ISBN: 978-84-680-3640-3

Día a día en el aula

BIBLIOTECA DEL PROFESORADO

Biología y Geología

1 BACHILLERATO

SANTILLANA

PROYECTO SABER HACER

Día a día en el aula

Biología y Geología

1 BACHILLERATO

SANTILLANA

BIBLIOTECA DEL PROFESORADO

# Día a día en el aula

## *Recursos didácticos*

1 Biología y Geología

BACHILLERATO

- Introducción y recursos
- Enseñanza individualizada
  - Prácticas
  - Profundización
- Recursos para la evaluación
  - Autoevaluación
  - Evaluación de contenidos
  - Evaluación por competencias
- Solucionario

PROYECTO SABER HACER

SANTILLANA

BIBLIOTECA DEL PROFESORADO

# Día a día en el aula

*Recursos didácticos*

## 1 Biología y Geología

BACHILLERATO

Día a día en el aula para 1.º Bachillerato es una obra colectiva concebida, diseñada y creada en el Departamento de Ediciones Educativas de Santillana Educación, S. L., dirigido por **Teresa Grence Ruiz**.


En su elaboración ha participado el siguiente equipo:
**Jesús María Bárcena Rodríguez**
**Josep Furió Egea**
**Leonor Carrillo Vigil**
**María Ángeles García Papí**
**Mariano García Gregorio**
**Ximo Gregori Montesinos**

EDICIÓN
**Ana Piqueres Fernández**
**Belén Álvarez Garrido**
**Raquel de Andrés González**

EDICIÓN EJECUTIVA
**Begoña Barroso Nombela**

DIRECCIÓN DEL PROYECTO
**Antonio Brandi Fernández**


PROYECTO SABER HACER

SANTILLANA

# Índice

¿Por qué SABER HACER? . . . . . 5
Las claves del proyecto . . . . . 6
En qué se concreta el proyecto . . . . . 8

**Recursos didácticos y Atención a la diversidad**

Unidad 1 . . . . . 10
Unidad 2 . . . . . 54
Unidad 3 . . . . . 96
Unidad 4 . . . . . 138
Unidad 5 . . . . . 178
Unidad 6 . . . . . 216
Unidad 7 . . . . . 256
Unidad 8 . . . . . 298
Unidad 9 . . . . . 342
Unidad 10 . . . . . 384
Unidad 11 . . . . . 430
Unidad 12 . . . . . 470
Unidad 13 . . . . . 514
Unidad 14 . . . . . 556
Unidad 15 . . . . . 596
Unidad 16 . . . . . 640
Unidad 17 . . . . . 686
Unidad 18 . . . . . 730
Unidad 19 . . . . . 770
Unidad 20 . . . . . 814

# ¿Por qué SABER HACER?

Todos tenemos una **pasión**. Desde su fundación, hace más de 50 años, Santillana no ha dejado de trabajar, investigar, realizar productos y servicios y buscar innovaciones que **mejoren la educación**, como forma de construir un mundo mejor para todos.

El fruto de este compromiso ha sido una larga historia de **grandes proyectos educativos**. Proyectos concebidos desde la realidad social y académica existente en cada momento, nacidos con vocación de acompañar a los alumnos en su aventura de aprender y de dotar a los profesores de todas las herramientas y recursos necesarios para llevar a cabo la tarea de educar. Así, nuestro nuevo proyecto, **SABER HACER**, surge como respuesta a una nueva ley educativa, la LOMCE, y a los intensos cambios que se están produciendo en todos los aspectos de nuestra vida.

Hoy, más que nunca, en la sociedad de la información, en un mundo cada vez más global, regido por un cambio rápido y constante, **la educación marca la diferencia**. Vivimos un presente de grandes interrogantes que merecen grandes respuestas. **Hay que educar hoy a los ciudadanos de un mañana que está por construir.**

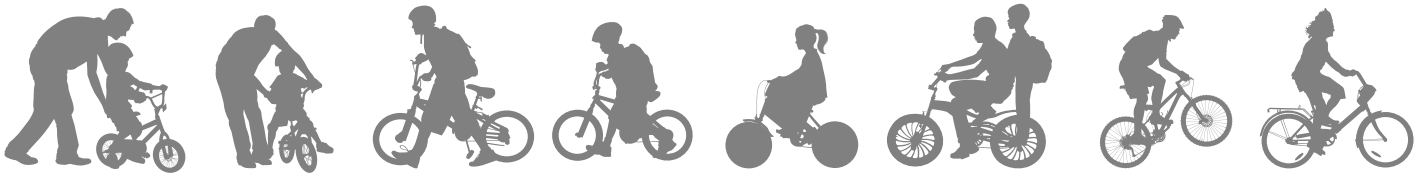
La educación se ha centrado tradicionalmente en la enseñanza de contenidos, se trataba de saber. Hoy, la comunidad educativa es consciente de que hay que dar un paso adelante: **además de saber hay que SABER HACER**. El **aprendizaje por competencias** es el modelo elegido para alcanzar con éxito los nuevos objetivos que la sociedad reconoce como necesarios en la educación de niños y adolescentes. Saber comunicar, interpretar, deducir, formular, valorar, seleccionar, elegir, decidir, comprometerse, asumir, etc., es hoy tan importante como conocer los contenidos tradicionales de nuestras materias. Necesitamos trabajar con ideas, ser capaces de resolver problemas y tomar decisiones en contextos cambiantes. Necesitamos ser flexibles, versátiles, creativos…

Pero el nombre de la serie tiene un segundo significado. Para superar el reto que tenemos por delante, **Santillana va a aportar todo su SABER HACER**, va a estar al lado de profesores y alumnos, ofreciendo materiales, servicios, experiencia… para garantizar dicho éxito.

SANTILLANA

PROYECTO SABER HACER

EL IMPULSO QUE NECESITA SU FUTURO



# Las claves del proyecto SABER HACER

## EL OBJETIVO: QUE LOS ALUMNOS ADQUIERAN LAS COMPETENCIAS QUE NECESITA UN CIUDADANO DEL SIGLO XXI

Todos somos conscientes de que la sociedad actual requiere unas capacidades muy diferentes de las que se demandaban hasta hace poco tiempo. Necesitamos personas capaces de:

- Hacerse preguntas pertinentes.
- Informarse a través de fuentes diversas, textuales o gráficas, lo que implica:
  - Buscar información.
  - Interpretar esa información de forma coherente con el tipo de fuente.
- Pensar reflexiva, crítica y creativamente.
- Crearse una opinión, un juicio y tomar decisiones adecuadas.
- Comunicarse oralmente y por escrito.
- Hacer conexiones: conectar lo aprendido con la vida real (próxima o lejana) y conectar los saberes de las distintas materias entre sí.
- Participar y comprometerse, dar servicio a la comunidad.
- Trabajar cooperativamente con otros.
- Tener siempre presente la perspectiva ética, tener inteligencia emocional y ética.
- Aprender a lo largo de la vida.

Este objetivo se materializa en la estructura de las unidades didácticas del material del alumno y en los distintos proyectos que conforman la Biblioteca del Profesorado.

## UNA METODOLOGÍA CENTRADA EN EL ALUMNO, PARA QUE ESTE ALCANCE UNA VERDADERA COMPRENSIÓN Y SE CONVIERTA EN UNA PERSONA COMPETENTE

El proyecto **SABER HACER** combina lo mejor de la tradición escolar y las aportaciones de las nuevas metodologías. La escuela debe ser capaz de **desarrollar saberes sólidos**, puesto que solo es posible pensar y actuar sobre aquello que conocemos con profundidad, pero también de educar personas que conviertan el conocimiento en acción y con sólidas habilidades sociales y morales. En el proyecto **SABER HACER**:

- El **alumno** es el **centro de su propio aprendizaje**: se hace preguntas, busca información y se informa, participa, aprende a controlar su aprendizaje, emprende proyectos…
- Se combinan actividades sencillas y tareas de mayor complejidad, excelentes para **desarrollar las competencias**, **enseñar a pensar** a los alumnos, **resolver problemas** y situaciones reales, desarrollar el **pensamiento creativo**…
- Se incorpora el **aprendizaje cooperativo** como elemento destacado, tanto en actividades dentro del libro del alumno, como en proyectos específicos de la Biblioteca del Profesorado.
- Se desarrolla el **aprendizaje por proyectos**, tanto en el material del alumno como en proyectos específicos de la Biblioteca del Profesorado.
- Se busca una educación que vaya más allá de lo académico, que plantee situaciones que fomenten la participación de los alumnos, el emprendimiento y que el alumno se involucre en su realidad cotidiana, en los problemas y realidades del centro escolar, de su barrio, pero también a escala global y planetaria. En definitiva, relacionar **aprendizaje y servicio a la comunidad**, aprendizaje y **compromiso social**.

Esta variedad de planteamientos del proyecto **SABER HACER** convierte el aula en un **escenario de experiencias** diversas y enriquecedoras para el alumno.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## UNA ESCUELA INCLUSIVA, EN LA QUE TODOS DESARROLLEN SUS CAPACIDADES Y TALENTOS

Para ello, los libros del alumno disponen de secciones de ampliación y refuerzo, y la Biblioteca del Profesorado, de **planes de apoyo y refuerzo** para los alumnos con dificultades y un **programa de profundización** para aquellos que pueden ir más allá.

## UN POTENTE SISTEMA DE EVALUACIÓN COMO GARANTÍA DE ÉXITO

La evaluación siempre ha tenido un papel destacado en la escuela. A lo largo de las últimas décadas se ha ido imponiendo una concepción de la evaluación **continua y formativa**, cuyo objetivo es detectar las dificultades de los alumnos a fin de decidir mecanismos que les permitan superarlas. El papel de la evaluación se va a ver reforzado con la LOMCE, una de cuyas innovaciones es la introducción de **evaluaciones externas** que todos los alumnos deben pasar en determinados hitos de su vida escolar. El proyecto **SABER HACER** incluye:

- **Pruebas de evaluación de contenidos** y **pruebas de evaluación por competencias** para todas las materias, relacionadas con los estándares de aprendizaje.
- **Rúbricas** de evaluación.
- Distintas herramientas informáticas:
  - **Deberes**, para el seguimiento diario de los alumnos.
  - **Generador de pruebas**.
  - **Informes y estadísticas**.
  - **Biblioteca de pruebas externas**, nacionales e internacionales.

## LA ATENCIÓN ESPECIAL A LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

En los libros del alumno y la Biblioteca del Profesorado son recurrentes las actividades y tareas que requieren el **uso de las TIC**.

La enseñanza digital se ve potenciada por nuestros productos digitales, **LibroNet**, y por el **Aula Virtual**, un entorno digital con productos, aplicaciones y servicios para alumnos y profesores.

PROYECTO SABER HACER

PROJECTE SABER FER

PROXECTO SABER FACER

EGITEN JAKIN PROIEKTUA

# En qué se concreta el proyecto SABER HACER

## NUEVOS LIBROS PARA UNOS NUEVOS TIEMPOS

Libros con una **secuencia didáctica centrada en el propio alumno, en la adquisición de competencias y en los presupuestos del pensamiento creativo**:

- El **punto de partida** de las unidades didácticas es enganchar a los alumnos, mediante el desafío, el reto, la curiosidad, el enigma…, a partir de una situación problemática:
  - **Para comenzar.** Se dice que el secreto de la creatividad y del aprendizaje está en provocar el pensamiento, no dar solo respuestas… En esta sección se anima a los alumnos a leer un texto que plantea una serie de interrogantes sobre una cuestión.
  - **Leemos el texto y contestamos** con el resto del grupo para la resolución entre todos de las preguntas planteadas.
- A continuación, se desarrollan los contenidos de la unidad didáctica. Junto al contenido conceptual, debidamente ordenado y estructurado, se incluyen una serie de programas innovadores:
  - **SABER HACER** recoge el aprendizaje de los procedimientos y destrezas que se relacionan directamente con los contenidos de la página. Saber y **SABER HACER** forman, por tanto, una unidad de aprendizaje, no se presentan desligados.
  - **SABER MÁS** plantea ideas o conceptos relacionados con los contenidos de la página, para que los alumnos amplíen y exploren conocimientos.
  - **Interpreta la imagen (el mapa, el gráfico, el dibujo, la fotografía…)** enseña a los alumnos a «aprender a ver», a observar. Una destreza muy útil en un mundo como el nuestro, en el que lo visual juega un papel cada vez mayor. También enseña a «aprender a estudiar» ya que, muchas veces, se plantean como esquemas muy potentes de la materia.
  - **A DEBATE** propone situaciones para potenciar el **trabajo cooperativo**.
  - **ACTIVIDADES**, a pie de página o al margen, proponen afianzar el concepto recién aprendido en la explicación.
- En las actividades finales, el alumno repasa los contenidos principales de la unidad y se verifica si ha alcanzado los **estándares de aprendizaje** determinados por la Administración educativa.
- La página final **CIENCIA EN TU VIDA** abre un tema que está en relación con lo tratado en la unidad y forma parte, o formará parte en pocos años, de la vida del alumnado, pero no del currículo. Se cierra con algunas actividades que permiten constatar si se ha comprendido el problema planteado, investigar más sobre el asunto, opinar sobre el tema abierto alrededor del asunto o **aplicar las TIC** en consonancia con lo expuesto.

  En esta página también tienen un papel importante los **perfiles profesionales**, donde se explican diferentes profesiones relacionadas con la biología y la geología detallando qué hacen y cómo lo hacen.

Y, como siempre, libros **con el tradicional rigor y cuidado editorial de Santillana**: textos claros y adaptados a la edad; ilustraciones de gran calidad y con un alto valor formativo, capaces de desencadenar actividades de análisis, observación, relación con los contenidos…; actividades variadas, organizadas por nivel de dificultad, con distintos objetivos…

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## UNA BIBLIOTECA DEL PROFESORADO, QUE ATIENDE A TODAS LAS NECESIDADES DE LOS DOCENTES

### Para su día a día en el aula

- **Programación didáctica.**
- **Recursos didácticos** para cada unidad:
  - Introducción y recursos complementarios.
  - Fichas de prácticas.
  - Fichas de profundización.
  - Solucionario del libro del alumno.
- **Tutoría**, 22 sesiones por curso para apoyarle en esta labor.

### Competencias para el siglo XXI. Proyectos y tareas para su desarrollo

- **Competencia lectora.**
  - Curiosidades de la ciencia.
  - Análisis de textos científicos.
- **Competencia en el conocimiento histórico.**
  - Grandes biografías.
- **Tratamiento de la información.**
  - La ciencia en el cine.
- **Competencia social.**
  - La investigación científica en España.
  - El papel de la mujer en la ciencia y la tecnología.

### Sistema de evaluación

- **Pruebas de evaluación de contenidos.**
- **Pruebas de evaluación por competencias.**
- **Rúbricas.**
- **Generador de pruebas** (herramienta digital).
- **Deberes digitales.**
- **Biblioteca de pruebas de evaluación externa**, nacionales e internacionales (biblioteca digital).

## UNA POTENTE OFERTA DIGITAL

- **Aula Virtual Santillana**, un entorno de servicios educativos.
- **LibroNet,** un auténtico libro digital, que permite sacar el máximo partido a las nuevas tecnologías de la información.

  Tiene un útil complemento en papel, el **Cuaderno de estudio**, que facilita el estudio de los alumnos.

**Introducción y recursos** . . . . . **13**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 14
- Previsión de dificultades . . . . . 15
- Esquema conceptual . . . . . 15
- Te recomendamos . . . . . 16

**Enseñanza individualizada** . . . . . **19**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 20
    - Ficha 1. Elaboración de dibujos explicativos . . . . . 20
    - Ficha 2. Diseño y justificación de un modelo de la estructura de la Tierra en función de la densidad de los materiales . . . . . 21
  - Trabaja con imágenes . . . . . 22
    - Ficha 3. Formación del sistema solar . . . . . 22
    - Ficha 4. Estructura y dinámica de la atmósfera . . . . . 23
  - Trabajos de aula . . . . . 24
    - Ficha 5. Ondas sísmicas y estructura de la Tierra . . . . . 24
    - Ficha 6. Las capas de la Tierra . . . . . 25
    - Ficha 7. La temperatura del interior de la Tierra . . . . . 26
    - Ficha 8. Medir lo inalcanzable: el yunque de diamante . . . . . 27
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 28
    - Ficha 9. Extinciones biológicas y caídas de meteoritos . . . . . 28
    - Ficha 10. Origen del agua en nuestro planeta . . . . . 29

**Recursos para la evaluación** . . . . . **31**

- Autoevaluación . . . . . 33
- Evaluación de contenidos . . . . . 34
  - Controles . . . . . 34
    - Control B . . . . . 34
    - Control A . . . . . 36
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 38
- Evaluación por competencias . . . . . 42
  - Prueba . . . . . 42
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 44

**Solucionario** . . . . . **45**

# Introducción y recursos

# ORIGEN Y ESTRUCTURA DE NUESTRO PLANETA

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

En esta unidad estudiamos el origen y la estructura de nuestro planeta. Para ello partimos del origen del universo, lo que nos lleva a contemplar el origen de la materia, del tiempo, del espacio y de la radiación electromagnética.

La formación del sistema solar requiere la existencia de mundos estelares y de cataclismos anteriores al mismo. Solo así podemos explicarnos la existencia de elementos químicos cuya síntesis requiere muy altas energías.

Mucho de lo que conocemos tanto de la Tierra como del sistema solar lo debemos a métodos indirectos de análisis e investigación. De particular interés por los resultados producidos es el método sísmico, que nos ha permitido identificar diferentes capas y discontinuidades en nuestro planeta, generando un modelo probablemente muy parecido a la realidad. La información proporcionada por las ondas sísmicas es completada con otros métodos geofísicos, entre ellos el gravimétrico y la magnetografía.

Otros métodos más sofisticados entre los que se encuentran: dataciones radiométricas, ordenadores, teledetección, GPS, etc., nos han suministrado información sobre la dinámica de la Tierra y la edad de sus constituyentes.

El modelo actual de la estructura de la Tierra es bastante consistente porque explica conjuntamente la dinámica continental, la emisión de calor planetario y el magnetismo terrestre.

Los sistemas fluidos de la superficie del planeta, la hidrosfera y la atmósfera, interactúan intensamente entre sí, mezclándose y originando interfases en las que se producen intercambios de materia y energía. Las actividades humanas recientes están alterando gravemente dichos sistemas fluidos, poniendo en peligro la salud ambiental del planeta. El desarrollo de la biosfera sobre el planeta no ha sido un proceso sin significación, sino que, al contrario, las interacciones de los seres vivos sobre la atmósfera, la hidrosfera y la geosfera han determinado la evolución del planeta.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Origen del universo.<br>• Formación de la Tierra.<br>• Métodos directos e indirectos para el estudio de la Tierra.<br>• Estructura de la Tierra según su composición y su dinámica.<br>• Los sistemas fluidos externos y la biosfera. |
| SABER HACER | • Formular y comprobar hipótesis.<br>• Averiguar la edad de una roca. |
| SABER SER | • Valorar la hipótesis Gaia y sus implicaciones. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

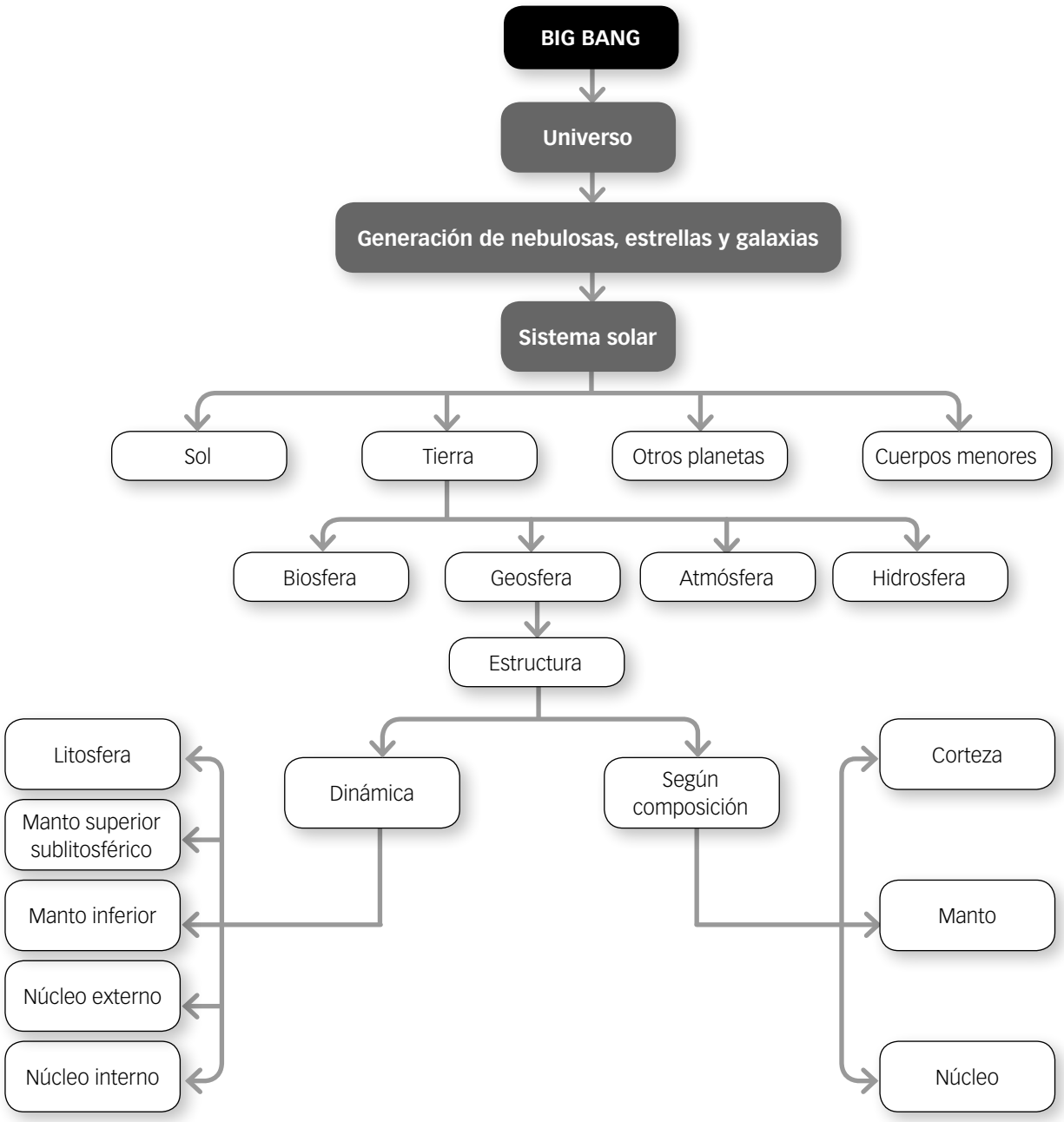
Es necesario que el alumnado sepa interpretar correctamente gráficas, ya que muchos de los modelos sobre la estructura de la Tierra se sirven de ellas.

Para entender bien cómo se propagan las ondas por el interior de la Tierra es preciso que los alumnos tengan claros los conceptos de reflexión, refracción, ángulo límite y reflexión total. También que tengan clara la diferencia entre la forma de propagarse las ondas longitudinales y las transversales. Debe recordarse que las ondas viajan en línea recta solo cuando se propagan en medios homogéneos.

En ciencia, un principio básico es que un mismo objeto produce resultados distintos al ser analizado si los criterios de análisis son diferentes. Este es el caso de las diferentes capas que muestra la Tierra según consideremos composición química o comportamiento dinámico.

Para entender bien el modelo dinámico es imprescindible que el alumno recuerde los mecanismos de transmisión de calor, particularmente la convección.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**NASA en español**
Página oficial de la National Aeronautics and Space Administration en castellano. Contiene información sobre las misiones espaciales, imágenes del Hubble y otros telescopios espaciales, futuras misiones, etc.
Palabras clave: *nasa español*.

**Instituto de Astrofísica de Canarias**
El IAC es una fuente habitual de noticias, de asesoramiento a los medios de comunicación y de proyectos e iniciativas divulgativas en relación con la astronomía. Periódicamente se editan las revistas digitales *GTCdigital*, *Caosyciencia* y *Astrofísica* en La Palma. Entre las actividades divulgativas del IAC se encuentra, también, el desarrollo de proyectos educativos, concursos, exposiciones, campañas internacionales y semanas de la ciencia.
Palabras clave: *iac canarias*.

**ESO-Spain**
El Observatorio Europeo Austral construye y opera un conjunto de telecscopios astronómicos y tiene un departamento de difusión pública cuya ruta es: public → outrich → partnerships → ESO Science Outreach Network.
Palabras clave: *eso telescopio*.

**Astronomy Picture of the Day-NASA**
Las mejores fotografías y vídeos sobre astronomía y sobre fenómenos atmosféricos.
Palabras clave: *nasa apod*.

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**Google Sky Map** (Android). Mapa estelar con información sobre planetas, estrellas, constelaciones y objetos de cielo profundo. Sirve como localizador, identificador de constelaciones e instrumento para orientarse.

**Star Walk** (ipad). Mapa estelar con información de planetas, estrellas, constelaciones y objetos de cielo profundo.

**Tiempo AEMET.** Página de la Agencia Española de Meteorología, con información general del tiempo y predicciones.

**Seísmos** (Android). Una aplicación muy sencilla que permite detectar vibraciones en tres direcciones ortogonales del espacio.

## LIBROS Y REVISTAS

***Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física***
**Edward J. Tarbuck y Frederic K. Lutgens.**
Ed. Pearson Education, 2013.

Manual de geología recomendable para primeros cursos de universidad y para profesorado de Secundaria en formación. Se acompaña de un código de acceso de 12 meses a los recursos *on-line* «MasteringGeology» que refuerzan los conceptos clave mediante animaciones, clases y ejercicios interactivos.

***Geología***
**Leonor Carrillo, Luis García-Amorena y Josep Gisbert.**
Ed. ECIR, 2002.
Libro de texto orientado a 2.º de Bachillerato (plan antiguo), primer curso de facultad y profesorado en formación, profusamente ilustrado, con múltiples propuestas de actividades y ejemplos de la geología española. Los contenidos relacionados con la presente unidad suministran una visión integrada sobre el origen y evolución conjunta de geosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera.

***Ciencias de la Tierra* (Volúmenes I y II)**
**Edward J. Tarbuck.** Ed. Prentice-Hall, 2010.
Uno de los manuales modernos de geología más completo que existen en lengua castellana. Viene avalado por varias ediciones en inglés y en castellano. Dispone de un CD complementario que facilita y completa el desarrollo de los contenidos. No debe faltar en la biblioteca de aula o de centro.

***Una breve historia de casi todo***
**Bill Bryson.** RBA Libros, 2010.
Una de las mejores obras de divulgación científica de todos los tiempos, centrada en un conjunto de contenidos que abarcan desde el origen del universo hasta las características del ser humano, pasando por la estructura de la Tierra y la composición química de la vida. El contenido del presente tema está repartido por todo el libro, por lo que no se puede recomendar un solo capítulo, si bien los bloques 1, 2 y 4 contienen información altamente significativa.

***El Universo***
**Isaac Asimov.** Alianza Editorial, 2012.
Este libro es una reedicción del clásico libro de Isaac Asimov que presenta una descripción profunda e inteligible de la estructura del universo, de los fenómenos astrológicos y cosmológicos y de los métodos que se han utilizado en el estudio del mismo.

***Introducción a la Geología Práctica***
**David Gómez Ortiz.** Ed. Universitaria Ramón Areces, 2004.
Un libro que resume los conocimientos mínimos a nivel geológico para desarrollar trabajos de investigación sobre el terreno, muy bueno para ver métodos de estudio y análisis de datos.

***Historias curiosas de la Ciencia: todo aquello que usted quería saber sobre la Ciencia y nunca se atrevió a preguntar***
**Cyril Aydon.** Ed. Swing, 2008.
El autor nos explica por medio de pequeños artículos lo que deberíamos saber sobre el mundo, el universo y otros acontecimientos.

***Astenosfera: ser o no ser***
**Carlos Fernandez, Francisco Alonso y Francisco Anguita.** Revista: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra 2013* (21.1), págs. 2-15.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Tras haber cuestionado en 2002 la existencia de la astenosfera, el profesor Anguita, junto a investigadores de la Universidad de Huelva, la devuelve al centro del escenario en la versión actual de la tectónica de placas.

***La profesión de geólogo***
**Varios autores (VV. AA).** Editorial ICOG, 2009.
Compilación de artículos escritos por profesionales de la geología sobre su experiencia en diversos campos. Consulta o descarga gratuita en PDF.
Palabras clave: *La profesión del geólogo*.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***Nuestra estrella. El Sol.*** Tibidabo Ediciones, 2006.
Videoteca del espacio. Biosfera. DVD sobre las principales características del astro rey.

***La atmósfera de la Tierra.*** Tibidabo Ediciones, 2006.
Videoteca del espacio. Biosfera. DVD sobre la estructura y dinámica de la atmósfera terrestre.

***Contacto*** *(Contact)*
Dirigida por Robert Zemeckis, destaca las dificultades de una científica por presentar un descubrimiento singular que implica un contacto con extraterrestres.

***Deep Impact*** (1998)
Un astrónomo aficionado descubre un cometa cuya trayectoria le hará impactar con la Tierra. Una expedición espacial internacional intentará destruirlo mientras el mundo se prepara por si fracasa. Dirigida por Mimi Leder. Con Morgan Freeman, Téa Leoni y Elijah Wood.

***Armageddon*** (1998)
Un asteroide se dirige hacia la Tierra. Dos naves espaciales hermanas y equipadas con una bomba nuclear deben aterrizar sobre el asteroide y partirlo en dos para que no impacte. Con Bruce Willis y Liv Tyler.

***Titán A.E.*** Película de animación.
Año 3028, la humanidad ha conquistado el espacio y viajar a las galaxias más lejanas se ha convertido en algo rutinario. Sin embargo, el haber avanzado en tal medida ha hecho que aparezcan nuevos enemigos, quienes finalmente destruyen el planeta Tierra. Los humanos que lograron escapar al ataque viven esparcidos en colonias y unos pocos buscan una nave llamada Titán, que les devolverá la esperanza y les permitirá conseguir un nuevo hogar, ya que esta nave tiene la capacidad de «crear de cero un nuevo planeta Tierra». Así comienzan las aventuras del joven Cale (Matt Damon) y Akima (Drew Barrymore).

***El núcleo*** (2003)
Película de ciencia ficción dirigida por Jon Amiel, que cuenta cómo un equipo de terronautas tiene que viajar al centro de la Tierra e iniciar una serie de explosiones nucleares para restablecer la rotación del núcleo terrestre. Se trata de una película plagada de errores conceptuales sobre la física y sus leyes, y sobre la naturaleza del interior de la Tierra (estructura, temperatura interna, campo magnético, etc.). Es tan mala, que en algunos momentos hace reír. Su aliciente didáctico puede radicar, precisamente, en que los estudiantes identifiquen los sorprendentes errores conceptuales que contiene.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Orientaciones para un examen

## Elaboración de dibujos explicativos

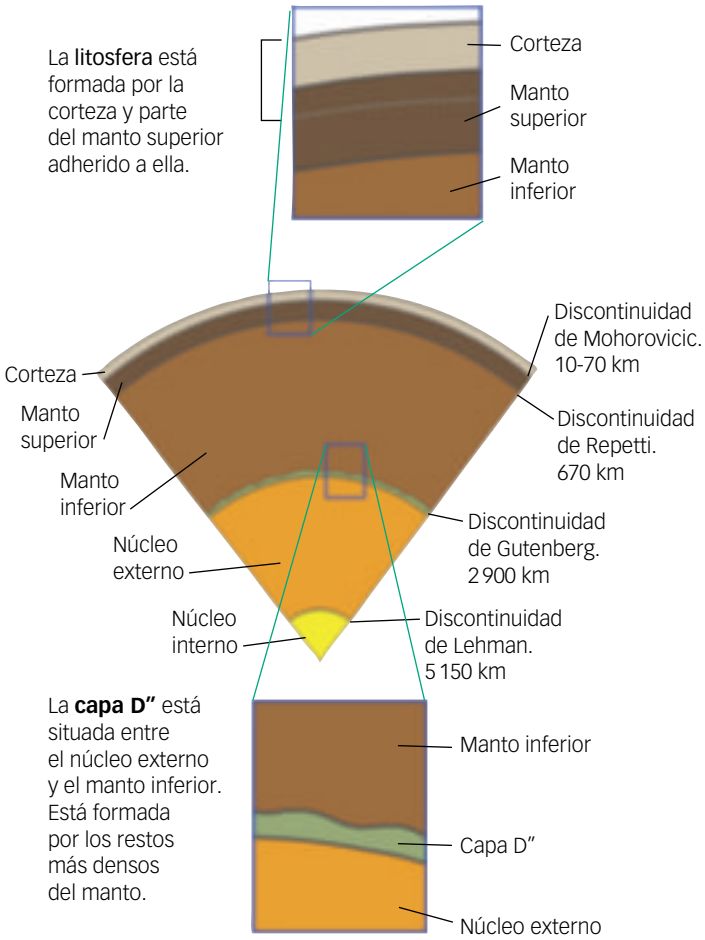
Explica cuáles son las capas de la Tierra, indicando las principales discontinuidades sísmicas a partir de los datos de la tabla adjunta. Localiza y explica qué son la litosfera y la capa D".

| Capa | | Discontinuidad en la base | Espesor |
|---|---|---|---|
| **Corteza** | | Mohorovicic (10-70 km) | 10-70 km |
| **Manto** | **Superior** | Repetti (670 km) | 600 km |
| | **Inferior** | Gutenberg (2 900 km) | 2 230 km |
| **Núcleo** | **Externo** | Lehman (5 150 km) | 2 250 km |
| | **Interno** | | Esfera de 1 220 km de radio |

Algunas cuestiones, como esta, relativas a la estructura y dinámica interna de la Tierra, pueden responderse de forma más rápida, sencilla y eficaz con un buen dibujo que con una larga explicación. Para lograr una imagen vistosa conviene tener en cuenta los siguientes puntos:

- Lleva siempre al examen el material necesario, incluyendo lápices de colores, un lápiz y un bolígrafo de tinta negra.
- Haz los dibujos planos. Si eres muy hábil, puedes realizar dibujos tridimensionales, pero en caso contrario debes hacerlos sencillos. Se trata de lograr una buena explicación con un sólido apoyo visual.
- Deja sitio para el dibujo y los breves textos explicativos que lo acompañan. Puedes trazar al final un recuadro para enmarcarlo y hacerlo destacar. No lo mezcles con el texto de otras preguntas.
- Haz una figura central y textos explicativos a su alrededor. Puede haber otros dibujos periféricos más pequeños que se relacionen con el principal por medio de flechas para mostrar algún detalle ampliado.
- Primero haz los dibujos a lápiz. Si no tienes tiempo, no los pases a tinta, pero procura colorearlos aunque sea rápidamente. Un poco de color en un examen mejora notablemente la presentación.
- Los textos explicativos que acompañan los dibujos no deben ser largos, sino estar compuestos por frases cortas y separadas, de forma que la lectura del conjunto sea rápida.
- Si estás representando un proceso, puedes numerar los dibujos, para que la persona que corrige el examen siga un determinado orden. En ese caso, haz grandes los números.

Este tipo de dibujos te saldrán mucho mejor si los practicas antes. Podrás apreciar, además, que son una excelente forma de resumir y estudiar los contenidos, y que resulta más fácil recordar los conceptos cuando los asociamos a una imagen.




### PRACTICA

**1** Haz un dibujo explicativo del aspecto que tiene el campo magnético terrestre y de qué son las anomalías magnéticas locales.

**2** Explica, mediante uno o más dibujos, el proceso de evacuación del calor del interior terrestre hacia el exterior. Numera claramente los pasos de los que consta el proceso, y descríbelos de forma concisa. Cronometra el tiempo que tardas en componer ese dibujo.

**3** ¿Por qué en la troposfera el aire realiza movimientos convectivos y en la estratosfera no? Responde a esta pregunta con un esquema explicativo simplificado de la atmósfera en el que indiques la distribución de temperaturas. Explica en qué casos se produce o no convección en un fluido y añade un dibujo de apoyo con una cazuela de agua puesta al fuego.

**4** Realiza un dibujo en el que aparezcan las primeras capas de la atmósfera y las variaciones de temperatura.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Diseño y justificación de un modelo de la estructura de la Tierra en función de la densidad de los materiales

Observa la siguiente tabla sobre el valor medio de la densidad de los materiales que constituyen las distintas capas terrestres, y contesta a las preguntas que se formulan a continuación.

a) Diseña y justifica un modelo en capas que explique la estructura del planeta Tierra. ¿Se puede relacionar con la teoría que explica la formación de la Tierra?

b) Señala los métodos empleados para conocer la densidad media de aquellos materiales terrestres sobre los que no se puede acceder directamente.

| Capas | Densidad media (g/cm$^3$) |
|---|---|
| **Atmósfera** | 0,0013 |
| **Hidrosfera** | 1 |
| **Corteza** | 2,3-2,7 |
| **Manto superior** | 3,4-4 |
| **Manto inferior** | 4,5-6 |
| **Núcleo externo** | 9,8-12 |
| **Núcleo interno** | 12-12,5 |

**a)** A la luz de los resultados expuestos en la tabla, puedes observar que las capas de la Tierra están dispuestas en un orden creciente de densidad desde la más externa a la más interna.

