como objetivo describir las unidades geológicas, atribuyéndoles un origen lo más concreto posible.

La litoestratigrafía estudia las rocas y correlaciona conjuntos de estratos, reconstruyendo las unidades que han quedado fragmentadas por la erosión o por la tectónica. Estas unidades se llaman **formaciones geológicas**, y se nombran por su litología y por el nombre de la localidad donde se han descrito.

Las «areniscas de Utrillas» son una formación geológica originada en ambientes litorales a principios del periodo Cretácico, el último del Mesozoico. Se encuentra en gran parte de la Cordillera Ibérica.

Subdivisiones del Fanerozoico

El eón Fanerozoico, que abarca los **últimos 550 millones de años**, es el más breve de los cuatro eones y el que presenta divisiones más detalladas porque las rocas que lo representan son abundantes, contienen **muchos fósiles** y están poco metamorfizadas.

En las rocas del Fanerozoico hay identificadas miles de especies de fósiles, y muchas de ellas presentan una amplia distribución geográfica, ya que eran organismos que formaban parte del plancton marino, vivían flotando a la deriva y las corrientes los distribuyeron ampliamente por el océano.

Además, muchas de estas especies evolucionaron muy rápidamente. En pocos millones de años, o incluso en cientos de miles de años, desaparecía una especie y se originaba otra nueva.

El **Fanerozoico** se divide en tres eras: el **Paleozoico**, que comienza hace 550 millones de años; el **Mesozoico**, que comienza hace 245 millones de años, y el **Cenozoico**, que comienza hace 65 millones de años y llega hasta la actualidad.

Los fósiles con amplia distribución geográfica y que vivieron durante un período de tiempo corto se llaman fósiles característicos. Los graptolitos son fósiles de animales planctónicos característicos del Paleozoico.

EN PROFUNDIDAD

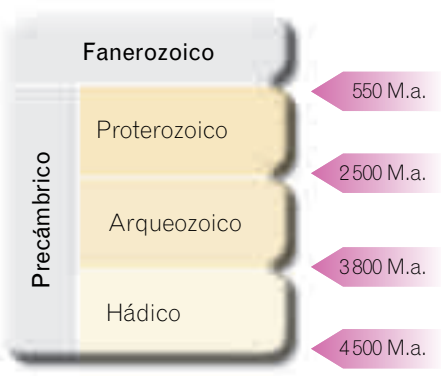
Una arcilla mundialmente famosa

La unidad litoestratigráfica ideal sería una cuyo espesor fuera pequeño (porque así representaría un periodo corto de tiempo), tuviera una litología muy fácil de identificar y no pudiera confundirse con otras unidades parecidas, se encontrara en todo el planeta y en todas partes se hubiera formado a la vez. Esa unidad permitiría correlacionar entre sí todos los lugares del mundo donde se encontrara, y serviría para establecer una división del tiempo geológico de validez mundial.

Solo se conoce un caso de una unidad así: una capa de arcilla negra de pocos centímetros formada por la sedimentación del polvo que levantó el impacto de un meteorito a finales del periodo Cretácico (el último del Mesozoico). Se llama «Arcilla del límite Cretácico-Terciario» o «Arcilla del límite K-T» y caracteriza el límite entre la era Mesozoica y la Cenozoica.

La arcilla del límite K-T se encuentra en varios lugares de España. Este afloramiento está en Caravaca (Murcia).

www.yoquieroaprobar.es

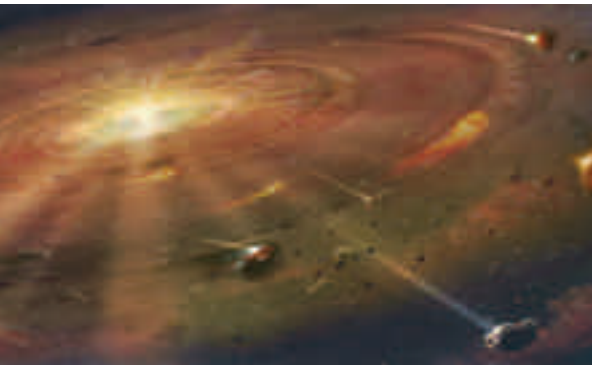


6 El Precámbrico

Bajo este nombre se engloban los tres primeros eones de la historia terrestre. Aproximadamente ocho novenos del tiempo transcurrido desde el origen del planeta hasta la actualidad.

La formación del Sistema Solar se prolongó durante millones de años. Los planetas se formaron al irse agregando cuerpos rocosos, desde pequeños fragmentos hasta grandes asteroides o incluso otros pequeños planetas. Cada colisión producía mucho calor y la Tierra, al tiempo que aumentaba de masa, también fue aumentando de temperatura, hasta que gran parte de su masa llegó a estar fundida.

La fusión de la Tierra permitió su separación en dos partes: una metálica, densa, que se hundió hacia el centro formando el núcleo, y otra rocosa, que quedó formando el manto.



Los asteroides son los restos de la formación del Sistema Solar. Los meteoritos procedentes del cinturón de asteroides nos proporcionan la fecha en que se formaron los planetas, incluida la Tierra.

El eón Hádico

Este eón comienza cuando el planeta ya estaba formado, hace unos 4 500 millones de años. Su final se hace coincidir con las más antiguas evidencias de la existencia de vida, hace unos 3 800 millones de años. Tiene, por tanto, una duración de unos 700 millones de años. En este tiempo ocurrieron varios acontecimientos:

- Diferenciación de la Tierra en un núcleo metálico y un manto rocoso.
- Formación del campo magnético por la convección del núcleo metálico.
- Formación de la Luna a partir de los fragmentos lanzados al espacio por la colisión de otro pequeño planeta con la Tierra.
- Intenso bombardeo de meteoritos sobre la Tierra y la Luna.
- Desgasificación del manto, que dio origen a una atmósfera muy densa compuesta fundamentalmente de CO_2 y vapor de agua.
- Formación de la hidrosfera y comienzo del ciclo del agua.
- Formación de los primeros fragmentos de corteza granítica y comienzo de la tectónica de placas. Primeras colisiones entre la masas continentales.

Hay evidencias de que hace 3 800 millones de años ya había vida bacteriana en la Tierra.

ACTIVIDADES

10. Busca en los *conceptos clave* el término «planetésimo». ¿En qué época abundaron y qué relación tuvieron con el origen de la Tierra?

11. ¿Qué estructuras hay en la Luna que contienen información sobre los acontecimientos del eón Hádico en la Tierra?

En el Hádico se formaron la hidrosfera y la atmósfera. Sin embargo, aún no había oxígeno en la atmósfera y, por tanto, no existía la capa de ozono, por lo que la superficie recibía una intensa radiación ultravioleta. A finales del Hádico ya existía vida bacteriana, pero aún duraba el bombardeo meteorítico.

www.yoquieroaprobar.es

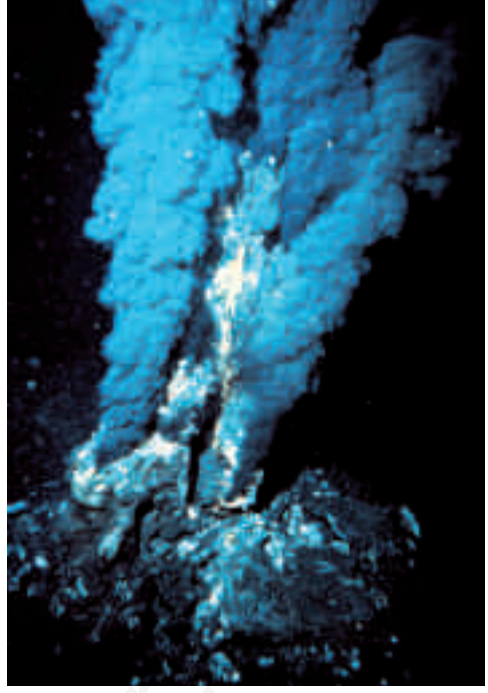
El eón Arqueozoico

La vida surgió en las dorsales oceánicas, a salvo de los impactos de meteoritos. En ellas la **actividad hidrotermal** proporcionaba los elementos y la energía necesaria para la vida bacteriana.

El Arqueozoico abarca desde hace 3 800 hasta hace 2 500 millones de años, y se caracteriza por los cambios ambientales producidos por la actividad biológica:

- Colonización de las capas superficiales de los océanos por las bacterias, al cesar el bombardeo meteorítico, y aparición de las primeras bacterias fotosintéticas, que producen **oxígeno** como residuo.
- Enriquecimiento en oxígeno de la atmósfera y del agua de los océanos.
- Disminución de la concentración de CO_2 en los océanos. Este gas es utilizado en la fotosíntesis y favorece la sedimentación de calizas.
- Disminución del efecto invernadero, al haber menos CO_2 en la atmósfera.
- Enriquecimiento de nitrógeno (N_2) en la atmósfera, debido a la acción de bacterias descomponedoras. Actualmente es el gas más abundante, constituye el 80 % de la masa de la atmósfera.

Hace 2 500 millones de años, la atmósfera era ya claramente **oxidante**, aunque solo tenía aproximadamente el 0,02 % de oxígeno; es decir, una concentración mil veces menor que en la actualidad.



En las dorsales oceánicas siguen viviendo bacterias descendientes de las primeras formas de vida.

El eón Proterozoico

La actividad biológica y el vulcanismo produjeron cambios climáticos extremos durante el Proterozoico:

- Comienzo de la formación de la **capa de ozono**, por acumulación del oxígeno atmosférico. La atmósfera alcanzó una concentración de oxígeno unas cien veces menor que la actual.
- Oxidación y precipitación de los metales disueltos en los océanos, formando depósitos de hierro, manganeso y otros metales.
- Reducción drástica de la cantidad de CO_2 atmosférico, debido a la fotosíntesis, lo que a su vez hizo disminuir el efecto invernadero. Como consecuencia se sucedieron varias glaciaciones muy severas.
- Aparición de los primeros animales pluricelulares, similares a gusanos marinos.
- Expulsión a la atmósfera de gran cantidad de CO_2, debido a un intenso vulcanismo ocurrido al final del eón. Esto invirtió la situación climática y se produjo una época de calor sofocante.
- Colisión de las masas continentales entre sí y formación de un único supercontinente, denominado **Rodinia**.

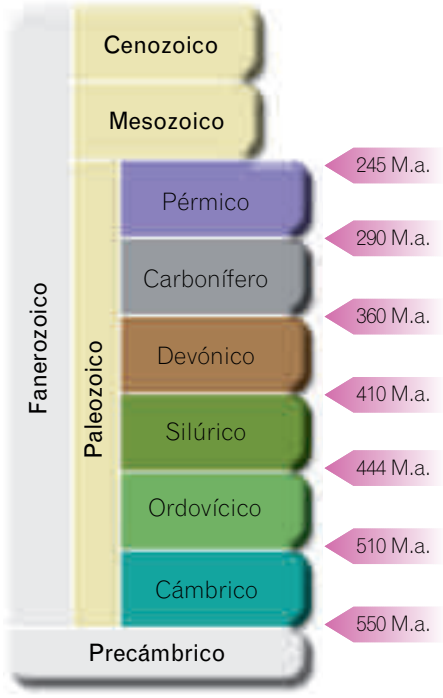
Fósiles de animales pluricelulares de finales del Proterozoico. Estos animales presentaban bastante diversidad, pero en la actualidad no se conoce ninguno que se pueda identificar como descendiente directo de aquella fauna.

ACTIVIDADES

12. Busca en los *conceptos clave* el término «quimiosíntesis» y explica qué relación tiene ese proceso con el origen de la vida.

13. Las glaciaciones del Proterozoico se considera que fueron «bioinducidas», es decir, provocadas por la acción de la biosfera. Explica por qué.

www.yoquieroaprobar.es



7 El Paleozoico. La diversidad de la vida

El Paleozoico abarca 305 millones de años, y termina hace 245 millones de años. Se divide en seis periodos: **Cámbrico**, **Ordovícico**, **Silúrico**, **Devónico**, **Carbonífero** y **Pérmico.**

Acontecimientos geológicos en el Paleozoico

- Fragmentación de Rodinia. Los continentes formados se dispersaron y derivaron durante todo el Paleozoico. Hacia el final de esta era se volvieron a reunir de nuevo formando el supercontinente **Pangea**.
- Depósito de gran cantidad de **caliza**, debido a las temperaturas cálidas y a la abundancia de vida en los mares. En las plataformas continentales, de aguas más frías, se depositaron **arcillas** y **arenas**.
- Comienzo de la formación de Pangea, en el Carbonífero. La colisión continental múltiple dio lugar a la **orogenia Hercínica** o **Varisca**.
- Desarrollo de dos **glaciaciones**: una a finales del Ordovícico y otra durante el Carbonífero.
- **Desertización global** e **intensa erosión** de los relieves hercínicos, debido a la formación de Pangea.
- **Vulcanismo intenso**, durante el Pérmico, que arrojó grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera, produciendo un calentamiento global.

El Paleozoico en España

Los materiales paleozoicos forman el **Macizo Ibérico**. Hacia el este están recubiertos por las rocas sedimentarias del Mesozoico y del Cenozoico.

- El Cámbrico, el Ordovícico y el Silúrico están representados principalmente por **pizarras** y **cuarcitas**, procedentes del metamorfismo de arcillas y arenas depositadas en plataformas continentales. El Devónico y el Carbonífero contienen grandes espesores de **calizas** procedentes de arrecifes de coral y de sedimentos calcáreos marinos en mares cálidos.
- Durante el Carbonífero se formaron también abundantes capas de **carbón** procedentes de la materia vegetal acumulada en bosques de helechos.
- La **orogenia Hercínica** originó relieves en diversas zonas, especialmente en la Cordillera Cantábrica, en Galicia, en el Sistema Central y en Sierra Morena. Esta orogenia produjo también grandes volúmenes de **granito**, que afloran principalmente en Galicia y en el Sistema Central.

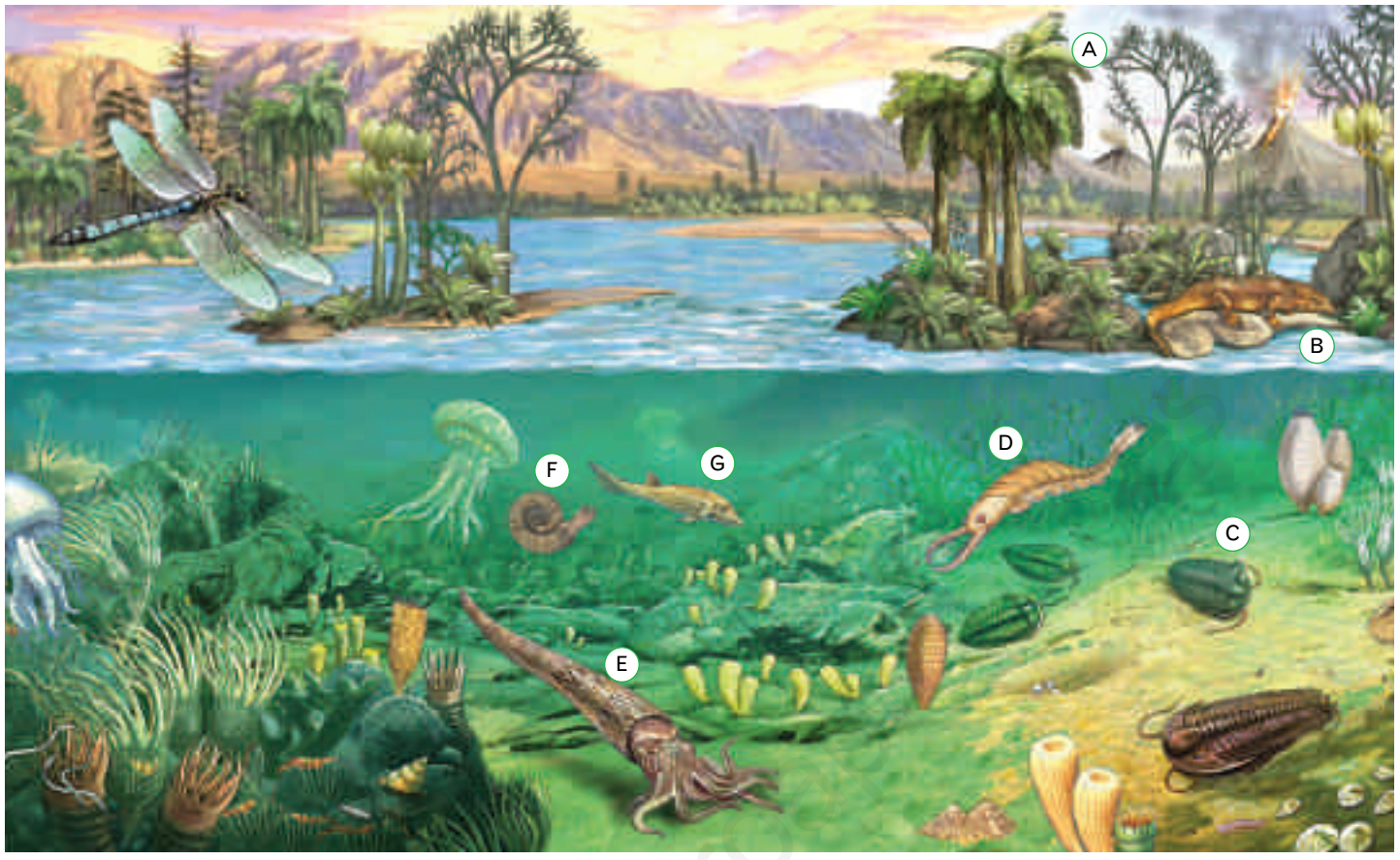
Cuarcitas del Ordovícico en Asturias, formando un sinclinal en el río Narcea.

El Naranjo de Bulnes (Picos de Europa) está formado por calizas del Carbonífero.

Paisaje granítico en La Coruña. Desembocadura del río Xallas.

www.yoquieroaprobar.es

220



A: Los helechos de porte arbóreo formaron extensos bosques.
B: Los primeros vertebrados que conquistaron el medio terrestre fueron anfibios que se originaron en el Devónico.
C: Los trilobites eran artrópodos que vivían en los fondos marinos. Las huellas de su actividad son las crucianas.
D: Los euriptéridos eran artrópodos marinos depredadores de gran tamaño, con un aguijón venenoso.
E: Los ortocerátidos eran moluscos marinos con concha recta.
F: Los goniatites eran moluscos con concha espiral, parecidos a los nautilus.
G: Los agnatos son antepasados de los vertebrados. A pesar de su aspecto no eran auténticos peces.

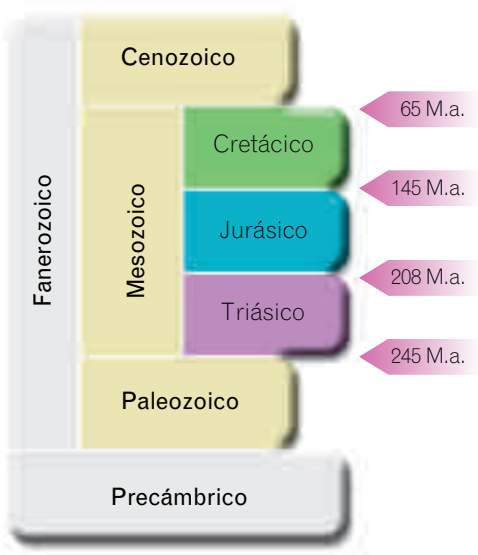
La biosfera del Paleozoico

El comienzo del eón Fanerozoico se identifica en las rocas por la aparición de una gran diversidad de fósiles de muchos tipos diferentes de organismos. Esta diversificación de la vida es tan rápida en términos geológicos (ocurre en unos cinco millones de años) que se le ha dado el nombre de «**gran explosión biológica**». Durante el resto del Paleozoico la biosfera adquirió un aspecto muy similar al actual, ya que surgieron, por evolución, prácticamente todos los grupos animales y vegetales.

- Entre el Cámbrico y el Ordovícico aparecieron los principales grupos de **invertebrados**: esponjas, cnidarios, anelidos, artrópodos, graptolitos, equinodermos y moluscos.
- En el Ordovícico surgieron los **agnatos**, antepasados de los vertebrados. Hoy día, los únicos representantes de este grupo son las lampreas.
- En el Silúrico aparecieron los **peces** y se produjo la **colonización de la tierra firme**: primero por los vegetales y luego por los invertebrados.
- En el Devónico aparecieron los **anfibios** a partir de un grupo de peces, y también las **plantas con flores**.
- En el Carbonífero hubo una gran expansión de los bosques de **helechos**, y a partir de los anfibios se desarrollaron los **reptiles**.
- El final del Pérmico viene determinado por la mayor **extinción** que se conoce en el registro fósil. Se ha discutido si se debió al impacto de un cometa, pero las últimas investigaciones atribuyen la extinción al efecto invernadero producido por la intensa actividad volcánica.

ACTIVIDADES

14. ¿Por qué la fragmentación de un supercontinente resulta favorable para la vida marina?



8 El Mesozoico. La era de los reptiles

El Mesozoico comienza hace 245 millones de años y tiene una duración de 180 millones de años. Se divide en tres periodos: **Triásico**, **Jurásico** y **Cretácico**.

Se caracteriza por un clima cálido y húmedo en todo el planeta, que facilita una gran diversificación de la flora y la fauna. No se produce ninguna glaciación, incluso en el continente antártico se desarrollaron grandes extensiones de bosques.

Acontecimientos geológicos en el Mesozoico

- Ruptura y disgregación del continente Pangea, que se prolonga durante todo el Mesozoico, originando los **continentes actuales**.
- Formación de **cuencas** con **intensa subsidencia**, debido a la fracturación continental. En ellas se acumularon grandes espesores de sedimentos procedentes de la erosión de los relieves hercínicos.
- Comienzo, en el Jurásico, de la apertura del **océano Atlántico**, que aún continúa aumentando su anchura actualmente.
- Nueva intensificación de la **actividad volcánica** durante el Cretácico.
- Comienzo de la colisión entre varias masas continentales a finales del Cretácico. Esto dio lugar a la **orogenia Alpina**, que se prolongó durante el principio del Cenozoico.
- **Impacto de un asteroide**, de unos diez kilómetros de radio, contra la Tierra. Este hecho determina el final del Mesozoico.