Así pues, la capa concéntrica terrestre más externa es la atmósfera, compuesta por un conjunto de gases que forman una envuelta alrededor de la Tierra atrapados por el campo gravitatorio terrestre. La hidrosfera, aunque no constituye una capa continua, se sitúa atendiendo a la densidad del agua entre la atmósfera y la primera de las capas sólidas de la geosfera.

La corteza, la más ligera de las capas terrestres sólidas, se dispone sobre el manto, y este a su vez rodea la capa de mayor densidad, el núcleo. El manto y el núcleo se subdividen en capas que siguen diferenciándose en función de la densidad. Se trata ahora de que deduzcas el modelo de la estructura de la Tierra que se ajuste a dicha información. Este modelo en capas estratificadas atendiendo a un gradiente de densidades solo es posible si en algún momento, durante el transcurso de la formación del planeta Tierra, hubiera sido posible la fusión de los materiales iniciales. Según la teoría del origen de nuestro planeta, por condensación de polvo y gas se formaría un protoplaneta más bien frío y homogéneo en un principio, pero la contracción continua y la radiactividad de los elementos más pesados contribuyeron al calentamiento y a la fusión de los materiales originales. Esta fusión permitiría la explicación de la disposición actual. Se justificaría así que los materiales más densos migraran hacia el interior del planeta, quedando los más ligeros o menos densos en zonas más superficiales. Los elementos más pesados, como el Ni y el Fe, migraron hacia la zona del actual núcleo, y los silicatos permanecieron por encima. La atmósfera y la hidrosfera primitivas se originaron procedentes de las erupciones volcánicas.

**b)** Aquí se trata de que demuestres tus conocimientos acerca de los métodos indirectos para el estudio de la Tierra. La densidad, así como otras características de los materiales, se deducen a través de este tipo de métodos geológicos. Tendrás que indicar la importancia del método sísmico, que es el que más información ha aportado sobre las características físicas y estructura del interior terrestre.

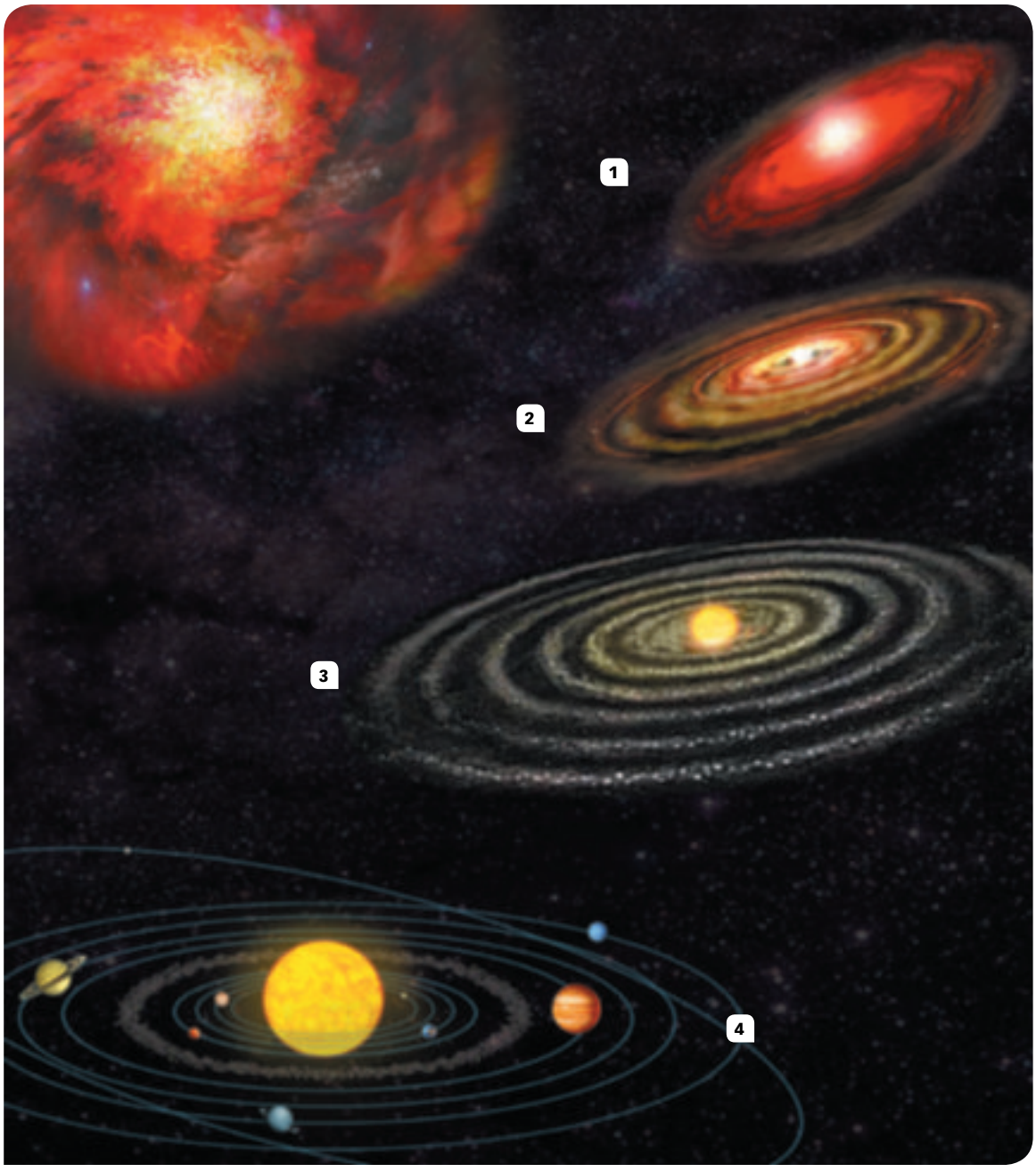
## PRACTICA

**1** Observa los datos referidos al manto. ¿Qué explicación darías a la diferencia de la densidad en los materiales del manto superior respecto de los del manto inferior y, por tanto, a su disposición?, ¿cómo es posible que la misma composición de rocas pueda dar lugar a capas con distinta densidad?

| Capa | | Espesor | Densidad (g/cm$^3$) | Composición |
|---|---|---|---|---|
| **Manto** | **Superior** | 600 km | 3,4-4 | Peridotitas |
| | **Inferior** | 2 230 km | 4,5-6 | |

# Trabaja con imágenes

## Formación del sistema solar




ACTIVIDADES

**1** Observa la figura adjunta y contesta a las siguientes cuestiones.

a) Escribe los textos que corresponden a cada uno de los números.

b) ¿Qué tuvo que ocurrir para que en la nebulosa solar comenzara a formarse el sistema solar?

c) ¿Por qué adoptó la nebulosa solar una forma discoidal?

d) ¿Qué ocurrió en la zona central de la nebulosa? ¿Cómo era la temperatura en esa zona?

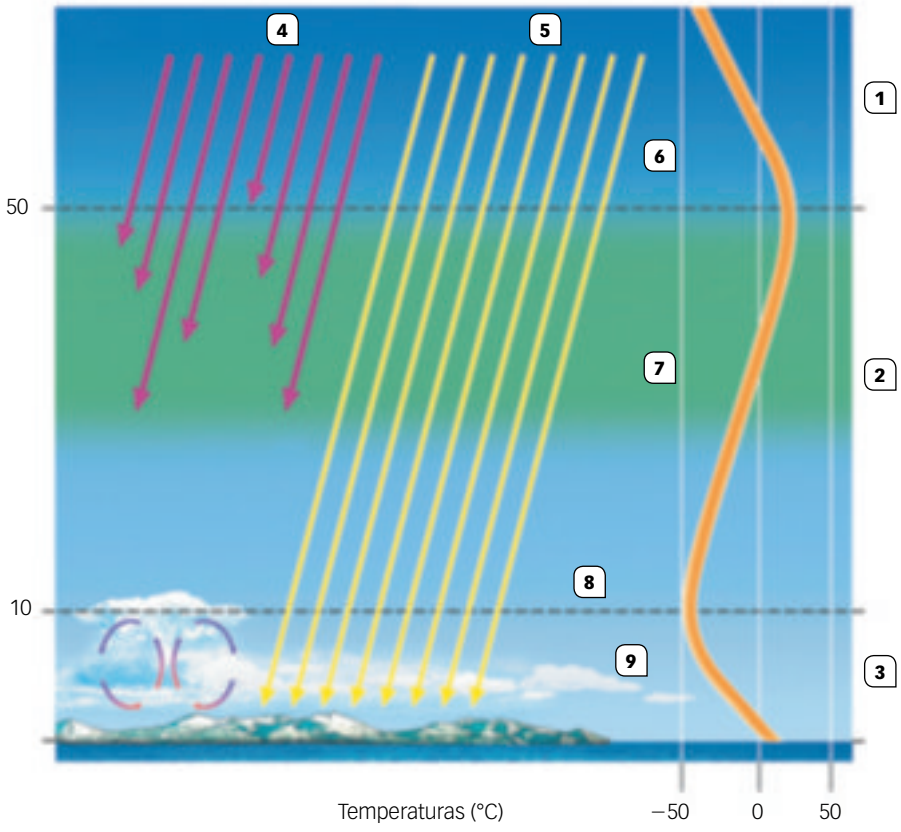
e) ¿Cómo se formaron los planetas? ¿Y los satélites?

f) ¿Qué otros cuerpos menores hay en el sistema solar? ¿Dónde se localizan?

g) ¿Por qué no hay un planeta sólido entre Marte y Júpiter y sí muchos residuos?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Estructura y dinámica de la atmósfera




## ACTIVIDADES

**1** Observa la figura adjunta y contesta a las siguientes cuestiones.

a) ¿Qué representa el esquema adjunto? Escribe los textos que corresponden a cada número.

b) ¿Qué factor físico es el que determina la existencia de la tropopausa y la estratopausa?

c) ¿Qué diferencia a la troposfera del resto de capas atmosféricas?

d) ¿Por qué vemos las cosas de colores?

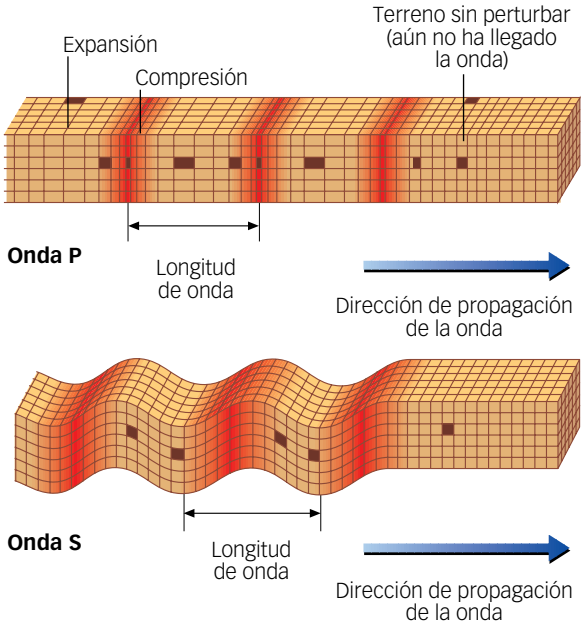
e) ¿Hay nubes en la estratosfera? ¿Por qué?

f) La existencia de la ozonosfera, ¿tiene alguna importancia para el desarrollo de la vida?

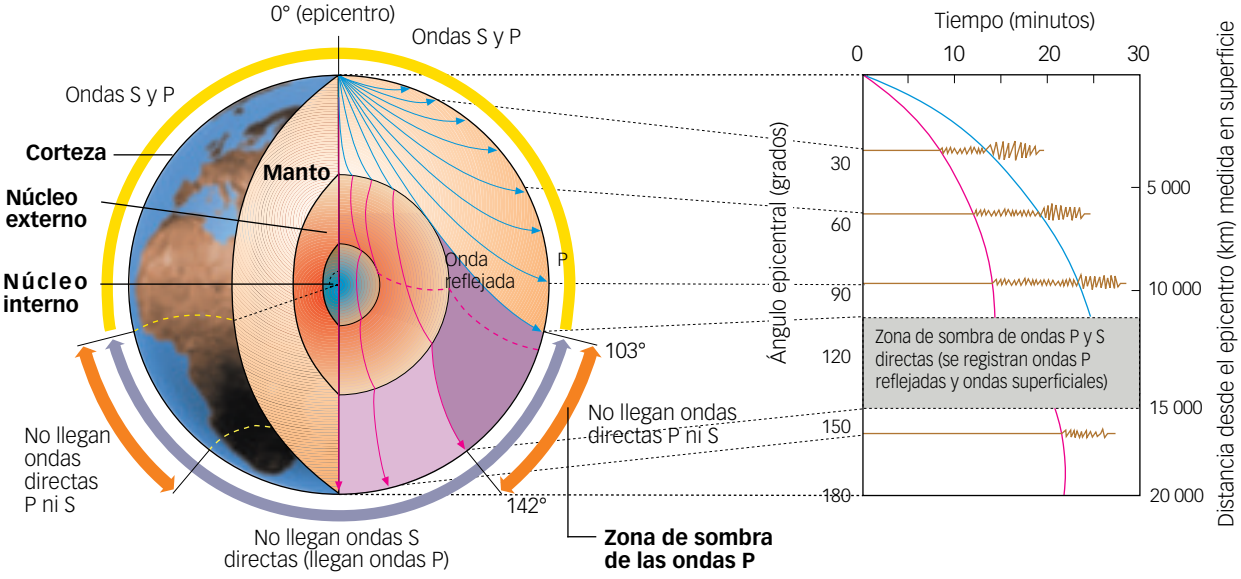
# Ondas sísmicas y estructura de la Tierra

Las ondas que viajan por el interior terrestre en una vibración parecida al sonido son de dos tipos: P y S.

- Las ondas P o primarias se denominan también ondas longitudinales, puesto que se desplazan en la misma dirección en la que se propaga el movimiento. Avanzan mediante sucesivos impulsos de expansión y compresión que afectan a los materiales que están atravesando. Su vibración es equivalente al efecto de acordeón que producen al expandirse y comprimirse las espirales de un muelle. Para recordar el efecto de las ondas P en inglés se utiliza la palabra *push*, que significa «empujar».
- Las ondas S o secundarias se conocen también como ondas transversales o de cizalla, ya que vibran perpendicularmente a la dirección en que se propagan. Su avance se produce mediante un movimiento ondulatorio perpendicular al sentido de propagación. En inglés, la palabra *shake* («sacudir») evidencia el efecto de las ondas S.




**Esquemas de propagación de las ondas sísmicas P y S.**




**La estructura interna de la Tierra, deducible del estudio de las ondas sísmicas.** A la izquierda, modelo de la estructura del planeta. A la derecha, gráfica tiempo-recorrido de las ondas sísmicas.

## ACTIVIDADES

**1** Recibo en el sismógrafo ondas P a las 5 horas 15 minutos y a las 5 horas y 20 minutos las primeras ondas S. ¿A qué distancia se ha producido el terremoto? Velocidad ondas P = 8 km/s; velocidad de las ondas S = 5 km/s.

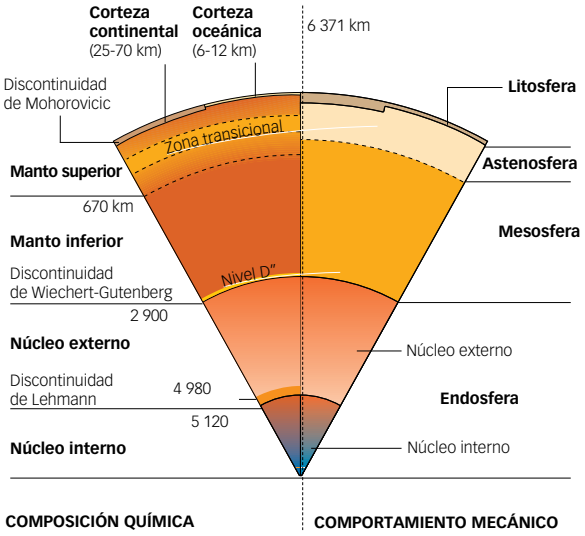
**2** Define qué es una zona de sombra. ¿Por qué se produce?

**3** En el terremoto de Lorca del año 2011 el epicentro estaba situado muy cerca del pueblo. ¿Si hubiera habido un sismógrafo en Lorca se habrían podido recibir las ondas P y S con mucha diferencia de tiempo?

**4** Pon un ejemplo de ondas P y de ondas S que no sean sísmicas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Las capas de la Tierra




**Las capas del planeta.** A la izquierda, definidas por la composición química de los materiales. A la derecha, por su comportamiento mecánico.

**ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA**

| Estructura basada en la composición química | Profundidad media (km) | Velocidad ondas P (km/s) | Densidad media (kg/m³) | Presión ($10^4$ MPa)* | Estructura basada en el comportamiento mecánico de las rocas |
|---|---|---|---|---|---|
| CORTEZA oceánica | 7 | | 2 850 | | LITOSFERA |
| CORTEZA continental | 35 | | 2 750 | | |
| *Discontinuidad de Mohorovicic* | | 8,0-8,1 | 3 330 | 0,09 | Litosfera oceánica = 65 km<br>Litosfera continental = 120 km |
| MANTO SUPERIOR | 65-120 Zona de baja velocidad 250-350 | 7,8<br>8,1 | | | ASTENOSFERA |
| | 400 | 8,9 | 3 540 | 1,40 | |
| | | 9,13 | 3 720 | 2,70 | |
| | 670 | 10,27 | 3 990 | 3,82 | MESOSFERA |
| MANTO INFERIOR | | 10,75 | 4 380 | | |
| *Discontinuidad de Gutenberg* | 2 885 | 13,71 | 5 570 | 13,68 | |
| NÚCLEO EXTERNO | | 8,06 | 9 900 | | NÚCLEO EXTERNO |
| | 5 144 | 10,36 | 12 200 | 33,00 | |
| NÚCLEO INTERNO | | 11,3 | 12 800 | | NÚCLEO INTERNO |
| | 6 371 | | 13 100 | 36,00 | |

* 1 bar = 0,987 atmósferas = $10^5$ Pa = 0,1 MPa.

## ACTIVIDADES

**1** ¿En qué capa de la Tierra es mayor la velocidad de las ondas sísmicas? ¿Por qué?

**2** Actualmente se discute la existencia de la astenosfera, ¿en qué zona cabría situarla? ¿Qué es lo que la caracteriza?

**3** ¿Qué criterios se han utilizado en la figura adjunta para explicar los dos tipos de estructura de la Tierra?

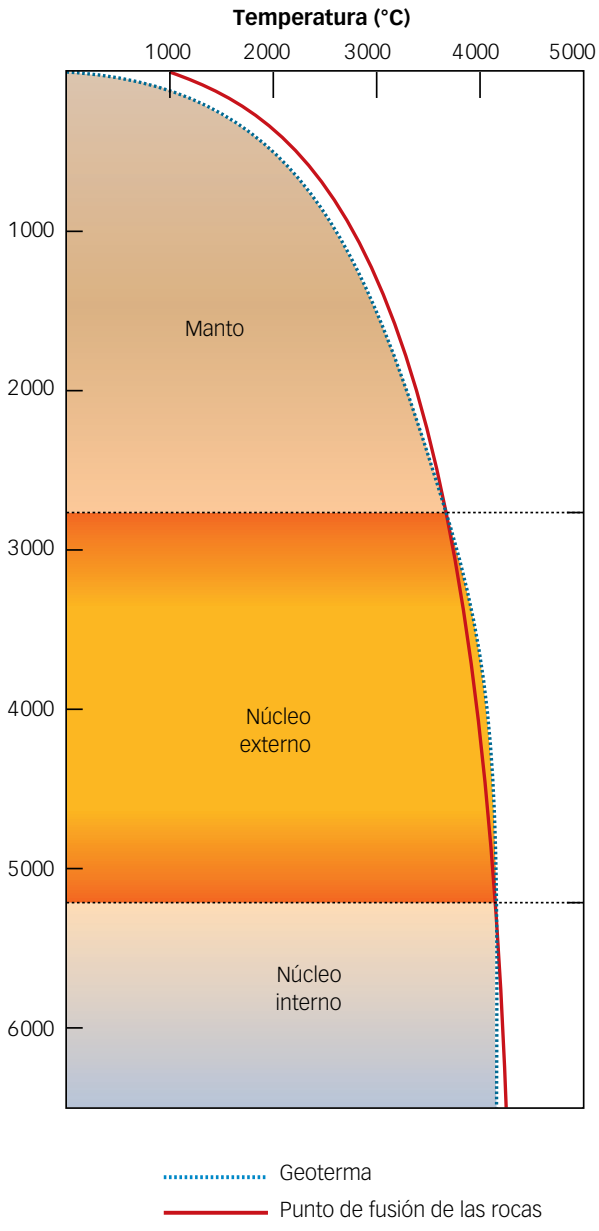
**4** ¿Por qué aumenta la densidad de los materiales con la profundidad en la Tierra?

# La temperatura del interior de la Tierra

El incremento de la temperatura con la profundidad ha podido evaluarse directamente en explotaciones mineras, túneles, sondeos y perforaciones con fines científicos. No obstante, los datos recogidos tan solo aportan información de los 10 primeros kilómetros.

Los valores alcanzados en profundidad han permitido establecer que la temperatura aumenta con la profundidad a razón de 1 °C cada 33 m de descenso, aproximadamente. Esta relación de proporcionalidad recibe el nombre de **gradiente geotérmico** y parece mantener esta tendencia a lo largo de las primeras decenas de kilómetros. Sin embargo, el flujo de calor interno que alcanza la superficie terrestre no es homogéneo y esto determina que en algunas zonas de la Tierra el gradiente geotérmico sea más elevado que en otras.

Por debajo de los primeros 100 km se ha interpretado que el gradiente geotérmico disminuye en profundidad influenciado por el incremento de presión y por los cambios composicionales de las rocas. Actualmente se piensa que al llegar a la discontinuidad de Wiechert-Gutenberg se alcanza una temperatura de unos 3700 °C y que en el centro del planeta podrían darse unas temperaturas de unos 4500 °C. Los recientes estudios de tomografía sísmica han puesto al descubierto, por ejemplo, marcadas irregularidades en la temperatura del manto. La tomografía sísmica consiste en una técnica de análisis de la temperatura de zonas profundas de la geosfera, basada en el procesamiento informático de las pequeñas diferencias en las velocidades de propagación de las ondas sísmicas.




**Estimación de la temperatura en el interior terrestre.** La variación de temperatura puede estimarse a partir de datos experimentales (en las zonas superficiales) y de extrapolación de datos sísmicos y de laboratorio (para las zonas profundas).

## ACTIVIDADES

**1** Analiza la figura. ¿Dónde es mayor el gradiente geotérmico, cerca de la superficie o cerca del núcleo?

**2** ¿Cuál sería la temperatura del centro de la Tierra si el gradiente geotérmico se mantuviera constante a razón de 1 °C cada 33 m de profundidad?

**3** En la figura se representa la geoterma y la temperatura de fusión de las rocas. Explica qué significa que, en el manto y en el núcleo interno, la geoterma esté a la derecha del punto de fusión de las rocas y que, en el núcleo externo, esté a la izquierda del punto de fusión de las rocas.

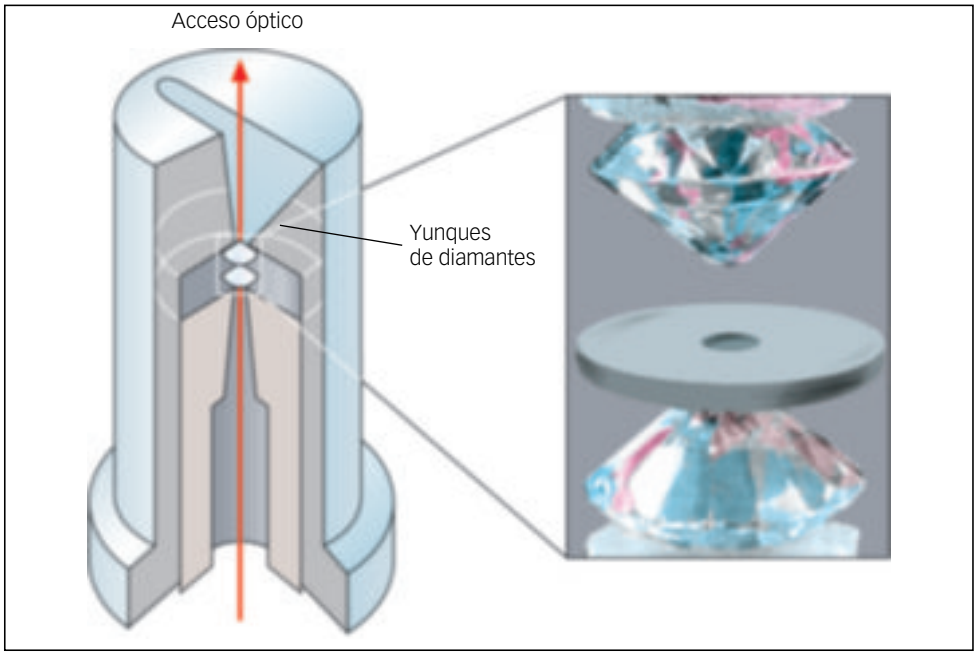
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Medir lo inalcanzable: el yunque de diamante

El yunque de diamante es un dispositivo capaz de reproducir en su interior la temperatura y presión que hay en las profundidades de la Tierra.

La muestra que se va a estudiar se comprime en el interior de una arandela entre las puntas de dos diamantes. Así, se alcanzan presiones superiores a 3,5 megabar ($3{,}5 \cdot 10^6$ veces la presión atmosférica). Además, se calienta mediante el enfoque de un rayo láser de potencia variable que, al ser absorbido por la muestra, hace subir su temperatura entre 25 y 5 000 °C. Dicha radiación es capaz de atravesar el diamante sin ser absorbida y, por tanto, el yunque ni se calienta ni se deforma.

En el yunque se introducen las muestras con las composiciones químicas que se cree que existen en las diferentes capas de la Tierra, se las somete a las condiciones de presión y temperatura reinantes a distintas profundidades y se observa cómo se forman en su interior fases minerales estables en esas condiciones tan extremas. Así se conocen los cambios de fase de los diferentes niveles del manto, de la capa D" e, incluso, del núcleo terrestre.




**La célula de yunque de diamante reproduce en el laboratorio las condiciones de presión y temperatura del interior del planeta.**

## ACTIVIDADES

1. ¿Qué parámetros tenemos que controlar si queremos reproducir las condiciones del interior de nuestro planeta?
2. ¿Por qué se utilizan las puntas de dos diamantes cuando sería mucho más fácil comprimir el material de estudio entre dos superficies planas?
3. ¿Cuál es el papel del rayo láser en el experimento?
4. ¿Por qué no se destruyen los diamantes al ser atravesados por el rayo láser?
5. El yunque de diamante, ¿es un método directo o indirecto de estudio de la Tierra?

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Extenciones biológicas y caídas de meteoritos

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación acerca de la caída de cuerpos procedentes del espacio sobre la superficie terrestre.

**Otras investigaciones sugeridas.** Impactos meteóricos. Impactos cometarios. Efectos locales. Efectos globales. Interacciones con la biosfera. Probabilidad de impactos en la actualidad. Detección de cuerpos próximos. Récords de aproximación a la Tierra. Acontecimientos observados en tiempos históricos. Sistemas de detección de objetos próximos.

**Fuentes de la investigación**

Relatos de testigos presenciales documentados.

Referencias bibliográficas:

- *Cosmos: «El martillo de Lucifer»*, Carl Sagan. Editorial Planeta.
- *¡Que viene el cometa!*, Nigel Calder. Salvat.
- *Monográfico sobre meteoritos*. Revista AEPECT (21.3), 2013.

**Realización.** Equipo(s) de 5 alumnos.

**Duración de la elaboración.** 7 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital seguida de un debate de 45 minutos aproximadamente.

### TEN EN CUENTA QUE

**Precedentes históricos**

Cráter de meteorito en Arizona, de 1 200 m de diámetro y 170 m de profundidad. Producido hace unos 50 000 años por la caída de un meteorito de níquel-hierro de unos 50 m de diámetro.

Bólido de Tunguska. El 30 de junio de 1908 un fragmento cometario explotó en el aire al precipitarse en las proximidades de esta población de Siberia. Con un diámetro estimado de unos 80 m, devastó un área de 2 150 km$^2$.

Bólido de Cheliabinsk. El 15 de febrero de 2013 un meteoroide explotó a unos 20 km de altura, al sur de los Urales, liberando una energía 30 veces superior a la bomba atómica de Hiroshima.

### LO QUE DEBES SABER

- **Meteoroide:** fragmento de materia, de tamaño y forma variable, que, situado en el espacio interplanetario, puede ser atraído por el campo gravitatorio del planeta y caer sobre la Tierra.
- **Meteoro:** fenómeno atmosférico, luminoso, también llamado estrella fugaz, producido por la elevación de la temperatura causado por el rozamiento de un meteoroide con el aire.
- **Bólido:** meteoro de alta luminosidad.
- **Meteorito:** meteoroide que logra alcanzar la superficie terrestre.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Origen del agua en nuestro planeta

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación acerca del origen de la atmósfera y de la hidrosfera terrestre.

**Otras investigaciones sugeridas.** Actividad volcánica en la Tierra primitiva. Desgasificación primigenia de corteza y manto. Bombardeo meteórico y cometario. Composición química de la atmosfera primitiva. Interacción entre los seres vivos. La atmósfera y la hidrosfera. ¿Cómo sabemos la composición de las capas fluidas primitivas? ¿Por qué hay diferencia entre las capas fluidas de la Tierra y las de otros «planetas rocosos» del sistema solar?

**Fuentes de la investigación**

- Revistas científicas como *Investigación y ciencia*.
- Periódicos españoles y extranjeros: páginas de ciencia de *The Guardian*, *Le Monde*, *Die Welt*, *La Repubblica* y *The New York Times*.
- Web de ASESMAR. Fundación de Estudios del Mar.

**Realización.** 2 equipos de 5 alumnos que defiendan teorías diferentes.

**Duración de la elaboración.** 5 sesiones.

**Presentación.** Informes guía para el debate entre partidarios de (dos) teorías diferentes y realización de un debate de 45 minutos, con participación del grupo clase.

### TEN EN CUENTA QUE

**Capas fluidas y procesos que aportan fluidos**

Las capas fluidas de nuestro planeta son la atmósfera y la hidrosfera. El agua es un componente mayoritario de las mismas.

Las erupciones volcánicas inyectan en la atmósfera cantidades ingentes de vapor de agua y otros gases que se incorporan a las capas fluidas.

Algunos científicos consideran la hipótesis según la cual el agua de la Tierra procedería de cometas que nos bombardearon en tiempos pasados.

### LO QUE DEBES SABER

- **Desgasificación:** proceso de pérdida de fluidos gaseosos que experimenta un magma cuando la presión disminuye.
- **Gran bombardeo meteórico (LHB):** proceso que ocurrió hace unos 4 000 m. a. en el que la Tierra, la Luna y otros planetas del sistema solar sufrieron frecuentes y violentos impactos meteóricos.
- **Núcleo cometario:** compuesto por hielo de agua, $CO_2$, CO, y por otros materiales, como silicatos y moléculas orgánicas.
- **Agua mantélica:** agua que se supone que existe en el manto terrestre en grandes cantidades.
- **Fotosíntesis:** proceso que aporta oxígeno y retira $CO_2$ de la atmósfera.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 1 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Los primeros átomos que se formaron tras el *Big Bang* fueron:

- ☐ **a.** Hidrógeno y helio.
- ☐ **b.** Hierro y níquel.
- ☐ **c.** Litio, sodio y potasio.
- ☐ **d.** Uranio y plutonio.

**2** El *Big Bang* se originó hace:

- ☐ **a.** 3 000 m. a.
- ☐ **b.** 650 m. a.
- ☐ **c.** 3 700 m. a.
- ☐ **d.** No se puede determinar.

**3** El *Big Bang* fue una enorme explosión que originó:

- ☐ **a.** Los elementos ligeros de la tabla periódica solamente.
- ☐ **b.** El tiempo y el espacio.
- ☐ **c.** El tiempo, el espacio, la radiación y la materia.
- ☐ **d.** El tiempo, la radiación y la materia.

**4** El Sol se formó:

- ☐ **a.** Al mismo tiempo que los planetas.
- ☐ **b.** Antes que los planetas.
- ☐ **c.** Después que los planetas.
- ☐ **d.** Antes que algunos planetas pero después que otros.

**5** Los siguientes métodos para el estudio de la Tierra son directos:

- ☐ **a.** Sondeos, método gravimétrico, estudio de meteoritos.
- ☐ **b.** Magnetografía, estudio de los volcanes y dataciones radiométricas.
- ☐ **c.** Estudio de las minas, microscopio petrográfico y estudio de los volcanes.
- ☐ **d.** Método gravimétrico, estudio de las minas y estudio de los volcanes.

**6** Las ondas P se producen:

- ☐ **a.** En la atmósfera, como consecuencia de las tormentas.
- ☐ **b.** Con los terremotos, son longitudinales y son más rápidas que las ondas S.
- ☐ **c.** Con los terremotos y son muy lentas.
- ☐ **d.** En el centro de la Tierra y se detectan con sismómetros especiales.

**7** La litosfera es:

- ☐ **a.** Una capa rígida que contiene la corteza y parte del manto superior.
- ☐ **b.** Una capa fluida que contiene la corteza y una parte del manto superior.
- ☐ **c.** Una capa fluida que contiene la corteza oceánica y parte del manto superior.
- ☐ **d.** Una capa rígida que contiene una porción del manto superior.

**8** La atmósfera se compone de las siguientes capas:

- ☐ **a.** Troposfera, estratosfera y mesosfera.
- ☐ **b.** Troposfera, tropopausa y ozonosfera.
- ☐ **c.** Tropopausa, ozonosfera y estratopausa.
- ☐ **d.** Hidrosfera, troposfera y mesosfera.

**9** El ciclo del agua:

- ☐ **a.** Funciona con energía solar y energía de los volcanes y produce mareas.
- ☐ **b.** Funciona con energía solar y realiza erosión, movilización de materiales, y forma el relieve.
- ☐ **c.** Funciona con energía interna de la Tierra y es el responsable de la generación de manantiales.
- ☐ **d.** Funciona por gravedad y es el responsable de la formación del relieve.

**10** La actividad fotosintética:

- ☐ **a.** Produce nitrógeno y $CO_2$.
- ☐ **b.** Consume oxígeno y produce $CO_2$.
- ☐ **c.** Consume agua y produce $CO_2$.
- ☐ **d.** Consume $CO_2$ y produce agua.

SOLUCIONES

**1** a, **2** d, **3** c, **4** b, **5** c, **6** b, **7** a, **8** a, **9** b, **10** d

# 1 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué entendemos por *Big Bang*?

**2** Describe brevemente los acontecimientos que dieron lugar al nacimiento del Sol.

**3** Explica cómo se produjo la diferenciación en capas de nuestro planeta.

**4** Indica la diferencia entre los métodos directos e indirectos para el estudio de la Tierra. Cita dos métodos directos y dos indirectos.

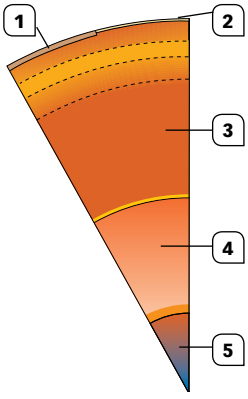
**5** ¿En qué se basa el método sísmico del estudio de la Tierra? ¿Qué información nos da?

**6** ¿Cómo se transmite el calor en el manto terrestre? ¿Qué consecuencias tiene para la dinámica terrestre?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**7** ¿Dónde y cómo se origina el campo magnético terrestre?

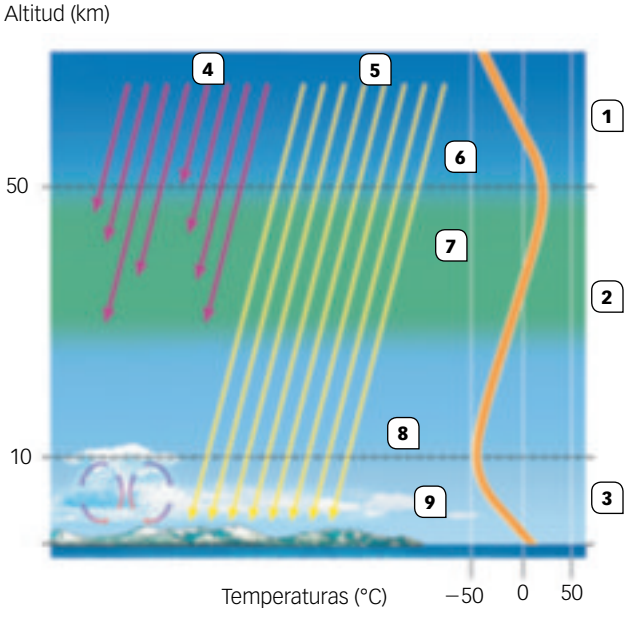
**8** Observa la imagen y contesta.




a) Indica los nombres de las diferentes capas.

b) ¿Qué es lo que diferencia unas capas de otras?

**9** Completa el siguiente esquema, identifica las capas de la atmósfera y explica qué fenómenos tienen lugar en cada una de ellas.