El Mesozoico en España

La ruptura de Pangea produjo la separación de un fragmento de la placa Euroasiática, que acabó formando la **Península Ibérica**, en el Cenozoico.

Durante el Mesozoico esta microplaca se convirtió en una gran isla rodeada de mares poco profundos y de otras islas menores.

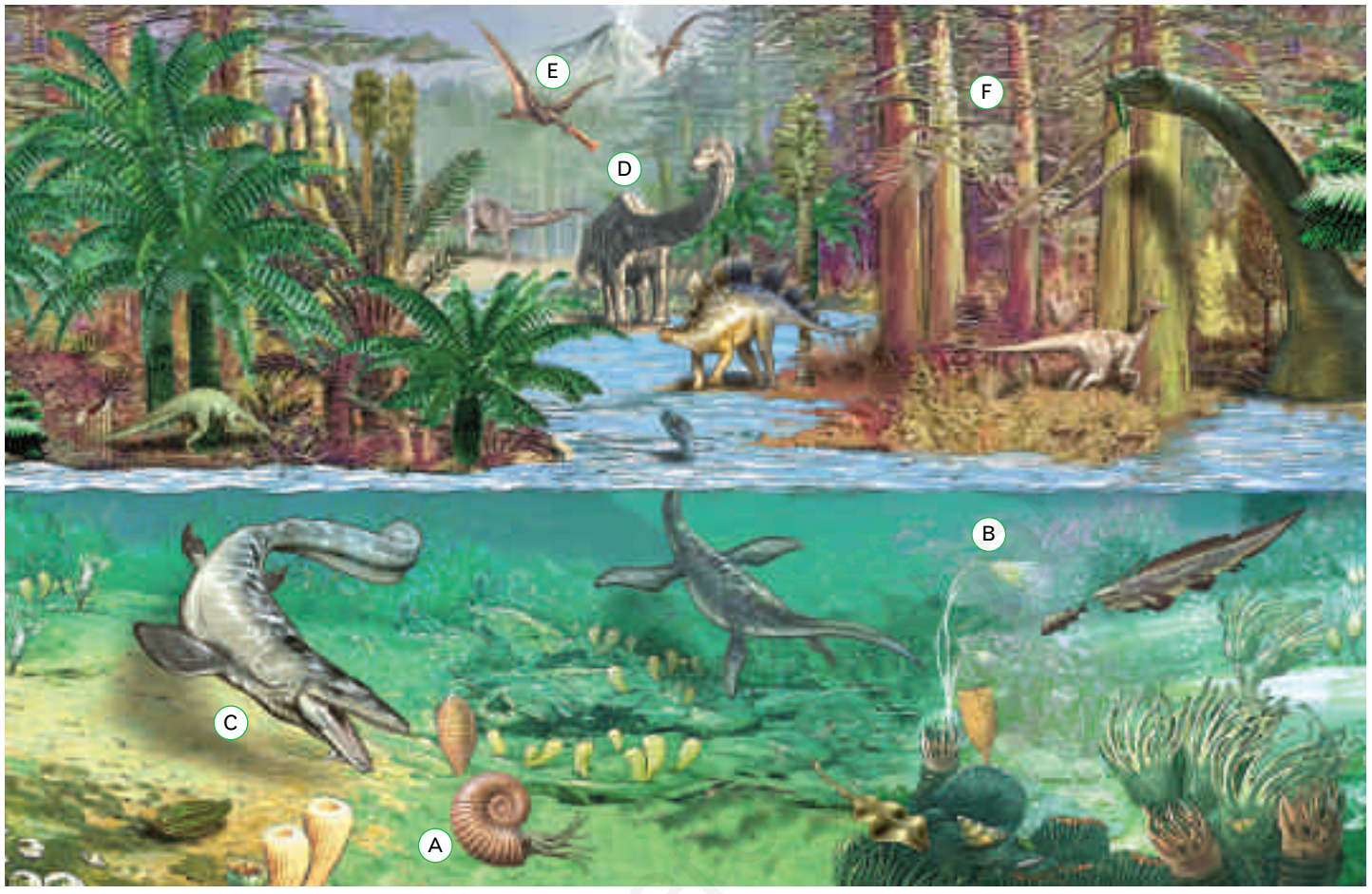
- La rotura de Pangea se manifiesta en la **placa Ibérica** como un **rifting** que produjo dos zonas de rotura alargadas: una en lo que ahora es la Cordillera Ibérica, y otra en las cordilleras Béticas.
- La **subsidencia térmica** hizo que, a lo largo del Mesozoico, la **Cuenca Ibérica** fuese invadida por el mar sucesivas veces. La **Cuenca Bética** permaneció sumergida durante todo el Mesozoico, acumulándose en ambas cuencas grandes espesores de **sedimentos marinos**.
- En el nordeste de la placa Ibérica se formó una zona oceánica profunda, la **Cuenca Pirenaica**, en la que se acumularon sedimentos abisales.
- Hacia el final del Mesozoico el continente africano empezó a derivar hacia el nordeste, y la placa Ibérica se vio comprimida entre África y Eurasia.

  La distensión y la subsidencia que habían durado todo el Mesozoico dieron paso a una situación de **compresión tectónica**.

ACTIVIDADES

15. ¿Qué es la subsidencia térmica? ¿Qué tiene que ver con la dinámica del manto terrestre?

www.yoquieroaprobar.es

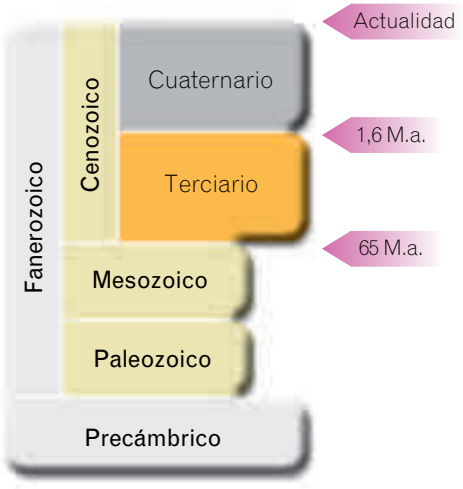


A: Los ammonites se diversificaron mucho durante el Mesozoico.
B: Los crinoideos son animales que viven fijos al sustrato. Como los corales, fueron abundantes durante el Mesozoico.
C: Los ictiosaurios eran reptiles adaptados al medio marino. Muy abundantes en el Jurásico.
D: Los dinosaurios constituyen la fauna terrestre más llamativa y característica del Mesozoico.
E: Los pterosaurios fueron reptiles voladores.
F: Las gimnospermas, especialmente coníferas, formaron extensos bosques durante el Mesozoico.

La biosfera en el Mesozoico

El clima cálido y húmedo que se estableció en el planeta a partir de mediados del Triásico, con la disgregación del supercontinente Pangea, determinó una gran diversificación de la vida y el establecimiento de ecosistemas muy complejos.

- Los goniatites del Paleozoico se extinguieron, pero sus descendientes, los **ammonites**, se expandieron por todos los mares.
- En el Triásico los reptiles comenzaron una rápida diversificación y colonizaron todos los ambientes terrestres y acuáticos. Un grupo de reptiles, los arcosaurios, dieron origen a los **dinosaurios**. Surgieron también los reptiles antepasados de los **mamíferos**.
- En el Jurásico aparecieron las **aves** a partir de dinosaurios carnívoros bípedos que desarrollaron plumas. Surgieron también los reptiles voladores, **pterosaurios**, y los reptiles marinos, **ictiosaurios** y **plesiosaurios**.
- Los bosques de helechos del Paleozoico fueron sustituidos por **bosques** de plantas con flores, concretamente de **coníferas**. En el Cretácico aparecieron las plantas con flores y frutos, las **angiospermas**.
- En el Cretácico aparecieron también los **insectos sociales**, como abejas, hormigas y termitas.
- El Mesozoico terminó con una **gran extinción** biológica, causada por dos factores: el **intenso vulcanismo** del Cretácico, que estaba deteriorando las condiciones ambientales, y el **impacto de un meteorito** gigante que produjo una catástrofe a escala mundial.



9 El Cenozoico. La era de los mamíferos

El Cenozoico comienza hace 65 millones de años y llega hasta la actualidad. Se divide en dos periodos: **Terciario** y **Cuaternario**. Sus principales características son la restauración de los ecosistemas, después de la catástrofe del final del Mesozoico, y el retorno de las condiciones glaciares.

Acontecimientos geológicos en el Cenozoico

- Disminución de la intensa actividad volcánica del Cretácico.
- Formación del **istmo de Panamá**, que une los continentes suramericano y norteamericano.
- Desarrollo completo de la **orogenia Alpina** debida a las colisiones de la India contra Asia, y de las placas de Italia e Iberia contra Europa.
- Desarrollo de un casquete de hielo en el polo Sur, hace unos 35 millones de años. En el polo Norte esta **glaciación** se instaló bastante más tarde, hace unos tres millones de años. La glaciación ha tenido periodos más fríos y otros más cálidos, llamados **periodos glaciares** e **interglaciares**. Actualmente estamos en un **periodo interglaciar** que comenzó hace unos 14 000 años.

El Cenozoico en España

Varios procesos ocurridos en el Cenozoico dejaron huellas en el territorio español.

- La placa Ibérica fue empujada hacia el nordeste, colisionó con Europa y dio lugar al relieve del **Pirineo**.
- La microplaca de Alborán colisionó con el sureste de la Península Ibérica, formando las **cordilleras Béticas**. Esta doble compresión levantó también la **Cordillera Ibérica** y rejuveneció los relieves del **Sistema Central**.
- La formación de estos relieves originó cuatro grandes **cuencas sedimentarias continentales**, que se fueron llenando de sedimentos por la erosión de los relieves circundantes. Los ríos formaron **lagos** en estas cuencas, que no tienen comunicación con el mar.
- La actividad volcánica en el Atlántico originó las **islas Canarias**.
- Se produjo un inicio de **rifting** en la costa mediterránea, que separó las **islas Baleares** de la Península Ibérica.
- Se formaron **glaciares de montaña** en los principales relieves, especialmente en el Pirineo.
- La intensa erosión convirtió la **Cordillera Ibérica** en una **penillanura** y llenó de sedimentos las cuencas. Los ríos que vertían sus aguas a estas cuencas pasaron a desembocar en el mar.
- Se produjo un **levantamiento generalizado** en la Península que dio origen a las **dos mesetas** separadas por los relieves, ya muy erosionados, del Sistema Central.

ACTIVIDADES

16. Se suele decir que en el periodo Cuaternario hubo varias glaciaciones, pero esto no es correcto. ¿Qué ocurrió en realidad, y en qué momento nos encontramos ahora?

Relieves levantados por la orogenia Alpina y las cuatro grandes cuencas continentales que se formaron en el Cenozoico.

www.yoquieroaprobar.es

A: Los insectos polinizadores y los sociales se diversifican mucho.
B: Los árboles de hoja plana forman extensos bosques, desplazando a las coníferas.
C: Los mamíferos alcanzan una gran diversidad, con especies adaptadas a condiciones glaciares.
D: El ser humano es el mamífero más característico del Cenozoico. Existen abundantes evidencias de su actividad como cazador. Las pinturas rupestres son un testimonio de la cultura.

La biosfera en el Cenozoico

La evolución de la biosfera durante el Cenozoico es comparable a la del Mesozoico, en cuanto a la rapidez con que ha aumentado la biodiversidad de los ecosistemas.

- Los **mamíferos**, cuyos antecesores se encontraban ya en el Triásico y que se desarrollaron durante el Mesozoico, se diversifican enormemente, y pasan a ocupar los nichos ecológicos que antes correspondían a los reptiles.
- Las **aves** también se diversifican mucho, y ocupan el hábitat aéreo que antes compartían con los pterosaurios.
- El enfriamiento y la sequedad del clima hacen retroceder las extensiones de selva del continente africano, que pasa a estar ocupado por extensas **sabanas**.
- Se desarrollan las **plantas herbáceas**, especialmente las gramíneas que forman la hierba y los cereales (trigo, avena, maíz, arroz, etc.).
- Algunos **insectos** establecen una relación de **mutualismo** con las plantas **angiospermas** a las que **polinizan**.
- En las sabanas africanas aparecen los primeros **homínidos**, hace unos tres millones de años. *Homo antecessor* coloniza Europa hace unos 800 000 años, y *Homo sapiens* se extiende por todo el mundo hace unos 100 000 años.
- Hace 10 000 años, la especie humana se hace ganadera y agricultora. Comienza la **civilización**.
- En los últimos tres siglos, el ser humano ha desarrollado la tecnología a una velocidad creciente y ha causado una **extinción en masa** en la biosfera comparable a la producida por el impacto meteorítico del Cretácico. El aspecto de la biosfera cambia radicalmente.

ACTIVIDADES

17. ¿Qué mamíferos ocupan actualmente el nicho ecológico de los ictiosaurios? ¿Y el de los plesiosaurios?

www.yoquieroaprobar

EN PROFUNDIDAD

Lo que el iridio tenía que contar

En la década de 1970, un equipo de geólogos trataba de encontrar un procedimiento para medir la velocidad a la que se producía la sedimentación en una cuenca marina. Estudiaban para ello la concentración de iridio en las rocas. El iridio es muy escaso en la corteza terrestre, pero la Tierra en su viaje alrededor del Sol recoge varias decenas de toneladas diarias de polvo espacial rico en iridio. Este polvo se deposita a una velocidad constante en el fondo del mar. Si la sedimentación es rápida, este elemento está disperso y escasea en el sedimento calcáreo, mientras que si la sedimentación es muy lenta, aparece más concentrado.

Decidieron entonces aplicar el método para investigar la gran extinción que marca el final de la era Mesozoica, en la que desaparecieron de forma aparentemente brusca cientos de especies de la fauna, entre ellas muchas especies del plancton marino. La pregunta que se hacían era si aquella extinción masiva había sido tan brusca como parecía o si se había producido a lo largo de millones de años.

La elección del lugar y los resultados

Eligieron un lugar de Italia en el que está representada la transición entre el Cretácico y el Terciario. Las calizas cretácicas contienen abundantes fósiles del plancton marino cretácico; sobre ellas están las calizas terciarias, con fósiles del plancton terciario, totalmente distinto. Entre ambas hay una capa de arcilla gris oscuro de unos centímetros de grosor. Aquella arcilla es la que contenía la historia de la extinción, y los geólogos tomaron cuidadosamente muestras de ella para medir su concentración de iridio.

Los resultados fueron muy extraños, la cantidad de iridio era demasiado alta, casi cien veces mayor de lo que esperaban, lo que significaba que aquella capa de arcilla se había depositado en unos 50 millones de años, un resultado absurdo porque los fósiles situados por debajo y por encima no dejaban hueco para tal cantidad de tiempo.

Una interpretación alternativa

Pero había otra interpretación posible. Tal vez aquel iridio había llegado todo a la vez, en un único meteorito en vez de depositarse lentamente en forma de polvo. En ese caso, ¿habría tenido alguna relación el impacto meteorítico con las extinciones? ¿Dónde más se encontraba aquella capa? Empezaron a buscarla por distintos lugares de Europa, luego en Norteamérica, en China, en Suramérica..., y para su asombro, la fueron encontrando en todos los continentes.

En 1980 publicaron, en la revista *Science*, un artículo cuyo título abrió uno de los debates científicos más apasionantes de finales del siglo XX: *Una causa extraterrestre para la extinción que marca el límite Cretácico-Terciario.*

El catastrofismo había encontrado su lugar en la geología, y el uniformitarismo tuvo que hacerle un sitio.

Ciencia en tus manos

Elaboración de una colección de réplicas de fósiles

Es muy sencillo tener una colección de fósiles característicos. El procedimiento general consiste en obtener un molde del original y utilizarlo para elaborar una réplica del fósil. En algunos casos es necesario hacer dos réplicas, una de cada mitad del fósil, y unir finalmente ambas mitades para obtener el fósil completo.

1. **Preparamos el material.** Para hacer los moldes utilizaremos plastilina. Para obtener las **réplicas** a partir de ellos usaremos escayola. Necesitaremos también un poco de aceite, polvos de talco, lija, pegamento, una cucharilla, un vaso de plástico y témpera para pintar las réplicas.

Para los moldes se pueden utilizar otros materiales más sofisticados, que permiten hacer moldes reutilizables, pero con la plastilina podemos obtener buenos resultados.

2. **Obtenemos los moldes.** Hacemos una lámina de plastilina de dos o tres milímetros de grosor. Cuanto más gruesa sea esta lámina mejor será el resultado, pues el molde quedará más consistente. Espolvoreamos polvos de talco sobre su superficie, para evitar que se adhiera al fósil, y la presionamos bien sobre el fósil, envolviéndolo con ella.

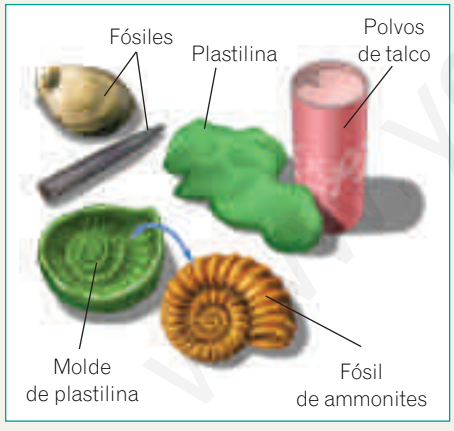
Hay que procurar envolverlo solo hasta la mitad, para que puedan separarse fácilmente la plastilina y el fósil. Retiramos el molde procurando no deformarlo.

3. **Obtenemos las réplicas.** Vertemos un poco de aceite en el hueco del molde y lo movemos inclinándolo para que el aceite se extienda embadurnando bien su interior. Así además no se forman burbujas.

Ponemos en un vaso de plástico medio centímetro de agua, añadimos escayola en polvo, removemos con suavidad hasta obtener una masa no muy espesa y la vertemos lentamente en el molde con la cucharilla. La escayola fragua en 15 a 30 minutos.

4. **Terminamos las réplicas.** Una vez fraguada la escayola la extraemos, lijamos y pegamos ambas mitades. Si quedan huecos entre las dos mitades se rellenan con escayola espesa; finalmente pintamos la réplica simulando el color de la piedra.

Este proceso se perfecciona con la práctica. Conviene empezar por fósiles de formas sencillas antes de hacer réplicas de otros más complicados. Los moldes suelen estropearse al sacar las réplicas, pero la plastilina puede reutilizarse varias veces aunque esté impregnada de talco y aceite.



ACTIVIDADES

18. Haz una ficha de cada fósil de tu colección, indicando la era y el periodo que caracteriza, así como el medio en el que vivía y el grupo biológico al que pertenecía el organismo que fosilizó.

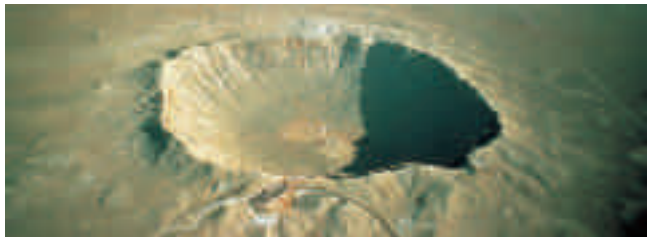
19. Explica cómo harías una réplica de una superficie lisa en la que hay una huella de dinosaurio.

20. Algunos fósiles de peces, de hojas o cortezas de árboles, etc., son una impresión sin apenas relieve sobre una superficie de piedra. En estos casos es difícil hacer un molde, pero puedes obtener un calco utilizando un papel y un carboncillo. Describe cómo lo harías.

www.yoquieroaprobar.es

Actividades

21. ●● **La fotografía muestra el cráter Barringer, en Arizona (EE.UU.), de 1 500 m de diámetro, producido por el impacto de un meteorito hace unos 49 000 años.** ¿La formación de este tipo de estructuras se ajusta al modelo uniformitarista? Razona tu respuesta.



22. ●● **Indica razonadamente cuáles de estos procesos se ajustan al modelo actualista y se puede estudiar su funcionamiento en el presente para interpretar cómo ocurrieron en el pasado, y cuáles han ocurrido solo una vez en la historia de la Tierra y, por tanto, no admiten un enfoque actualista.**

a) La formación del núcleo terrestre.
b) La erosión de los relieves.
c) La sedimentación en una plataforma continental.
d) La formación de la capa de ozono.
e) La existencia de una atmósfera sin oxígeno.
f) El origen de la vida.

23. ● **Lord Kelvin era un excelente matemático y sus cálculos eran muy precisos, aunque partió de varias premisas equivocadas.** Una fue que no se había descubierto aún que la radiactividad podía producir calor y retrasar el enfriamiento de la Tierra. Otra de las premisas erróneas era suponer que la Tierra era una esfera de roca. ¿Cómo es en realidad la Tierra? ¿Es solo rocosa?

24. ● **El actualismo es un buen método para saber cómo ocurrieron en el pasado procesos que todavía suceden en el presente, pero no resultó bueno para calcular la edad de la Tierra.** ¿Cómo intentaron utilizarlo con ese objetivo durante el siglo XIX, y qué resultados obtuvieron?

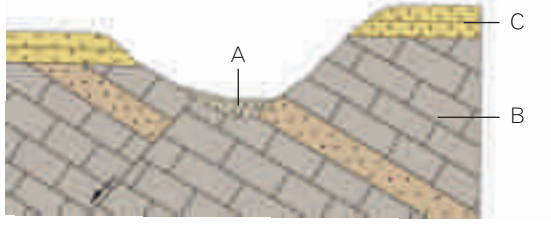
25. ●●● **Las conchas fósiles de moluscos se encuentran en rocas sedimentarias o débilmente metamorfizadas, por lo que no es posible aplicar la datación radiométrica para averiguar su edad, pero a veces pueden datarse cenizas volcánicas que se acumularon en el sedimento a la vez que la concha que luego fosilizó, y entonces se sabe la edad de esa concha.** Explica por qué, si esa concha resulta ser un fósil característico, puede utilizarse la correlación bioestratigráfica para hacer geocronología absoluta.