**10** Explica tres procesos que muestren la influencia de la biosfera sobre la atmósfera.

# 1 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

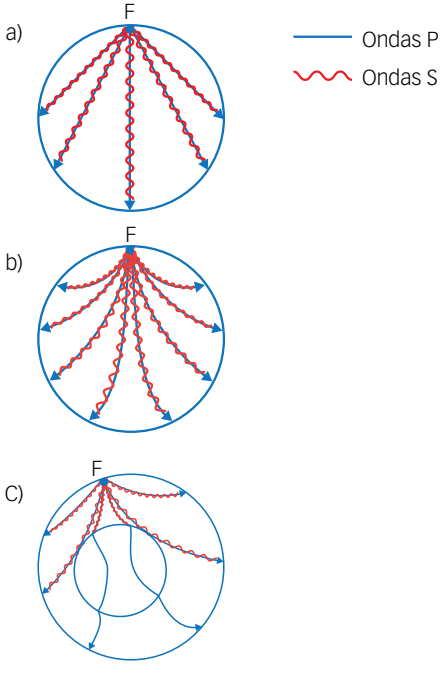
**1** ¿Qué entendemos por *Big Bang*? ¿Qué había antes de él y qué se formó a partir de él?

**2** ¿Qué tiene que ocurrir para que se forme una estrella como el Sol?

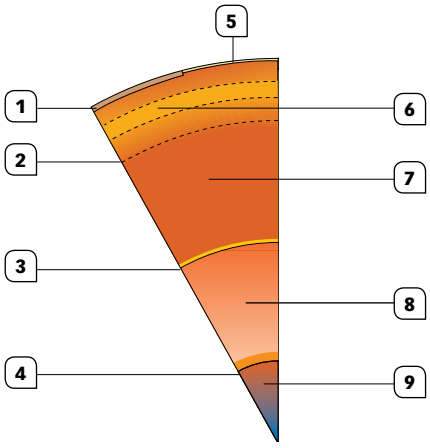
**3** ¿Por qué los planetas interiores (Mercurio, Venus, Tierra y Marte) son rocosos y los exteriores (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) son gaseosos?

**4** ¿Cómo se llama el método de estudio de la Tierra que mide las variaciones de la gravedad? ¿Qué información nos suministra? Indica zonas de la Tierra en las que se detecten valores superiores o inferiores a la media. ¿Cómo se denominan estas desviaciones?

**5** Explica cómo son los planetas a, b y c según la trayectoria que siguen en su interior las ondas sísmicas.



**6** Observa la imagen y contesta.




a) Completa el esquema de la estructura terrestre indicando las capas y las discontinuidades sísmicas.

b) ¿Qué es una discontinuidad sísmica?

c) ¿Por qué hay dos esquemas de la estructura de la Tierra?

**7** ¿Qué es la capa D" y dónde se localiza? ¿Cómo se forma? ¿Por qué es importante conocerla?

**8** ¿Cómo se transmite el calor en el núcleo terrestre? ¿Tiene ese proceso alguna relación con el magnetismo terrestre?

**9** ¿En qué capa de la atmósfera se producen los principales fenómenos meteorológicos y por qué? ¿Por qué no hay nubes en la estratosfera?

**10** Indica de qué manera influye la biosfera sobre la geosfera y los fenómenos geológicos.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B7-1.** Interpretar los diferentes métodos de estudio de la Tierra, identificando sus aportaciones y limitaciones. | **B7-1.1.** Caracteriza los métodos de estudio de la Tierra en base a los procedimientos que utiliza y a sus aportaciones y limitaciones. | 4 y 5 | 4 y 5 |
| **B7-2.** Identificar las capas que conforman el interior del planeta de acuerdo con su composición, diferenciarlas de las que se establecen en función de su mecánica, y marcar las discontinuidades y zonas de transición. | **B7-2.1.** Resume la estructura y composición del interior terrestre, distinguiendo sus capas composicionales y mecánicas, así como las discontinuidades y zonas de transición entre ellas. | 3 y 8 | 6 y 7 |
| | **B7-2.2.** Ubica en mapas y esquemas las diferentes capas de la Tierra, identificando las discontinuidades que permiten diferenciarlas. | 8 y 9 | 6 y 9 |
| | **B7-2.3.** Analiza el modelo geoquímico y geodinámico de la Tierra, contrastando lo que aporta cada uno de ellos al conocimiento de la estructura de la Tierra. | 6, 7 y 8 | 5, 6 y 8 |
| **B7-3.** Precisar los distintos procesos que condicionan su estructura actual. | **B7-3.1.** Detalla y enumera procesos que han dado lugar a la estructura actual del planeta. | 1, 2, 3 y 10 | 1, 2, 3, 7, 9 y 10 |

**Control B**

**1** El *Big Bang* o Gran Explosión es la teoría científica más generalizada sobre el origen del universo. Según dicha teoría, en el pasado (tiempo Cero) toda la materia y la energía del universo estaban concentradas en una gran masa a elevada temperatura y se calcula que hace unos 13 700 m. a. tuvo lugar el *Big Bang* (gran explosión). Este acontecimiento no fue una simple explosión de la materia dentro del espacio, sino el origen del tiempo y del mismo espacio, en cuyo interior se formaron la radiación electromagnética y la materia, compuesta por partículas como los electrones, los protones, los neutrones y los quarks.

**2** El sistema solar y, por tanto, el Sol se originaron a partir de una nube fría de gas y polvo que giraba lentamente, llamada nebulosa solar.

Hace unos 5 000 m. a., la onda de choque producida por la explosión de una supernova cercana comprimió la nebulosa solar que comenzó a colapsar sobre sí misma.

La contracción de la nebulosa aceleró su velocidad de rotación y produjo su aplanamiento, dotándola de una forma discoidal. La zona central fue aumentando su tamaño y su temperatura debido a la acumulación del polvo y el gas.

Una vez que la temperatura superó un cierto valor se habrían iniciado las reacciones termonucleares en la masa central hasta originar nuestra estrella, el Sol. Al mismo tiempo, el resto de la materia se fue aglutinando formando primero anillos y luego cuerpos rocosos más fríos (planetas, satélites, cometas).

**3** La diferenciación en capas de nuestro planeta se produjo durante los primeros 100 m. a. de su existencia. Dicha diferenciación fue posible porque la Tierra en un principio debió ser un planeta homogéneo de roca fundida. El calor fue generado por los siguientes fenómenos:

- Los impactos de asteroides y planetesimales.
- La compresión de los materiales a medida que aumentaba el tamaño del planeta.
- El rozamiento producido por el hundimiento de los materiales más densos.
- La desintegración de elementos radiactivos.

Debido al proceso de diferenciación gravitatoria, el hierro, al ser uno de los elementos más pesados, pasó a formar el núcleo primitivo. Sobre el núcleo se habrían ido ordenando el resto de los componentes según su densidad. En el manto, los silicatos de hierro y magnesio, y en la parte más externa, los silicatos de aluminio, más ligeros, formaron la corteza. En cuanto a los gases, se condensarían pasando a formar la atmósfera primitiva.

La formación de la hidrosfera tuvo lugar cuando la corteza se solidificó y estuvo lo suficientemente fría como para mantener agua en estado líquido.

**4** Los métodos directos de estudio proporcionan datos contrastables de lo que se está investigando, es decir,

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

información que puede ser tomada repetidamente para comparar los resultados y limitar los errores. Para aplicarlos es necesario que el material sea accesible y podamos manipularlo.

Los métodos indirectos se aplican para obtener información de los objetos y materiales que no es posible manipular directamente; nos informan sobre objetos inaccesibles.

Métodos directos: el estudio de la lava que expulsan los volcanes y de las muestras del subsuelo obtenidas en los sondeos.

Métodos indirectos: el método sísmico y el gravimétrico.

**5** El método sísmico se basa en que, cuando se produce un terremoto o sismo, en el foco sísmico se originan dos tipos de ondas sísmicas (P y S) que se propagan por el interior de la Tierra. La forma en la que se propagan las ondas sísmicas nos ayuda a entender el interior de la Tierra.

El método sísmico permite detectar las superficies de separación entre materiales de diferente composición o de distinto estado, ya que en ellas se desvían (reflejan o refractan) las ondas sísmicas. Estas superficies se denominan discontinuidades sísmicas.

**6** El calor en el manto se transmite mediante corrientes de convección. El manto en su conjunto está agitado por un movimiento convectivo muy lento, similar al que se produce en un cazo con agua puesto al fuego. La convección en el manto se organiza en columnas ascendentes de material caliente, los penachos térmicos, y corrientes descendentes representadas por las placas oceánicas que subducen.

Las corrientes de convección del manto son responsables del movimiento de las placas litosféricas.

**7** El campo magnético terrestre se origina en el núcleo, formado mayoritariamente por hierro.

El núcleo consta de una parte central sólida y otra periférica fluida, en la que se producen corrientes de convección que arrastran el hierro líquido en trayectorias circulares, semejantes a las que se observan en los líquidos en ebullición. Estas corrientes o movimientos de un líquido conductor eléctrico (el hierro) originan y mantienen el campo magnético terrestre, al comportarse el núcleo como una dinamo.

**8** **a)** 1. Corteza continental. 2. Corteza oceánica. 3. Manto. 4. Núcleo externo. 5. Núcleo interno.

**b)** Según este modelo de la estructura de la Tierra se diferencian tres capas: corteza, manto y núcleo. Dichas capas se diferencian por su composición química y por su densidad.

Dentro del núcleo se diferencian dos capas: núcleo externo y núcleo interno. Estas dos capas se diferencian por el estado físico de sus materiales.

**9** 1. Mesosfera. 2. Estratosfera. 3. Troposfera. 4. Radiación ultravioleta. 5. Radiación visible. 6. Estratopausa. 7. Ozonosfera. 8. Tropopausa. 9. Superficie.

En la troposfera, la convección da lugar al ciclo del agua y hace funcionar los agentes geológicos, ya que el vapor de agua al ascenderse enfría, condensa y origina las nubes y las precipitaciones. En cambio, en la estratosfera, la temperatura aumenta con la altitud, por lo que no hay convección en ella.

En la estratosfera, entre los 20 y 50 km de altitud, está la ozonosfera. En ella, las moléculas de oxígeno absorben la radiación ultravioleta del Sol y se forma el ozono. La absorción de energía hace que la temperatura de la ozonosfera sea relativamente alta.

**10** La influencia de la biosfera sobre la atmósfera se pone de manifiesto en los siguientes procesos:

- La actividad fotosintética produce el oxígeno atmosférico (21 % de la masa de la atmósfera) y consume $CO_2$ manteniendo su concentración baja (0,03 %), lo que suaviza el efecto invernadero.
- Las bacterias desnitrificantes producen el nitrógeno atmosférico (78 %).
- La evapotranspiración aporta humedad al aire, aumentando la eficacia del ciclo del agua.

## Control A

**1** El *Big Bang* o Gran Explosión es la teoría científica más generalizada sobre el origen del universo. Según dicha teoría, en el pasado (tiempo Cero) toda la materia y la energía del universo estaban concentradas en una gran masa a elevada temperatura.

Se calcula que hace unos 13 700 m.a. tuvo lugar el *Big Bang* (gran explosión). Este acontecimiento no fue una simple explosión de la materia dentro del espacio, sino el origen del tiempo y del mismo espacio, en cuyo interior se formaron la radiación electromagnética y la materia, compuesta por partículas como los electrones, los protones, los neutrones y los quarks.

La evolución del universo y sus componentes (galaxias, estrellas, nebulosas…) está regida por dos fuerzas antagónicas: la gravitatoria, que tiende a comprimir los cuerpos hasta colapsarlos, y la nuclear, que tiende a generar la expansión de los mismos mediante reacciones nucleares.

El *Big Bang* fue el origen del tiempo, del espacio, de la radiación y de la materia.

**2** El Sol forma parte del sistema solar, en el que hay planetas rocosos que contienen elementos pesados, tales como el hierro. Por ello, el Sol se originó a partir de una nube fría de gas y polvo que giraba lentamente, llamada nebulosa solar, y que contenía elementos químicos pesados procedentes de explosiones de estrellas masivas. Los elementos químicos pesados solo se forman durante las explosiones de estrellas.

La onda de choque producida por la explosión de la supernova comprimió la nebulosa solar, que comenzó a colapsar sobre sí misma. La contracción de la nebulosa aceleró su velocidad de rotación y produjo su aplanamiento, dotándola de una forma discoidal. Al mismo tiempo, la temperatura de su zona central fue aumentando debido a la compresión y a la acumulación del polvo y el gas; una vez

que la temperatura de la zona central superó un cierto valor se habrían iniciado las reacciones termonucleares hasta originar nuestra estrella, el Sol.

**3** Recién nacido el Sol, durante los primeros 400 o 450 m. a., a su alrededor gravitarían grandes cantidades de partículas sólidas y gas que se fueron aglutinando formando primero anillos y luego cuerpos más fríos (planetas, satélites, cometas), dando lugar a dos tipos de planetas:

- Los planetas interiores (Mercurio, Venus, Tierra y Marte), pequeños y rocosos, de los que el viento solar se habría llevado los componentes más ligeros (gases, sobre todo H y He) y que están formados por elementos químicos más pesados (O, C, Si, Fe, etc.).
- Los planetas exteriores (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno), más grandes y alejados del Sol, que tienen un núcleo sólido rodeado de un gran espesor de gases que se mantienen por su mayor atracción gravitatoria.

**4** El método se llama gravimétrico. Detecta pequeñas variaciones del campo gravitatorio debidas a la distribución de las masas rocosas en el interior terrestre. Los materiales de mayor densidad, como, por ejemplo, los minerales metálicos, producen una anomalía gravimétrica positiva (un valor mayor que el teórico $g = 9{,}8\ m/s^2$), mientras que los materiales ligeros, como, por ejemplo, sedimentos sin consolidar, producen una anomalía gravimétrica negativa.

La gravimetría permite medir las irregularidades en la distribución de las masas de la corteza y del manto.

**5** La dirección y velocidad de propagación de las ondas sísmicas varía, pues se reflejan o se refractan cuando cambia la naturaleza de los materiales que atraviesan. La propagación es más fácil en rocas rígidas que en rocas plásticas, por lo que la velocidad es directamente proporcional a la rigidez o resistencia a la deformación de los materiales que atraviesan. Por ello:

- El planeta a) es homogéneo, formado por una sola capa cuya densidad y rigidez son constantes.
- El planeta b) también tiene una sola capa, pero la densidad y rigidez de los materiales aumentan con la profundidad. El hecho de que las ondas se curven hacia fuera nos indica que la velocidad de las ondas va aumentando progresivamente al profundizar en dicho planeta.
- El planeta c) tiene dos capas y una de ellas, la interior, es líquida, ya que las ondas sísmicas S se detienen al llegar a ella y no la atraviesan. En este planeta, en cada una de sus capas la rigidez de los materiales aumenta con la profundidad.

**6** **a)** 1. Discontinuidad de Mohorovicic. 2. Discontinuidad de Repetti. 3. Discontinuidad de Gutenberg. 4. Discontinuidad de Lehman. 5. Corteza continental y corteza oceánica. 6. Manto superior. 7. Manto inferior. 8. Núcleo externo. 9. Núcleo interno.

**b)** Llamamos discontinuidades sísmicas a las superficies que separan capas del interior de la Tierra con distintas propiedades físicas, por lo que las ondas sísmicas experimentan cambios en su velocidad y trayectoria al atravesarlas.

**c)** Según consideremos la composición química o el comportamiento dinámico de la Tierra, podemos considerar diferentes capas en nuestro planeta. El modelo dinámico aporta más información sobre el funcionamiento de la máquina geológica, mientras que el modelo de composición aporta más información sobre el origen del planeta.

**7** La capa D" es una capa de entre 100 y 400 km de grosor que forma la transición entre el manto y el núcleo.

La capa D" puede estar formada por los restos más densos del manto, decantados allí a lo largo de millones de años, tras haberse ido hundiendo lentamente en el manto. La gran densidad del núcleo externo permite que estos restos floten sobre la discontinuidad de Gutenberg, apoyados sobre el núcleo externo líquido.

Es importante conocer la capa D" porque esta capa no es una simple acumulación pasiva de escombros densos. El manto en su conjunto está agitado por un movimiento convectivo muy lento. Los materiales que forman la capa D" son arrastrados por estas corrientes de convección.

Actualmente se cree que realmente las placas litosféricas no se deslizan sobre el manto sublitosférico, sino que constituyen la parte superficial del sistema convectivo, mientras que la capa D" constituye su parte basal.

**8** Se transmite mediante corrientes de convección. El núcleo externo líquido está a más de 3 000 °C y a una presión de varios millones de atmósferas. En estas condiciones, el hierro presenta una fluidez similar a la del agua. La diferencia de temperatura, de más de 1 000 °C, entre la base y la superficie del núcleo externo, produce fuertes corrientes de convección en su interior que arrastran el hierro líquido en trayectorias circulares.

Los movimientos del hierro líquido, que es conductor eléctrico, originan y mantienen el campo magnético terrestre, al comportarse el núcleo como una dinamo.

**9** Los fenómenos meteorológicos se producen en la troposfera, ya que en esta capa se producen corrientes de convección que dan lugar al ciclo del agua y hacen funcionar a los agentes geológicos.

En la estratosfera no se producen corrientes de convección y además está casi completamente seca, sin vapor de agua. Las nubes de la troposfera son incapaces de traspasar la inversión térmica de la tropopausa. Antes de llegar allí, por lo general, las gotitas de agua de las nubes ya se han helado y precipitado.

**10**
- Prácticamente todas las rocas calizas proceden de la actividad biológica en mares, ríos y lagos.
- Los seres vivos producen una intensa meteorización sobre las rocas.
- La actividad biológica es la que origina el suelo en los ecosistemas terrestres.
- La cubierta vegetal ralentiza la erosión y facilita la infiltración del agua en el subsuelo.
- La acumulación de restos orgánicos forma el carbón y el petróleo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

La madre de Arancha es astrofísica y trabaja en uno de los numerosos telescopios que funcionan en El Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma (Canarias). Diversos países de toda Europa (Holanda, Noruega, Reino Unido, Suecia, Francia, Italia, etc.) han elegido este lugar para observar el cielo y estudiar el origen del universo y del sistema solar en particular, y con este fin se han instalado aquí numerosos telescopios.

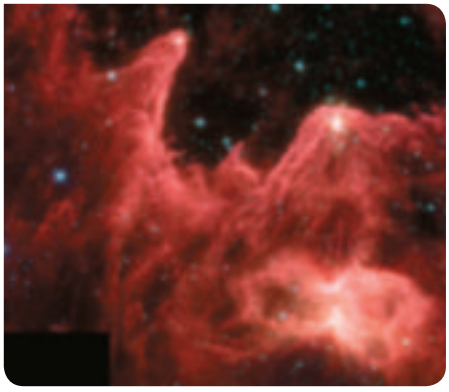
El Roque de los Muchachos está situado a unos 2 400 metros de altitud y no ha sido elegido por casualidad, sino debido a su extraordinaria situación geográfica, en medio del Atlántico, y al peculiar clima que provoca la formación de nubes entre los 1 000 y 2 000 m de altura, que hacen de espejo e impiden que la escasa contaminación luminosa de las poblaciones de la costa dificulten la observación de las estrellas y planetas más lejanos.

Arancha está encantada con el trabajo de su madre y casi todos los días le pregunta si su equipo de trabajo ha descubierto alguna estrella o planeta nuevo. Ella sabe que el universo está en continuo cambio, que constantemente se están formando nuevas estrellas como el Sol y destruyéndose otras.

**1** ¿De qué está compuesto el núcleo central de las estrellas como el Sol?

- ☐ **a.** De hierro y níquel en estado semisólido.
- ☐ **b.** De hidrógeno y helio fundamentalmente.
- ☐ **c.** De una gran cantidad de rocas fundidas formando el magma.
- ☐ **d.** De partículas de hielo como los cometas.

**2** Hoy la madre de Arancha le enseñó una fotografía que en su telescopio habían hecho la noche anterior. Le dijo que se trataba de la nebulosa Aquila, que está situada a unos 7 000 años luz de la Tierra. Arancha contempló la fotografía e intentó recordar qué era exactamente una nebulosa. ¿Qué es una nebulosa?



- ☐ **a.** Una masa de polvo y gas que se puede ver después de la explosión de una estrella.
- ☐ **b.** Una formación cósmica que precede a la formación de una superestrella.
- ☐ **c.** Una galaxia en formación.
- ☐ **d.** Un cúmulo de galaxias que se están alejando a gran velocidad.

**3** En los orígenes del sistema solar se supone que la Tierra llegó a estar prácticamente fundida en su totalidad, y este hecho permitió su diferenciación por capas. Los materiales más densos se fueron hacia el centro de la esfera y los más ligeros subieron hacia la zona más externa.

Para que la esfera que dio lugar a la Tierra llegara a estar casi totalmente fundida se necesitaría una gran cantidad de energía calorífica. ¿Cuál sería el origen de toda esa energía?

- ☐ **a.** La energía gravitatoria unida a la luz del Sol, mucho más potente que ahora.
- ☐ **b.** La gran cantidad de volcanes que había en esos primeros tiempos.
- ☐ **c.** Los impactos de asteroides, el rozamiento de materiales al desplazarse y las reacciones nucleares.
- ☐ **d.** Los restos de energía que quedaban tras la explosión de una gran estrella.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** A Arancha le explicaron que la Tierra pertenece al sistema solar, que se formó por acumulación de polvo estelar, asteroides y otros cuerpos celestes menores y que alrededor de ella orbita un único satélite, la Luna. Si pensamos en la edad de los componentes del sistema solar, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?

- ☐ **a.** La Tierra y la Luna se formaron al mismo tiempo, tienen la misma edad.
- ☐ **b.** La Tierra se formó hace unos 13 700 millones de años.
- ☐ **c.** En primer lugar se formaron los planetas y luego el Sol.
- ☐ **d.** La Luna es más joven que la Tierra.

**5** ¿Cómo se llama el fenómeno por el cual las nubes de polvo y asteroides se acumulan para formar un planeta o un protoplaneta?

- ☐ **a.** Concreción.
- ☐ **b.** Acreción.
- ☐ **c.** Segregación.
- ☐ **d.** Secreción.

**6** Arancha no solo está interesada en el universo; el estudio de la Tierra, que es mucho más fácil de comprender, atrae su atención poderosamente. Ella sabe que, para estudiar su estructura interior, se usan tanto métodos directos como métodos indirectos.

Clasifica correctamente, en directos o indirectos, los distintos métodos de estudio de la estructura de la Tierra que aparecen en la siguiente tabla.

| Método de estudio | Directo/Indirecto |
|---|---|
| **Los sondeos** | |
| **El estudio de los meteoritos** | |
| **El microscopio petrográfico** | |
| **El estudio de las ondas sísmicas** | |
| **El estudio de los volcanes** | |
| **El estudio de las anomalías gravimétricas** | |

**7** Arancha quiere ser geóloga y su madre, aprovechando su interés por el estudio de la Tierra, juega con ella a hacerle algunas preguntas interesantes sobre la estructura y composición de nuestro planeta. Por ejemplo, Arancha sabe que el valor medio de la gravedad, salvo anomalías, es de 9,8 m/s$^2$, pero también sabe que ese valor no es uniforme, sino que varía bastante según el lugar donde se mida. Así, en las montañas es menor de 9,8 m/s$^2$, mientras que a nivel del mar es mayor y en los polos ese valor es mayor que en el ecuador. ¿A qué se deben esas variaciones del valor de la gravedad terrestre?

- ☐ **a.** A que en las montañas la masa es mayor que en los océanos.
- ☐ **b.** A que la corteza continental es más densa que la oceánica.
- ☐ **c.** A que su valor está en función de la presión atmosférica y la temperatura.
- ☐ **d.** A que el radio terrestre varía de unos lugares a otros.

**8** El estudio de la propagación de las ondas sísmicas nos muestra que su transmisión se puede interrumpir, y que su velocidad varía según la densidad de los materiales que atraviesa. Todo esto nos demuestra que la Tierra no es un planeta homogéneo en su composición, los materiales de la corteza son diferentes a los del manto, los materiales del manto van cambiando con la profundidad y son diferentes a los del núcleo. ¿Cuáles son las rocas más abundantes en la corteza continental y en el manto?

- ☐ **a.** En la corteza continental, el granito, y en el manto, la peridotita.
- ☐ **b.** En la corteza continental, el basalto, y en el manto, la peridotita.
- ☐ **c.** En la corteza continental, la peridotita, y en el manto, el basalto.
- ☐ **d.** En la corteza continental, el granito, y en el manto, el basalto.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B7-1.** Interpretar los diferentes métodos de estudio de la Tierra, identificando sus aportaciones y limitaciones. | **B7-1.1.** Caracteriza los métodos de estudio de la Tierra en base a los procedimientos que utiliza y a sus aportaciones y limitaciones. | 6 y 7 |
| | **B7-2.** Identificar las capas que conforman el interior del planeta de acuerdo con su composición, diferenciarlas de las que se establecen en función de su mecánica, y marcar las discontinuidades y zonas de transición. | **B7-2.1.** Resume la estructura y composición del interior terrestre, distinguiendo sus capas composicionales y mecánicas, así como las discontinuidades y zonas de transición entre ellas. | 8 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B7-3.** Precisar los distintos procesos que condicionan su estructura actual. | **B7-3.1.** Detalla y enumera procesos que han dado lugar a la estructura actual del planeta. | 1, 2, 3, 4 y 5 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B7-6.** Aplicar los avances de las nuevas tecnologías en la investigación geológica. | **B7-6.1.** Distingue métodos desarrollados gracias a las nuevas tecnologías, asociándolos con la investigación de un fenómeno natural. | 7 |

**1** **b.** De hidrógeno y helio fundamentalmente.

**2** **a.** Una masa de polvo y gas que puede verse después de la explosión de una estrella.

**3** **c.** Los impactos de asteroides, el rozamiento de materiales al desplazarse y las reacciones nucleares.

**4** **d.** La Luna es más joven que la Tierra.

**5** **b.** Acreción.

**6**

| Método de estudio | Directo/Indirecto |
|---|---|
| Los sondeos | Directo |
| El estudio de los meteoritos | Indirecto |
| El microscopio petrográfico | Directo |
| El estudio de las ondas sísmicas | Indirecto |
| El estudio de los volcanes | Directo |
| El estudio de las anomalías gravimétricas | Indirecto |

**7** **d.** A que el radio terrestre varía de unos lugares a otros.

**8** **a.** En la corteza continental, el granito, y en el manto, la peridotita.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Solucionario

Pág. 9

**PARA COMENZAR**

**1** En una zona de la Tierra en la que el manto fuese más denso de lo normal, nuestro peso sería mayor. Ello se debe a que el valor de la gravedad en la superficie terrestre presenta anomalías negativas en las zonas menos densas y anomalías positivas en las zonas más densas.

El valor medio de la gravedad g se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$g = G \times M_{Tierra} / R^2 = 981 \text{ cm/s}^2$$

Si la Tierra fuera homogénea, g mostraría ese valor en toda su superficie.

La presencia de zonas muy densas se traduce en un incremento local de masa que aumenta el valor de g. De la misma manera, pero en sentido inverso, el valor de g sería localmente más pequeño si en zonas próximas hubiera un defecto de masa.

Dado que el peso P de un cuerpo de masa m es: $P = m \times g$, si g aumenta, también lo hará P.

**2** Por su composición, la Tierra se estructura en tres capas: corteza, manto y núcleo. En la corteza hay que distinguir entre corteza continental y corteza oceánica.

La corteza continental está formada mayoritariamente por granito, una roca plutónica, y la corteza oceánica está formada principalmente por basalto, una roca volcánica. El manto contiene peridotitas, rocas formadas por olivinos y piroxenos, y el núcleo está formado por hierro y níquel.

**3** Hay asteroides en todo el sistema solar, si bien se acumulan en dos zonas: a) en el llamado cinturón principal de asteroides, situado entre las órbitas de Marte y Júpiter, y b) en el cinturón exterior o de Kuiper. La mayoría de los asteroides son pequeños y de contornos irregulares. Actualmente, la Unión Astronómica Internacional ha denominado planetas enanos a los asteroides más grandes y de forma esférica. Entre los planetas enanos están Ceres (diámetro de 952,4 km), del cinturón principal de asteroides, y Plutón y Eris, del cinturón exterior o de Kuiper.

La órbita de los asteroides puede ser modificada por la gravedad de los cuerpos celestes, sobre todo los planetas masivos. Ello hace que ocasionalmente puedan colisionar con cualquiera de los planetas y satélites del sistema solar y, por tanto, con la Tierra.

Según la hipótesis más aceptada, hace 65 millones de años un asteroide de unos 10-11 km de diámetro chocó con la Tierra y produjo la extinción de los dinosaurios y del 75 % de las especies que habitaban nuestro planeta.

Pág. 10

**1** La materia oscura es materia que no emite radiación y, por lo tanto, no es directamente observable. Dicha materia existe en todas las galaxias, incluida nuestra Vía Láctea. Hoy en día no se conoce la naturaleza de la materia oscura, aunque se han apuntado varias posibilidades. Su existencia se puede conocer por sus efectos gravitatorios.

**2** La primera generación estrellas se formó, unos 100 millones de años después del *Big Bang*, a partir de grandes masas de hidrógeno y helio que fueron los átomos generados en el *Big Bang*. En el núcleo de las estrellas primigenias, las altas temperaturas y la enorme presión originaron reacciones de fusión nuclear que dieron lugar a átomos más pesados. Así se formaron en el interior de las estrellas elementos cada vez más pesados hasta el hierro.
La formación de átomos más pesados que el hierro requirió la energía generada en la explosión que supuso la muerte de estas estrellas.

Cuando estas estrellas primitivas, masivas e inestables, explosionaron, sus restos originaron nebulosas planetarias ricas en elementos químicos pesados. Las nuevas generaciones de estrellas, formadas a partir de estas nebulosas, contienen, además de hidrógeno, helio, los elementos pesados formados en el interior de estrellas anteriores que explosionaron.

**3** Aunque teóricamente no es imposible, la densidad de esas regiones es extremadamente baja, por lo que los procesos de acreción son altamente improbables y poco productivos en caso de darse. Recordemos que la mayor concentración de materia está centrada en el Sol y el resto del sistema constituye una fracción mucho más pequeña. Este enrarecimiento es máximo en los confines del sistema solar.

La escasez de agua sólida en esas regiones también dificultaría la nucleación y, por tanto, los procesos de formación de planetas.

Pág.11

**4** Si aceptamos como buena la hipótesis más probable sobre la formación del sistema solar que establece la existencia de una nebulosa en rotación que se aplanó y concentró progresivamente, es lógico suponer la existencia de un plano de rotación hipotético alrededor del astro central, que sería el lugar geométrico de todas las partículas en giro. La condensación en planetas de la materia de la nebulosa se produjo mayoritariamente en dicho plano, al tiempo que el giro alrededor del astro central se mantenía también en dicho plano.

La atracción gravitatoria del Sol disminuye en razón al cuadrado de la distancia, por lo que la inclinación de las órbitas de los cuerpos más alejados es paulatinamente mayor y se separa de ese plano hipotético primitivo.

Pág. 12

**5** La formación de la Tierra se explica por la colisión y acreción de asteroides y planetesimales, y en un principio la Tierra debió ser un planeta homogéneo. En las primeras etapas de su formación, entre 4 500 y 4 400 millones de años, la temperatura de la Tierra fue aumentando hasta quedar en estado fundido debido a los siguientes procesos: el impacto de asteroides, el rozamiento y la compresión de los materiales y la desintegración de elementos radiactivos.
Se cree que la temperatura pudo llegar a los 2 000 °C, suficiente como para fundir el hierro. En esas condiciones,

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

el hierro, al ser más denso que los silicatos, por diferenciación gravitatoria, pasó a formar parte del núcleo, y por el mismo proceso se formaron otras capas concéntricas de distinta composición y densidad que dieron lugar al manto y a la corteza.

**6** Actualmente, la hipótesis más aceptada sobre el origen de la Luna plantea que se produjo un gran impacto de un cuerpo planetario con la Tierra en los primeros momentos de su formación. A consecuencia de dicho impacto se desprendió gran cantidad de materia de los astros en colisión al espacio, la cual se condensó en una órbita terrestre formando la Luna.

**7** Las evidencias se encuentran en la Luna. En la época del gran bombardeo meteórico, la Luna ya era un satélite de la Tierra. Por su proximidad a nuestro planeta recibió igual que la Tierra impactos muy numerosos. Al carecer de atmósfera, en la superficie lunar no hay meteorización ni erosión, razón por la que los cráteres de impacto se han conservado.

Pág. 13

**8** Los métodos directos de estudio consisten en la observación y análisis de los materiales que forman la Tierra. Es necesario que el material sea accesible y se pueda manipular; por ello, estos métodos proporcionan datos contrastables, es decir, información que puede ser tomada repetidamente para comparar resultados y evitar errores.

Actualmente el robot Curiosity de la NASA se encuentra en Marte, donde ha obtenido y analizado muestras de rocas marcianas; por tanto, se trata de un método directo. Anteriormente al envío de naves interplanetarias, en la propia superficie de la Tierra se han detectado meteoritos procedentes probablemente de Marte, arrancados de las capas externas del planeta por el impacto de otros meteoritos.

**9** Tanto el microscopio petrográfico como el microscopio electrónico o la difracción de rayos X permiten observar la microestructura de las rocas y, por tanto, la orientación de los cristales de sus minerales. Se trata de un método de estudio directo, pues se utilizan muestras de rocas que pueden ser tomadas repetidamente y analizadas con diferentes instrumentos para comparar los resultados.

**10** Se utiliza para ello el yunque de diamante, dispositivo capaz de reproducir en su interior la temperatura y presión que hay en las profundidades de la Tierra. En el yunque se introducen muestras de rocas con la composición que se cree que existe en las diferentes capas de la Tierra, se las somete a las condiciones de presión y temperatura reinantes a distintas profundidades y se observa cómo se forman en su interior fases minerales estables en esas condiciones extremas.

Es un método directo porque se utilizan muestras de rocas y se las somete a las condiciones que hay en el interior de la Tierra.

Pág. 14

**11** En el océano Índico, según se deduce del análisis de la figura, hay menos gravedad de lo normal. Esto nos permitiría inferir que la cantidad de masa por unidad de volumen es menor aquí que en otras regiones del planeta con anomalías gravimétricas positivas.

**12** Las burbujas de aire atrapadas en el hielo de los glaciares contienen pequeñas muestras de la atmósfera de la Tierra en el pasado, lo que permite a los científicos medir los niveles de dióxido de carbono y otros gases en tiempos prehistóricos. Por tanto, se trata de un método directo por lo que se refiere al estudio de la composición de la atmósfera de tiempos pasados.

Además, los gases, el polvo y otros materiales atrapados en las muestras de hielo de los glaciares nos proporcionan información sobre climas del pasado. Estos métodos son indirectos, puesto que las conclusiones sobre el clima deben tener en cuenta no solo la composición de la atmósfera, sino otros factores estimados como son la intensidad de la radiación solar, la distribución de tierras y mares, la inclinación del eje de rotación de la Tierra, etc.

Pág. 15

**13** Se trata de las ondas sísmicas S que se transmiten en sólidos pero no en líquidos.

La base del manto está a 2 900 km de profundidad y ahí se encuentra la discontinuidad de Gutenberg.

El hecho de que las ondas sísmicas S no se propaguen por el núcleo nos indica que este se encuentra en estado líquido.

**14** Todas las zonas del planeta comprendidas entre 103° y 143° constituyen un cinturón de sombra al que no llegan las ondas S por ser absorbidas en el núcleo externo, ni las ondas P por sufrir una refracción que las mantiene fuera de esta zona.

En cambio, el tsunami se propagó por la superficie marina (que no determina ninguna zona de sombra), y, aunque se amortiguó progresivamente a medida que se alejaba del foco, su alta energía le permitió alcanzar distancias considerables, pudiéndose ser detectado en las costas de África oriental y en las del oeste de América.

Pág. 16

**15** Las dos discontinuidades que separan zonas del planeta con distinta composición son: la discontinuidad de Mohorovicic, que separa la corteza del manto (10-70 km de profundidad) y la discontinuidad de Gutenberg, que separa el manto del núcleo (2 900 km de profundidad).

Según su composición, el manto no es divisible, es homogéneo. A una profundidad de 670 km, las peridotitas se hacen más compactas y densas, pero siguen manteniendo la misma composición.

Pág. 17

**16** La capa de la Tierra que aparece solo en el modelo dinámico es la litosfera.

La litosfera no es una unidad de composición de la Tierra, ya que no está separada del manto superior sublitosférico por ninguna discontinuidad. Es una capa sólida y rígida que está dividida en placas de diferente tamaño que se mueven unas con respecto de otras. La litosfera oceánica tiene su origen en las dorsales oceánicas.

**17** Las discontinuidades que separan zonas con una composición similar, pero distintas propiedades físicas, son dos: la discontinuidad de Repetti, que separa el manto sublitosférico del manto inferior (670 km de profundidad), y la discontinuidad de Lehman, que separa el núcleo externo líquido del núcleo interno sólido (5 150 km de profundidad).

**18** Tanto la litosfera oceánica como la litosfera continental son una capa rígida de comportamiento frágil que está formada por la corteza y una parte del manto superior a la que está fuertemente adherida. Ambas litosferas están divididas en placas que se mueven unas con respecto de otras.

**19** Porque el núcleo externo es líquido y, por tanto, carece de rigidez.

Pág. 18

**SABER HACER**

**20** R. G. La manera de averiguarlo sería provocar una explosión a cierta profundidad de la superficie lunar y estudiar el comportamiento de las ondas generadas.