26. ●● **Los dinosaurios se extinguieron al final del Mesozoico, pero se han encontrado fragmentos de sus huesos muy erosionados en sedimentos fluviales del periodo Terciario. Sin embargo, los paleontólogos no le dan importancia a estos hallazgos.** ¿Por qué esos fósiles no pueden interpretarse como una prueba de la existencia de dinosaurios en el Terciario?

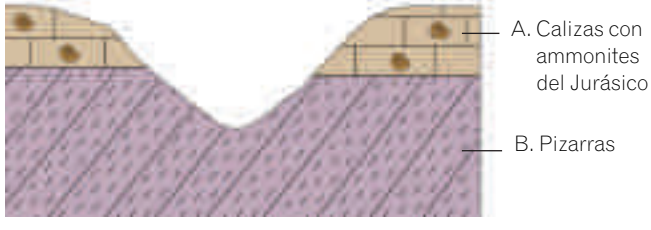
27. ●●● **Al realizar la datación radiométrica de los minerales de un granito se han obtenido resultados coincidentes; todos los minerales tienen una edad de 360 millones de años.** En cambio, al analizar los granos minerales de una arenisca se han obtenido edades muy dispares: desde 500 hasta 15 millones de años. ¿Puedes explicar esta diferencia en los resultados de datación radiométrica de ambas rocas?

28. ●● **Si observamos que una secuencia de estratos está afectada por una falla, y que como consecuencia de la dislocación se ha producido una alteración del orden de superposición que ha situado los estratos más antiguos sobre los más modernos,** ¿de qué tipo de falla se trata: inversa o directa?

29. ●● **Indica en qué orden se han producido los procesos en los siguientes cortes geológicos.**



a) Formación de la falla directa.
b) Sedimentación de la serie A.
c) Sedimentación de la serie B.
d) Sedimentación de la serie C.
e) Basculamiento (inclinación) de la serie B.
f) Erosión de la serie B y formación de una llanura.
g) Erosión de las series B y C y formación de un valle fluvial.



a) Erosión de la serie B y formación de una llanura.
b) Sedimentación de la serie A.
c) Erosión de las series A y B y formación de un valle fluvial.
d) Sedimentación de arcillas de la serie B.
e) Basculamiento de la serie B, que pone los estratos casi verticales.
f) Metamorfismo de la serie B, que transforma las arcillas en pizarras.
g) Entrada del mar (transgresión).

www.yoquieroaprobar.es

30. ●●● **Imagina que encuentras este cráneo fósil que no pertenece a ningún animal conocido.** Trata de aplicar el método de la anatomía comparada de Cuvier para responder razonadamente a las cuestiones.

a) ¿Era un mamífero, un reptil o un anfibio?

b) ¿Era carnívoro o herbívoro?

c) ¿Tendría pezuñas o garras con uñas afiladas?

d) ¿Tendría cuernos?

31. ● **En algunas formaciones geológicas de calizas y margas depositadas en medios marinos poco profundos se encuentran fósiles de ammonites cuyas conchas llegaron flotando.** ¿Cómo pueden saber los geólogos que esas conchas llegaron flotando y que no proceden de animales que vivían allí?

32. ● **En 2007 se descubrió en Cuenca un yacimiento de fósiles de dinosaurios. Una de las investigadoras declaró que «la existencia de esqueletos articulados, algunos con el cráneo y las extremidades unidas a la columna vertebral, hacía pensar en un enterramiento rápido, por ejemplo, debido a una avalancha de barro, descartándose que esa osamenta fuera el resultado del ataque de un carnívoro».**

¿Qué parte de la paleontología es la que trata de analizar esos procesos previos a la fosilización de los restos? Explica por qué el que los huesos estén articulados descarta que esos animales fueran cazados y comidos por carnívoros.

33 . ●● **La pirita es un mineral de hierro (FeS_2) que en la superficie terrestre se oxida rápidamente transformándose en limonita (Fe_2O_3).** La presencia de fragmentos de pirita con evidentes muestras de haber experimentado un largo transporte por una corriente de agua, incluidos en rocas del eón Arqueozoico se toman como una evidencia de la existencia de una atmósfera reductora. Explica por qué.

UN DEBATE CIENTÍFICO

¿Cómo surgió el vuelo de las aves?

Desde mediados del siglo XX se barajaban dos hipótesis: o bien las aves habían «aprendido a despegar», corriendo cada vez más rápido y dando saltos cada vez más largos, o habían «aprendido a caer», lanzándose en vuelo planeado desde las alturas.

La controversia se resolvió gracias a la informática. Con un programa de diseño de aviones se sometieron a pruebas aerodinámicas modelos tridimensionales de las aves más antiguas. Los resultados eran concluyentes: aquellos diseños eran incapaces de volar. Se habrían estrellado contra el suelo de lanzarse desde un acantilado, pero en cambio podían correr muy deprisa, y las plumas les proporcionaban una gran maniobrabilidad en la carrera al poder apoyarse en el aire. Sin duda, el vuelo de las aves comenzó desde el suelo, no desde las alturas.

34. ●● **¿Se puede decir que esta investigación utilizó un sistema de estudio actualista?** Explica tu respuesta.

35. ● **En esta investigación se utilizó también la anatomía comparada, pero** ¿con qué se comparó la anatomía de las aves para averiguar su capacidad de vuelo?

36. ●●● **¿Por qué las aves, a pesar de su agilidad, no se diversificaron y se hicieron abundantes hasta el Cenozoico?**

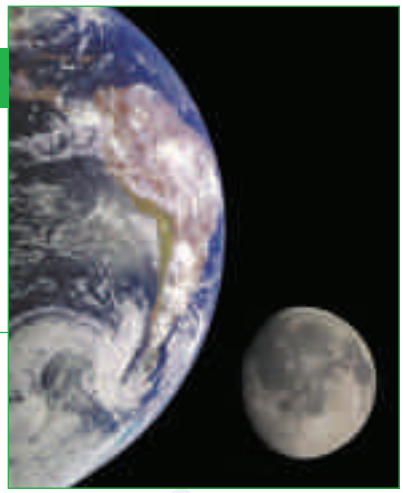
37. ●●● **El *kite-surf* y el ala delta son deportes en los que se utiliza la sustentación aerodinámica. En el primer caso, para realizar saltos, y en el segundo, para el vuelo planeando.** ¿Cuál de ellos se parece a la forma en que desarrollaron las aves la capacidad de volar?

38. ●●● **¿Existen actualmente mamíferos voladores? ¿Y mamíferos que pueden planear lanzándose desde lo alto de los árboles?** Cita ejemplos de estos animales.

39. ●●● **Los pingüinos son aves que bucean extraordinariamente bien, moviendo sus alas bajo el agua como si volaran: literalmente vuelan dentro del agua.** ¿Cómo crees que la evolución dio origen a los pingüinos: eran aves voladoras que se especializaron en el buceo y perdieron la capacidad de volar en el aire, o sus antepasados nunca llegaron a volar, sino que eran aves corredoras que aprendieron a bucear?

www.yoquieroaprobar.es

Resumen



LA HISTORIA DE NUESTRO PLANETA

Edad

Hutton propuso que la Tierra tenía miles de millones de años.

Lyell desarrolló dos principios para el estudio del pasado geológico:

- Actualismo: los procesos geológicos actuales son similares a los del pasado.
- Uniformitarismo: los procesos geológicos son lentos, pero producen grandes efectos al actuar durante largos periodos de tiempo.

Lord Kelvin atribuyó a la Tierra una edad inferior a 90 M.a.

La datación radiométrica en el siglo XX dio un valor de 4 500 M.a.

Geocronología

Es la medida del tiempo geológico, y puede ser:

- Absoluta: atribuye una edad en años (M.a.) a las rocas. Utiliza el método radiométrico.
- Relativa: ordena los materiales y los procesos por antigüedad. Utiliza tres principios: superposición de estratos, superposición de procesos y correlación.

Aplicaciones del actualismo

Anatomía comparada: permite averiguar el aspecto y modo de vida de seres vivos extintos.

Tafonomía: averigua qué procesos han experimentado los restos producidos, antes de fosilizar.

Los fósiles

Son restos de seres vivos o de su actividad que han quedado incluidos en las rocas.

Se forman por procesos de mineralización, relleno de huecos con sedimento, formación de moldes, disolución de unos minerales y precipitación de otros o cambios en la estructura de los minerales.

La división del tiempo geológico

Se realiza utilizando criterios:

- Geoquímicos: presencia de elementos o isótopos indicadores de ciertos procesos.
- Biológicos: presencia de fósiles característicos.
- Estratigráficos: presencia de discordancias.

Las edades de la Tierra

La historia de la Tierra se divide en cuatro eones, que se subdividen en intervalos menores:

- Hádico (4 500-3 800 M.a.): se diferencian el núcleo y el manto; se forma el campo magnético; se forman la corteza, la hidrosfera y una atmósfera de CO_2 y vapor de agua.
- Arqueozoico (3 800-2 500 M.a.): origen de la vida; atmósfera oxidante y con poco CO_2.
- Proterozoico (2 500-540 M.a.): origen de animales pluricelulares; glaciaciones; precipita el hierro disuelto en los océanos.
- Fanerozoico (540 M.a.-actualidad): gran desarrollo de la biodiversidad; la vida coloniza todos los ambientes.

ACTIVIDADES

40. Haz en tu cuaderno una lista con cuatro fósiles característicos de cada era. Procura que haya ejemplos de organismos vegetales y animales, y de medios acuáticos y continentales.

www.yoquieroaprobar.es

El descubrimiento del tiempo

Casi todo lo relacionado con la historia de la Tierra, permanecía ignorado y parecía inconcebible a comienzos del siglo XIX […] En aquellos días, nadie podía analizar la historia que hoy conocemos con un cierto grado de certeza. Nadie conocía la edad de la Tierra –4 500 millones de años– ni podía imaginar la progresión de la vida, que aparentemente había comenzado a finales de los primeros mil millones de años, quizá hace ya 4 200 millones de años. Al principio el planeta era estéril. Las tierras secas adquirieron formas marcadas notablemente por los cráteres producidos por los meteoritos; estaba iluminado por los fuegos de innumerables volcanes y drenado por la lluvia que alimentaba con aguas frescas a los recientes océanos […]. La vida surgió de la no vida en esta sopa química primaria, los diferentes compuestos se fueron uniendo entre sí con la ayuda de las descargas eléctricas procedentes de los rayos y relámpagos y de las radiaciones ultravioletas del Sol […]. Posiblemente algunas moléculas se combinaron con otras más complejas que condujeron a organismos unicelulares capaces de autorreproducirse. Después, tras una eternidad durante la cual pareció que no cambiaba gran cosa, algunas células, con un sentido de comunidad latente, se reunieron entre sí para formar organismos multicelulares con un aparato químico mucho más elaborado […]. En un espacio de pocos millones de años, en una explosión de nueva vida sin precedentes, hicieron su aparición en la Tierra casi todos los grandes grupos de invertebrados con algunas partes duras en sus cuerpos […]. Después llegaron los peces, los primeros animales con espina dorsal. Sin embargo, la vida seguía confinada en el interior de las aguas. Pero cuando se alzaron las tierras y surgieron fuera de las aguas y la vida vegetal comenzó a crecer en sus orillas, algunos peces con pulmones salieron fuera del agua apoyándose en sus aletas y establecieron, por decirlo así, una cabeza de puente hace aproximadamente unos cuatrocientos millones de años […]. La conquista de las tierras secas por la vida se completó hace unos trescientos millones de años con la presencia de reptiles, los primeros vertebrados independientes del medio acuático. De esos primeros reptiles descienden casi todos los animales vertebrados que viven en la Tierra en la actualidad, incluidos los seres humanos, así como muchos otros animales entretanto desparecidos, notablemente los dinosaurios.