**a)** Hipótesis de trabajo: los materiales a partir de los que se formó la Luna tienen un elevado porcentaje de hierro y níquel. Si aceptamos como buena la suposición del impacto meteórico sobre la Tierra podemos suponer: a) que el hierro procede del meteorito impactante, y b) que el impacto fue tan profundo que arrastró parte del núcleo terrestre.

En ambos casos, la energía residual, más la presencia de elementos pesados radiactivos, junto con la presión (1 450 km de profundidad) mantendrían la parte más externa de ese hierro en estado fundido.

La gráfica de las ondas sísmicas correspondiente a dicha situación sería similar a la de la Tierra en los siguientes aspectos:

– Las ondas P, al llegar al núcleo líquido, reducirían bruscamente su velocidad, que posteriormente iría en aumento hasta llegar al centro.

– Las ondas S se amortiguarían rápidamente y desaparecerían.

**b)** La gráfica adjunta refuta la hipótesis enunciada porque hacia los 1 450 km de profundidad la velocidad de las ondas P y S aumenta bruscamente, lo supone el paso de una capa (manto) a otra (núcleo) más rígida y, por tanto, sólida.

**c)** Según la gráfica, la Luna presenta tres capas que podríamos denominar corteza, manto y núcleo, separadas por dos discontinuidades a 60 y a 1 450 km de profundidad.

Pág. 19

**21** El campo magnético débil de Marte sugiere que su núcleo es sólido y, por tanto, solo manifiesta un magnetismo residual.

El hecho de que carezca de volcanes indica que no hay energía interna suficiente para mantener activa una tectónica de placas, lo que implica que el núcleo debe estar mucho más frío que el terrestre.

Pág. 21

**22** Del mar al continente, el agua, tras evaporarse, asciende debido a las corrientes convectivas del aire y, al alcanzar cierta altura, se condensa, dando lugar a gotitas que constituyen las nubes. Estas son arrastradas por el viento pudiendo adentrarse en los continentes en donde, si las condiciones son propicias, precipita en forma de agua (lluvia) o de hielo (nieve, granizo). En este trayecto el agua solo incorpora pequeñas cantidades de los gases atmosféricos y polvo.

Del continente al océano, el agua precipitada puede viajar por la superficie, encauzada o no, o infiltrada en el subsuelo. Por acción de la gravedad se dirige hacia las cotas más bajas, hacia el mar. En este trayecto, el contacto con los materiales rocosos le permite disolver e incorporar sales minerales.

**23** Sí, puesto que el clima no solo depende de la latitud, sino también de la altitud, distribución de tierras, vientos, etc.

La altitud sobre el terreno produce un efecto similar a la latitud. En promedio se estima que cada 100 metros de altitud la temperatura disminuye un grado centígrado, con lo que en una montaña de 3 000 metros la temperatura sería 30 °C menor que en el valle.

Pág. 22

**24** Si aplicáramos la teoría de Gaia a una ciudad diríamos que los ciudadanos ejercen un papel regulador sobre muchas condiciones de la ciudad: la estructura de la ciudad, la distribución del trabajo entre los ciudadanos, el transporte de personas y mercancías, la temperatura, la composición del aire, la erosión y transporte de materiales, las condiciones de higiene o salubridad, la iluminación y el ruido ambiental, la distribución de los seres vivos, etc. La interferencia de estos efectos artificiales con los naturales modificaría el poder autorregulador de Gaia.

Pág. 23

**EN RESUMEN**

**25** R. G. De arriba abajo, los nombres del esquema de las capas de las capas de la Tierra son: litosfera continental, litosfera oceánica, manto superior, manto inferior, núcleo externo y núcleo interno.

Dicho esquema se corresponde con el comportamiento dinámico de las capas terrestres.

**26** R. G. En la troposfera la temperatura disminuye con la altitud, mientras que en la estratosfera la temperatura aumenta con la altitud, lo que determina que en esta última capa no haya convección. En la mesosfera la temperatura vuelve a disminuir con la altitud.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**27**

| | Tipo de onda | Velocidad | Propagación | Efecto que experimentan en las discontinuidades |
|---|---|---|---|---|
| **Ondas P** | Longitudinales.<br>La vibración de la materia se produce en la misma dirección en que se propagan las ondas. | Más rápidas. Se registran en primer lugar.<br>Su velocidad va de 5,6 a 13,6 km/s. | Se propagan en sólidos y líquidos.<br>Atraviesan todas las capas de la Tierra. | Se refractan en todas ellas.<br>Aumentan su velocidad en las discontinuidades de: Mohorovicic, Repetti y Lehman.<br>Y la disminuyen en la de Gutenberg |
| **Ondas S** | Transversales.<br>La vibración de la materia es perpendicular a la dirección en que se propagan las ondas. | Más lentas. Se registran en segundo lugar.<br>Su velocidad va de 3,4 a 7,3 km/s. | Solo se propagan en sólidos.<br>Solo atraviesan la corteza y el manto terrestres.<br>Se detienen a los 2 900 km de profundidad, lo que indica que el núcleo externo es líquido. | Se refractan en todas, menos en la de Gutenberg, donde son absorbidas. |

**28** R. L.

Pág. 24

**PARA REPASAR**

**29** **a)** Las estrellas masivas al final de su vida explosionan y lanzan al espacio gran cantidad de la materia que se había formado en su interior. Dicha materia forma nebulosas planetarias ricas en elementos químicos pesados que contaminan las nebulosas formadoras de estrellas. Estas últimas nebulosas darán lugar a nuevas generaciones de estrellas que contienen, además de hidrógeno y helio, elementos químicos más pesados formados en la explosiones de estrellas masivas.

Las nebulosas planetarias reciben ese nombre porque, al ser observadas con un telescopio, presentan aspecto de discos planetarios.

**b)** Si las estrellas masivas no explosionaran, las nebulosas formadoras de estrellas no tendrían elementos químicos pesados y, por tanto, no se podrían formar planetas ni cuerpos rocosos, puesto que no habría elementos como el silicio, el hierro, el aluminio, etc. Solo se formarían planetas gaseosos formados por los elementos más ligeros.

**30** Cuando dos planetesimales chocan y, tras la colisión, quedan unidos, parte importante de su energía cinética se transforma en energía térmica.

Las otras fuentes de calor que se generan durante la formación de un planeta por acreción son:

– La compresión de los materiales a medida que aumenta la masa del planeta en formación.

– El rozamiento producido por la colisión de las partículas y por el movimiento de masas pesadas durante el proceso de diferenciación gravitatoria.

– Los procesos de desintegración radiactiva de elementos tales como $^{235}U$, $^{238}U$, $^{232}Th$, $^{40}K$, etc., que en aquella época eran mucho más abundantes que en la actualidad.

**31** **a)** El iridio que falta en la corteza terrestre está en el núcleo. En las primeras etapas de su formación, la Tierra debió ser una gran esfera homogénea de roca fundida, pero, debido al proceso de diferenciación gravitatoria, los materiales más densos, fundamentalmente el hierro, y con él elementos afines como el iridio, se hundieron y pasaron a formar el núcleo primitivo. Sobre dicho núcleo se dispusieron por orden de densidad el resto de componentes, dando lugar al manto (formado por silicatos de hierro y magnesio) y a la corteza (formada por silicatos de aluminio).

**b)** 1. Presencia de iridio. Un fragmento de meteorito metálico se distinguirá de un trozo de hierro de origen terrestre por su mayor contenido en iridio. Hay que tener en cuenta que cualquier trozo de hierro terrestre corresponderá a la corteza, no al núcleo y, por tanto, su contenido en iridio será bajo.

Para analizar la composición química de las dos muestras se puede utilizar un espectrógrafo de masas.

2. La presencia ocasional de las «figuras de Widmanstätten». Se trata de cristales de hierro con una morfología especial que solo se produce en las condiciones de solidificación de masas férreas en el espacio exterior.

**32** El uranio se encuentra cerca de 100 veces más concentrado en la corteza que en el manto terrestre, debido precisamente a su afinidad química con los silicatos que abundan en la misma.

**33** **a)** El método de estudio utilizado en la prospección geofísica para buscar recursos naturales se parece al método sísmico, ya que consiste en provocar sacudidas del suelo que generan ondas sonoras y, a continuación, buscar discontinuidades entre las capas del subsuelo.

**b)** Se trata, al igual que el método sísmico, de un método indirecto para el estudio de la Tierra. Con este método se trata de conseguir información sobre recursos naturales inaccesibles.

**c)** Las discontinuidades sísmicas se aprecian claramente como cambios bruscos en la inclinación de los perfiles.

**34** Para detectar un acuífero realizaría un estudio sísmico o gravimétrico. El método sísmico evidenciaría disminución de la velocidad de las ondas sísmicas en el caso de la existencia de acuíferos. El método gravimétrico mostraría, si el resultado es positivo, una anomalía negativa (menos gravedad).

Para buscar rocas de alta densidad utilizaría el método gravimétrico. Las anomalías positivas nos indicarían la presencia de estos materiales.

**35** **a)** Las ondas P son más rápidas que las ondas S y, por tanto, su velocidad es siempre mayor cuando se transmiten en un mismo medio. Debido a ello, en las dos gráficas la línea superior discontinua representa a las ondas P y la línea inferior continua representa a las ondas S.

**b)** El asteroide es más homogéneo que el planeta, ya que en él solo se distingue una capa.

**c)** La velocidad de las ondas sísmicas depende de la naturaleza de los materiales que atraviesan. Se propagan más fácilmente en rocas rígidas que en rocas plásticas, por lo que su velocidad es proporcional a la rigidez o resistencia a la deformación de los materiales que atraviesan. Podemos, por tanto, decir que en el interior del asteroide la rigidez de los materiales aumenta con la profundidad.

**d)** En el interior del planeta se aprecian dos discontinuidades claras: una a unos 50 km de profundidad y otra a unos 2 400 km de profundidad.

**e)** En este planeta se distinguen tres capas: una posible corteza sólida de 50 km de profundidad, el manto sólido situado entre 50 y 2 400 km, y el núcleo desde 2 400 hasta 4 000 km. En el núcleo se distinguen a su vez dos capas: un núcleo externo líquido y un núcleo interno sólido. El núcleo externo comenzaría a los 2 400 km, ya que las ondas S desaparecen. Por el comportamiento de las ondas P deducimos que ese núcleo externo se localizaría desde los 2 400 km hasta los 3 250 km de profundidad. A los 3 250 km la velocidad de las ondas P aumenta bruscamente y sigue aumentando hasta los 4 000 km, lo que sugiere que entre esas profundidades el núcleo es sólido.

**36** **a)** La densidad de la cera es superior a la del aceite e inferior a la del agua.

**b)** Los trocitos de cera representan la zona o capa de transición entre el manto y el núcleo que sería la capa D".

**37** La astenosfera o capa de baja velocidad de las ondas sísmicas es una capa plástica de espesor variable, entre 100 y 300 km, situada bajo la litosfera. Su existencia la propuso en 1914 el geólogo Joseph Barrell, que dividió la tierra sólida en dos zonas: una rígida de unos 100 km de grosor, la litosfera o esfera de roca, y otra plástica y de profundidad variable, la astenosfera o esfera débil.

El papel que se atribuyó inicialmente a la astenosfera fue la de permitir el desplazamiento horizontal de las placas litosféricas rígidas, así como los movimientos verticales de elevación y hundimiento de los continentes.

En la actualidad se discute su existencia debido a que en algunos lugares no se detecta con claridad y, además, porque la tomografía sísmica ha revelado que todo el manto fluye y presenta corrientes de convección.

Pág. 25

**PARA PROFUNDIZAR**

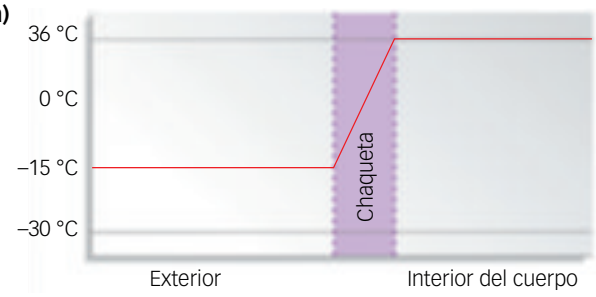
**38** **a)** Un sistema planetario como el sistema solar no se podría haber formado a partir de la materia del *Big Bang* porque esta no contenía elementos químicos pesados como los que hay en los planetas rocosos.

**b)** El sistema solar se formó a partir de nebulosas formadoras de estrellas que se habían contaminado con la materia desprendida en las explosiones de estrellas masivas.

**39** **a)** Los satélites de Marte, Fobos y Deimos, al no haber experimentado el proceso de diferenciación gravitatoria y, por tanto, la diferenciación en capas, tienen una composición química más homogénea que la de la Tierra.

**b)** El estudio de la composición química de Fobos y Deimos nos proporciona información sobre la composición química global de la materia sólida de la Tierra y de la Luna.

**40** **a)**




**b)** La corteza terrestre actúa como una chaqueta aislante con un elevado gradiente entre la temperatura alta y constante del manto superior y la temperatura más baja y en esta escala constante de las capas externas fluidas del planeta.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**41** Watson y Crick trabajaron sobre fotografías de rayos X del ADN obtenidas por Wilkins y Rosalind Franklin y en 1953 lograron determinar la estructura en doble hélice del ADN.

En 1962 les concedieron a Watson, Crick y Wilkins el Premio Nobel de Medicina y Fisiología, como reconocimiento a sus trabajos sobre la estructura del ADN.

**42** Todos los materiales terrestres aumentan su densidad con la profundidad. Desde el punto de vista dinámico es muy significativo el aumento de la densidad de la litosfera que le hace hundirse en el manto en el proceso de subducción.

**43** **a)** El núcleo terrestre está formado mayoritariamente por hierro y consta de una parte central sólida y otra externa líquida en la que se producen corrientes de convección. Dichas corrientes son la causa del campo magnético terrestre, al comportarse el núcleo como una dinamo.

**b)** El campo magnético terrestre no es igual en todos los puntos del planeta. La dirección, inclinación e intensidad del campo magnético se miden mediante magnetómetros. Las variaciones en estas magnitudes sobre los valores medios se consideran anomalías magnéticas. Estas anomalías ponen de manifiesto la presencia en el subsuelo de materiales que desvían las líneas del campo magnético, normalmente materiales metálicos o acuíferos.

**44** El gradiente geotérmico se puede definir aproximadamente como variación de la temperatura en un espacio lineal determinado. Por tanto, si la corteza fuera buena conductora del calor la variación de temperatura entre la superficie y la zona a 100 km de profundidad sería muy pequeña, esto es, el gradiente sería menor que con las condiciones reales.

**45** **a)** La atmósfera primitiva se originó por la desgasificación del manto y la corteza, durante la diferenciación en capas del planeta y por la acumulación de gases volcánicos. Por tanto, el estudio de los gases que emanan de un volcán nos proporciona información sobre los gases que pudieron formar parte de la atmósfera primitiva.

**b)** Por varias razones: 1) La atmósfera primitiva era pobre en oxígeno hasta hace unos 3 000 m. a. En esa época, la aparición de seres vivos fotosintéticos comenzó a enriquecerla en este elemento hasta los niveles actuales. 2) La atmósfera primitiva era más rica en elementos ligeros, hidrógeno y helio, que la actual, ya que han ido escapado paulatinamente al espacio exterior.

**46** **a)** La convección es una forma de transferencia de calor que se produce en el seno de un fluido en sentido vertical ascendente, desde una zona caliente inferior hasta una fría superior. Cuando un fluido disminuye su temperatura, generalmente se contrae y aumenta su densidad; si, por el contrario, aumenta su temperatura, se dilata y su densidad disminuye. De esta manera, el fluido más frío tiende a bajar y ocupa el nivel más bajo en la vertical, y el fluido más caliente es desplazado hacia arriba.

**b)** La convección se producirá únicamente en el recipiente A, de tal manera que el agua fría de la parte superior del recipiente, más densa, desciende y el agua caliente de la parte inferior, menos densa, asciende.

**c)** En la estratosfera no hay convección porque la ozonosfera que se encuentra en su parte superior absorbe energía y hace que en esa zona la temperatura sea más elevada que en su base. Por tanto, no se dan las condiciones necesarias para la convección.

**47** De la comparación de los datos se ve que el reservorio subterráneo contiene más del doble del total del agua dulce superficial. Por una consideración de rentabilidad y economía conviene focalizar la gestión antes en los acuíferos subterráneos que en el agua dulce superficial.

**48** El océano influye sobre la atmósfera en: cantidad de vapor de agua atmosférico (humedad), la temperatura del aire (reflectividad de la superficie marina), su composición (emisión de $CO_2$ y de $O_2$, el estado eléctrico…

La atmósfera influye sobre el océano en: pH (cantidad de $CO_2$ atmosférico), temperatura de las capas superficiales, olas y corrientes, y también en su dinámica vertical.

**49** Método magnético. Utilizando un magnetómetro podemos medir la intensidad y la dirección del campo magnético. La intensidad del campo magnético en esa zona será mayor que los valores medios, por lo que se detectará una anomalía magnética positiva.

Método gravimétrico. El valor de la gravedad en esa zona será mayor, ya que los materiales con mayor densidad, como los minerales metálicos, producen una anomalía gravimétrica positiva ($g > 9{,}8$ m/s$^2$).

Método sísmico. Se producirá un cambio en la velocidad, probablemente un aumento, debido al incremento de la densidad y de la rigidez de la masa metálica.

Pág. 27

**CIENCIA EN TU VIDA**

**50** Si la Luna fue anteriormente un planeta formado mucho antes que el sistema solar, el análisis isotópico de los materiales radiactivos tendría que corroborar esa antigüedad.

Esta hipótesis no se mantiene porque la datación de las rocas lunares demuestra que su edad es algo posterior a la formación del planeta Tierra.

Su estructura tampoco apoya la hipótesis de su formación autónoma como un planeta rocoso, ya que su núcleo metálico es residual.

**51** Por el análisis isotópicos de sus gases. La atmósfera de Marte contiene una proporción de $^{15}N$ característica y diferente de otros planetas con atmósfera. Esa misma proporción fue hallada en burbujas gaseosas atrapadas en el meteorito ALH84001, que es uno de los 57 meteoritos localizados en la Tierra y que se supone que proceden de Marte.

Este meteorito se hizo famoso, además, porque contiene unas estructuras microscópicas fósiles de aspecto filamentoso que recuerdan a algunas bacterias.

**52** Esperaría encontrar una proporción más elevada de iridio de la que suelen presentar los materiales de la corteza. La hipótesis que fundamenta este incremento describe el escenario de la caída de un meteorito de grandes dimensiones y su fractura y dispersión en la atmósfera terrestre. Cesados los efectos iniciales del impacto, los materiales terrestres proyectados por el impacto, junto con los materiales meteóricos pulverizados, sedimentarían, ocupando áreas tanto más extensas cuanto mayor fuera el meteorito.

Para poner a prueba la presencia anómala de iridio realizaría un análisis químico de los materiales presuntamente contaminados de iridio. Los buscaría en aquellos estratos delgados que separasen dos capas con diferente composición fosilífera. Esta situación se da en algunas zonas de nuestro planeta, en el límite K-T, que separa las últimas capas del Cretácico de las primeras del Terciario.

**53** Buscaría la composición isotópica en deuterio y en $^{18}O$. Esta composición viene determinada por la dilución (aporte de agua dulce a estas masas) y por la circulación salina profunda. Esto hace que las aguas profundas de los cinco océanos presenten composiciones de los isótopos mencionados que son diferentes y características de cada uno de ellos, lo que permitiría diferenciarlas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Introducción y recursos** . . . . . **57**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 58
- Previsión de dificultades . . . . . 59
- Esquema conceptual . . . . . 59
- Te recomendamos . . . . . 60

**Enseñanza individualizada** . . . . . **63**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 64
    - Ficha 1. Interpretación de un bloque-diagrama . . . . . 64
    - Ficha 2. Interpretación de datos . . . . . 65
  - Trabaja con imágenes . . . . . 66
    - Ficha 3. Edad de las rocas del fondo oceánico . . . . . 66
    - Ficha 4. Relaciones entre placas . . . . . 67
  - Trabajos de aula . . . . . 68
    - Ficha 5. Wegener: la rotura de Pangea . . . . . 68
    - Ficha 6. El magnetismo y la orientación de las partículas de hierro . . . . 69
    - Ficha 7. Inversiones de la polaridad del campo magnético terrestre . . . . 70
    - Ficha 8. Los puntos calientes . . . . . 71
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 72
    - Ficha 9. ¿Está Islandia aumentando de tamaño? De ser cierto, ¿por dónde crece? . . . . . 72
    - Ficha 10. Fiordos e isostasia . . . . . 73

**Recursos para la evaluación** . . . . . **75**

- Autoevaluación . . . . . 77
- Evaluación de contenidos . . . . . 78
  - Controles . . . . . 78
    - Control B . . . . . 78
    - Control A . . . . . 80
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 82
- Evaluación por competencias . . . . . 86
  - Prueba . . . . . 86
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 88

**Solucionario** . . . . . **89**

# Introducción y recursos

# DINÁMICA LITOSFÉRICA

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

En esta unidad se analizan algunos hitos fundamentales en el proceso de gestación de la teoría de la tectónica de placas y se profundiza en los conceptos y procesos más relevantes de dicho modelo: litosfera, placas litosféricas (clases, número y distribución), tipos de bordes o límites de placa (constructivos, destructivos y pasivos), interacciones entre los mismos y sus consecuencias y, por último, fenómenos intraplaca o puntos calientes. De esta manera, a lo largo del tema, se va explicando cómo la dinámica interna del planeta es responsable del origen de las grandes estructuras del globo terrestre (dorsales, cordilleras, fosas submarinas e islas volcánicas, entre otras), de los procesos activos de origen interno que constituyen los principales riesgos de origen geológico (volcanes y terremotos) y de la génesis de rocas magmáticas y metamórficas.

A fin de que los estudiantes relacionen este conjunto de procesos y fenómenos globales con su entorno natural, se contextualizan con el relieve español: Béticas y Pirineos como ejemplos de orógenos de colisión, el vulcanismo en Canarias, los procesos de rifting en la península ibérica y los riesgos sísmicos asociados a los procesos anteriores.

La teoría de la tectónica de placas constituye actualmente el principal paradigma de las ciencias de la tierra, por su visión unificadora, capaz de explicar y de predecir la mayoría de los fenómenos y estructuras terrestres. Conocer básicamente teorías movilistas que la precedieron, como la de la deriva continental, adquiere gran importancia a nivel formativo para comprender cómo progresa la ciencia y las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • De la deriva continental a la tectónica de placas.<br>• Dinámica de las placas.<br>• Tipos e interacciones entre bordes de placa.<br>• Los movimientos verticales de la litosfera, la isostasia. |
| SABER HACER | • Clasificar los bordes de placas litosféricas, señalando los procesos que ocurren entre ellos.<br>• Interpretar imágenes de tomografía sísmica.<br>• Relacionar la investigación de fenómenos naturales con las nuevas tecnologías. |
| SABER SER | • Valorar la influencia de los procesos geológicos en el medio ambiente y su relación con la vida humana.<br>• Reconocer el pluralismo de opiniones como generador de controversias y teorías que, a su vez, son el motor del desarrollo científico. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

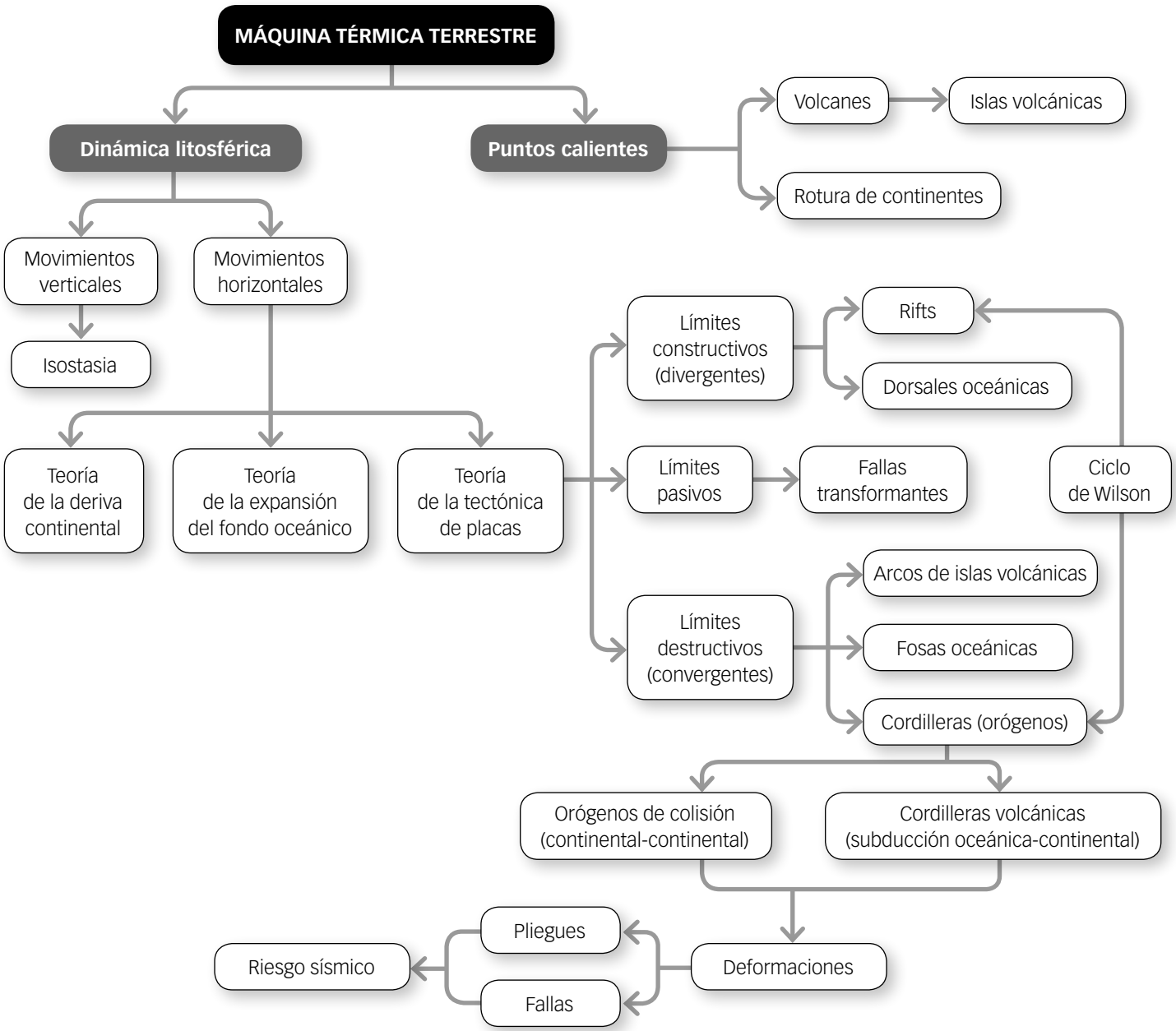
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Los estudiantes deberían diferenciar entre hechos observables, como los aportados por Wegener, o los descubiertos con posterioridad (topografía de los fondos marinos, edad de los fondos oceánicos, distribución de terremotos y volcanes, etc.) y la interpretación que se hace de los mismos, o cómo se relacionan entre sí para dar lugar a una teoría, una hipótesis o un modelo explicativo.

Por otra parte, conviene que diferencien entre flujo térmico y gradiente geotérmico, y las diferentes formas en las que la Tierra transmite el calor (radiación, conducción y convección). Entre ellas, se debe resaltar el papel de la convección tanto en la dinámica de las capas fluidas (atmósfera e hidrosfera) como en la dinámica interna del planeta y la dinámica litosférica con sus fenómenos asociados: reciclado de la corteza oceánica, vulcanismo, desplazamientos continentales y terremotos.

Para comprender en detalle las estructuras de los fondos marinos, y las generadas en los límites entre placas, deberían conocer previamente la naturaleza de las principales deformaciones tectónicas relacionadas con la fracturación: fallas normales, inversas y transformantes, fosas tectónicas, mantos de corrimiento, cabalgamientos y vergencias.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT)**
Asociación muy activa que promueve múltiples actividades y recursos para la enseñanza de las ciencias de la tierra como son las olimpiadas de geología para estudiantes de Secundaria, los simposios sobre enseñanza de la geología, excursiones internacionales para conocer la geología de otros países (Islandia, Australia, etc.) y la publicación de la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* con artículos de índole científico-divulgativa y didáctica, noticias de geología, etc.
Palabras clave: *AEPECT asociación española enseñanza ciencias tierra.*

**Sociedad Geológica de España (SGE)**
Institución que promueve y difunde tanto el conocimiento como las aplicaciones de la geología a través de actividades como Geolodía, etc.
Palabras clave: *sociedad geologica España.*

**Recursos para la enseñanza de la geología**
Mediateca educativa del Ministerio de Educación con diversos enlaces de recursos para la enseñanza de la geología para profesorado y alumnado. Además de bibliografía, prensa, catálogos o cursos, ofrece animaciones y videoclips sobre diversos procesos geológicos y sus riesgos asociados (terremotos, volcanes, deslizamientos), acompañado de abundante material explicativo.
Palabras clave: *recursostic recursos geología INTEF.*

**Riesgos geológicos**
El Gobierno de España mantiene diferentes webs que informan a la ciudadanía de los riesgos derivados de fenómenos naturales. Aportan información de cada tipo de riesgo por provincias y una serie de consejos generales o medidas de protección.
Palabras clave: *inforiesgos protección civil*.

**Titulares de noticias sobre fenómenos naturales**
Sitio para encontrar información actualizada acerca de volcanes, tornados, calentamiento global, tormentas solares, tsunamis, etc., en todo el mundo.
Palabras clave: *alertatierra.*

**NASA**
Desde su página se pueden ver fotos relacionadas con procesos geológicos de origen interno y externo: tectónicos, volcánicos, fluviales, etc. Cada una de ellas viene acompañada de sus correspondientes explicaciones y mapas esquemáticos.
Palabras clave: *nasa geomorphology from space.*

***Earth as Art***
Libro virtual que recoge 75 impresionantes y bellísimas imágenes comentadas de la superficie de nuestro planeta. Puede descargarse gratuitamente.
Palabras clave: *nasa earth as art.*

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**Puzzling Plates** (Android). Experiencia interactiva sobre los movimientos de las placas, causas de los terremotos y volcanes, que consta de tres niveles y una ronda de bonificación.

**3D Earthquake** (Android). Visualizar terremotos recientes (última hora, día, semana o mes) en un globo hueco 3D: magnitud, profundidad, placas tectónicas, etc.

**The supercontinent of Pangea** (Android). Aborda de forma interactiva cuestiones como la convección del manto, la expansión del fondo oceánico, la teoría de Wegener y la tectónica de placas.

**Tierra Interactiva** (Android). Permite explorar la geografía, el clima y la geodinámica de la Tierra.

## LIBROS Y REVISTAS

***Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física***
**Edward J. Tarbuck y Frederic K. Lutgens.** Editorial Pearson Education, 2013.
Manual de geología recomendable para primeros cursos de universidad y para profesorado de Secundaria en formación. Se acompaña de un código de acceso de 12 meses a los recursos *on-line* «MasteringGeology» que refuerzan los conceptos clave mediante animaciones, clases y ejercicios interactivos.

***La nueva concepción de la Tierra: Continentes y océanos en movimiento***
**Seiya Uyeda.** Editorial Blume, 1980.
S. Uyeda es un importante investigador japonés del mecanismo motriz de las placas, y uno de los «padres» del concepto de «subducción». En este libro expone el estado de los conocimientos sobre la teoría de la tectónica de placas en el momento de ser escrito. Pero, más allá de los datos científicos expuestos, actualmente más evolucionados, el interés de este libro reside en las continuas referencias a la metodología científica, a la filosofía de la ciencia, y a la diferencia entre ciencia experimental y ciencia teórica. Todo ello narrado en un estilo informal y atrayente. Muy recomendable para el profesorado.

***Geología***
**Leonor Carrillo, Luis García-Amorena y Josep Gisbert.** Editorial ECIR, 2001.
Libro de texto orientado a 2.º de Bachillerato, primer curso de facultad y profesorado en formación, profusamente ilustrado, con múltiples propuestas de actividades y ejemplos de la geología española. Los contenidos relacionados con la presente unidad muestran el proceso de cómo

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

se construyó históricamente el nuevo paradigma o «teoría global» de la tectónica de placas y explica las relaciones entre dicho modelo y la configuración actual del territorio español desde el Jurásico a la actualidad.

***La profesión de geólogo***
**Varios autores.** Editorial ICOG, 2009.
Compilación de artículos escritos por profesionales de la geología sobre su experiencia en diversos campos. Consulta o descarga gratuita en PDF. Palabras clave: *la profesión de geólogo*.

***Guía ciudadana de los riesgos geológicos***
**Varios autores.** Editorial ICOG, 1997.
Adaptación para España de la guía para comprender los riesgos geológicos, incluyendo suelos expansivos, asbestos, radón, terremotos, volcanes, deslizamientos, subsidencia, inundaciones y riesgos costeros.

***Orígenes: la evolución de los continentes, los océanos y la vida en nuestro planeta***
**Rod Redfern.** Editorial Paidós Ibérica, 2002.
Un buen libro de información, escrito con un lenguaje muy ameno; destacan las impresionantes fotografías realizadas por el autor. Además de analizar la dinámica cortical, explica el cambio global al que la humanidad deberá adaptarse si desea sobrevivir.

***Los volcanes y los hombres***
**Philippe Bourseiller.** Editorial Lunwerg, 2001.
El autor comenta diferentes creencias que la actividad volcánica ha suscitado entre los humanos.

***Terremotos: un recurso educativo imprescindible***
Monográfico de la revista de la *Asociación Española Para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (AEPECT), v. 19 (3), 2011.
A través de diferentes artículos se brindan materiales y estrategias para trabajar en el aula con este recurso educativo.

***Alfred Wegener: 100 años de la Teoría de la Deriva continental***
Monográfico de la revista de la *Asociación Española Para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (AEPECT), v. 20 (1), 2012. Sugerente colección de artículos para interesados en la historia de la geología.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***Planeta Tierra: Una máquina viva (vol. 1)*** Suevia Film.
Científicos de reconocido prestigio comentan el movimiento y el efecto sobre la superficie terrestre de las placas litosféricas.

***El Planeta Milagroso: La formación de los continentes (V).*** RTVE-NHK.
Episodio de la serie que profundiza en el movimiento de la corteza terrestre y en las evidencias que llevaron a su descubrimiento.

***2012*** (2009)
El fin del mundo predicho por los mayas ha llegado. El planeta se agrieta, los polos se magnetizan, el centro de la Tierra aflora creando supervolcanes, los mares sucumben ante la ferocidad de la naturaleza…, pero el hombre encuentra la forma para sobrevivir. Plagada de errores conceptuales a nivel científico, está bien realizada y gusta mucho a los estudiantes.

***03:34: Terremoto en Chile*** (2011)
Basada en los hechos reales acaecidos en el tsunami y el terremoto de Chile de 2010, muestra las historias de tres personas reales afectadas por la catástrofe. Criticada por su ritmo narrativo y la sobreactuación de algunos personajes, ha sido, sin embargo, aclamada por los efectos especiales en las escenas en que se recrea el terremoto y la decisión de los realizadores de filmarla en los mismos lugares en que ocurrió la tragedia.

***Lo imposible*** (2012)
Dirigida por J. A. Bayona. Inspirada en el terremoto y tsunami del Índico en 2004. Técnicamente, la recreación del tsunami ha cosechado muy buenas críticas.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Interpretación de un bloque-diagrama

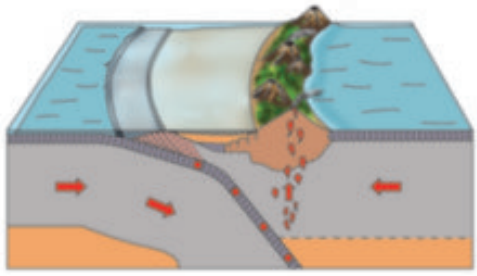
En la imagen aparece un proceso relacionado con la dinámica litosférica.

a) Identifica el proceso que se muestra.

b) Rotula cada una de sus partes.

c) Explica lo que suceda en cada una de ellas.

d) Cita un ejemplo de una zona de la Tierra en la que esté sucediendo.



La imagen que te proponemos es un bloque-diagrama mudo, pero tienes suficientes datos para su interpretación. En primer lugar, te aconsejamos que te fijes en las estructuras de la superficie y, después, en las que aparecen en profundidad.

En la superficie destaca una isla alargada con volcanes. A ambos lados hay mar y, por transparencia, a la izquierda se observa una fosa. Tanto la fosa como la isla son paralelas y curvas.

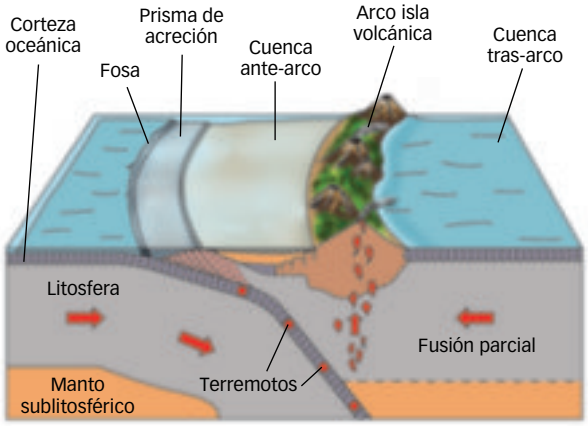
En profundidad se distinguen bien tres capas. Las flechas negras te indican un choque entre placas. La placa de la izquierda subduce bajo la de la derecha. Plumas de magma ascienden hacia la isla, y hay sedimentos entre esta y la fosa.