Pero a principios del siglo XIX, la mayor parte de los científicos y desde luego los legos en la materia, no podían tener una idea del tiempo a escala tan amplia […]. Podían ver fascinados los descubrimientos de tantos fósiles que sugerían una predisposición a la contemplación de la prehistoria. Pero no podían concebir a los dinosaurios y todo su mundo, porque, en cierto sentido, para ello antes tenían que descubrir el tiempo.

J. N. WILFORDE,
El enigma de los dinosaurios.
Editorial Planeta

COMPRENDO LO QUE LEO

41. ¿Cuál fue el siguiente avance en la aparición de la vida en la Tierra tras la aparición de los seres vivos multicelulares?

42. ¿Cómo se pasó de una Tierra estéril a un planeta con seres unicelulares?

43. ¿Habrían podido colonizar la tierra firme los animales si no lo hubieran hecho antes los vegetales?

44. ¿Por qué un libro sobre los dinosaurios comienza hablando sobre los orígenes remotos de la vida sobre la Tierra?

NO TE LO PIERDAS

Libros:

Historia de la Tierra y de la vida
M. A. ALONSO y C. SESÉ.
Madrid, Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1988.
Presenta una visión general de la historia de la Tierra y de los seres vivos, ilustrado con esquemas, gráficos y fotografías.

El enigma de los dinosaurios
J. N. WILFORD. Ed. Planeta.
Colección: Biblioteca de divulgación científica.
Nuevas descubrimientos sobre los dinosaurios.

En la pantalla:

Caminando entre dinosaurios. BBC-Discovery Chanel-TV Asashi, en colaboración con Prosiben y France 3.

Cosmos. *Una voz en la fuga cósmica.* C. Sagan. Mastertronic.

En la red:

recursos.cnice.mec.es/biosfera/profesor/4eso/1.htm
Página web del Ministerio de Educación y Ciencia sobre la historia de la Tierra y la vida.

Conceptos clave

Abiótico
Que no tiene vida. Del griego, *a*: sin, y *bios:* vida.

Adaptación
Toda característica (fisiológica, anatómica o de comportamiento) de un ser vivo que aumenta sus posibilidades de supervivencia en un ambiente. Por ejemplo, las patas delanteras del topo están adaptadas a excavar en la tierra, tienen forma de pala y fuertes uñas.

ADN
Ácido desoxirribonucleico. Molécula portadora de la información genética. Es el constituyente primordial de la cromatina y los cromosomas.

Alelo
Cada una de las diferentes variedades de genes que llevan información para un mismo carácter y se encuentran en la misma posición en los cromosomas homólogos.

Aminoácido
Compuesto orgánico que constituye los monómeros de las proteínas. Existen 20 aminoácidos que forman las proteínas.

Anticuerpo
Proteína producida por los linfocitos, que bloquean las sustancias, virus o microorganismos ajenos al organismo.

Antígeno
Cualquier sustancia que induce en los animales la formación de anticuerpos.

Aparato
Conjunto de órganos que pueden ser diferentes entre sí, pero cuyos actos están coordinados para llevar a cabo una función determinada. Por ejemplo, el aparato digestivo.

ARN
Ácido ribonucleico. Formado generalmente por una sola cadena de nucleótidos. Existen diferentes tipos: El ARN mensajero, el ARN ribosómico y el ARN transferente.

Autosoma
Cromosoma no sexual. Las células diploides de las personas contienen 46 cromosomas, de los cuales 44 son autosomas. Del griego, *autos*: uno mismo, y *soma*: cuerpo.

Autótrofo
Organismo que puede producir sustancias orgánicas a partir de inorgánicas, utilizando una fuente de energía, como la luz. Reciben también el nombre de organismos productores. Del griego, *auto*: uno mismo, y *trophós*: alimentación.

Biocenosis
Conjunto de seres vivos o de poblaciones que ocupan un biotopo, y las relaciones que se establecen entre ellos. Del griego, *bios*: vida, y *koinos*: común.

Biodiversidad
Cantidad de diferentes especies vivas que hay en un lugar, en un ecosistema o en cualquier otro sistema considerado. Cuanto mayor es la biodiversidad, más complejas son las relaciones que se establecen entre los seres vivos.

Bioma
Conjunto de ecosistemas de una zona de la Tierra, caracterizada por un determinado clima o unas determinadas condiciones. Las selvas, los desiertos fríos o los cálidos, la tundra y el bosque mediterráneo son ejemplos de biomas.

Biosfera
Conjunto de seres vivos que habitan en la Tierra. Del griego, *bios*: vida, y *sphâira*: esfera.

Biótico
Que tiene vida o pertenece a los seres vivos. Del griego, *bios*: vida.

Biotopo
Lugar o medio físico que ocupa una comunidad o biocenosis. Incluye el medio físico y sus características. Del griego, *bios*: vida, y *topo*: lugar.

Capacidad de carga
Número máximo de individuos de una población que puede soportar el medio.

Cariotipo
Conjunto de cromosomas de una especie. Del griego, *carión*: núcleo, y *typos*: tipo.

Citocinesis
División del citoplasma. En las células animales se realiza por estrangulación, y en las células vegetales, por tabicación.

Clímax
Estado final hacia el que tiende la sucesión ecológica, estable y en equilibrio con el medio.

Código genético
Relación de correspondencia entre el orden de nucleótidos (bases) de los genes y la secuencia de aminoácidos de las proteínas que codifican.

Consanguinidad
Parentesco natural entre individuos que proceden del mismo tronco.

Cromátida
Cada uno de los brazos que forma un cromosoma duplicado. Ambas cromátidas se unen por el centrómero. Las dos cromátidas de un cromosoma tienen la misma información genética.

Cromatina
Molécula constituida por filamentos de ADN asociados a proteínas y dispersa por todo el núcleo. Existen tantos filamentos de cromatina como cromosomas presentará la célula durante la división del núcleo.

Cromosoma
Estructura que aparece durante la división del núcleo. Básicamente constituido por ADN y proteínas; su número es constante en todas las células de los individuos de una especie. Del griego, *cromos*: color, y *soma*: cuerpo.

www.yoquieroaprobar.es

Descomponedores

Organismos que transforman la materia orgánica (glúcidos, proteínas…) en inorgánica (dióxido de carbono, sales minerales…). Los hongos y las bacterias forman este nivel trófico.

Diferenciación celular

Proceso por el que las células adquieren una forma y una función concreta, especializándose en un determinado tipo celular. La diferenciación celular da origen a los tejidos.

Diploide

Célula o individuo cuya dotación cromosómica está constituida por dos series de cromosomas (2n), es decir, cada cromosoma tiene un homólogo. Del griego, *diplos*: doble.

Discontinuidad sísmica

Superficie de separación entre dos conjuntos de materiales, que puede ser detectada por su capacidad para reflejar o refractar las ondas sísmicas.

Ecosfera

Conjunto de todos los ecosistemas de la Tierra.

Ecosistema

Conjunto formado por todos los seres vivos que habitan en una determinada zona, los factores ambientales que caracterizan esa zona y las interacciones que se producen.

Ecotono

Zona de transición natural entre dos ecosistemas diferentes. Suelen ser zonas de gran riqueza biológica.

Embrión

En los animales, primeras etapas del desarrollo de un individuo. En las plantas fanerógamas, el esbozo de la nueva planta que se encuentra contenido en la semilla.

Enzima

Sustancia proteica que acelera o hace posible una reacción química. También se le denomina biocatalizador.

Esclerófilo

Planta que posee hojas duras e internodos cortos. Del griego, *sclero*: duro, y *phyllon*: hoja.

Especiación

Conjunto de procesos que conduce a la formación de una nueva especie.

Eucariota

Organismo cuyas células poseen un núcleo delimitado por una membrana. Son organismos eucariotas los protozoos, las algas, los hongos, los animales y las plantas. Del griego, *eu*: bien, y *káryon*: núcleo.

Fenotipo

Conjunto de caracteres observables en un organismo. Depende del genotipo y de la acción ambiental.

Fijismo

Teoría que propone que las especies no cambian, sino que se han mantenido invariables a lo largo del tiempo desde que fueron creadas. La teoría fue defendida por grandes naturalistas, como Carl von Linneo.

Foramen mágnum

Orificio occipital ovalado situado en la base del cráneo. Pone en comunicación la médula y el encéfalo.

Fósil característico

Fósil que presenta una amplia distribución geográfica y una escasa distribución temporal, por lo que permite correlacionar entre sí las rocas que lo contienen.

Gen

Unidad de material hereditario. Fragmento de ácido nucleico que lleva la información genética para un carácter, una proteína o una cadena polipeptídica. Corresponde a lo que Mendel denominó «factor hereditario».

Genoma

ADN contenido en los cromosomas, en una célula o en un organismo. En los organismos procariotas su genoma está formado por un solo cromosoma circular. En los organismos eucariotas el genoma se encuentra constituyendo cromosomas.

Genotipo

Conjunto de genes presentes en un organismo.

Hábitat

Lugar en el que vive habitualmente un ser vivo. El hábitat de un organismo reúne las condiciones naturales para permitir la vida de su especie.

Haploide

Célula o individuo cuya dotación cromosómica está constituida por una sola serie de cromosomas (n). Del griego, *haplós*: simple.

Heterocigoto

También denominado híbrido. Individuo que pose los dos alelos diferentes para un carácter. Del griego, *héteros*: diferente.

Heterocromosomas

Cromosomas sexuales. En las células somáticas de las personas hay dos cromosomas sexuales.

www.yoquieroaprobar.es

Heterótrofo

Organismo que debe tomar la materia orgánica ya elaborada, procedente de organismos productores. Del griego, *héteros*: diferente, y *trophós*: alimentación.

Hidrólisis

Reacción química que consiste en la adición de agua a una sustancia compleja con la subsiguiente descomposición de esta en otras más sencillas. Del griego, *hidro*: agua, y *lýsis*: disolución.

Homeotermo

Animal capaz de mantener la temperatura interna de su cuerpo constante e independiente del medio que le rodea. Del griego, *homeo*: semejante o similar, y *thérme*: calor.

Homocigoto

También denominado raza pura. Individuo que posee los dos alelos iguales para un carácter determinado.

Idiograma

Representación y ordenación del conjunto de cromosomas de una célula, por parejas de homólogos, según forma y tamaño.

Impacto ambiental

Modificación apreciable en el medio ambiente producida por la actividad humana. Según sus consecuencias, puede ser positivo o negativo.