**a)** El proceso es un choque entre dos placas litosféricas oceánicas que provoca una subducción de una de ellas, y como consecuencia aparecen una fosa y un arco isla.

**b)** La rotulación de cada una de sus partes podría ser similar a la de la figura de la derecha.

**c)** Las presiones acumuladas en una litosfera oceánica provocan su rotura en dos; una parte de ellas subduce bajo la otra con un ángulo de inclinación muy pronunciado. La tensión y el deslizamiento provocan terremotos y la fusión parcial de la corteza oceánica subducida. Las plumas de magma, al tener menor densidad que la litosfera, ascienden y llegan a la superficie provocando la aparición de arcos de islas volcánicas. Además, la subducción genera la aparición de una fosa submarina a lo largo de la línea de choque, determinando dos cuencas oceánicas, una entre la fosa y el arco isla (cuenca ante-arco) y otra tras el arco isla (cuenca tras-arco).

**d)** Esta situación es la que se da en muchos archipiélagos del océano Pacífico, como el de las islas Tonga, las islas Marianas, las Kuriles o el archipiélago del Japón.



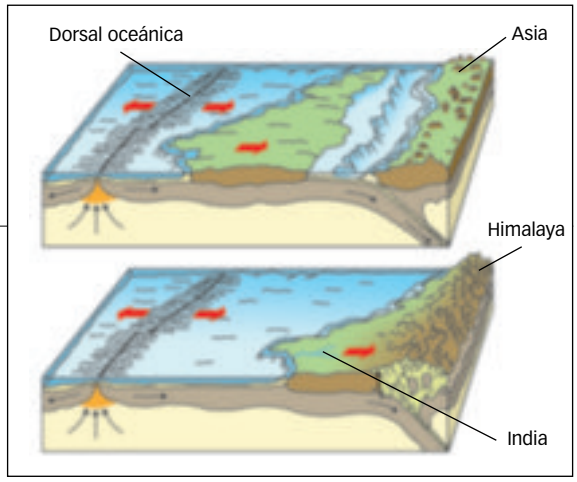

## PRACTICA

**1** Estas dos imágenes pertenecen a dos momentos distintos del proceso de un choque entre placas.

a) Identifica el tipo de choque.

b) Explica las estructuras que hay antes y después de la colisión.

c) ¿Cómo se puede explicar la presencia de fósiles marinos en la cima de las montañas resultantes?

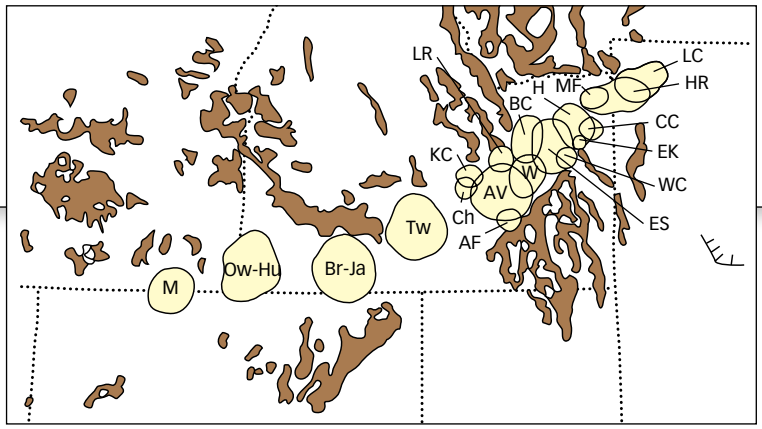


# Orientaciones para un examen

## Interpretación de datos

Explica la actividad volcánica de Yellowstone relacionándola con la tectónica litosférica.

Utiliza el mapa y la lista de datos.




**Centros eruptivos de Yellowstone**

**LC** = 0,60 m. a. Lava Creek Tuff
**MF** = 1,29 m. a. Mesa Falls Tuff
**HR** = 2,00 m. a. Huckleberry Ridge Tuff
**H** = 4,49 m. a. tuff of Heise
**Ek** = 5,37 m. a. tuff of Elkhorn Springs
**WC** = 5,81 m. a. tuff of Wolverine Creek
**CC** = 5,94 m. a. Conant Creek Tuff
**BC** = 6,19 m. a. tuff of Blue Creek
**W** = 6,19 m. a. Walcott Tuff
**ES** = 6,57 m. a. tuff of Edie School
**AF** = 7,48 m. a. tuff of America Falls
**KC** = 9,17 m. a. tuff of Kyle Canyon
**LR** = 8,75 m. a. tuff of Lost River Sinks
**Ch** = 9,34 m. a. tuff of Little Chokecherry Canyon
**AV** = 10,09 m. a. and 10.27 M. a. tuff of Arbon Valley A & B
**Tw** = 8,6 to10 m. a. Twin Fall Caldera
**Br-Ja** = 10,0 to 12.5 m. a. Bruneau-Jarbridge Caldera
**Ow-Hu** = ~13,9 to 12.8 m. a. Owyhee-Humbolt Caldera
**M** = 16,1 m. a. McDermitt Caldera

La zona de Yellowstone, en EE. UU., tiene una actividad volcánica importante. Para esta actividad te presentamos un mapa de la zona y una lista de datos. En primer lugar debes analizar lo que se ve en el mapa y el tipo de datos que te ofrecemos.

– En el mapa se ven los límites entre Estados, unos puntos negros con el nombre de localidades en las que se realiza el estudio, pero que no influirán en la respuesta; unas manchas redondeadas con unas siglas que se corresponden con los centros eruptivos de Yellowstone; otras manchas de formas irregulares sin otra información. Se ve una pequeña falla en un lateral.

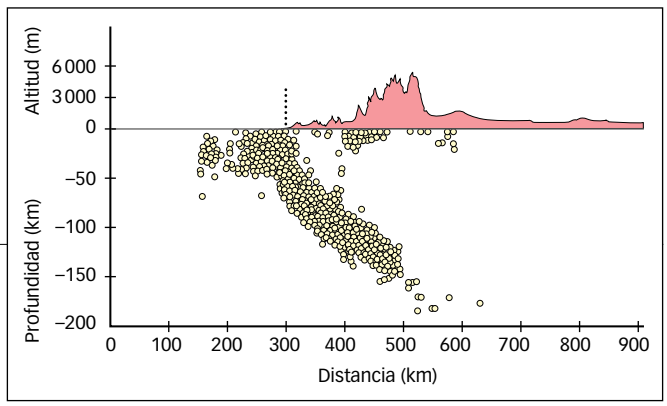
– En la lista de datos puedes ver unas siglas o abreviaturas de los centros eruptivos, con la indicación de su edad en millones de años (m. a.) y el nombre del lugar del que derivan las siglas.

Una vez que has comprobado todo esto debes analizar la disposición de los centros eruptivos sobre el lugar. Si te das cuenta, se sitúan a lo largo de una línea imaginaria desde el suroeste al noreste aproximadamente.

Esto es muy común en la tectónica litosférica, pudiendo tratarse de un límite entre placas por el que se escapa el magma sublitosférico; en ese caso podría tratarse, por ejemplo, de una zona de rift o de una falla transformante. Sin embargo, debes rechazar estas hipótesis, ya que la única falla marcada es muy pequeña y no influye en la zona.

En la lista de centros eruptivos puedes ver que están ordenados por edades, es decir, el más moderno (LC = 0,60 m. a.) es el primero, y el más antiguo (M = 16,1 m. a.), el último. Y en el mapa coincide esta ordenación con la línea de vulcanismo, si se sigue desde el noreste hacia el suroeste.

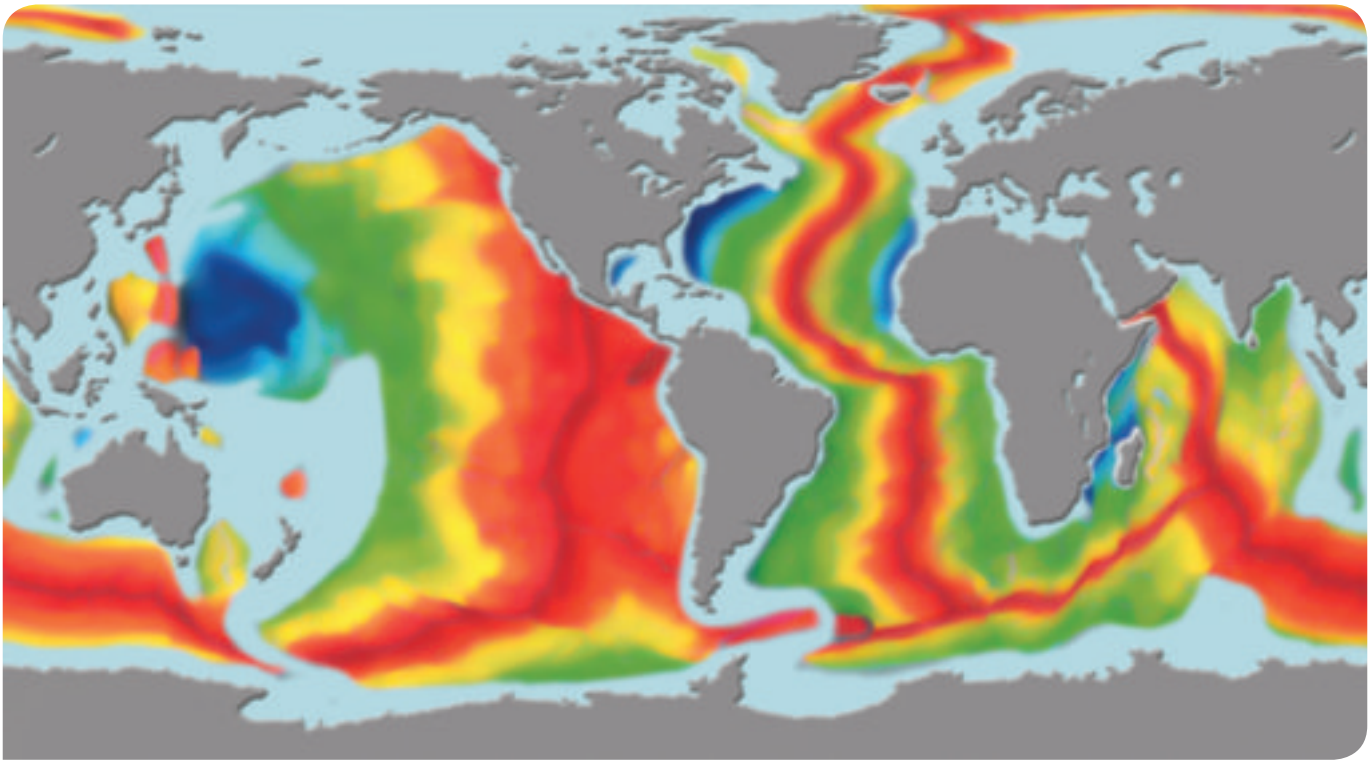
Este dato es fundamental, ya que permite relacionar este tipo de manifestaciones magmáticas con los procesos geológicos intraplaca. Se trata de un punto caliente resultante de un penacho térmico que asciende del manto. Este punto caliente ha ido produciendo zonas volcánicas (más o menos redondeadas) desde hace 16,1 millones de años; durante ese tiempo la placa norteamericana se ha desplazado hacia el noreste y, como resultado, han ido apareciendo sucesivas zonas volcánicas alineadas, ya que el punto caliente debe estar situado en el mismo lugar desde entonces.




**PRACTICA**

1. Interpreta esta gráfica en la que se muestra un perfil sísmico de una zona costera.
2. Relaciónala con la tectónica litosférica.

# Edad de las rocas del fondo oceánico



## ACTIVIDADES

**1** Observa la figura adjunta y contesta a las siguientes cuestiones.

a) Explica el significado de los colores en esta figura.

b) ¿Por qué son simétricas las bandas a ambos lados de la dorsal? ¿Cómo interpretas que las bandas de diferentes colores tengan distinta anchura?

c) ¿Las bandas de color constituyen una evidencia visible a simple vista o requieren de algún tipo de estudio e interpretación previa? En su caso, ¿qué tipo de estudio?

d) ¿Qué relación existe entre la edad de los basaltos oceánicos y su distancia al rift valley o eje de la dorsal?

e) ¿De qué manera contribuyó este descubrimiento a corroborar la hipótesis de Hess sobre la expansión de los fondos oceánicos?

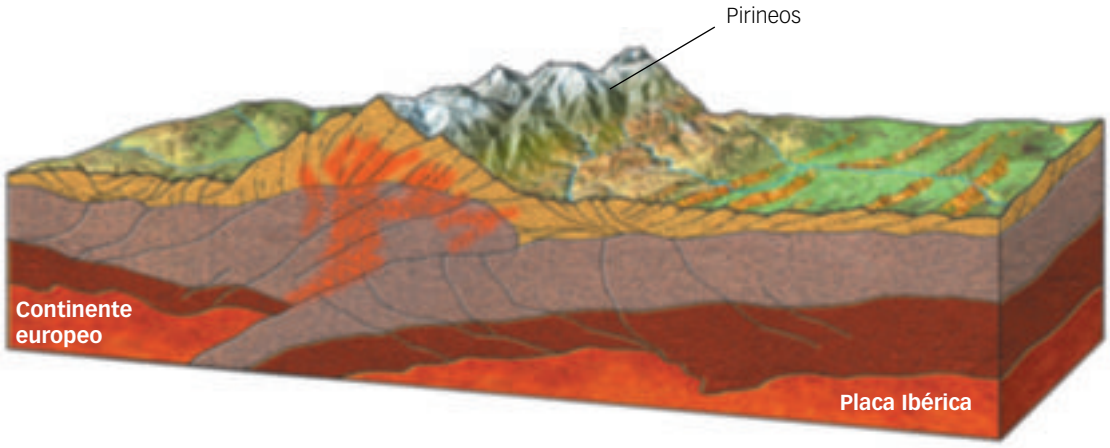
f) ¿Cómo interpretas el hecho de que las bandas rojas y amarillas sean mucho más anchas en el Pacífico que sus contemporáneas en el Atlántico?

Emite una hipótesis sobre la gran superficie azul situada en el Pacífico norte.

g) ¿En qué colores están representados los bordes constructivos de placas y por qué?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Relaciones entre placas




## ACTIVIDADES

**1** Observa detenidamente la figura adjunta y contesta a las siguientes cuestiones.

a) ¿Entre qué dos placas se encuentra el Pirineo? ¿Qué tipo de placas son?

b) ¿Qué dirección estructural tiene el Pirineo?

c) ¿Qué placa queda cabalgada sobre la otra? ¿Cómo se llama el proceso ocurrido entre ambas? ¿Qué tipo de esfuerzos lo originaron? ¿En qué época ocurrió y hace cuánto tiempo?

d) ¿Por qué se encuentra el Pirineo sobre dichas placas?

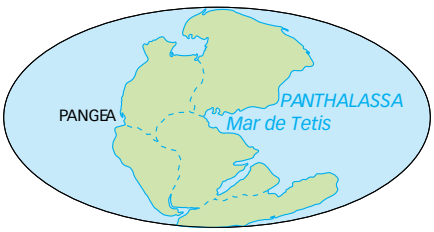
e) Observa la estructura del Pirineo. ¿Qué representan las diferentes líneas negras sobre su fondo amarillo? ¿Hacia qué lado están inclinadas?

f) Emite una hipótesis sobre el tipo de rocas que cabría esperar del choque de la placa Ibérica con la Euroasiática:

1. En la zona central.
2. En los márgenes del orógeno.

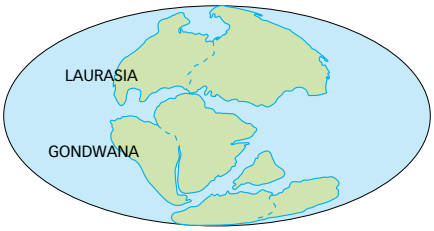
# Wegener: la rotura de Pangea

a



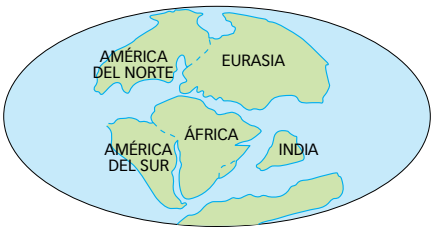

**a) Probable distribución de los continentes hace 200 millones de años (finales del Paleozoico-inicios del Mesozoico).**

b



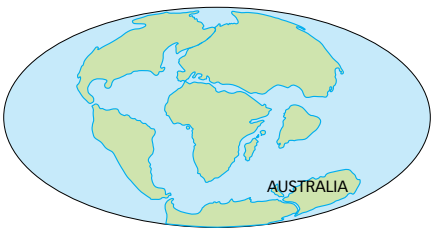

**b) Distribución de los continentes a finales del Triásico, hace 180 millones de años, 20 millones de años después de iniciarse la rotura de Pangea.** Los continentes estaban distribuidos en dos grandes masas continentales: Laurasia, en el hemisferio norte, Gondwana, en el hemisferio sur.

c



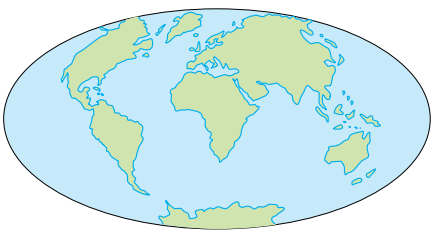

**c) Distribución de los continentes a finales del Jurásico, 65 millones de años después de la rotura de Pangea.** Aquí se muestra suelo oceánico generado desde el Triásico hasta el Jurásico, es decir, durante un periodo de 45 millones de años.

d




**d) Distribución de las masas continentales a finales del Cretácico, hace 65 millones de años, 135 millones de años después de la rotura de Pangea.** En esta imagen se muestra el suelo oceánico generado hasta el Cretácico.

e



**e) Distribución actual de los continentes.**

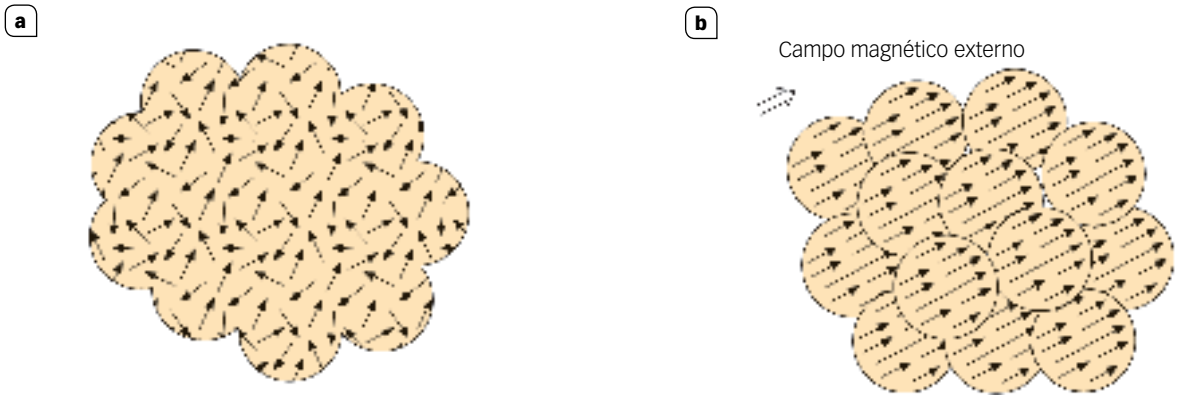
## ACTIVIDADES

1. ¿Cómo se denominó el primitivo océano que rodeaba a Pangea hace unos 200 m. a.? ¿Existe dicho océano en la actualidad?
2. ¿De qué gran supercontinente formaban parte los actuales continentes de Suramérica y África?
3. ¿Dónde estaba situada la placa de la India hace 180 millones de años a comienzos del periodo Jurásico?
4. ¿En qué época comenzó a perfilarse la península ibérica?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# El magnetismo y la orientación de las partículas de hierro

Uno de los fenómenos que más han contribuido al estudio de las variaciones del campo magnético terrestre y al desarrollo de la tectónica de placas es la **magnetización remanente** de las rocas. Este fenómeno se debe a la propiedad de algunas rocas que contienen partículas de hierro (Fe) de adquirir una magnetización producida por la presencia de un campo externo, que permanece estable aunque desaparezca o cambie dicho campo. Esta magnetización permanecerá estable siempre que la roca no sufra un incremento de temperatura que supere el punto de Curie, en cuyo caso, como hemos visto en el apartado anterior, pierde sus propiedades magnéticas. En general, la magnetización de las rocas se produce durante su formación, de manera que en la roca queda registrada la dirección y la polaridad del campo magnético terrestre que existían en el momento de su formación.




**Orientación de las partículas de hierro imantadas.** Algunas rocas que contienen partículas de hierro (Fe) tienen la propiedad de imantarse y orientarse en dirección paralela al campo magnético terrestre cuando la temperatura es inferior al punto de Curie.

**a)** Por encima del punto de Curie, el calor agita los átomos de forma que estos se orientan de forma aleatoria.

**b)** Por debajo del punto de Curie, y en presencia de un campo magnético externo, los átomos se imantan y orientan en dirección paralela a dicho campo.

## ACTIVIDADES

**1** ¿Cómo podrías demostrar que, actualmente, una partícula de hierro, que pueda moverse libremente como las pequeñas partículas de hierro que surgen en las dorsales oceánicas, se orienta en la dirección del norte magnético de la Tierra?

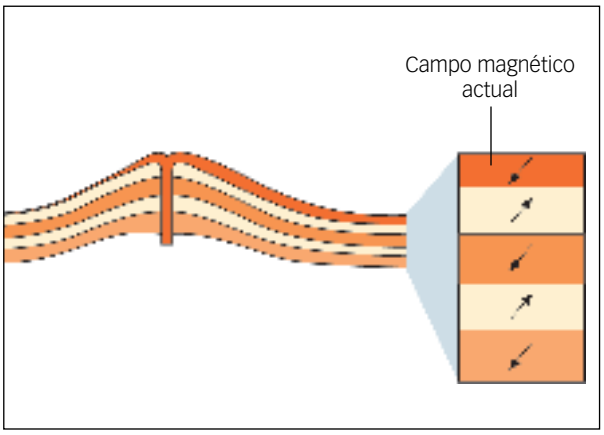
**2** Genera un campo magnético: coloca una barra de imán entre dos libros separados a cierta distancia y coloca sobre el conjunto una hoja de papel o cartulina. Esparce lentamente limaduras de hierro sobre el papel, y observa cómo se orientan las partículas. Realiza un dibujo de los resultados.

**3** Infórmate sobre la situación en el globo terrestre de los llamados Polo Norte geográfico (PNg) y Polo Sur geográfico (PSg) y los llamados Polo Norte magnético (PNm) y Polo Sur magnético (PSm).

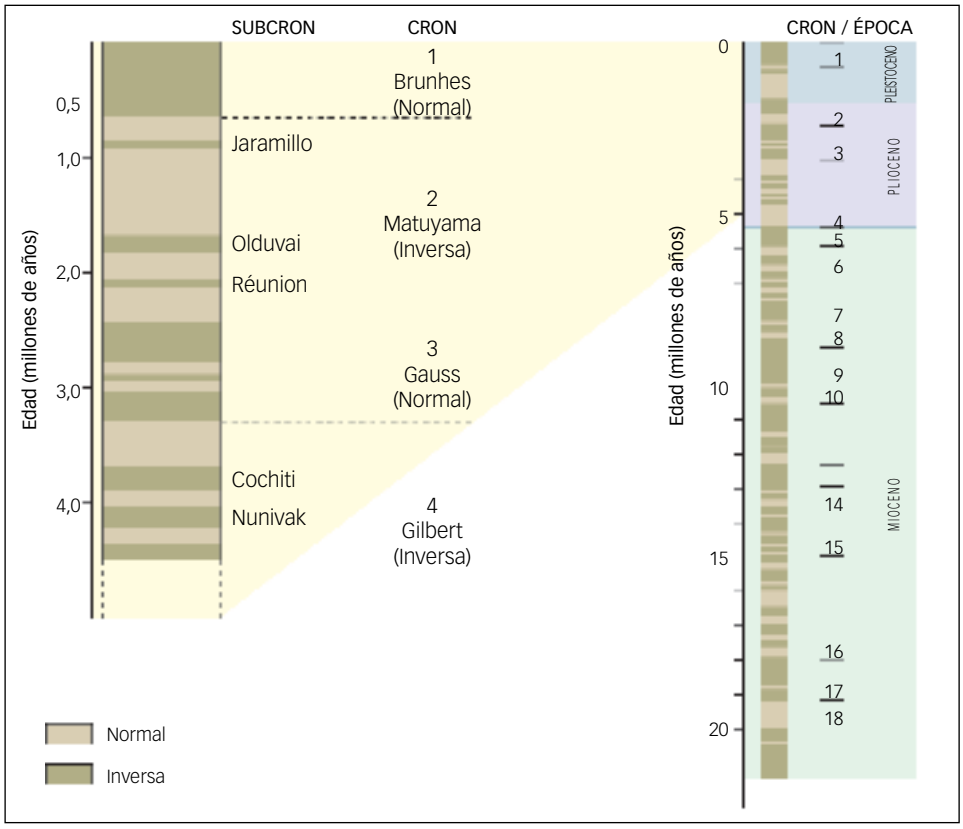
El ángulo formado entre PNg y el PNm se denomina «declinación magnética» y varía con la latitud. Suponiendo que en el Polo Norte dicho ángulo sea de 5°, calcula la distancia aproximada en kilómetros a la que se encontrarían ambos puntos. ¿Qué consecuencia deduces?

# Inversiones de la polaridad del campo magnetico terrestre

Por convenio se considera que la polaridad normal del Campo Magnético Terrestre (CMT) coincide con la situación actual en que las líneas de fuerza de dicho campo se orientan de sur a norte. En la década de 1960 se descubrió la existencia de inversiones en dicha polaridad. Las inversiones quedan perfectamente registradas en las coladas de lavas y en los sedimentos marinos. En la siguiente figura, cada capa representa distintos periodos geológicos cuya edad puede establecerse por medios radiométricos. Este dato, junto con la medición de la dirección del magnetismo remanente, permite establecer la secuencia temporal de cambios de la polaridad del campo geomagnético, es decir, se puede deducir la estratigrafía magnética o **magnetoestratigrafía**.




**Registro de la inversión de polaridad.** La colada más reciente (parte superior) muestra la polaridad del campo magnético actual. Las coladas más antiguas (tonos grises) registran la polaridad del campo existente cuando la lava solidificó.




**Épocas de polaridad normal e inversa del campo magnético terrestre durante los últimos 22 millones de años.**

## ACTIVIDADES

**1** ¿Consideras que las bandas con magnetización alternante son visibles a simple vista? En caso negativo, ¿de qué manera han podido determinarse?

**2** ¿Cómo contribuyó el descubrimiento de este bandeado magnético a confirmar la teoría de Hess.

**3** En el yacimiento de la Gran Dolina de Atapuerca (Burgos), en el nivel TD6 se han encontrado restos de homínidos (de aproximadamente 900 000 años). Según la escala de la columna de la izquierda, si aquellos homínidos hubieran tenido una brújula, ¿hacia dónde habría marcado aquella?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

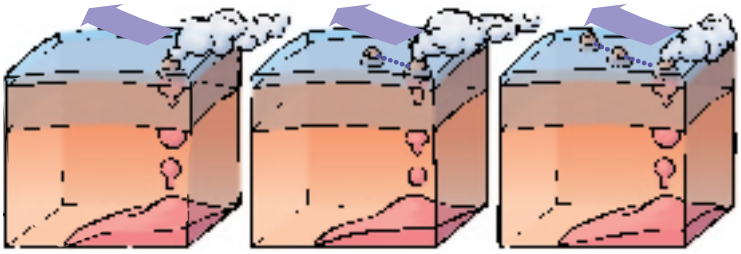
# Los puntos calientes

Se pueden encontrar archipiélagos volcánicos con una alineación muy llamativa. En general, la actividad volcánica decrece de un extremo al otro del archipiélago. En la década de 1960 Tuzo Wilson formuló la hipótesis de los **puntos calientes**. El esquema de funcionamiento es el siguiente: la litosfera es atravesada por penachos de materiales magmáticos que, si llegan a la superficie, forman las islas volcánicas. El movimiento de la placa litosférica sobre el punto caliente provoca que esta sea perforada periódicamente y forme el rosario de islas. La alineación de las islas y sus edades revelan el movimiento de la placa.

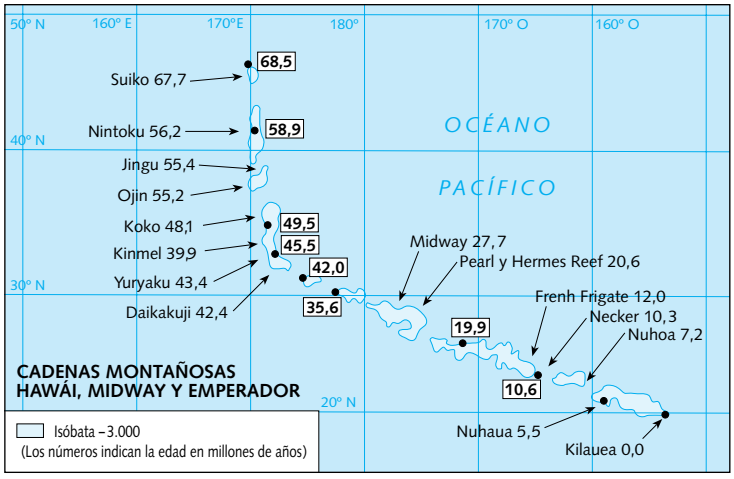
Los puntos calientes pueden perforar indistintamente la litosfera oceánica (Hawái, isla Reunión), la litosfera continental (Yellowstone, Decán) y la dorsal (Islandia, Ascensión).

En el océano Pacífico, el archipiélago de Hawái y las cadenas montañosas de Emperador y Midway forman un conjunto de islas y montes submarinos procedentes de uno de los puntos calientes más estudiados del planeta.

Al sur de la India existen tres puntos calientes, entre ellos el de la Isla Reunión, donde puede observarse cómo la edad de los volcanes aumenta desde dicha isla hasta la India, en la meseta del Decán.



Movimiento de una placa litosférica sobre un punto caliente y la sucesiva formación de un archipiélago.




Mapa del archipiélago de Hawái, Midway y Emperador, cuyos contornos corresponden a la isóbata –3000 m.

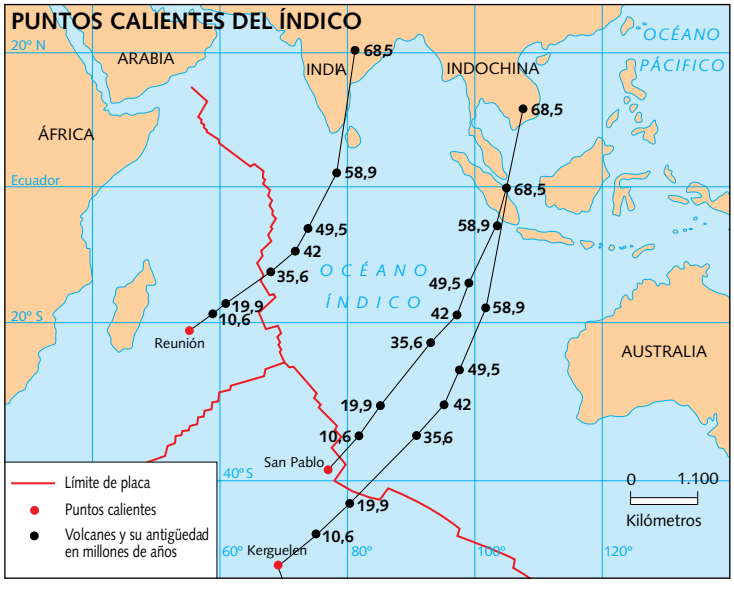
## ACTIVIDADES

**1** Deduce el sentido de desplazamiento de la placa Pacífica a partir de la figura adjunta.

**2** Calcula la velocidad de desplazamiento de la placa Pacífica desde la formación de Midway hasta la actualidad.

**3** Realiza un gráfico distancia-edad en millones de años para el punto caliente de Isla Reunión-India. ¿Qué consecuencias se deducen de la gráfica obtenida?

**4** La India está unida al resto del continente asiático por el Himalaya. A partir de la figura adjunta, deduce el movimiento de la India y el origen del Himalaya.




Tres puntos calientes del océano Índico que, en la actualidad, están en la vertical de las islas Kerguelen, San Pablo y Reunión.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## ¿Está Islandia aumentando de tamaño? De ser cierto, ¿por dónde crece?

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación acerca del origen geológico de Islandia en relación con la tectónica de placas y la posible existencia de un punto caliente bajo la isla.

**Otras investigaciones sugeridas**

- Cerca del 85 % de las casas en Islandia se abastece de energía geotérmica. Correlaciona los campos geotérmicos en Islandia con la geología de la isla.
- Volcanes, glaciares, cascadas o fiordos: causas geológicas del paisaje en Islandia.

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- Web oficial de información turística. Palabras clave: *visit iceland*.

Referencias bibliográficas:

- *Geology of Iceland: Rocks and Landscape*. P. Einarsson. Editorial Edda UK Ltd., 1994.
- *Iceland. Classic Geology in Europe 3*. Thordarson, T. & Hoskuldsson, A. Editorial Terra Publishing, 2002. Consulta parcial del libro y magníficas fotos en el blog del CEP de Alcalá de Guadaira. Palabras clave: *geología Islandia thingvellir*.

**Realización.** Equipos de 3-5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 4-5 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital.
Alternativo: realizar un tríptico de un viaje científico a Islandia.

### TEN EN CUENTA QUE

**Islandia es un país en el que la geología tiene un protagonismo esencial**

Situada en el Atlántico norte, representa la parte emergida de la dorsal centroatlántica o mesoatlántica, donde confluyen las placas Euroasiática y Norteamericana, que se yerguen desde las profundidades marinas alcanzando altitudes de hasta 2 000 m.

Con frecuencia oirás hablar de ella como *un país de hielo y fuego*, por su elevada actividad volcánica y porque, dada su latitud, sobre ella se instalan notables casquetes glaciares.

Graben en el Parque Nacional de Thingvellir.

Esquema geológico de Islandia.

### LO QUE DEBES SABER

- **Fosa tectónica o graben:** depresión entre bloques escalonados originados por fallas normales. Origen de los rifts.
- **Campo geotérmico:** zona de la corteza terrestre con elevado flujo térmico, generalmente con manifestaciones hidrotermales (géiseres, fuentes termales, fumarolas, etc.) y con instalaciones extractivas de energía.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Fiordos e isostasia

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación acerca del origen de esta morfología costera, en conexión con la teoría isostática.

**Otras investigaciones sugeridas.** ¿Los glaciares que formaron los fiordos entraban en el mar? ¿Durante el último máximo glaciar (LGM en inglés) el nivel del mar era más alto o más bajo que el actual? ¿Qué efecto tuvo la acumulación de hielo sobre la litosfera y cuál tuvo su fusión y cómo respondió el manto? ¿Cuál es el comportamiento mecánico del manto y de la litosfera en el proceso isostático? Variaciones del nivel del mar en el Cuaternario, ¿causas climáticas o tectónicas? Evolución de las ideas sobre los movimientos epirogénicos desde el siglo XIX a la actualidad.

**Fuentes de la investigación**

- National Geographic. Palabras clave: *los cinco fiordos más bellos del mundo*.
- Cultura científica. Palabras clave: *cultura científica isostasia*.

**Realización.** Equipos de 3-5 alumnos.

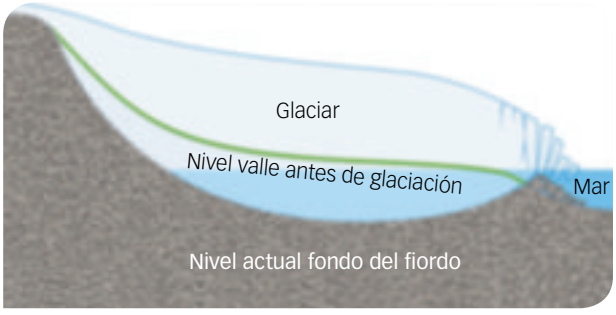
**Duración de la elaboración.** 3-4 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital seguida de un debate de unos 45 minutos aproximadamente.

### TEN EN CUENTA QUE

**Fiordos y falsos fiordos**

Los glaciares excavan la tierra firme como se muestra en el dibujo. Los fiordos destacan por sus grandes profundidades y se encuentran a partir de la latitud 50° en el hemisferio norte y a partir de la latitud 40° en el hemisferio sur. Se caracterizan por su forma en U (en corte transversal), aunque la parte inferior no es visible ya que está bajo el nivel del mar. Existen formas costeras similares en latitudes más bajas, como las rías del norte de España, de Croacia y de otras partes del mundo, pero tienen un origen diferente: son los llamados «falsos fiordos».




### LO QUE DEBES SABER

- **Comportamiento elástico:** un cuerpo elástico se arquea hacia abajo si le ponemos un peso encima, y hacia arriba si lo quitamos. Así se comporta la litosfera.
- **Comportamiento visco-plástico:** una roca puede fluir como un fluido muy viscoso, o sea muy lento, a escala temporal de miles a millones de años. Esto es típico del manto.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 2 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Cuál de las cuatro pruebas que se citan a continuación no fue aportada por Wegener?

- ☐ **a.** La edad de las rocas graníticas que se encuentran en África, Sudamérica y la Antártida es coincidente.
- ☐ **b.** La disposición de las tillitas glaciares en Sudamérica, África, la India y Australia evidenciaría un casquete glaciar en el hemisferio sur durante el Carbonífero.
- ☐ **c.** El motor del movimiento de los continentes son las corrientes de convección del manto.
- ☐ **d.** Los bordes de los continentes que encajan entre sí como si fueran un puzle.

**2** ¿Incorpora la teoría de la tectónica de placas alguna teoría precedente?

- ☐ **a.** Sí, la teoría de la deriva continental.
- ☐ **b.** Sí, la teoría de la expansión del fondo oceánico.
- ☐ **c.** Sí, la teoría del bandeado paleomagnético.
- ☐ **d.** No, ninguna de las anteriores.

**3** Una falla transformante es:

- ☐ **a.** Un proceso intraplaca.
- ☐ **b.** Un borde de placa pasivo.
- ☐ **c.** Una parte de una dorsal oceánica.
- ☐ **d.** Una zona de subducción.

**4** ¿Qué técnica brinda una imagen más fiable de las variaciones de densidad y temperatura en el interior terrestre?

- ☐ **a.** Sismogramas.
- ☐ **b.** Modelos matemáticos computarizados.
- ☐ **c.** Yunque de diamante.
- ☐ **d.** Tomografía sísmica.

**5** ¿Cuál de los siguientes procesos aporta calor al interior de la Tierra?

- ☐ **a.** El gradiente geotérmico terrestre.
- ☐ **b.** Las corrientes de convección del manto.
- ☐ **c.** La fusión parcial de las rocas.
- ☐ **d.** La fisión espontánea de elementos radiactivos.

**6** Señala cuál de las opciones es la verdadera:

- ☐ **a.** El gradiente geotérmico terrestre es el causante de la convección del manto.
- ☐ **b.** Los terremotos en la India y el interior de Asia tienen su origen en grandes fallas.
- ☐ **c.** Los penachos térmicos solo afloran bajo los continentes.
- ☐ **d.** Algunas placas están formadas por litosfera exclusivamente oceánica y otras por litosfera exclusivamente continental.

**7** Los arcos de islas volcánicas se originan por:

- ☐ **a.** La convergencia entre placas oceánicas.
- ☐ **b.** Los fenómenos de isostasia.
- ☐ **c.** La emersión de las dorsales oceánicas.
- ☐ **d.** Los penachos térmicos.

**8** ¿Cuál de las siguientes cordilleras no es orógeno de colisión?

- ☐ **a.** Andes.
- ☐ **b.** Pirineos.
- ☐ **c.** Himalaya.
- ☐ **d.** Béticas.

**9** ¿Cómo se llama la teoría que explica los movimientos verticales de la litosfera?

- ☐ **a.** Tectónica de placas.
- ☐ **b.** Isostasia.
- ☐ **c.** Sedimentación.
- ☐ **d.** Rifting.

**10** La subsidencia es un proceso que se produce por:

- ☐ **a.** El choque entre dos placas oceánicas.
- ☐ **b.** El peso de enormes cantidades de sedimentos acumulados en las cuencas sedimentarias.
- ☐ **c.** La corteza terrestre flota sobre el manto.
- ☐ **d.** La erosión de los relieves.

SOLUCIONES

**1** c, **2** b, **3** b, **4** d, **5** d, **6** b, **7** a, **8** a, **9** b, **10** b

# 2 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Para justificar su teoría sobre la movilidad continental, Wegener presentó diversos tipos de pruebas o evidencias geográficas, paleoclimáticas y paleontológicas.

a) Explica dos de ellas.

b) ¿Por qué, a pesar de las pruebas presentadas, la teoría de Wegener fue finalmente rechazada?

**2** Contesta a las siguientes preguntas sobre los fondos oceánicos.

a) ¿Qué avances tecnológicos permitieron la investigación de los fondos oceánicos?

b) Explica dos características de las dorsales oceánicas que justifiquen la teoría de la expansión del fondo oceánico propuesta por Harry Hess en 1962.

**3** El océano Atlántico es cada vez más extenso, ensanchándose con una media de 1 a 4 cm/año según diferentes zonas. En cambio, el océano Pacífico va disminuyendo su extensión. Explica por qué.

**4** Define los siguientes términos.

a) Placa litosférica.

b) Orógeno de colisión.

c) Falla transformante.

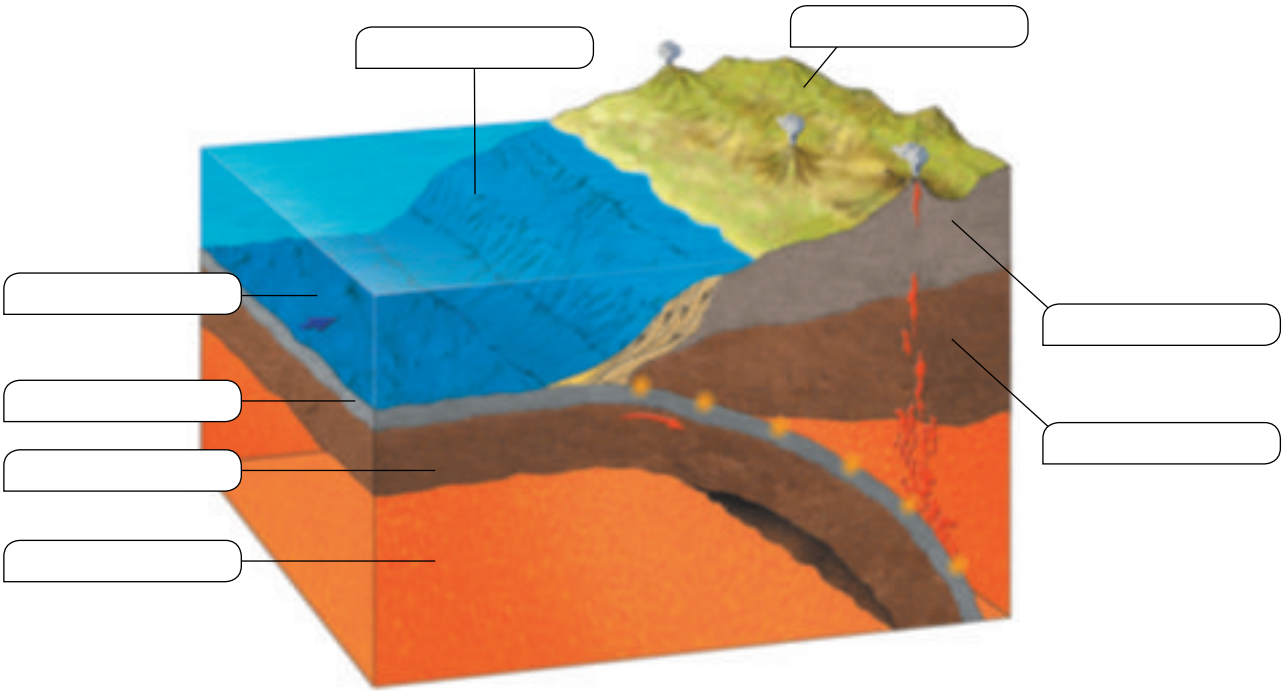
d) Arco de islas.

**5** ¿Cuál es el origen del calor interno de la Tierra? ¿Mediante qué mecanismo se explican actualmente los movimientos de las placas litosféricas?

a) ¿Qué técnica se emplea hoy en día para determinar la distribución de zonas con distinta plasticidad y temperatura en el interior del globo terrestre?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** ¿Qué representa la figura adjunta? Completa las etiquetas con los nombres correspondientes a cada parte.



**7** ¿Cómo se formó la cordillera del Himalaya?

**8** ¿Dónde se localizan las tres grandes fallas que generan el riesgo sísmico en la península ibérica?

**9** ¿Cómo se origina un punto caliente? ¿Qué tipo de estructuras originan los puntos calientes?

**10** ¿A qué se refiere el término *isostasia*?

a) Se comprueba que la península escandinava está sometida a un proceso lento de elevación del orden de 1 cm/año. Emite una hipótesis para explicar este fenómeno.

# 2 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** a) ¿Cómo varía la edad de la litosfera oceánica a medida que se aleja del eje de la dorsal hasta los bordes? ¿Y cuál es la máxima antigüedad de los basaltos oceánicos?

b) En los continentes se encuentran desde rocas recientes a otras que alcanzan los 3 800 millones de años de antigüedad. ¿Cómo pueden explicarse las grandes diferencias de edad entre ambas?

**2** ¿Qué diferencias y semejanzas encuentras entre la teoría de la deriva continental y la teoría de la tectónica de placas?

**3** ¿Qué son las fallas transformantes, dónde y cómo se originan?

**4** Observa la imagen y contesta.

a) Escribe los nombres de cada una de las principales placas litosféricas.

b) Indica qué tipo de litosfera forman las placas Pacífica, Africana y Euroasiática.

**5** Completa la siguiente tabla.

| | | Estructuras generadas por la convergencia de los distintos tipos de litosfera | | |
|---|---|---|---|---|
| **Borde de placa** | **Movimiento entre placas** | **Oceánica/ oceánica** | **Oceánica/ continental** | **Continental/ continental** |
| | Convergente | | | |
| | Divergente | | | |

**6** ¿Qué es el ciclo de Wilson? ¿Cómo comienza teóricamente dicho ciclo?

**7** Indica de forma breve el supuesto origen de los siguientes fenómenos o estructuras.

a) El vulcanismo de las islas Canarias.

b) El levantamiento de las Cordilleras Béticas.

c) La existencia de especies fósiles similares a uno y otro lado del Atlántico.

d) Los fondos oceánicos más antiguos no superan los 190 m. a.

**8** ¿En qué se diferencia un penacho térmico de un punto caliente? ¿De dónde procede el magma que da origen a los mismos? ¿Qué relación existe entre los puntos calientes y la tectónica de placas?

**9** ¿A qué se debían, según Dutton, los movimientos verticales de la corteza terrestre? Explica brevemente algún fenómeno que demuestre la validez de su hipótesis hoy en día.

**10** Enumera los principales procesos geológicos generados por la convección del manto terrestre.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B7-4.** Comprender la teoría de la deriva continental de Wegener y su importancia para el desarrollo de la teoría de la tectónica de placas. | **B7-4.1.** Indica las aportaciones más relevantes de la teoría de la deriva continental, para el desarrollo de la teoría de la tectónica de placas. | 1 y 5 | 2 y 7 |
| **B7-5.** Clasificar los bordes de placas litosféricas señalando los procesos que ocurren entre ellos. | **B7-5.1.** Identifica los tipos de bordes de placas explicando los fenómenos asociados a ellos. | 3, 4, 6, 7 y 8 | 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 |
| **B7-6.** Aplicar los avances de las nuevas tecnologías en la investigación geológica. | **B7-5.1.** Distingue métodos desarrollados gracias a las nuevas tecnologías, asociándolos con la investigación de fenómenos geológicos naturales. | 2, 3, 5, 9 y 10 | 2, 7, 9 y 10 |

## Control B

**1** **a)** R. L. A elegir entre las cuatro explicadas en el texto.

**b)** Wegener no pudo explicar la fuerza que empujaba los continentes y sobre qué materiales se deslizaban. Hay que tener en cuenta que a comienzos del siglo XX acababa de descubrirse la radiactividad, y no existían técnicas para conocer la naturaleza del interior terrestre.

**2** **a)** El sonar mediante el que se pudieron realizar mapas detallados de los fondos oceánicos.

**b)** R. L. A elegir entre la variación de edad de los basaltos desde el centro de la dorsal a sus bordes, el bandeado paleomagnético simétrico a uno y otro lado de la dorsal o la distribución de los sedimentos.

**3** El océano Pacífico está afectado por zonas de subducción, donde se destruye la litosfera oceánica, en numerosas y extensas áreas. En consecuencia, su extensión disminuye. Por el contrario, el océano Atlántico está en expansión, como se deduce de su estructura, en la que la dorsal ocupa aproximadamente una posición central como eje o columna dorsal, y en la que:

– Se comprueba que las edades de las rocas van aumentando, desde 0 a 190 m. a., a medida que nos alejamos del eje de la dorsal.

– Al contrario de los márgenes continentales del Pacífico, en cuyos pies se desarrolla una fosa abisal, los márgenes del Atlántico son «pasivos», lo que significa que terminan bruscamente bajo el mar en un escalón llamado talud continental, a cuyos pies se extiende la llanura abisal.

**4** **a)** Fragmentos de litosfera terrestre cuyos bordes vienen delimitados por la distribución de terremotos, volcanes, fosas oceánicas y cinturones orogénicos. Algunas están formadas únicamente por litosfera oceánica como la placa Pacífica o la de Nazca, pero en general tienen tanto litosfera oceánica como continental.

**b)** Cordillera que se produce por el choque de dos placas continentales cuyo resultado es la sutura de ambas, con aumento de grosor de la litosfera y apilamiento de los sedimentos que se habían apilado previamente entre ambos continentes. Son ejemplos de este tipo el Himalaya o el Pirineo y las Béticas en España.

**c)** Falla que se origina debido a las tensiones de componente horizontal que producen movimientos de cizalla. En los fondos marinos pueden alcanzar miles de kilómetros de longitud y se asocian a las dorsales oceánicas, a las que fragmentan en diferentes segmentos. Constituyen bordes pasivos, dado que en estas zonas no se produce creación ni destrucción de litosfera.

**d)** Rosario de islas volcánicas frente a las costas asiáticas que adquieren una disposición arqueada frente a la costa. Se origina por choque entre dos placas oceánicas o entre una placa oceánica y otra continental, como sucede en las costas asiáticas.

**5** El calor interno del planeta procede del calor residual inicial de cuando la Tierra estuvo fundida (hace unos 4 500 m. a.), de la desintegración de los elementos radiactivos y de la cristalización del núcleo metálico.

Actualmente se considera que el motor de la dinámica litosférica son las corrientes de convección del manto.

**a)** Mediante tomografía sísmica, técnica que utiliza las pequeñas variaciones de velocidad que experimentan las ondas sísmicas al atravesar el manto, las cuales se representan mediante una escala de colores en que los tonos azules se relacionan con velocidades altas (zonas más rígidas y frías) y los tonos amarillos, anaranjados y rojos se relacionan con zonas más plásticas y calientes.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** El bloque-diagrama presenta el choque de una placa oceánica, como la de Nazca, con una placa continental (Sudamericana), que da como resultado la creación de una cordillera costera (Andes) y resto de fenómenos asociados que se señalan en las etiquetas. Ver la figura de la página 37 del libro del alumno.

**7** La cordillera del Himalaya se formó por obducción debido al choque entre las placas del continente indio contra el continente asiático.

**8** La falla Norpirenaica en el Pirineo, la falla de las Béticas y la falla de Gibraltar (ver figura de la página 39 del libro del alumno).

**9** Desde la capa D" situada en la base del manto se desprenden columnas o penachos térmicos de material caliente capaz de atravesar las capas suprayacentes llegando hasta la base de la litosfera. Cuando uno de estos penachos se manifiesta en superficie, forma un punto caliente en una zona donde se produce vulcanismo (proceso intraplaca, independiente del movimiento de estas). Sobre la litosfera oceánica este vulcanismo da origen a islas volcánicas como el archipiélago de Hawái, o a mesetas basálticas cuando el penacho tiene gran magnitud. Cuando una serie de puntos calientes se instalan en la litosfera continental pueden representar el comienzo de la fracturación de un continente (rifting).

**10** El término *isostasia* fue introducido por el geólogo Clarence Dutton, en 1892, para explicar los movimientos verticales de elevación y de hundimiento de la corteza terrestre. Dutton postulaba que la corteza flotaba sobre el manto subyacente, que estaba en un estado muy viscoso. Según Dutton, la corteza terrestre podía hundirse cuando se sobrecargaba con un peso, tal como la acumulación de sedimentos o la gruesa capa de hielo de una glaciación, o levantarse al despojarse de la carga, por erosión del relieve o al derretirse el hielo.

**a)** R. L. Al derretirse los casquetes glaciares que durante el Cuaternario tuvieron hundida dicha zona, la respuesta isostática es irse elevando hasta alcanzar un nuevo equilibrio.

## Control A

**1** **a)** La corteza oceánica tiene edades comprendidas entre 0 y 190 m. a. (las más antiguas). Las datadas como 0 m. a. corresponden a aquellas que tienen menos de un millón de años, es decir, rocas actuales que emergen a través del rift-valley oceánico. La corteza continental contiene una gran variedad de rocas de todos los periodos geológicos, desde las rocas más antiguas encontradas sobre la Tierra (aproximadamente 3 800 m. a.) hasta las más modernas, datadas en 0 m. a.

**b)** La gran diferencia se explica porque la litosfera oceánica está sometida a procesos continuos de reciclaje (creación en las dorsales y destrucción en las zonas de subducción) como consecuencia de la dinámica de las placas litosféricas estudiada.

**2** Se trata de dos teorías movilistas que explican los desplazamientos continentales y su relación con diversas estructuras y fenómenos geológicos y geográficos. La pionera teoría de la deriva continental supuso una revolución científica frente a las ideas fijistas preponderantes. Tras ser rechazada por la comunidad científica de principios del siglo XX, se tardaron casi 50 años hasta llegar a admitirse de forma generalizada la actual teoría de la tectónica de placas. Esta supone, asimismo, una revolución científica (cambio de paradigma) porque es el primer modelo capaz de explicar la mayor parte de estructuras y fenómenos geológicos a escala planetaria y de realizar predicciones sobre acontecimientos futuros. La tectónica de placas incorpora la idea de Pangea propuesta por Wegener.

**3** Las fallas transformantes son fracturas originadas por movimientos de cizalla (horizontales) que afectan a la litosfera oceánica formando los llamados límites pasivos de placa.

**4** **a)** 1. Placa Norteamericana. 2. Euroasiática. 3. Cocos. 4. Nazca. 5. Antártica. 6. Pacífica. 7. Australiana. 8. Filipina. 9. India. 10. Arábiga. 11. Africana. 12. Sudamericana.

**b)** La placa Pacífica está formada únicamente por litosfera oceánica. Las placas Euroasiática y Africana son de tipo mixto y están formadas en parte por litosfera oceánica y en parte por litosfera continental.

**5**

| | | Estructuras generadas por la convergencia de los distintos tipos de litosfera | | |
|---|---|---|---|---|
| **Borde de placa** | **Movimiento entre placas** | **Oceánica/ oceánica** | **Oceánica/ continental** | **Continental/ continental** |
| Destructivo | Convergente | Fosas oceánicas profundas<br>Arcos de islas volcánicas | Fosas oceánicas menos profundas<br>Arcos de islas volcánicas<br>Cordilleras volcánicas paralelas a la costa | Orógenos de colisión |
| Constructivo | Divergente | Dorsal atlántica<br>Dorsal oceánica | ... | Rifting continental |

**6** El ciclo de Wilson es un modelo creado por Tuzo Wilson en 1960 para explicar un ciclo completo de la tectónica de placas. Comenzaría con la rotura de un continente (rifting) debido a esfuerzos distensivos y terminaría con la colisión entre continentes.

**7** **a)** Punto caliente.

**b)** Orógeno de colisión.

**c)** Fragmentación de Pangea con apertura del océano Atlántico.

**d)** La corteza oceánica más antigua desaparece en las zonas de subducción.

**8** Desde la capa D" situada en la base del manto se desprenden columnas o penachos térmicos de material caliente capaz de atravesar las capas suprayacentes llegando hasta la base de la litosfera. Cuando uno de estos penachos se manifiesta en superficie, forma un punto caliente en una zona donde se produce vulcanismo (proceso intraplaca, independiente del movimiento de estas). Sobre la litosfera oceánica este vulcanismo da origen a islas volcánicas como el archipiélago de Hawái, o a mesetas basálticas cuando el penacho tiene gran magnitud. Cuando una serie de puntos calientes se instalan en la litosfera continental pueden representar el comienzo de la fracturación de un continente (rifting) que constituiría el comienzo de un ciclo de Wilson.

**9** Al equilibrio isostático entre bloques, que era simplemente la aplicación del principio de Arquímedes a la corteza y al manto terrestres.

Esta hipótesis sigue siendo válida en la actualidad y sirve para explicar movimientos en la vertical como la progresiva elevación de la península escandinava tras la desaparición de los hielos que la cubrían durante las glaciaciones cuaternarias, o la subsidencia en las cuencas sedimentarias cuyo fondo se va hundiendo gradualmente por el peso de los sedimentos sin llegar a colmatarse y permitiendo la acumulación de grandes espesores de depósitos que dan origen a las rocas sedimentarias, etc.

**10** La convección en el manto genera:

- Vulcanismo, que evacua grandes cantidades de calor hacia el exterior y aporta gases a la atmósfera.
- Reciclado de la corteza oceánica y acumulación de materiales en las superficies continentales (cordilleras).
- Movimiento de las placas litosféricas en la parte superficial, que da origen a los desplazamientos continentales, la fragmentación de continentes, la apertura de océanos, la creación de cordilleras, etc. En resumen, a la dispersión y reunión de continentes a lo largo del tiempo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

El 17 de enero de 2015 Japón conmemoró el 20 aniversario de uno de sus terremotos más destructivos, el terremoto de Kobe o de Hanshi.

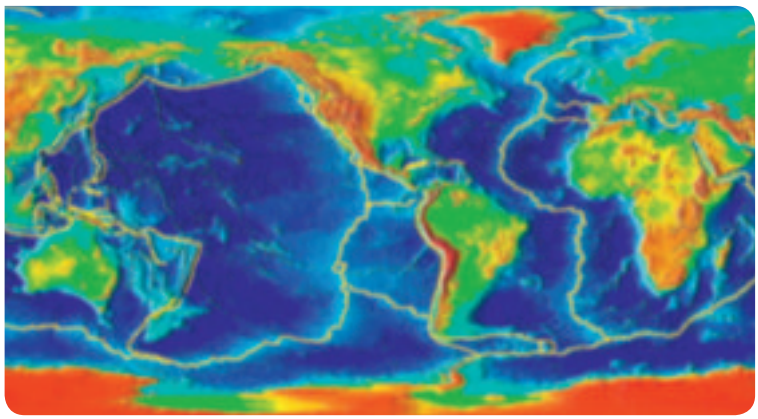
El terremoto, de magnitud entre 6,8 y 7,3 grados en la escala de Richter, ocurrió de forma repentina a las 5:46 a. m. en la parte sur de la prefectura de Hyogo y duró unos 20 segundos. El foco se situó a 16 km de profundidad en el extremo norte de la isla Awaji, a 20 km de distancia de la ciudad de Kobe, con una población de un millón y medio de habitantes.

Causó unas pérdidas estimadas de 3 billones de yenes en daños, el 2,5 % del producto interior bruto del país en aquel momento. Según la estimación final de 2006, alrededor 6 434 personas perdieron la vida, principalmente habitantes de Kobe. Fue el peor desastre natural ocurrido en suelo japonés desde el gran terremoto de Kanto, que se cobró 140 000 vidas en 1923 y que ostenta el récord mundial en el *Libro Guinness de los Récords* como el «desastre natural más costoso acontecido en un país».

El terremoto de Kobe, que sirvió de inspiración al novelista japonés Haruki Murakami para escribir *Después del terremoto*, sería superado en número de víctimas por el terremoto y posterior tsunami de marzo de 2011, con más de 15 000 muertos.

Japón está situado en la zona sísmica y volcánica más activa del mundo: el llamado «anillo o cinturón de fuego», que está formado por el conjunto de costas que bordea el océano Pacífico.

Por este motivo, las infraestructuras de Japón están diseñadas para resistir los temblores. El país se encuentra sobre uno de los bordes de placas más activos y frente a sus costas orientales discurre una gran falla cuyos desplazamientos se consideran la causa de los seísmos que sufre de forma constante.



**1** ¿Dónde se situó el epicentro del terremoto de Kobe?

- ☐ **a.** A 16 km de profundidad.
- ☐ **b.** En la ciudad de Kobe.
- ☐ **c.** En el extremo norte de la isla de Awaji.
- ☐ **d.** A 20 km de profundidad bajo la isla de Awaji.

**2** ¿A qué es debido el elevado grado de sismicidad del archipiélago japonés?

- ☐ **a.** A que está situado en un borde constructivo de litosfera.
- ☐ **b.** A que su situación coincide con varios bordes destructivos por subducción de litosfera.
- ☐ **c.** A que la placa Pacífica está empujando a la placa Euroasiática justo en esa zona.
- ☐ **d.** A que es un arco de islas que está en proceso de separación del continente.

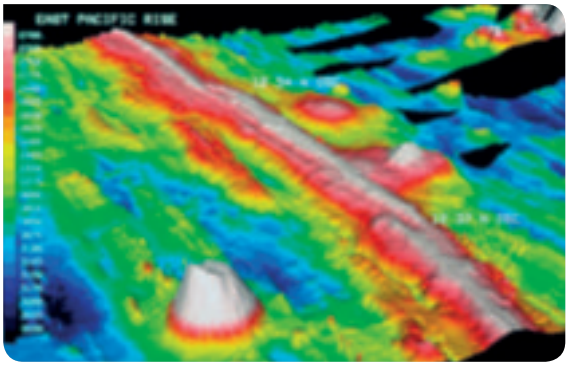
**3** ¿Cuáles son las principales placas que están hundiéndose bajo el suelo japonés?

- ☐ **a.** Pacífica y Euroasiática.
- ☐ **b.** Pacífica y Norteamericana.
- ☐ **c.** Pacífica y Filipina.
- ☐ **d.** Filipina y Euroasiática.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** En su recorrido, las ondas sísmicas viajan a mayor velocidad cuando la rigidez del material que atraviesan es mayor. La tomografía sísmica utiliza este hecho para desentrañar la estructura del manto. Así, según la velocidad a la que viajan las ondas sísmicas por una determinada zona del manto terrestre, se representa esta zona en distintos colores: tonos azules si van a mayor velocidad, rojos para las menores y verdes y amarillos para velocidades intermedias.

Cuando observamos una imagen obtenida por tomografía sísmica, ¿cómo debemos relacionar colores y materiales?



- ☐ **a.** Los colores rojos corresponderán a los materiales más calientes y plásticos, y los azules, a los más fríos y rígidos.
- ☐ **b.** Los colores azules corresponderán a los materiales más calientes y plásticos, y los rojos, a los más fríos y rígidos.
- ☐ **c.** Los colores rojos corresponderán a los materiales más calientes y rígidos, y los azules, a los más fríos y plásticos.
- ☐ **d.** Los colores azules corresponderán a los materiales más calientes y rígidos, y los azules, a los más fríos y plásticos.

**5** Mediante tomografía sísmica se pueden identificar los llamados «penachos térmicos» y su relación con los puntos calientes de la corteza terrestre. Un penacho térmico es una columna de material recalentado que asciende desde el interior de la Tierra hasta la superficie, donde puede dar lugar a vulcanismo como el de las islas Hawái, las islas Canarias o Yellowstone.

Según las informaciones de las que se dispone hoy en día, ¿de dónde proviene el material recalentado que asciende en un penacho térmico?

- ☐ **a.** Del núcleo interno.
- ☐ **b.** Del núcleo externo.
- ☐ **c.** De la capa D".
- ☐ **d.** Del manto interno.

**6** En el interior de la península ibérica se pueden observar llanuras erosivas de origen fluvial situadas en terrazas «colgadas» a decenas de metros por encima del cauce de un río que discurre hoy en día.

¿Qué proceso geológico es determinante para que se produzca el encajonamiento de los ríos en su propia llanura de erosión?

- ☐ **a.** El levantamiento de la Península debido a la isostasia.
- ☐ **b.** El hundimiento de la península debido a la isostasia.
- ☐ **c.** El desmantelamiento erosivo de las montañas interiores.
- ☐ **d.** El choque de la placa Africana contra la península Ibérica.

**7** Se piensa que la situación actual de la península ibérica se debe a dos orógenos de colisión: el que se produce como consecuencia del choque de la pequeña placa Ibérica con el continente europeo, que da lugar a los Pirineos (con el Aneto como su cumbre más alta); y el producido por el choque de la placa de Alborán con la placa Ibérica, que origina los sistemas Prebético y Subbético y Sierra Nevada (con la cumbre más alta de toda la Península: el Mulhacén).

¿Cuál de las dos cumbres, Aneto o Mulhacén, es más antigua?

- ☐ **a.** El Mulhacén.
- ☐ **b.** El Aneto.
- ☐ **c.** Se formaron casi al mismo tiempo.
- ☐ **d.** Se desconoce.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B7-5.** Clasificar los bordes de placas litosféricas, señalando los procesos que ocurren en ellos. | **B7-5.1.** Identifica los tipos de bordes de palcas explicando los fenómenos asociados a ellos. | 3 y 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B7-6.** Aplicar los avances de las nuevas tecnologías en la investigación geológica. | **B7-6.1.** Distingue métodos desarrollados gracias a las nuevas tecnologías, asociándolos con la investigación de un fenómeno natural. | 4 y 5 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor** | **B8-5.** Diferenciar los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad. | **B8-5.1.** Analiza los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad. | 1, 2, 5 y 6 |

1 **c.** En el extremo norte de la isla de Awaji.

2 **b.** A que su situación coincide con varios bordes destructivos por subducción de litosfera.

3 **c.** Pacífica y Filipina.

4 **a.** Los colores rojos corresponderán a los materiales más calientes y plásticos, y los azules, a los más fríos y rígidos.

5 **c.** De la capa D".

6 **a.** El levantamiento de la Península debido a la isostasia.

7 **b.** El Aneto.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Solucionario

Pág. 29

**PARA COMENZAR**

**1** Porque un sistema material evoluciona hacia las formas más estables, que son las de menor energía potencial posible. En el caso de las esferas planetarias en fusión, la energía viene determinada por la gravedad. En el caso de las pompas de jabón en reposo, por la tensión superficial. En el caso de las burbujas gaseosas en reposo, por el equilibrio entre la presión del gas y la presión hidrostática del líquido envolvente.

**2** La arena suele considerarse como un nuevo estado de la materia, pues por una parte es sólida (cuando andas por la playa no te hundes en la arena), pero también se comporta como líquido (como ocurre en el reloj de arena y cuando se escurre de nuestra mano formando un pequeño chorro) debido a la granularidad; los granos, especialmente si están mojados, permanecen unidos, pero pueden moverse unos sobre otros.

**3** El llamado «cinturón de fuego» del Pacífico que corresponde a diferentes zonas de subducción, ya sea debido al choque de dos placas oceánicas o de una oceánica contra una continental.

**4** La placa Ibérica y la placa Euroasiática.

Pág. 31

**1** Color rojo: rocas más recientes (en el centro de la dorsal) de 0 a 20 m. a. Color azul marino: rocas más antiguas (junto a los márgenes continentales) de 154 a 180 m. a.

Los continentes se encuentran más separados en el bloque-diagrama inferior donde se observa que este fragmento del océano se ha expandido desde su origen hace 126 m. a. (color verde) hasta la actualidad (color rojo) de 20 a 0 m. a.

**2** El golfo de Guinea se corresponde con el color verde, es decir, de 126 a 60 m. a.

El norte de África (costa noroeste) presenta un color azul marino que indica una edad de 180 a 154 m. a.

Como las rocas más antiguas están situadas más al norte, es por allí por donde comenzó la apertura.

Pág. 32

**3** La mayoría de las placas son mixtas, solo las placas Pacífica, Nazca y Cocos serían únicamente oceánicas.

Pág. 33

**4** Zonas de subducción-bordes de placa destructivos. Una se introduce debajo de la otra.

Dorsales oceánicas-bordes de placa constructivos. Se alejan a medida que surge materia nueva.

Fallas transformantes-bordes de placa pasivos. Se deslizan lateralmente una respecto a otra.

Pág. 34

**5** Las capas fluidas, no rocosas, son hidrosfera y atmósfera.

La atmósfera es una mezcla de los siguientes gases (cuyos porcentajes pueden variar en diversas situaciones): nitrógeno (78,1 %), oxígeno (20,9 %), argón (0,93 %), dióxido de carbono (0,038 %) y otros gases como vapor de agua, ozono, etc. (0,032 %).

La hidrosfera, formada esencialmente de agua, contiene cantidades variables de sales disueltas. Estas son más abundantes en el mar, donde sus porcentajes medios son (g/kg):

– Aniones: $Cl^-$ (18,98), $SO_4^{2-}$ (2,65 %), $HCO_3^-$ 0,14).

– Cationes: $Na^+$ (10,59), $Mg^+$ (1,27), $Ca^{++}$ (0,4), $K^+$ (0,39).

**6** R. M. La energía interna de la Tierra se manifiesta en forma de calor y movimiento (99 %) y, en menor medida, como energía elástica (1 %) en los terremotos. Según la teoría del «rebote elástico», a escala planetaria las rocas son elásticas. Es decir, por efecto de las fuerzas de compresión, distensión y cizalla, que en última instancia se deben a los desplazamientos de las placas litosféricas, almacenan energía mecánica al igual que lo haría un bloque de goma o un muelle, sufriendo deformaciones. Cuando parte de la energía empleada en la deformación se disipa en forma de calor, el cuerpo se deforma plásticamente y no recupera su forma (pliegues). Pero, cuando el medio es rígido como la litosfera, estas fuerzas superan la resistencia del material y se produce una fractura o falla que origina el desplazamiento brusco de grandes masas rocosas produciendo el terremoto o sismo.

Pág. 35

**SABER HACER**

**7** **a)** El penacho térmico coincidiría con el material caliente, rojo, bajo el rótulo de «Volcán».

**b)** Fría, se observa en color azul.

**c)** Rift africano/ Triángulo Afar.

Pág. 36

**8** Hacia el manto sublitosférico.

**9** Porque la subsidencia térmica es mayor, produciendo la ruptura de la placa y su subducción espontánea.

Pág. 37

**10** Se trata de rocas volcánicas originadas a partir de los magmas producidos por fusión parcial de la placa litosférica subducente. Estos magmas son generalmente de tipo intermedio, dando lugar a rocas de composición andesítica (lavas más ácidas y viscosas que el basalto) que provocan erupciones violentas. El nombre de andesita procede, precisamente, de los Andes.

**11** Porque el grosor y, por tanto, el peso y la resistencia que opone la litosfera continental es mucho mayor en el primer caso que en el segundo, en que la litosfera se encuentra mucho más adelgazada. Por otra parte, el prisma de acreción

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

formado en la costa pacífica de Suramérica es extenso, se desarrolla sobre la fosa oceánica, que no es muy profunda, tiene sus materiales fuertemente comprimidos y plegados en las proximidades de la placa continental. En el archipiélago japonés, los sedimentos son subducidos con facilidad y no se forma un prisma de acreción grande.

Pág. 38

**12** No. Como la litosfera continental es demasiado ligera para hundirse en el manto, la subducción se interrumpe tras la colisión continental, de manera que las dos litosferas continentales quedan incrustadas y cabalgadas una sobre otra.

**13** El fragmento de placa correspondiente a la primitiva placa Ibérica se desplazó como consecuencia de la tectónica de placas hasta su posición actual. La evidencia del choque de tipo obducción de dicho fragmento con la placa europea es el orógeno o Cordillera Pirenaica (Pirineos).

Pág. 41

**14** El mar Rojo corresponde a la fase B del ciclo de Wilson: extensión incipiente del fondo oceánico con apertura de un nuevo océano y gradual separación en dos bloques del primitivo continente.

El océano Atlántico representa una etapa de extensión avanzada del fondo oceánico (B).

La región de los Andes y la fosa de Perú representan la etapa de formación de zonas de subducción donde se consume litosfera oceánica (fase C).

La zona de los grandes lagos africanos es un claro ejemplo de la fase A, formación de rift y fragmentación continental.

Pág. 42

**15** El Himalaya sigue elevándose como respuesta a los mecanismos de compensación isostática explicados en el texto. Las imágenes del epígrafe 8.2 (página 42) ayudan a comprender el fenómeno y a elaborar la respuesta.

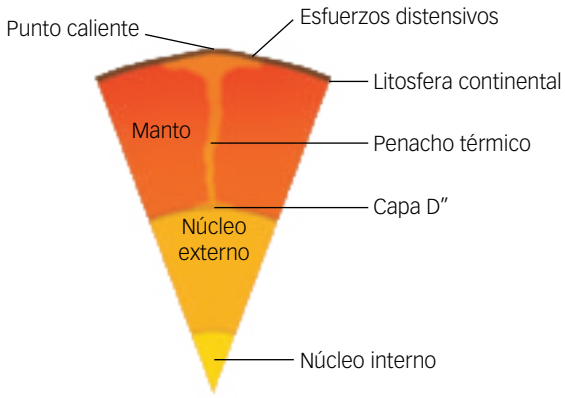
R. M. El máximo grosor o altura de la cordillera se alcanzó como consecuencia del choque de las placas de India y Asia. Debido a la altura que alcanza la cordillera, los agentes de la dinámica externa (agua, hielo fundamentalmente), favorecidos por fenómenos gravitatorios, van desmantelando el relieve, quitando peso al orógeno. Como respuesta, para mantener el equilibrio, este se va levantando, lo que reduce sus raíces.

**16** R. M. El equilibrio isostático también se produce en las zonas donde se depositan sedimentos, donde el aumento de peso produce una subsidencia o hundimiento del fondo marino; así, de manera aproximada, la profundidad de la cuenca sedimentaria se mantiene a medida que los sedimentos son enterrados, a veces alcanzando centenares de metros de espesor, hasta profundidades donde reinan temperaturas y presiones crecientes. De esta manera se produce la transformación de los sedimentos que los convierte en rocas sedimentarias.