Interfase

Período del ciclo celular en el que la célula no se divide. También, zona de contacto entre dos fases distintas.

Isostasia

Equilibrio entre el peso de los continentes y el empuje hacia arriba que realiza el manto.

Isótopo

Cada uno de los diferentes tipos de átomos del mismo elemento que tienen en su núcleo distinto número de neutrones, y, por tanto, distinta masa. Por ejemplo, todos los átomos de carbono tienen en su núcleo seis protones, pero pueden tener seis, siete u ocho neutrones, por lo que hay tres isótopos del carbono. Para diferenciarlos se indica su número másico, que es la suma de los protones y los neutrones de su núcleo: C^{12}, C^{13} y C^{14}.

Lahar

Masa de agua, barro, rocas y restos de vegetación que se precipita violentamente por la ladera de un volcán al entrar este en actividad. Se produce por el desbordamiento de un lago que ocupaba su cráter o por la fusión de un glaciar situado en su cima.

Locus

Lugar que ocupa un gen en el cromosoma. El plural es *loci*.

Meiosis

Tipo de división del núcleo celular que origina cuatro núcleos haploides a partir de un único núcleo diploide. Del griego, *meion*: menos, y *osis*: condición.

Meteorización

Conjunto de procesos debidos a los agentes atmosféricos, que producen la rotura y disgregación de las rocas.

Mitosis

Tipo de división nuclear en la que los cromosomas, ya replicados, se reparten equitativamente entre las dos células hijas. Del griego, *mítos*: filamento, y *osis*: condición.

Monómero

Molécula, que unida a otros monómeros, forma macromoléculas llamadas polímeros, como las proteínas o los ácidos nucleicos. Los aminoácidos y los nucleótidos son monómeros. Del griego, *mono*: uno, y *mero*: parte.

Mutación

En genética, cambios al azar que se producen en la estructura o el número de genes o cromosomas de un individuo, y que pueden transmitirse a los descendientes por herencia.

Nicho ecológico

Función que una especie realiza en el ecosistema. Viene definido por muchos aspectos, como el comportamiento, alimentación, lugares donde encuentra alimento, etc.

Nucleótido

Monómero que forma parte de los ácidos nucleicos. Están compuestos por una base nitrogenada, un azúcar y un ácido fosfórico.

Organismo transgénico

Organismo modificado genéticamente (OMG) mediante técnicas de ingeniería genética, al que se le ha introducido un gen o varios genes procedentes de otra especie.

Órgano

Estructura formada por diversos tejidos que actúan coordinadamente. Por ejemplo, el corazón.

Orgánulo

Estructura celular que realiza funciones específicas. Las vacuolas, los cloroplastos y las mitocondrias son orgánulos.

Orógeno

Alineación montañosa de origen volcánico o tectónico, es decir, producido por la actividad volcánica o por el plegamiento y apilamiento de los materiales.

Paleontología

Disciplina geológica que interpreta el pasado de la Tierra a través de los restos fósiles de seres vivos. Del griego, *palaios*: antiguo, *onto*: ser, y *logos*: ciencia.

Partenogénesis

Capacidad de algunas hembras de engendrar nuevos individuos a partir de óvulos sin fecundar. Del griego, *pártenos*: virgen, y *génesis*: creación.

www.yoquieroaprobar.es

Placa cabalgante

Placa litosférica continental u oceánica que permanece en la superficie terrestre mientras otra placa subduce bajo ella.

Placa subducente

Placa que se hunde en el manto originando una zona de subducción. Siempre es litosfera oceánica la que subduce.

Planetésimo o planetesimal

Cuerpo del Sistema Solar demasiado pequeño para ser considerado planeta, pero con forma esférica y con su masa diferenciada en un núcleo metálico y un manto rocoso. Es un nombre informal con el que pueden denominarse objetos como Plutón, Caronte, Quaoar o incluso la Luna.

Plásmido

Pequeña molécula de ADN que se replica de manera independiente, presente en algunas bacterias. Puede contener uno o varios genes. Se utiliza como vector en ingeniería genética.

Población

Conjunto de individuos de una misma especie que forman parte de la biocenosis de un ecosistema.

Poiquilotermo

Animal cuya temperatura corporal es variable y depende del medio exterior. Del griego, *poikílos*: variado, y *thérme*: calor.

Procariota

Organismo cuya célula no posee material genético encerrado en un núcleo. Las bacterias son organismos procariotas. Del griego, *pró*: antes, y *káryon*: núcleo.

Proteína

Nutriente orgánico que realiza funciones estructurales, transportadoras, contráctiles y reguladoras en los organismos. La hemoglobina, el colágeno y las enzimas son proteínas.

Quimiosíntesis

Proceso en el que se transforma la materia inorgánica en materia orgánica, utilizando la energía que se obtiene en reacciones químicas, como, por ejemplo, la oxidación del ácido sulfhídrico. Es un proceso similar a la fotosíntesis, pero que utiliza la energía química en lugar de la luminosa.

Resistencia ambiental

Conjunto de todos los factores abióticos y bióticos que frenan el crecimiento de una población.

Retrocruzamiento

Cruce del individuo problema con un individuo homocigótico recesivo. Se utiliza en la herencia dominante para saber si un individuo es híbrido o raza pura.

Rift

Zona fracturada de la litosfera por la que se produce vulcanismo fisural. Del inglés: rotura, rajadura, brecha.

Selección natural

Proceso que ocurre en la naturaleza y por el cual los organismos mejor adaptados al medio sobreviven más, transmitiendo sus características a los descendientes.

Siderito

Meteorito rico en hierro, procedente del núcleo de planetas que ya estaban diferenciados en núcleo y manto, y se fragmentaron durante la formación del Sistema Solar por colisión con otros planetas.

Sistema

Conjunto de órganos semejantes que desempeñan una función compleja. Por ejemplo, el sistema muscular.

Sobrecruzamiento

Proceso de intercambio de fragmentos que realizan los cromosomas homólogos antes de repartirse entre las células hijas en la meiosis.

Solifluxión

Flujo lento que presentan algunos materiales a pesar de su aspecto sólido. Por ejemplo: el flujo de los glaciares y las corrientes de convección del manto.

Subducción

Hundimiento de una placa oceánica en el manto, con lo que la litosfera que la forma es destruida.

Subsidencia

Hundimiento lento de una zona.

Sucesión ecológica

Proceso de sustitución paulatina de unas poblaciones por otras en una misma área, hasta llegar al clímax.

Surtidores hidrotermales

Chorros de agua muy caliente que surgen de fisuras en el rift de las dorsales oceánicas.

Taxonomía

Ciencia encargada de la clasificación de los seres vivos. Del griego, *táxis*: colocación, y *nomía*: ley.

Tejido

Conjunto de células idénticas que realizan la misma función. El epitelial, el conjuntivo, el óseo y el muscular son tejidos.

Terapia génica

Técnica de introducción de genes en las células de un individuo con el fin de curar, aliviar o prevenir el desarrollo de una enfermedad.

Xerofítica

Vegetación que soporta bien la escasez de agua. Suelen contener aceites de olores fuertes, como el romero, el tomillo o la lavanda, por lo que reciben el nombre de plantas aromáticas. Del griego, *xeros*: seco, y *phitos*: planta.

www.yoquieroaprobar.es

Parques Nacionales

① Ordesa y Monte Perdido

Fecha de declaración: 16 de agosto de 1918.
Superficie: 15 608 hectáreas.
Comunidad Autónoma: Aragón.

Dominado por el macizo de Monte Perdido (3 355 m), desde donde parten los valles de Ordesa, Pineta, Añisclo y Escuaín. Tiene grandes contrastes, entre la aridez de las zonas altas, y los valles con bosques y prados, donde corre abundante agua. El Parque es Reserva de la Biosfera (1977) y Patrimonio Mundial de la UNESCO (1997).

Fauna: destaca el quebrantahuesos y el rebeco, además de otras especies, como: águila real, buitre leonado, buho real, pico picapinos, chova, halcón peregrino, perdiz nival, urogallo, desmán de los Pirineos, garduña, jabalí, etc.

Flora: acebo, campanillas, brecina, estrella de las nieves, endrino, genciana, violetas, serbales, hayas, etc.

② Teide

Fecha de declaración: 22 de enero de 1954.
Superficie: 18 990 hectáreas.
Comunidad Autónoma: Canarias.

Fue el primer Parque Nacional canario y es el de mayor extensión de todos los actuales en Canarias. Sus conos volcánicos y coladas de lava forman un extraordinario conjunto de colores y formas, que crean uno de los monumentos geológicos más espectaculares del mundo. Presenta una gran riqueza biológica, con 58 especies vegetales endémicas y un elevado número de especies de invertebrados. El Parque está declarado Patrimonio Mundial.

Fauna: canario, cernícalo vulgar, herrerillo común, pinzón azul, paloma bravía, perenquén, murciélago orejudo canario, lagarto tizón, etc.

Flora: destacan el tajinaste rojo, el rosal del guanche, la jara de Las Cañadas y la violeta del Teide.

③ Caldera de Taburiente

Fecha de declaración: 6 de octubre de 1954.
Superficie: 4 690 hectáreas.
Comunidad Autónoma: Canarias.

Es un enorme circo glaciar de 8 km de diámetro, con aspecto de caldera, en un escarpado paisaje de casi 2 000 m de desnivel. Incluye una espectacular red de arroyos y torrentes. En él se encuentra una gran variedad de especies vegetales y animales, con varios endemismos canarios. Declarado Reserva Mundial de la Biosfera en 2002.

Fauna: destacan las aves endémicas de la Macaronesia: la paloma rabiche, el canario, el bisbita caminero, el vencejo unicolor, etc. Existen murciélagos, como el de Madeira o el murciélago orejudo. También, lagarto tizón y salamanquesa o perenquén.

Flora: característicos pinares de pino canario, junto a amagante y numerosos bejeques. En las cumbres hay numerosos endemismos y plantas en peligro de extinción, como el retamón, la violeta, la *Bencomia exstipulata* y el *Echium gentianoides*.

www.yoquieroaprobar.es

④ Aigüestortes i Estany de Sant Maurici

Fecha de declaración: 21 de octubre de 1955.

Superficie: 14 119 hectáreas. En la zona de protección: 26 733 hectáreas.

Comunidad Autónoma: Cataluña.

Destacan sus más de 200 lagos o estanys, los riscos de Els Encantats y sus meandros de alta montaña (las aigüestortes). Es la zona lacustre más importante de los Pirineos.

Se caracteriza por sus ecosistemas de la alta montaña pirenaica y muestra la acción de los glaciares del Cuaternario.

Fauna: existen especies amenazadas, como el quebrantahuesos, el águila real, el desmán de los Pirineos y el sarrio. Además habita el urogallo, el pito negro, etc.

Flora: abundan los bosques de abetos, pinos negros y hayas. También se encuentran gencianas, ranúnculos, lirios, orquídeas, prímulas, etc.

⑤ Doñana

Fecha de declaración: 16 de octubre de 1969.

Superficie: 54 252 hectáreas.