Pág. 43

**EN RESUMEN**

**17**




Se observa un corte de la estructura interna de la Tierra que muestra desde dentro hacia fuera las siguientes capas: núcleo interno, núcleo externo, manto y litosfera continental. En el contacto entre el núcleo externo y el manto se encuentra la capa D" desde la que se desprende un penacho térmico que, atravesando el manto, llega hasta la base de la litosfera continental provocando una pequeña protuberancia. Dicha protuberancia provoca distensión en la superficie y efectos distensivos que, posiblemente, acabarán fracturando la litosfera continental dando origen a un punto caliente.

**18**

| | Oceánica-oceánica | Oceánica-continental | Continental-continental |
|---|---|---|---|
| **Estructura que se origina** | Fosa oceánica<br>Arco de islas volcánicas | Fosa oceánica<br>Arco de islas volcánicas<br>Cordillera volcánica | Orógenos de colisión |
| **Sismicidad** | Sí<br>(Focos hasta 700 km de profundidad) | Sí<br>(Focos hasta 700 km de profundidad) | Sí<br>(Focos hasta 300 km de profundidad) |
| **Vulcanismo** | Sí | Sí | Escaso y aislado |

Pág. 44

**PARA REPASAR**

**19** **a)** Por el desplazamiento de los continentes.

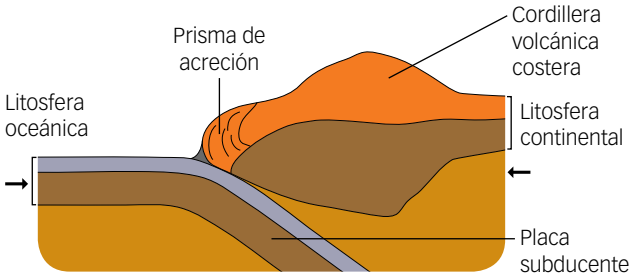
**b)** R. G. Inspirarse en el mapa esquemático de la página 30, «pruebas paleoclimáticas».

**c)** Sí, además de pruebas paleoclimáticas como la del ejemplo, existen evidencias geográficas, geológicas y paleontológicas (ver epígrafe 1 del libro del alumno).

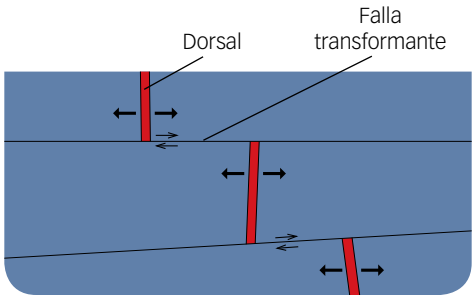
**20** Pacífica, Nazca y Cocos. También podría considerarse la Filipina, aunque técnicamente es mixta por poseer pequeñas islas.

**21** En ellas se genera la litosfera oceánica.

**22** R. M. A: se trata de un esquema de borde de placa destructivo en el que chocan una placa oceánica con una placa continental. Da lugar a la subducción de la primera, que provoca terremotos y fusión parcial de la placa que origina magmas que alcanzan la superficie generando volcanes. Asimismo, genera un prisma de acreción intensamente plegado, formado por los sedimentos acumulados en la fosa oceánica.



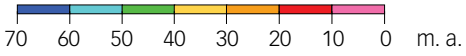

B: se trata del esquema de unas fallas transformantes que desplazan fragmentos de la dorsal submarina. El movimiento de cizalla se manifiesta en las zonas de las fallas transformantes situadas entre dos tramos de la dorsal oceánica.




**23** R. M. En el inicio de la formación planetaria, el choque de planetésimos que fue generando el protoplaneta produciría gran cantidad de calor que lo mantendría fundido. Se trata del calor inicial. Si no hubiera habido otros mecanismos, la Tierra se habría enfriado hasta convertirse en un cuerpo frío y rígido, pero existen otros mecanismos que mantienen el calor interno del planeta: la desintegración de átomos radiactivos y la cristalización del núcleo metálico.

**24** R. G.

**a)**




**b)** La edad máxima viene representada por las rocas de color azul claro de las que observamos pequeños afloramientos a ambos lados, junto a los continentes. Según la escala utilizada en el dibujo, estas rocas tendrían una edad de 60 a 50 m. a.

**c)** Las rocas más recientes, las de color rosa, correspondientes a la zona del rift-valley de la dorsal oceánica, se encuentran en el centro del esquema.

**d)** La apertura se inició en la zona en que se encuentran los afloramientos de rocas de color azul claro (60-50 m. a.). En los márgenes continentales adyacentes se encontrarán, previsiblemente, huellas del rifting como son fallas normales.

**25** En las zonas de subducción se producen magmas intermedios (composición andesítica) debido a las fusiones parciales de las placas continental y oceánica.
En las dorsales, los magmas proceden del manto y su composición es fundamentalmente basáltica.

**26** **a)** Una disminución.

**b)** Depende de la escala a la que consideremos el fenómeno. En relación con el ciclo de Wilson, en la primera etapa se observaría un abombamiento de la estructura y, por tanto, una elevación.

**c)** Como consecuencia de la misma se producirían esfuerzos distensivos que originan fracturas (fallas normales), dando origen a fosas tectónicas en las que la zona central está deprimida. En las etapas iniciales estas zonas están ocupadas por grandes lagos como sucede en el rift africano. La topografía de las dorsales oceánicas consiste en una cordillera, con relieve escalonado en cuyo centro se halla el rift-valley.

**d)** Finalmente la topografía, al adaptarse a la superficie esférica del planeta, sufre tensiones que dan origen a las fallas transformantes, que pueden alcanzar miles de kilómetros de longitud y constituyen los denominados bordes de placa pasivos.

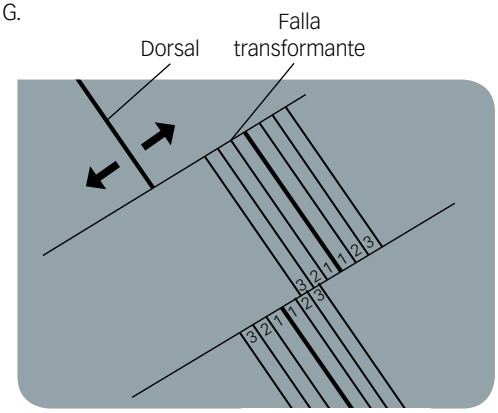
**27**

| | Litosfera continental | Litosfera oceánica |
|---|---|---|
| **Composición** | Rocas graníticas, sedimentarias, metamórficas y volcánicas | Basaltos y sedimentos |
| **Espesor medio** | 70-150 km | 30-50 km |
| **¿Puede subducir?** | No, en general (solo al inicio del choque entre dos placas continentales) | Sí |

Pág. 45

**PARA PROFUNDIZAR**

**28** R. G.




 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**29** El calor latente de fusión se libera cuando cierta masa de agua se transforma en hielo, es decir, cristaliza, sin cambiar su temperatura (ver epígrafe 6.2 en Unidad 1). Por ello, se supone que, en la discontinuidad de Lehman, la cristalización del hierro del núcleo externo, debido a las altas presiones allí reinantes, hace que este se decante hacia el interior, aumentando de tamaño al núcleo interno y produciendo grandes cantidades de calor.

**30** Las ondas sísmicas P y S aumentan su velocidad cuando atraviesan materiales más rígidos y fríos como es el caso de los materiales descritos.

**31** La evacuación del calor del manto es más efectiva a través de los volcanes, aportando gases a la atmósfera o a los fondos marinos; por tanto, es más eficaz en la dorsal. Por otra parte, la convección en el manto transporta el calor hasta las zonas superficiales. En las zonas de subducción, aunque también se generan volcanes, es mayor el aporte de materia fría al manto, procedente de la litosfera oceánica.

**32** En la figura del epígrafe 2.2. del libro del alumno se explica que, a medida que la placa oceánica se aleja de la dorsal, se hace más densa y se produce subsidencia térmica. Aparecen fracturas en la zona de contacto entre las litosferas oceánica y la continental. La litosfera oceánica se separa de la continental y comienza a subducir en el manto. Su peso tira de ella, acelerando el movimiento de la placa, proceso que, una vez iniciado, se acelera a sí mismo, ya que la litosfera que subduce se ve sometida a una presión creciente, lo que la comprime, aumentando su densidad y acelerando el hundimiento. Como consecuencia se produce un «tirón» que propicia la expansión de la dorsal y del fondo oceánico.

**33** La lava expulsada por las dorsales procede del manto sublitosférico, cuya temperatura está próxima a los 1 000 ºC (ver figura del epígrafe 6.2, en Unidad 1). Como es sabido, las dorsales constituyen bordes de placa constructivos, donde se producen erupciones que constituyen la nueva litosfera oceánica. La lava expulsada por los volcanes de los orógenos volcánicos está a una temperatura menor pues procede de magmas originados por alguno de los siguientes procesos:

– La deshidratación de los sedimentos arrastrados por la placa subducente.

– La fusión parcial de esta placa fría, que se hunde en el manto.

– La fusión parcial de la litosfera continental a través de la que ascienden.

Es por ello que la composición de estos magmas se dice que es de tipo intermedio (andesitas), si bien en el texto, para simplificar, se indica que tienen una composición parecida a la del granito. En cuanto a su edad, los procesos descritos pueden durar millones de años.

**34** R. L. Por ejemplo, a partir del resumen del texto: «El reajuste isostático consiste en que la litosfera se hunde cuando soporta una carga, y se levanta cuando esa carga disminuye».

**35** **a)** y **b)** R. M. Las frecuencias de área indican que hay dos elevaciones de referencia; una, la elevación media de los continentes (700-800 m s.n.m.), y la otra, la de los océanos (−4 500 m). Estos dos dominios topográficos sugieren dos tipos de corteza, continental y oceánica, lo que encaja en el modelo de la tectónica de placas. Si la corteza fuera uniforme, y no hubiera tectónica activa, con el tiempo la erosión eliminaría el pico superior que tendería a hacerse llano (peneplanización), mientras que la sedimentación eliminaría el pico inferior rellenando las cuencas. Es decir, los dos picos se acercarían gradualmente fundiéndose, finalmente, en uno solo cerca del nivel del mar.

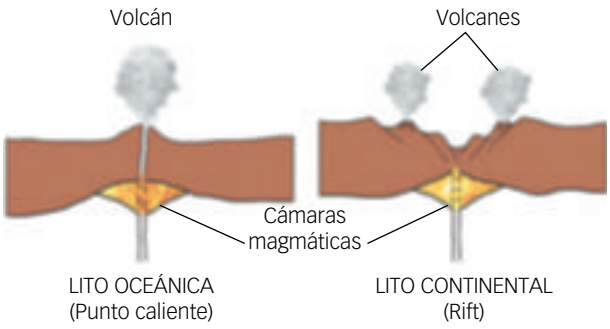
**c)** No hubo diferenciación de corteza porque no se desarrollaron océanos.

**36** R. G. La superficie o plano de Benioff pone en evidencia la existencia de la subducción de la placa oceánica bajo la continental. La litosfera subduce o se hunde formando un plano inclinado que corta la superficie, siguiendo un arco marcado por la presencia de una fosa oceánica. Donde la placa roza con la litosfera opuesta, se producen terremotos de manera regular, cuyos focos quedan proyectados en el mapa en el lado interno o cóncavo del arco marcado por la fosa, es decir, la línea de subducción.

El dibujo de la estructura geológica ha de ser similar al esquema de la página 37 (epígrafe 5).

**37** En una delgada, menos resistente y más deformable.

**38** R. G.




En la litosfera oceánica (A) puede emplazarse un penacho que da lugar a un punto caliente (puntual) o también pueden originarse rifts oceánicos (no se contempla en los ejemplos). En la litosfera continental (B) gruesa, fría y rígida, al ser empujada desde abajo por el penacho, esta comienza a abombarse y se produce una distensión que origina fracturación: un conjunto de fallas normales que forman parte de la consiguiente fosa tectónica. El magma se abre paso con dificultad a través de las fracturas.

Pág. 47

**CIENCIA EN TU VIDA**

**39** R. M. En general, modelos para predecir la ocurrencia de riesgos de origen geológico: distribución y frecuencia de terremotos y tsunamis, monitorización de volcanes para predecir erupciones, modelos de gestión para valorar riesgo de inundaciones, etc.

**40** R. M. Al reproducir las condiciones de presión y temperatura que experimenta un material a diferentes profundidades en el interior de la Tierra, se aporta información sobre su comportamiento, cambios de estructura, transformaciones, etc. Con la toma de un número elevado de datos se pueden elaborar modelos matemáticos digitales del estado físico y comportamiento de las diferentes capas internas de la Tierra.

**41** R. M. Puesto que la velocidad de las ondas sísmicas se incrementa al atravesar materiales rígidos, una disminución de velocidad o frenado indicará que los materiales son menos rígidos. Columnas de material caliente y plástico, como las que constituyen los penachos térmicos, son compatibles con una disminución en la velocidad de las ondas sísmicas.

**42** La imagen de la página 33 representa datos reales (diferencias en las velocidades de las ondas sísmicas) aunque los colores sean falsos o arbitrarios, mientras que el modelo numérico proporciona imágenes basadas en elaboraciones más o menos sofisticadas de datos reales (aplicando cálculos, algoritmos, extrapolaciones, etc.).

**43** A 600-700 km de profundidad se encuentra la discontinuidad de Repetti que separa el manto superior, capaz de fluir, del manto inferior sólido.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Introducción y recursos** . . . . . **99**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 100
- Previsión de dificultades . . . . . 101
- Esquema conceptual . . . . . 101
- Te recomendamos . . . . . 102

**Enseñanza individualizada** . . . . . **105**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 106
    - Ficha 1. Confección de un cuadro resumen con las características texturales de rocas magmáticas . . . . . 106
    - Ficha 2. Planteamiento de medidas preventivas para riesgos volcánicos . . 107
  - Trabaja con imágenes . . . . . 108
    - Ficha 3. La estructura de los silicatos . . . . . 108
    - Ficha 4. Los edificios volcánicos. . . . . 109
  - Trabajos de aula . . . . . 110
    - Ficha 5. Emplazamiento de rocas magmáticas intrusivas . . . . . 110
    - Ficha 6. Minerales más abundantes de la corteza terrestre . . . . . 111
    - Ficha 7. Los silicatos ferromagnesianos. . . . . 112
    - Ficha 8. Los silicatos no ferromagnesianos . . . . . 113
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 114
    - Ficha 9. ¿Los volcanes calientan o enfrían el clima? . . . . . 114
    - Ficha 10. ¿Constituyen los volcanes una fuente de recursos para la humanidad? . . . . . 116

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **117**

- Autoevaluación . . . . . 119
- Evaluación de contenidos . . . . . 120
  - Controles . . . . . 120
    - Control B . . . . . 120
    - Control A . . . . . 122
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 124
- Evaluación por competencias . . . . . 128
  - Prueba . . . . . 128
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 130

**Solucionario** . . . . . **133**

# Introducción y recursos

# LOS PROCESOS GEOLÓGICOS INTERNOS. EL MAGMATISMO

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

A escala planetaria, el calor de origen interno es responsable de la dinámica litosférica y de la presencia de penachos térmicos que ascienden desde zonas profundas del manto. En el seno de dorsales y orógenos, a escalas de decenas a cientos de kilómetros, los esfuerzos tectónicos generan deformaciones como los pliegues y fracturas ya estudiados. Asimismo, las rocas sufren grandes transformaciones que van desde los cambios originados por el metamorfismo, hasta su fusión, dando origen a los magmas. Magmatismo y metamorfismo dan lugar a una gran variedad de rocas.

La impresionante actividad magmática es puntualmente observable en superficie, a través de la actividad volcánica. Los volcanes, junto con los terremotos, ponen en evidencia la extraordinaria energía liberada por el calor interno del planeta constituyendo, en ocasiones, importantes riesgos para las personas, sus propiedades o intereses. En España, dicho riesgo se localiza en las islas Canarias.

En los magmas se desarrollan complejos procesos físico-químicos y mineralógicos controlados por factores geológicos relacionados con su emplazamiento en relación con los límites de las placas litosféricas o con los fenómenos intraplaca. Dichos factores están controlados, en última instancia, por diversas variables como son presión, temperatura, contenido en agua y composición de las rocas. Las combinaciones de este conjunto de variables, junto con el tiempo que determina la velocidad a la que se producen determinados sucesos, son los responsables de la gran diversidad de rocas endógenas (magmáticas y metamórficas) y de la génesis de importantes yacimientos minerales.

En la presente unidad se estudian los diferentes tipos de rocas magmáticas y los silicatos como principales minerales formadores de rocas.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Composición mineralógica de las principales rocas de la Tierra.<br>• Formación de los magmas.<br>• Estructuras provocadas por los magmas.<br>• Clasificación y diversidad de las rocas magmáticas.<br>• Uso del microscopio petrográfico.<br>• Riesgos originados por la actividad volcánica. |
| SABER HACER | • Identificar rocas magmáticas de visu y con el microscopio petrográfico. |
| SABER SER | • Valorar los riesgos derivados de la energía interna del planeta y la importancia de las ciencias geológicas para su predicción y previsión, así como la necesidad de aplicar medidas de defensa racionales frente las catástrofes.<br>• Reconocer la importancia de rocas y minerales como recursos naturales imprescindibles para el desarrollo de las sociedades.<br>• Valorar la geología como ciencia imprescindible para interpretar la historia y naturaleza de nuestro planeta, la localización de los recursos minerales y el conocimiento de las propiedades de estos para su uso tecnológico. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

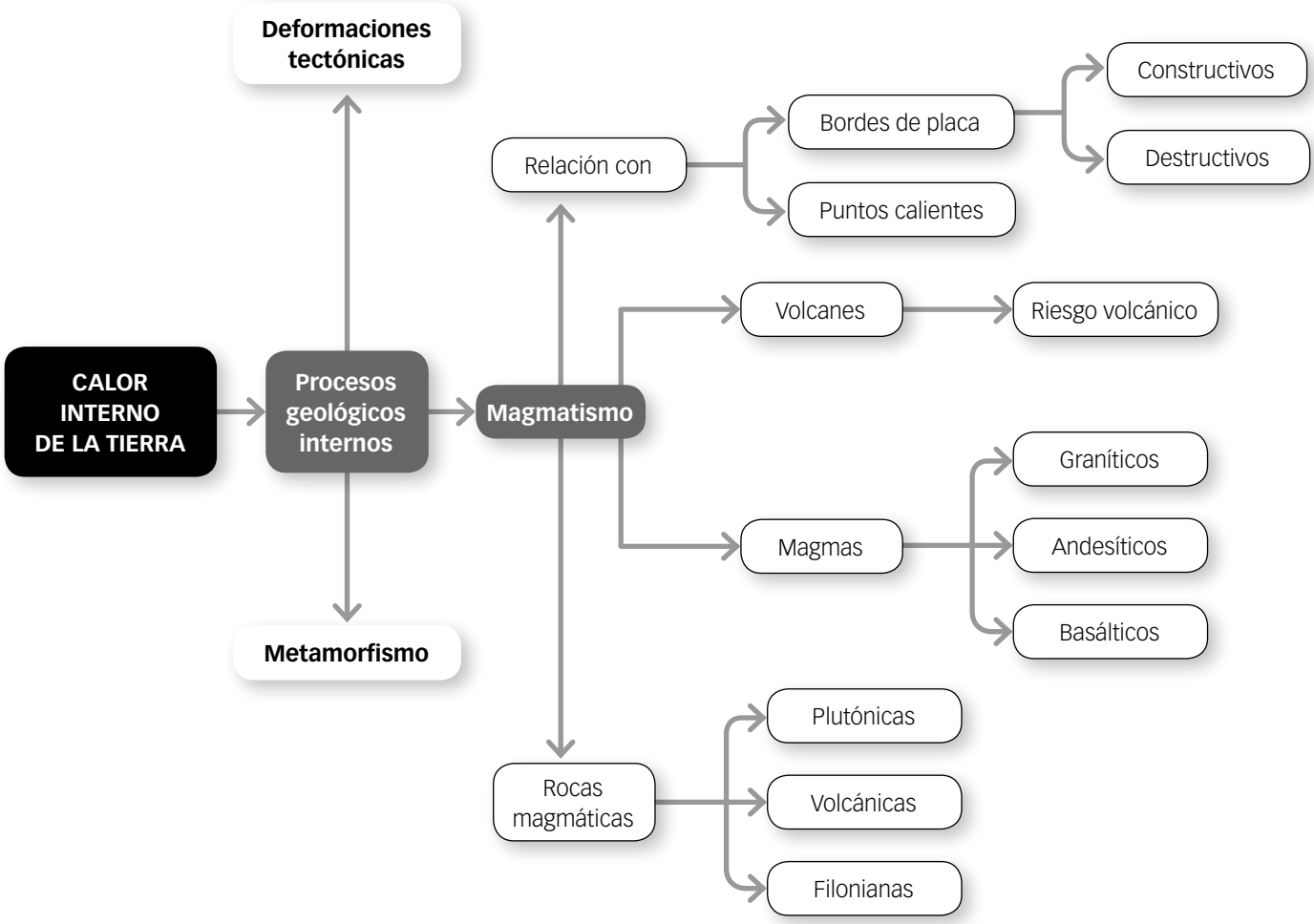
Esta unidad presenta dificultades comunes a las del resto de la materia como son el complejo y, en muchos casos, novedoso vocabulario relativo a los procesos magmáticos. Por otra parte, durante la ESO, los estudiantes apenas han abordado los conceptos relacionados con la físico-química del magmatismo (variables de presión, temperatura, relaciones entre puntos de fusión y cristalización, etc.), su evolución en el tiempo (fases de consolidación magmática) y la relación de dichos aspectos con el tipo de emplazamiento en relación a la dinámica litosférica. Es decir, en este tema deben adquirir una visión más dinámica y global, a la vez que pormenorizada a nivel físico-químico, de los fenómenos magmáticos y la interpretación de diagramas.

En lo que se refiere a la clasificación teórica y reconocimiento práctico de rocas magmáticas, pueden tener dificultades de diversa índole como son: comprender los criterios de clasificación en base al porcentaje de minerales, la amplia variedad de rocas resultantes y las diferencias entre rocas que, teniendo igual composición mineralógica, poseen diferente textura en función del emplazamiento y evolución del magma.

Interpretar y describir las texturas de las rocas ígneas no es tarea fácil, y requiere entrenamiento; a tal fin se recomienda visionar cuantos más ejemplares posibles de roca fresca de visu, muestras de rocas pulidas como las que se observan en las fachadas de las ciudades (se pueden obtener por medio de «marmolistas») y proyectar láminas delgadas de las mismas en caso de que no se posea un microscopio petrográfico o suficientes láminas delgadas. En cualquier caso, el manejo del microscopio petrográfico y la identificación de rocas es una técnica compleja.

Conviene que el profesorado haga hincapié en que la nomenclatura utilizada para clasificar los magmas y sus tipos de rocas resultantes (ácidas, básicas) no responde al criterio químico de ácido o base, sino a una tradición que tuvo su origen en asignar el término «ácido» a aquellos magmas ricos en cuarzo y «básicos» a los contrarios.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**
Organismo público de investigación científica y técnica, sede del Museo Geominero, con sus importantes colecciones de rocas, minerales y fósiles y sus programas públicos (didácticos y exposiciones temporales). Desde su web pueden explorarse gran cantidad de servicios *on-line* y recursos didácticos descargables de forma gratuita, por ejemplo: vídeos didácticos como *Gea y la formación de las rocas* o *Gea y el ámbar*, así como una guía en PDF de un itinerario de rocas utilizadas en la ornamentación de fachadas en una zona de Madrid (generalizable a otras localidades), juegos geológicos (trivial); materiales para preparar las visitas al museo, y consultas de guías de colecciones minerales, entre otros recursos y enlaces. Destaca su fondo de cartografía geocientífica de todo el territorio español (mapas geológicos, geofísicos, de recursos, impactos ambientales, etc.) a diversas escalas; muchos pueden descargarse gratuitamente. Recomendamos, especialmente, el Mapa Geológico de España (1:1.000.000), herramienta básica para el aula de Geología.
Palabras clave*: IGME instituto geológico minero España.*

**Recursos para la enseñanza de la geología**
Mediateca educativa del Ministerio de Educación con diversos enlaces de recursos para la enseñanza de la geología para profesorado y alumnado. Además de bibliografía, prensa, catálogos o cursos, ofrece animaciones y videoclips sobre diversos procesos geológicos y sus riesgos asociados (terremotos, volcanes, deslizamientos), acompañados de abundante material explicativo.
Palabras clave: *recursostic recursos geología INTEF.*

**Universidad Complutense de Madrid**
Destacamos su web, que contiene mucha información sobre los tipos de rocas, así como una buena colección de fotografías.
Palabras clave: *universidad complutense madrid UCM rocas minerales.*

**Riesgos geológicos**
El Gobierno de España mantiene diferentes webs que informan a la ciudadanía de los riesgos derivados de fenómenos naturales. Aportan información de cada tipo de riesgo por provincias y una serie de consejos generales.
Palabras clave: *inforiesgos protección civil.*

**Titulares de noticias sobre fenómenos naturales**
Sitio para encontrar información actualizada acerca de volcanes, tornados, calentamiento global, tormentas solares, tsunamis, etc., en todo el mundo.
Palabras clave: *alertatierra*.

**Riesgo volcánico**
Los Ministerios de Fomento e Interior mantienen varias webs sobre el riesgo volcánico, algunas generalistas y otras específicas para Canarias. A nivel escolar se recomienda el programa *on-line* con guía didáctica para el profesorado editado por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior en 2004, que contiene información exhaustiva sobre aspectos relacionados con el riesgo volcánico como son la vigilancia de volcanes y otras informaciones sobre predicción, prevención y medidas de emergencia frente a este tipo de riesgo.
Palabras clave: *riesgo volcánico españa ministerio fomento.*

### APP PARA TABLETAS y SMARTPHONES

**mVPM for minerals and rocks** (Android). Microscopio petrográfico virtual que permite examinar minerales y rocas en lámina delgada. Facilita la clasificación de rocas volcánicas y plutónicas y más de 200 especies minerales comunes.

**Petrography Help It** (Android). Herramienta para principiantes en el estudio de las rocas y sus texturas en lámina delgada a través del microscopio de luz polarizada.

**Petrologic** (Android). Contiene descripción de 36 rocas ígneas, 29 metamórficas y 24 sedimentarias. Cada una incluye: 4 fotos, composición química, textura, mineralogía, génesis, distribución, propiedades físicas y mecánicas y algunos usos económicos.

**Volcanes-Mapa, Información** (Android). Muestra la distribución de más de 2000 volcanes activos en todo el mundo y su actividad en la última semana y otras informaciones complementarias.

**Disaster Alert** (Android). Informa sobre peligros naturales a nivel mundial en forma interactiva.

## LIBROS Y REVISTAS

***Pero... ¿hay rocas en la calle?***
**Leonor Carrillo y Josep Gisbert.** Ed. Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, 1993.
Guía de rocas ornamentales y dos cuadernos didácticos dirigidos al profesorado y al alumnado. La guía contiene una descripción petrográfica detallada, y fotografías a todo color de 34 tipos de rocas empleadas en ornamentación: magmáticas, metamórficas y sedimentarias, procedentes de todo el mundo, así como explicaciones complementarias sobre características texturales, contenido fósil, etc. Obra básica para planificar recorridos urbanos de reconocimiento de rocas. Aunque los itinerarios propuestos se circunscriben a Zaragoza capital, la guía tiene validez para cualquier localidad española dado que las redes comerciales suministran los mismos tipos en todo el territorio español.

***Atlas de las rocas ígneas y sus texturas***
**W. S. MacKenzie; C. H. Donaldson y C. Guilford.**
Editorial Masson, 1996.
Manual clásico sobre texturas al microscopio petrográfico de rocas ígneas profusamente ilustrado a todo color.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

***Los volcanes y los hombres***
**Philippe Bourseiller.** Editorial Lunwerg, 2001.
El autor comenta diferentes creencias que la actividad volcánica ha suscitado entre los humanos.

***Guía ciudadana de los riesgos geológicos***
The American Institute of Professional Geologists, Editorial ICOG, 1997.
Adaptación para España de la guía para comprender los riesgos geológicos, incluyendo suelos expansivos, asbestos, radón, terremotos, volcanes, deslizamientos, subsidencia, inundaciones y riesgos costeros.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***Planeta Tierra: Una máquina viva*** (vol. 1). Suevia Film.
Científicos de reconocido prestigio comentan el movimiento y el efecto sobre la superficie terrestre de las placas litosféricas.

***Un pueblo llamado Dante's Peak*** (1997)
Película de largometraje ligeramente inspirada en las erupciones del Monte St. Helens (1980) y Pinatubo (1991). El pico de Dante (localidad ficticia), un gran volcán en el occidente de EE. UU., va a entrar en erupción y solo un grupo de vulcanólogos (que descubren signos precursores de la evidencia de una erupción catastrófica) y la alcaldesa pueden advertir a la gente del desastre y enfrentarse a una evacuación de extrema urgencia.

***Hijos de la montaña de plata.*** Siddhartha Films, 2006.
Documental de dos horas de duración rodado en Bolivia. Comenta la explotación minera de Cerro Rico, sus movimientos cooperativistas, la venta del mineral y la repercusión económico-social.

***2012*** (2009)
El fin del mundo predicho por los mayas ha llegado. El planeta se agrieta, los polos se magnetizan, el centro de la Tierra aflora creando supervolcanes, los mares sucumben ante la ferocidad de la naturaleza…, pero siempre está el hombre. El animal con raciocinio que rompe, arregla y siempre le encuentra la vuelta para sobrevivir. Plagada de errores conceptuales a nivel científico, está bien realizada y gusta mucho a los estudiantes.

***Las Rocas: Documental completo.***
Ciencias Educativas, S. A., 2013.
Documental de National Geographic de 43 minutos de duración que aborda los diferentes tipos de rocas y su tratamiento científico e industrial con diversos fines.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

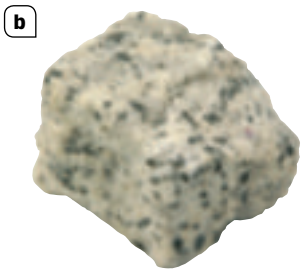
*Profundización*

# Confección de un cuadro resumen con las características texturales de rocas magmáticas

Observa las siguientes imágenes de rocas magmáticas con detenimiento. Contesta a las siguientes cuestiones que se plantean sobre las mismas.

a) Realiza una descripción de la textura que observas en dichas rocas y deduce a qué grupo o grupos de rocas pertenecen.

b) Realiza una hipótesis sobre la génesis posible de los dos tipos de rocas que observas.




Se trata de que clasifiques las rocas en función de la textura que tengan. Recuerda que la textura de una roca depende del tamaño, la forma y la relación que hay entre los cristales constituyentes.

En el enunciado se indica que son dos especímenes de rocas magmáticas. Debes clasificar cada una en el grupo al que pertenecen; es decir, tienes que indicar si se trata de una roca volcánica, filoniana o plutónica en la medida que sea posible.

En las rocas magmáticas es necesario conocer su textura y su composición mineralógica para evitar errores en la clasificación, pero hay que tener en cuenta que una misma roca puede presentar distintas texturas. Es importante conocer las características y el nombre de cada tipo de textura. Si realizas un cuadro como el siguiente, te resultará más sencillo identificar las texturas de las rocas dadas.

En la primera roca se puede observar que no tiene cristales apreciables a simple vista, presenta vacuolas o burbujas que determinan una textura vacuolar que solo está presente en las rocas volcánicas. Esto es lo que ocurre con la roca pumita, a. Como todas las rocas volcánicas, el enfriamiento del magma es muy rápido, lo que no permite que los átomos se coloquen ordenadamente en el espacio formando estructuras cristalinas.

La segunda roca, b, está formada completamente por cristales. Todos los minerales constituyentes han cristalizado. El tamaño de los cristales es semejante entre sí y pueden ser observados a simple vista. Se trata de una textura cristalina o fanerítica típica. En este otro caso, debes clasificar la roca en el grupo de las plutónicas. El ejemplo que se ilustra es el granito. En este caso, el magma se ha enfriado muy lentamente, los átomos de los minerales constituyentes han podido colocarse de forma ordenada en el espacio construyendo estructuras cristalinas.

| Textura | Tipo de rocas | Características |
|---|---|---|
| Vítrea o afanítica | Volcánicas y filonianas | No se aprecian cristales, ni a simple vista ni al microscopio. La roca es una masa de vidrio volcánico. |
| Microcristalina | Volcánicas | Los cristales no se aprecian a simple vista, son de un tamaño muy pequeño. Sí se ven al microscopio petrográfico. |
| Vacuolar | Volcánicas | La roca presenta burbujas, apreciables a simple vista o al microscopio. |
| Cristalina o fanerítica | Plutónicas | La roca está formada por cristales que se ven a simple vista. |
| Porfídica | Plutónicas, volcánicas y filonianas | Con una matriz de vidrio o cristales pequeños, en la que hay dispersos cristales de mayor tamaño, llamados fenocristales. |

## PRACTICA

**1** ¿Cuáles son las principales diferencias entre las rocas volcánicas y las plutónicas?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Planteamiento de medidas preventivas para riesgos volcánicos

Lee con detenimiento la siguiente información sobre los volcanes Santa María y Santiaguito y contesta las preguntas relacionadas con el texto.

> «Santa María es un estratovolcán que pertenece al complejo volcánico de Santa María-Santiaguito en el departamento de Quetzaltenango, en Guatemala. Forma parte de la sierra Madre, que es un relieve montañoso volcánico que está relacionado con actividad tectónica de la zona. Este complejo es considerado hoy en día como uno de los más peligrosos del mundo.
>
> Existen registros históricos para ambos volcanes del complejo con actividad peleana. En el periodo 1902-1903 el volcán Santa María manifestó una actividad volcánica intensa y el Santiaguito estuvo activo intermitentemente, entre los años 1922 y 2000. La erupción en 1983 del volcán Santiaguito coincidió con la época de lluvias, los destrozos materiales fueron cuantiosos y hubo que evacuar a más de 244 familias de las poblaciones de los alrededores. En los años 1988 y 1993 se formaron flujos laháricos que produjeron daños severos, especialmente en infraestructuras de comunicación».

a) Justifica la actividad volcánica del complejo y caracteriza el tipo de actividad que se menciona en el texto.

b) Los lahares producen normalmente devastaciones y, en muchas ocasiones, la muerte a los habitantes que viven en las proximidades. Diseña un plan de medidas para minimizar el efecto de dichos flujos.

Para contestar correctamente a la primera pregunta debes fijarte en la información que hace referencia al lugar geográfico donde se encuentra el complejo volcánico y relacionarlo con la tectónica de placas. Por otro lado, la actividad volcánica que tendrás que definir es la actividad peleana que se menciona en el texto. Respecto a la segunda cuestión, debes conocer el significado del término *lahar* para poder diseñar un conjunto de medidas preventivas que minimicen su efecto como riesgo.

1. Guatemala se encuentra en la zona de fracturas debido al movimiento relativo de dos placas litosféricas pequeñas, lo que explica la actividad volcánica de la zona. Las placas de Cocos y de las Antillas producen fracturas en la zona de fricción que permite disminuir la presión tectónica facilitando el ascenso de magma hacia la superficie y provocando actividad volcánica.
2. Dado que el riesgo volcánico siempre es bajo desde un punto de vista antropocentrista, se trata de que diseñes un plan en el que se minimicen, en la medida que sea posible, los efectos devastadores que tiene una actividad volcánica en general sobre las personas y su salud, así como sobre sus bienes.

   **a)** Medidas relacionadas con la actividad del volcán.
   - Observar constantemente si hay cambios en: actividad sísmica, deformación del terreno, liberación de gases, temperatura, etc.
   - Reflejar el historial de erupciones volcánicas.
   - Realizar un mapa de riesgos sísmicos atendiendo a la topografía del volcán, a la topografía de la zona y a la ubicación geográfica de las poblaciones, zonas agrícolas, actividades industriales, etc.

   **b)** Medidas relacionadas con la formación de lahares.
   - Desarrollo de un plan de evacuación de la población.
   - Mapa de riesgos de lahares. Evaluación de los posibles daños e identificación de las poblaciones y bienes materiales que estén en peligro.
   - Estudio meteorológico de la zona.
   - Desarrollo y aplicación de un plan de educación para la población y los responsables políticos.

Todo ello tendría como objetivos determinar las zonas donde hay un mayor riesgo para evitar que se desarrollen actividades humanas de cualquier tipo (asentamientos de población, agricultura, etc.) y la mayor concienciación de la gravedad del problema.

## PRACTICA

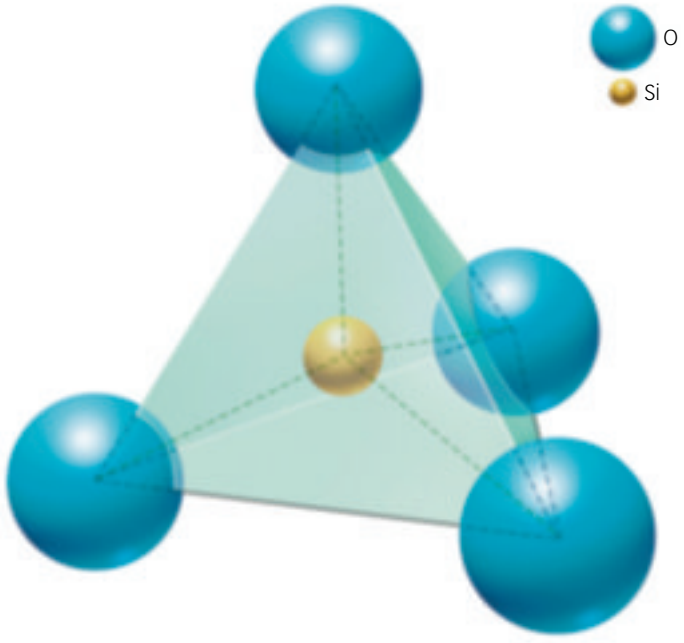
**1** Las islas Canarias tienen riesgos volcánicos relacionados con derrumbamientos y colapsos de estructuras basales. Realiza una lista de riesgos volcánicos y diseña un plan de medidas preventivas.