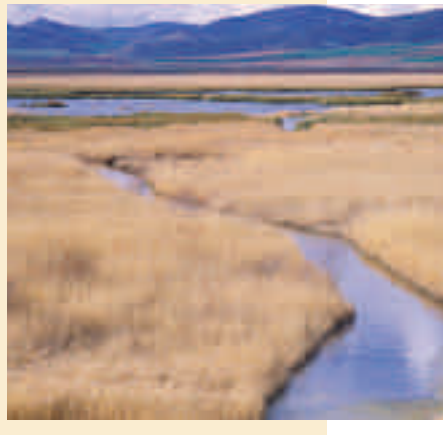
Comunidad Autónoma: Andalucía.

Incluye gran cantidad de ecosistemas diferentes, entre los que destacan marismas, dunas móviles y cotos, que albergan una biodiversidad única en Europa. Destaca la marisma, de gran importancia como lugar de paso, cría e invernada de miles de aves europeas y africanas. En el Parque viven especies en serio peligro de extinción, como el águila imperial ibérica y el lince ibérico.

Fauna: cada ecosistema posee una fauna propia y diferenciada. Destaca la presencia de águila imperial y lince ibérico. Además se encuentran varios tipos de águilas y aguiluchos, ánades, avefría, buitre leonado y negro, cernícalo, estorninos, garzas, currucas, fochas, garcetas, gaviotas, murciélagos, lagarto ocelado, etc.

Flora: muy diversa, tanto acuática como terrestre. Existen especies endémicas, como *Vulpia fontquerana* y *Linaria tursica*. Además se encuentran adelfas, brezos, brecinas, cantuesos, retamas, lentiscos, palmitos, alcornoque, pino piñonero, etc.

⑥ Tablas de Daimiel



Fecha de declaración: 28 de junio de 1973.

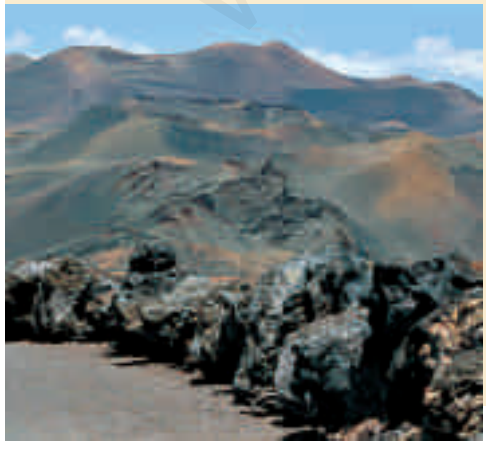
Superficie: 1 928 hectáreas.

Comunidad Autónoma: Castilla-La Mancha.

Último representante del ecosistema de tablas fluviales, que se formaron por los desbordamientos de los ríos Guadiana y Gigüela. Representa ecosistemas ligados a zonas húmedas continentales, con una gran variedad de aves acuáticas. Declarado Reserva de la Biosfera en 1981.

Fauna: aves acuáticas como: somormujo lavanco, zampullín común, zampullín cuellinegro, cerceta común, ánade azulón, pato colorado, silbón europeo, garzas, garcillas, martinetes, avetorillo, etc. Mamíferos, como jabalí, zorro, turón, nutria, comadreja, conejo, lirón careto, etc. También, ranita de San Antón, gallipato, sapillo moteado, galápago europeo, culebras, etc.

Flora: plantas acuáticas, carrizales, eneas, etc. Los únicos árboles son los tarayes que forman pequeños bosques sobre suelos húmedos



⑦ Timanfaya

Fecha de declaración: 9 de agosto de 1974.

Superficie: 5 107 hectáreas.

Comunidad Autónoma: Canarias.

Constituido por paisajes desolados que han sido colonizados por una variedad de especies vegetales. El suelo es negro y rojizo, con lapillis, arenas y lavas basálticas. Presenta muchos endemismos, tanto vegetales como animales.

Fauna: es escasa pero se encuentran especies como abejaruco, águila pescadora, canario, paloma bravia, papamoscas, cernícalo, pardela cenicienta, colirrojo tizón, correlimos, lagarto de Haria, etc.

Flora: gran variedad de líquenes. También se encuentra espino cambrón, estornudera de Lanzarote, malvarrosa, heliotropo, ononis canario, tabaiba dulce, etc.

⑧ Garajonay

Fecha de declaración: 25 de marzo de 1981.

Superficie: 3 986 hectáreas.

Comunidad Autónoma: Canarias.

Representa la muestra mejor conservada del ecosistema de la laurisilva canaria. Este ecosistema, relicto del Terciario, ha desaparecido del continente debido a los cambios climáticos del Cuaternario. Alberga más de la mitad de los bosques maduros de laurisilva del archipiélago canario. El Parque incluye espectaculares monumentos geológicos, como los Roques. Es Patrimonio Mundial (UNESCO).

Fauna: aunque existen endemismos muy característicos, su diversidad es baja. Se encuentran abubillas, canarios, currucas, paloma bravía y rabiche, pinzones, perdiz moruna, búhos, conejos, etc.

Flora: existen antiguos bosques de Monteverde, escasamente degradados por la actividad humana. Hay brezos, acebiño, culantrillo, laurel, tabaibas, sabina, taginaste, viñátigo, violetas, cedro canario, etc.

⑨ Archipiélago de Cabrera

Fecha de declaración: 29 de abril de 1991.

Superficie: 10 021 hectáreas (8 703 marítimas y 1 318 terrestres).

Comunidad Autónoma: Islas Baleares.

Constituye el mejor exponente de ecosistemas insulares no alterados del Mediterráneo. Cobija importantes colonias de aves marinas, especies endémicas y uno de los fondos marinos mejor conservados del litoral español. Está incluido dentro de la Red de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAS); es además Lugar de Interés Comunitario (LIC) y está incluido en la Red Natura 2000.

Fauna: colonias de aves marinas, como pardela cenicienta, paíño europeo, gaviota de Audouin, halcón de Eleonora, etc. En los fondos marinos: nudibranquios, meros, pulpos, morenas, etc. También, delfín mular, delfín listado, delfín común, calderón, cachalote, tortuga boba, etc.

Flora: arbustos leñosos típicos de garriga. Existen varios endemismos: astrágalo de las Baleares, rubia, tragamoscas, hipericón balear, etc.

⑩ Picos de Europa

Fecha de declaración: 30 de mayo de 1995.

Superficie: 64 660 hectáreas.

Comunidades Autónomas: Cantabria, Castilla y León y Principado de Asturias.

Los Picos de Europa corresponden a la mayor formación caliza de la Europa atlántica, presenta importantes procesos cársticos e incluye ecosistemas ligados al bosque atlántico. El Parque fue declarado Reserva de la Biosfera en 2003.

Fauna: rebecos, corzos y lobos en los valles. Hay más de 140 especies distintas de aves, entre las que destacan el pito negro y el urogallo, y de las grandes rapaces, el quebrantahuesos, el buitre leonado y el águila real.

Flora: alcornoques, castaños, hayas, fresnos, acebo, arce blanco, brecina, endrino, enebro, majuelo, serbal de cazadores, etc.

⑪ Cabañeros

Fecha de declaración: 20 de noviembre de 1995.

Superficie: 40 856 hectáreas.

Comunidad Autónoma: Castilla-La Mancha.

Es célebre por haber estado a punto de convertirse en un campo de tiro. Actualmente es uno de los espacios protegidos más valiosos de los Montes de Toledo y sirve de refugio a grandes rapaces, cigüeñas negras y otras especies en peligro de extinción. Debe su nombre a las chozas usadas como refugio por pastores y carboneros.

Fauna: más de 200 especies de aves: buitre negro, águila ibérica, águila real, avutarda, sisón, cogujada, martín pescador, oropéndola, trepador azul, etc. Mamíferos como ciervo, jabalí, corzo, etc. Y varias especies de anfibios y reptiles.

Flora: bosques de quejigos, arces, encinas y alcornoques. Matorrales de jaras, brezos, madroños, romeros, majuelos, cantuesos, labiérnagos, lentiscos, durillos, zarzamoras, acebos, etc. Vegetación de ribera, como sauces, alisos, fresnos... Sotobosque de arraclán, mirto, brezo, zarza, madreselva, zarzaparrilla...

⑫ Sierra Nevada

Fecha de declaración: 11 de enero de 1999.

Superficie: 86 208 hectáreas.

Comunidad Autónoma: Andalucía.

Las condiciones climáticas, el aislamiento geográfico y la diversidad de posibles nichos ecológicos de este parque, hacen de él un refugio excepcional para la biodiversidad de España. Presenta más de 2 000 especies vegetales diferentes, entre las que se incluyen 66 endemismos. También presenta 80 endemismos animales. Fue declarado Reserva de la Biosfera en 1986.

Fauna: muchos tipos de anfibios, reptiles, mamíferos, aves e insectos. Cabra montesa, gato montés, zorro, gineta, águila real, curruca, culebras, galápago leproso, lagartijas, víbora hocicuda, etc.

Flora: siemprevivas, dedaleras, tiraña, manzanilla de la sierra, violeta de Sierra Nevada, estrella de las nieves, amapolas de Sierra Nevada, acónitos, etc.

⑬ Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia

Fecha de declaración: 1 de julio de 2002.

Superficie: 8 480 hectáreas (7 285,2 marítimas y 1 194,8 terrestres).

Comunidad Autónoma: Galicia.

Integra ecosistemas naturales ligados a zonas costeras; entre ellos, acantilados, matorrales, dunas y playas, así como distintos fondos marinos (de roca, de arena, de concha...). Incluye los archipiélagos de Cortegada, Sálvora, Ons y Cíes, con un alto valor ecológico como ecosistemas marinos atlánticos, que atesoran una gran riqueza biológica.

Fauna: charranes, ánades, cernícalos, cormoranes, currucas, gaviotas, halcón peregrino, herrerillo, pardelas, pico picapinos, culebra de collar, culebra de escalera, culebra viperina, lagarto ocelado, nutrias, anémonas, centollos, abadejos, erizos de mar, estrellas de mar, nécoras, percebes, pulpos, etc.

Flora: alisos, caléndulas, cardo maritimo, cardillo, clavellina, hinojo marino, dedalera, endrino, espárrago triguero, zarzamora, madreselva, retama loca, rosal silvestre, madroño, pino resinero, eucalipto, etc. Además se encuentran bosques submarinos de algas pardas y rojas.

⑭ Monfragüe

Fecha de declaración: 2 de marzo de 2007.

Superficie: 18 118 hectáreas.

Comunidad Autónoma: Extremadura.

Es un lugar único por su flora y su fauna. Se trata del monte mediterráneo más extenso y mejor conservado a nivel mundial. Presenta además algunos vestigios de carácter atlántico y continental. El Parque se encuentra encajado en una estrecha garganta de cuarcitas y pizarras formada por los ríos Tajo y Tiétar. Incluye una gran variedad de ecosistemas en un excelente estado de conservación, y que albergan una gran biodiversidad. Fue declarado Reserva de la Biosfera en 2003.

Fauna: destacan por su interés científico, singularidad y vulnerabilidad: el águila imperial ibérica, el buitre negro, la cigüeña negra y el lince ibérico.

Flora: son característicos los encinares, alcornocales, madroñales, jarales y brezales; aparecen también quejigos, arces, fresnos, alisos, etc.