**2** El volcán Teneguía, de la isla de La Palma, en las islas Canarias, entró en actividad estromboliana por última vez en 1971 durante un mes.

a) Caracteriza el tipo de actividad volcánica.

b) ¿Qué debe reflejar un plan de evacuación de la población para este caso específico?

# La estructura de los silicatos




## ACTIVIDADES

**1** La imagen adjunta representa el tetraedro básico de la estructura de los silicatos. A partir del mismo realiza las siguientes tareas:

a) Justifica que el ion silicato se represente como $SiO_4^{-4}$.

b) El olivino es un silicato formado por tetraedros aislados como el de la figura, cuyas cargas libres se combinan con hierro ($Fe^{+2}$) y/o magnesio ($Mg^{+2}$). Escribe las fórmulas posibles del olivino.

c) Las estructuras de los silicatos se van complicando, y el número de cargas libres disponibles para coordinarse con otros elementos químicos como el sodio, calcio, etc., varía de unos grupos a otros. Según sea la coordinación entre tetraedros, encontramos hasta seis grupos de silicatos diferentes. Dibuja el aspecto que tendría el ion formado por dos tetraedros como el de la figura (perteneciente al grupo de los «sorosilicatos»), unidos por uno de sus vértices, e indica la fórmula del ion resultante.

d) Los piroxenos, minerales abundantes en las rocas ígneas, pertenecen al grupo de silicatos denominados «inosilicatos», caracterizados por constituir cadenas de tetraedros de longitud indeterminada, que comparten dos de sus vértices.

Representa una cadena de 4 tetraedros y, a partir de la misma, deduce la fórmula que caracteriza a los inosilicatos. Teniendo en cuenta que todos los tetraedros comparten con sus vecinos el mismo número de átomos, uno solo de los tetraedros representados te servirá como modelo para realizar la tarea propuesta.

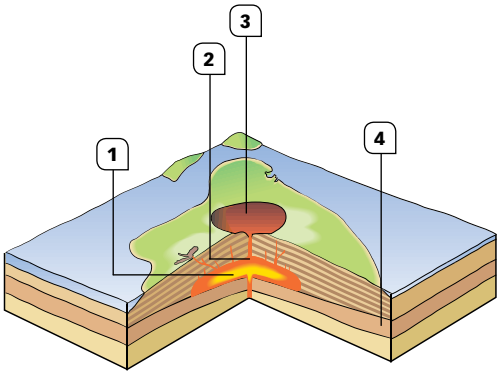
e) Las micas pertenecen al grupo de los «filosilicatos» cuyos tetraedros se agrupan tridimensionalmente según capas (u hojas, de ahí la denominación «filo») paralelas, compartiendo los tres átomos de oxígeno de su base. Esta disposición espacial imprime en las micas su característico hábito planar y su capacidad para exfoliarse o separarse en láminas planas, muy delgadas.

Escribe la fórmula característica de los iones pertenecientes al grupo de los filosilicatos, teniendo en cuenta que los subíndices no pueden ser números fraccionarios y deben ser siempre enteros.

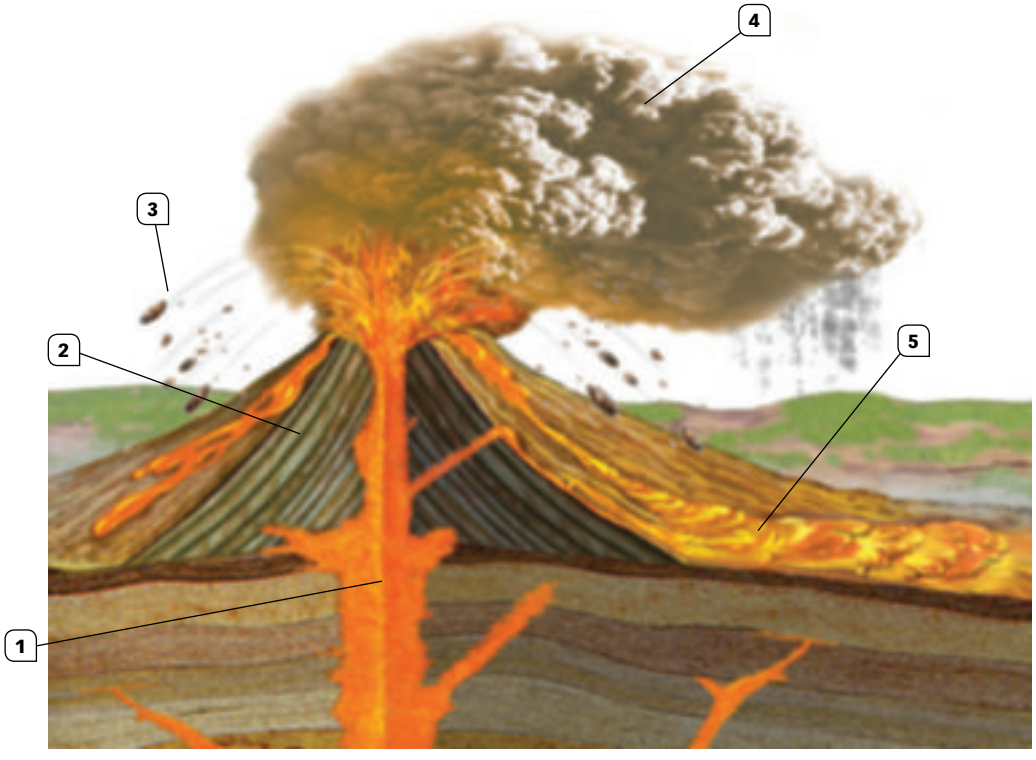
f) El cuarzo, cuya fórmula mineral es $SiO_2$, es el único silicato en que el porcentaje de silicio y de oxígeno en el mineral es del 100 %, es decir, en sus redes no tienen cabidas los cationes metálicos. ¿Cómo explicarías este hecho?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Los edificios volcánicos




escala 0,5 cm = 1 km




escala 0,5 cm = 100 m

## ACTIVIDADES

**1** Escribe los textos que corresponden a cada número sobre las partes y los productos volcánicos emitidos por los volcanes adjuntos.

**2** ¿Cuáles son las principales diferencias que detectas entre ambos?

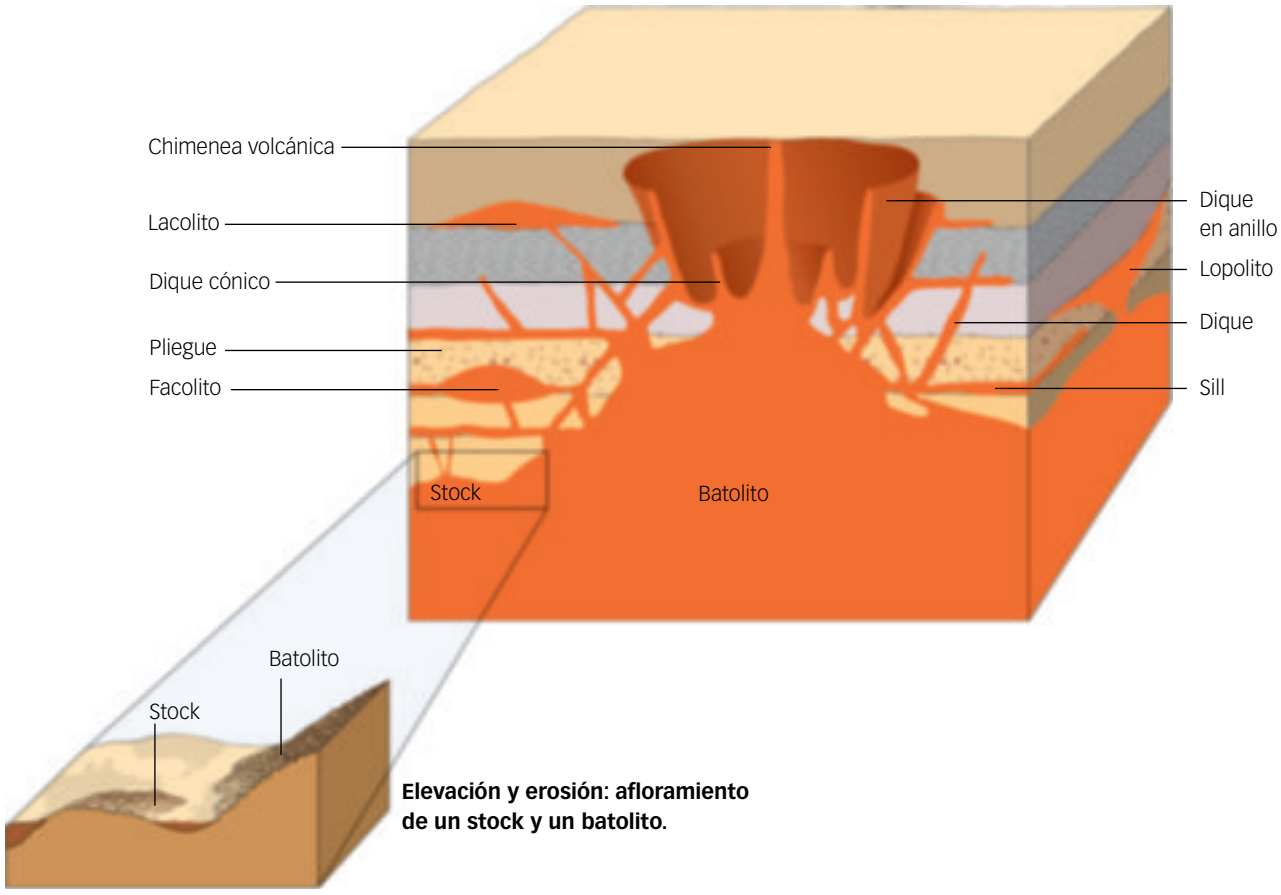
**3** Describe el tipo de actividad que caracteriza a cada uno de ellos.

**4** ¿Qué tipo de actividad te parece más peligrosa para las personas? Justifica tu respuesta.

# Emplazamiento de rocas magmáticas intrusivas

Las rocas plutónicas proceden de la cristalización de magmas de cierta profundidad en el interior de la Tierra. Cuando un magma pierde movilidad al ascender a través de la corteza, se emplaza y solidifica lentamente entre rocas preexistentes, se habla de una intrusión.

Las rocas formadas de este modo se denominan genéricamente plutones. En general, cada plutón constituye un cuerpo rocoso que se ha formado por la cristalización de un único magma. Sin embargo, muchas veces las rocas plutónicas intruyen las unas en las otras. En los cuerpos de mayor tamaño y complejidad composicional resulta fácil imaginar que más de un magma debe haberse visto implicado en su formación. Los plutones pueden aparecer en una gran variedad de formas y tamaños.




**Elevación y erosión: afloramiento de un stock y un batolito.**

**Emplazamiento de las rocas ígneas intrusivas.**

## ACTIVIDADES

**1** ¿En qué se diferencia un plutón discordante de otro concordante?

**2** ¿Qué diferencia hay entre un lopolito, un lacolito y un facolito?

**3** Aparte de rocas intrusivas, ¿qué podemos encontrar en los diques?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Minerales más abundantes de la corteza terrestre

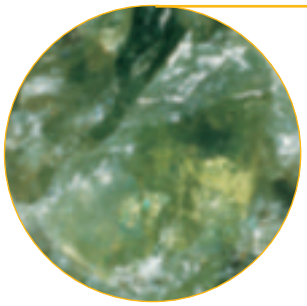
| Grupo o clase química | | Mineral representativo | Tipo/origen más probable* | Densidad media kg/m$^{-3}$ | Dureza | Sistema cristalino | Símbolo | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elementos nativos | Metales | Cobre nativo | Y | 8 800 | 2,5-3 | Cúbico | Cu | Elementos que se encuentran en la naturaleza sin combinar químicamente con otros. Son muy escasos, aunque en algunos lugares se encuentran en concentraciones importantes. |
| | | Oro | Y | 17 500 | 2,5-3 | Cúbico | Au | |
| | No metales | Azufre nativo | Y | 2 050 | 1,5-2,5 | Rómbico | S | |
| | | Diamante | Y | 3 500 | 10 | Cúbico | C | |
| **Compuestos** | **Descripción** | | | | | | **Fórmula** | |
| Sulfuros y compuestos afines | Combinaciones sin oxígeno de metales y metaloides con S, As, Sb, Bi, Se y Te | Galena | Y | 7 500 | 2,5 | Cúbico | PbS | Económicamente son muy importantes, ya que entre estos minerales se hallan las menas metálicas más útiles: galena (mena de Pb), blenda (mena de Zn), pirita (mena de Fe), niquelina (mena de Ni), etc. |
| | | Esfalerita | Y, M | 4 000 | 3,5-4 | Cúbico | ZnS | |
| | | Pirita | Y, M | 5 000 | 5,5-6,5 | Cúbico | $FeS_2$ | |
| | | Niquelina | Y, I | 7 750 | | Hexagonal | NiAs | |
| Halogenuros | Combinaciones de un halógeno con un metal, a veces incorporando agua | Halita | S | 2 200 | 2,5 | Cúbico | NaCl | En su mayoría son de composición química sencilla, casi siempre son solubles en agua. Se forman por cristalización en mares o lagos de aguas saladas o como productos de sublimación de los volcanes. La fluorita se halla, por lo general, en cantidades explotables en filones hidrotermales de alta y baja temperatura (*T*). |
| | | Silvita | S | 2 000 | 2 | Cúbico | KCl | |
| | | Fluorita | S, Y, A | 3 180 | 4 | Cúbico | $CaF_2$ | |
| Óxidos e hidróxidos | Metales combinados con oxígeno (O) o grupos hidroxilo ($OH^-$) | Oligisto | S, A | 5 300 | 5-6 | Romboédrico | $Fe_2O_3$ | Esta clase agrupa a un gran número de minerales con pocas características comunes. Junto con los sulfuros incluyen las menas metálicas más importantes. Como menas de Fe destacan la magnetita y el oligisto. |
| | | Magnetita | A, I, M, S | 5 200 | 5,5-6,5 | Cúbico | $Fe_3O_4$ | |
| | | Goetita | S | 3 800 | 5-5,5 | Rómbico | FeO·OH | |
| Carbonatos y boratos | Oxisales con el oxígeno en coordinación ternaria $(CO_3)^{2-}$, $(BO_3)^{2-}$ | Calcita | S, Y, M, I | 2 700 | 3 | Romboédrico | $CaCO_3$ | Los carbonatos son el grupo más importante, destacando la calcita, que es el componente esencial de las rocas calizas (rocas sedimentarias). El aragonito es el polimorfo de la calcita. Se reconocen fácilmente por su efervescencia en HCl diluido frío. Los boratos están menos extendidos, encontrándose en concentraciones locales de depósitos salinos. |
| | | Aragonito | S, Y, M | 2 900 | 3,5-4 | Rómbico | $CaCO_3$ | |
| | | Dolomita | S, Y, M | 2 900 | 3,5-4 | Rómbico | $CaMg(CO_3)_2$ | |
| | | Bórax | A | 1 700 | 2-2,5 | Monoclínico | $N_2Ba_4O_7 \cdot 10H_2O$ | |
| Sulfatos, cromatos, wolframatos | Oxisales con el oxígeno en coordinación cuaternaria $(SO_4)^{2-}$; $(CrO_4)^{2-}$; $(WO_4)^{2-}$; $(MoO_4)^{2-}$ | Yeso | S, Y | 2 300 | 2 | Monoclínico | $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ | Los sulfatos son los más abundantes. Por su abundancia destacan el yeso, la anhidrita (sulfato cálcico sin agua) y la baritina. La anhidrita y el yeso se forman en cuencas salinas por precipitación, alternando con capas de sal. Los cromatos y molibdatos son minerales poco abundantes; entre ellos destacamos la wolframita (mena de W). |
| | | Baritina | S, I | 4 500 | 3-3,5 | Rómbico | $BaSO_4$ | |
| | | Celestina | S | 3 950 | 3-3,5 | Rómbico | $SrSO_4$ | |
| | | Crocoíta | S | 6 000 | 2,5-3 | Monoclínico | $PbCrO_4$ | |
| | | Wolframita | I, M | 7 250 | 4-4,5 | Monoclínico | $(Fe,Mn)WO_4$ | |
| Fosfatos y vanadatos | Combinaciones de fósforo y vanadio con el oxígeno $(PO_4)^{3-}$; $(VO_4)^{3-}$ | Apatito | A | 3 150 | 5 | Hexagonal | $(F,Cl,OH)(PO_4)_3Ca_5$ | En esta clase se reúnen numerosos minerales de constitución química análoga y formas cristalinas parecidas, formando series isomorfas. Son minerales poco abundantes, entre los que destacan el apatito y la fosforita. |
| | | Vanadinita | A | 6 900 | 3 | Hexagonal | $Cl(VO_4)_3Pb_5$ | |
| Silicatos | Elementos combinados con el ion $(SiO_4)^{4-}$ | Feldespato ortosa | I, M | 2 550 | 6 | Monoclínico | $KAlSi_3O_8$ | Minerales muy abundantes, son los principales constituyentes de las rocas ígneas. También forman parte de las rocas metamórficas, aunque con estructuras menos densas y con hidroxilos. |

*A: mineral accesorio; I: ígneo; M: metamórfico: S: sedimentario; Y: yacimiento.

## ACTIVIDADES

**1** Tras examinar el cuadro adjunto, indica los nombres y las fórmulas de los principales minerales de origen magmático de interés económico, agrupándolos por su composición química.

# Los silicatos ferromagnesianos



**Grupo de los olivinos**

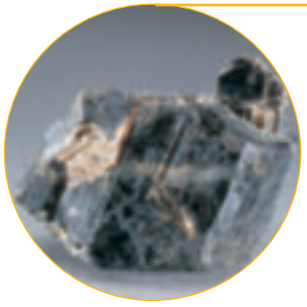
El grupo de los olivinos constituye una familia de minerales de colores verde oliva, verde grisáceo o pardo. En su composición puede encontrarse manganeso o níquel. Se originan a temperaturas elevadas en ausencia de agua y forman parte de las rocas de la corteza oceánica y el manto superior.

Fotografía: olivino.

**Grupo de los piroxenos**

El grupo de los piroxenos incluye minerales de composición química muy variada y compleja en la que pueden aparecer también calcio, aluminio, manganeso, sodio o titanio, entre otros elementos. Suelen presentar colores oscuros, a veces verdosos o amarillos. Se forman a altas temperaturas y son comunes en las rocas de la corteza continental y el manto superior, aunque también pueden aparecer en las rocas de la corteza continental. Se sabe de la existencia de 21 especies de piroxenos, si bien el más frecuente es la augita.

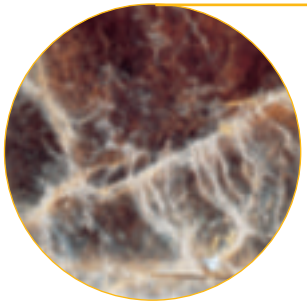
Fotografía: augita.



**Grupo de los anfíboles**

Los anfíboles presentan también composiciones muy complejas, en cuya formulación puede haber calcio, potasio, plomo, aluminio, litio, cromo o manganeso, entre otros elementos. Se originan a temperaturas más bajas que los piroxenos y suelen presentarse en rocas de la corteza continental. Aunque se conocen alrededor de 63 especies de anfíboles, tal vez el más conocido sea la hornblenda.

Fotografía: hornblenda.



**Grupo de las micas**

El grupo de las micas comprende más de 30 especies caracterizadas por una clara exfoliación en láminas. Por su composición suele distinguirse entre las micas negras (ferromagnesianas) y el resto (que deben ser clasificadas como silicatos no ferromagnesianos). En este segundo conjunto encontramos las micas blancas (alumínicas), las micas litiníferas (con litio) y las micas duras. La biotita es la mica negra más conocida y la moscovita (en este caso, es un mineral no ferromagnesiano), la más frecuente del grupo de las blancas. Las micas son muy comunes en todas las rocas de la corteza.

Fotografía: mica.

**Grupo de los granates**

El grupo de los granates comprende unas 14 especies minerales. Los granates acostumbran a presentar colores entre el marrón y el rojo oscuro. En su composición puede aparecer calcio, manganeso, cromo o titanio, entre otros elementos. El almandino y el piropo son dos ejemplos de minerales pertenecientes al grupo de los granates.

Fotografía: almandino.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Los silicatos no ferromagnesianos

**Feldespatos**

Los feldespatos son, sin lugar a dudas, los minerales más comunes en las capas externas del planeta. Representan más del 50 % de la masa de la corteza terrestre. En su composición química, una parte de los átomos de silicio es sustituido por átomos de aluminio y el resto de su estructura es ocupada por potasio, sodio o calcio. En los feldespatos alcalinos dominan el potasio y el sodio. En las plagioclasas imperan el sodio y el calcio. Los feldespatos son tan abundantes porque se pueden formar en un intervalo muy amplio de temperaturas y presiones. Aparecen en muy distintos grupos rocosos.

Fotografía: albita.

**Cuarzo**

Aunque el cuarzo se incluye en este grupo, es, en realidad, el único mineral formado casi exclusivamente por silicio y oxígeno. Su fórmula química ($SiO_2$) difiere del resto de silicatos, puesto que lo integran dos iones de oxígeno por cada ion de silicio. A esta composición química también se le aplica el término *sílice*. Sus distintas variedades se distinguen por la estructura cristalina y por otras propiedades que le otorgan las impurezas que puede contener. Es el segundo mineral en abundancia en la corteza continental y se encuentra en casi todos los tipos de rocas.

Fotografía: cuarzo rosa.

**Arcillas**

Las arcillas constituyen un grupo de minerales muy variados y complejos que suelen presentar una estructura laminar. Su unidad básica es el grupo $SiO_5$. En su mayor parte proceden de la alteración química de otros silicatos. Por esta razón son muy comunes en las formaciones superficiales del planeta.

Fotografía: sepiolita.

## ACTIVIDADES

**1** Feldespatos, plagioclasas y cuarzo son los minerales más abundantes en la corteza terrestre. En base a estos tres minerales se realiza la clasificación de las rocas magmáticas de Nockolds:

a) Discute la afirmación realizada en el texto sobre que «cuarzo y olivino son incompatibles entre sí».

b) ¿Por qué los pares basalto/gabro y andesita/diorita están en la misma casilla? ¿En qué se diferencian estos pares entre sí?

| Volcánica<br>***Plutónica*** | Feldespato potásico (FK) y plagioclasa > 90 % | FK > 40 % | Feldespato potásico (FK) y plagioclasa esenciales<br>40 % > FK > 10 % | FK < 10 % | Feldespato potásico no esencial < 10 % |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuarzo > 10 % | Riolita<br>***Granito*** | — | Riodacita<br>***Granodiorita*** | — | — |
| Ni cuarzo ni feldespatoides (*) esenciales < 10 % | Traquita<br>***Sienita*** | — | — | Basalto<br>***Gabro***<br>Andesita<br>Diorita | ***Peridotitas*** |

(*) Feldespatoides: minerales próximos a los feldespatos pero con menor contenido en sílice.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## ¿Los volcanes calientan o enfrían el clima?

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación acerca de la relación entre actividad volcánica y clima.

**Otras investigaciones sugeridas.** ¿Los efectos de las explosiones volcánicas son puntuales en el tiempo y el espacio, o globales y duraderos? ¿La actividad efusiva produce un efecto similar a la actividad explosiva? ¿Hubo periodos de intenso vulcanismo en la historia de la Tierra?, ¿en qué eras, dónde y cuánto duraron?, ¿qué efectos tuvieron sobre el clima y la biosfera? ¿Las erupciones se suceden con un ritmo regular, con tiempos de retorno estadístico o están distribuidas casualmente en el tiempo? ¿Qué son los aerosoles y qué relación tienen con los volcanes? ¿El vulcanismo puede afectar a la capa de ozono? ¿Hay una relación entre el vulcanismo y la lluvia ácida? ¿Cuál fue «el año sin verano» y qué fenómeno lo causó? ¿Pudo haber sido la actividad volcánica la causante de la desaparición de los dinosaurios?

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- Los volcanes y el clima. Palabras clave: *meteogroup volcanes*

Referencias bibliográficas:

- *Revista del Aficionado a la Meteorología (RAM)*. Palabras clave: *RAM volcanes clima un año sin verano*.
- *Los volcanes afectan al clima del planeta*. Luiz Carlos Baldicero Molion. Revista digital *Ciencia Hoy*. Palabras clave: *luiz carlos baldicero volcanes clima.*

**Realización.** Equipos de 2-3 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 2-3 sesiones.

**Presentación.** Informes y pósteres.

### TEN EN CUENTA QUE

**Precedentes históricos**

La erupción del Etna (Sicilia) en el 44 a. C. provocó la oscuridad diurna en Roma, las cosechas no maduraron y cundió la hambruna.

En noviembre y diciembre de 1883 los londinenses asistían maravillados a unas puestas de sol con un brillo inusitado que nadie acertaba a explicar. En agosto se había producido la explosión del Krakatoa (Java) que voló en pedazos la isla de su mismo nombre, provocó un terrible maremoto y sus cenizas aún hoy se están depositando en los océanos.

En la década de 1990 el mundo asistía alarmado a un incremento del efecto invernadero por el creciente consumo de combustibles fósiles. Sin embargo, entre 1992 y 1993 las temperaturas decayeron y numerosos desastres naturales de origen meteorológico (huracanes e inundaciones) provocaron la muerte de decenas de personas y miles de damnificados. Este hecho tuvo relación con la catastrófica erupción en 1991 del Pinatubo (Filipinas) que inyectó en la atmósfera ingentes cantidades de gases y cenizas que atenuaron la luz solar.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## LO QUE DEBES SABER

- **Ozono estratosférico:** ozono ($O_3$) que se localiza en la estratosfera alcanzando su máxima concentración a unos 25 km de altura. Resulta de la disociación de una molécula de oxígeno por acción de los rayos ultravioleta ($O_2 \rightarrow 2O$) y posterior recombinación de los átomos resultantes (muy reactivos) con una molécula de oxígeno ($O + O_2 \rightarrow O_3$).
- **Actividad volcánica explosiva:** se produce cuando la lava emitida tiene un alto contenido en $SiO_2$ y, por consiguiente, es muy viscosa, taponando las chimeneas volcánicas. La presión de los gases volcánicos alcanza elevados valores y se libera mediante explosiones que lanzan a la atmósfera fragmentos pulverizados del tapón y de la chimenea volcánica.
- **Flujos piroclásticos:** corrientes violentas de gases calientes y fragmentos de roca típicos de la actividad volcánica explosiva.
- **Aerosoles:** suspensión de partículas sólidas en un gas.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## ¿Constituyen los volcanes una fuente de recursos para la humanidad?

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación sobre la energía procedente del calor interno de la Tierra.

**Otras investigaciones sugeridas.** Tipos, usos y explotación de energía geotérmica a nivel mundial: relación con la tectónica de placas. ¿Es posible en España abastecerse de energía geotérmica? ¿La energía geotérmica se puede considerar renovable o no?, ¿inagotable o no?, ¿es una «fuente limpia» o tiene un impacto ambiental? Energía geotérmica, fuertes termales y balnearios. Pros y contras del uso de la energía geotérmica. Otras fuentes de energía procedentes del calor interno de la Tierra.

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Palabras clave: *igme geotermia mundo*.
- Fieras de la ingeniería. Palabras clave: *plantas energía geotérmica más grande mundo*.
- Embajada de Nueva Zelanda. Palabras clave: *geotermia en nueva zelanda*.
- Volterratur (consorcio turístico italiano, en italiano e inglés). Palabras clave: *volterratur museo della geotermia*.

Referencias bibliográficas:

- *Geología*. Leonor Carrillo *et al*, págs. 66-68 y 81-86. Ed. ECIR.
- *Ciencias de la Tierra*. E. J. Tarbuck *et al*, págs. 756-758 y 761-763. Editorial Pearson, 2013.

**Realización.** Equipos de 3-5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 4-5 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital seguida de un debate de 45 minutos aproximadamente.

### TEN EN CUENTA QUE

**Fuentes de calor**

Los volcanes no son la única fuente de calor interno terrestre, pero sí la más importante en cuanto que proveen calor de alta (150-400 °C) y media (70-150 °C) temperatura. Otras fuentes, como el gradiente geotérmico y las reacciones bioquímicas (microbianas), nos dan calor de baja temperatura (50-70 °C) utilizable para aguas y fangos termales o refrigeración (bombas de calor). El calor de origen magmático, al contrario, se emplea para la generación de energía eléctrica y la calefacción. Los yacimientos subterráneos se localizan, estudian y explotan con la misma tecnología, y costes, de la industria petrolera.

### LO QUE DEBES SABER

- **Acuífero:** formación geológica subterránea en la que se acumula agua. Se explota mediante excavaciones y pozos.
- **Fuente (sinónimo manantial o surgencia):** salida natural de las aguas subterráneas o acuíferos hacia la superficie del suelo.
- **Entalpia:** magnitud termodinámica, simbolizada con la letra H, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico. Se trata del término utilizado para clasificar los yacimientos geotérmicos.
- **Gradiente geotérmico:** variación de temperatura o gradiente térmico, que se produce en la Tierra cuando se avanza desde la superficie hacia el centro. Su valor promedio es de 30 °C/km, pero existen anomalías locales donde alcanza hasta 200 °C/km.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 3 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** De los siguientes minerales, indica cuál no pertenece al grupo de los silicatos:

- ☐ **a.** Plagioclasas.
- ☐ **b.** Calcita.
- ☐ **c.** Mica.
- ☐ **d.** Cuarzo.

**2** Una roca magmática que se encuentre sólida a 700 °C y fundida a 710 °C es:

- ☐ **a.** Ácida.
- ☐ **b.** Intermedia.
- ☐ **c.** Básica.
- ☐ **d.** Ultrabásica.

**3** Si una roca ha sufrido una fusión parcial, su fracción sólida está compuesta por:

- ☐ **a.** Minerales con punto de fusión alto.
- ☐ **b.** Minerales con punto de fusión bajo.
- ☐ **c.** Minerales con diferente punto de fusión.
- ☐ **d.** Minerales hidratados.

**4** La presencia de agua en una roca es un factor que:

- ☐ **a.** Favorece su fusión.
- ☐ **b.** Obstaculiza su fusión.
- ☐ **c.** Es neutral.
- ☐ **d.** Tiene efecto diferente según la cantidad.

**5** Los magmas andesíticos se hallan:

- ☐ **a.** En el interior de las placas.
- ☐ **b.** A lo largo de bordes constructivos.
- ☐ **c.** A lo largo de bordes destructivos.
- ☐ **d.** En los penachos de punto caliente.

**6** Durante la consolidación magmática se pueden formar yacimientos de diversos metales. ¿En qué fase se acumulan los más importantes minerales de hierro (óxidos)?

- ☐ **a.** Fase ortomagmática a temperaturas $>$ 1000 °C.
- ☐ **b.** Fase ortomagmática a temperaturas $<$ 1000 °C.
- ☐ **c.** Fase neumatolítica.
- ☐ **d.** Fase hidrotermal.

**7** ¿Qué es una nube ardiente?

- ☐ **a.** Una nube de cenizas y gases volcánicos que sube hasta la estratosfera.
- ☐ **b.** Una nube de cenizas y gases en forma de hongo.
- ☐ **c.** Una nube volcánica de la que «llueven» o caen verticalmente piroclastos de varios tamaños.
- ☐ **d.** Un flujo denso de piroclastos y gases que desciende de un aparato volcánico.

**8** ¿En cuál de los siguientes lugares se producen erupciones fisurales?

- ☐ **a.** Indonesia.
- ☐ **b.** Rift africano.
- ☐ **c.** Islandia.
- ☐ **d.** Chile.

**9** ¿Cuál es la roca magmática que presenta granos minerales orientados en direcciones preferentes?

- ☐ **a.** Basalto.
- ☐ **b.** Granito.
- ☐ **c.** Sienita.
- ☐ **d.** Traquita.

**10** Los riesgos volcánicos que afectan más a edificios y estructuras, pero menos a la vida humana, son:

- ☐ **a.** Coladas de cenizas y detritos varios (lahares).
- ☐ **b.** Coladas de lava.
- ☐ **c.** Nubes ardientes.
- ☐ **d.** Emanaciones de gases.

SOLUCIONES

**1** b, **2** b, **3** a, **4** a, **5** c, **6** c, **7** d, **8** c, **9** d, **10** b

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Señala cómo afecta la temperatura en la formación de un magma. ¿Por qué razón se produce la formación de magmas en las dorsales oceánicas?

**2** Completa la siguiente tabla en relación a los diferentes tipos de magmas.

| Tipo de magma | Contenido en sílice | Origen de sus materiales |
|---|---|---|
| | | Fusión parcial de placa oceánica que subduce. |
| | | Fusión parcial de las peridotitas en puntos calientes y dorsales oceánicas. |
| | Mayor del 65 %. | |

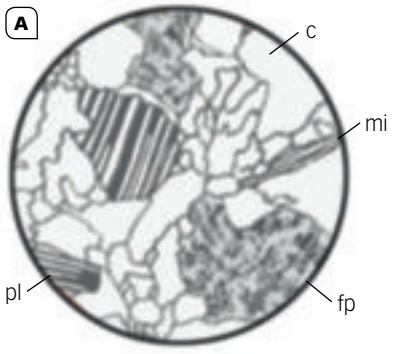
**3** Define los siguientes términos.

a) Plutón.

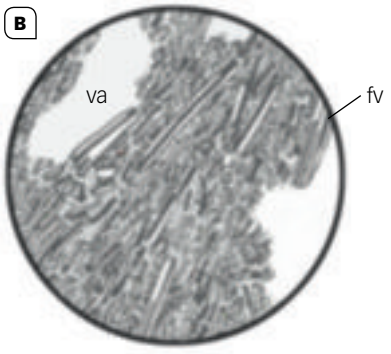
b) Sill.

c) Chimenea.

**4** Describe las siguientes texturas y explica brevemente a qué tipo de roca pueden pertenecer cada una de ellas.




c = cuarzo; fp = feldespato potásico; pl = plagioclasa; mi = mica.




Masa de plagioclasas y diminutos piroxenos sobre fondo vítreo (fv); va = vacuolas.

**5** Completa la siguiente tabla relativa a la textura de las rocas magmáticas.

| Textura | Descripción |
|---|---|
| Vítrea | |
| Vacuolar | |
| | Los cristales no se aprecian a simple vista, pero sí al microscopio petrográfico. |
| | La roca está formada por un mosaico de cristales apreciables a simple vista. |
| | Se aprecia una matriz de vidrio o cristales pequeños, en la que hay dispersos cristales de mayor tamaño llamados fenocristales. |

**6** Indica las semejanzas y/o diferencias relativas al lugar de formación, composición mineralógica y textural entre los siguientes pares de rocas magmáticas.

a) Granito-pegmatita.

b) Pumita-obsidiana.

**7** Explica en qué consiste la actividad volcánica de tipo hawaina, a qué tipo de edificio volcánico da lugar y cuáles son sus principales riesgos.

**8** Deduce cuál de las siguientes rocas magmáticas serían más apropiadas para usar como rocas ornamentales en fachadas o en encimeras de cocina: gabro, basalto, sienita, pumita. Justifica tu respuesta.

**9** ¿En qué se diferencia el microscopio petrográfico del microscopio óptico normal y qué utilidad tiene?

**10** Identifica los siguientes riesgos o procesos como asociados al vulcanismo o a la sismicidad, y realiza una breve descripción de los relacionados con el vulcanismo.

a) Emanaciones tóxicas.

b) Tsunamis.

c) Corrimientos de tierras.

d) Proyecciones de piroclastos.

# 3 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Señala cómo afecta la presión en la formación de un magma. ¿Qué lugares de la corteza son los más propicios para la formación de magmas por descompresión?

**2** Indica qué tipo de yacimientos minerales de interés económico se forman en cada una de las fases de la consolidación magmática.

a) Fase ortomagmática.

b) Fase neumatolítica.

c) Fase hidrotermal.

**3** Completa la siguiente tabla en relación a los diferentes tipos de magmas.

| Tipo de magma | Contenido en sílice | Origen de sus materiales |
|---|---|---|
| | | |
| | | Fusión parcial de las peridotitas en puntos calientes y dorsales oceánicas. |
| | Mayor del 65 %. | |

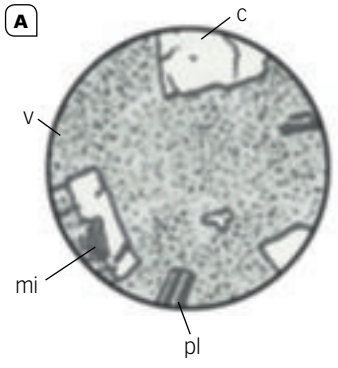
**4** Define los siguientes términos.

a) Dique.

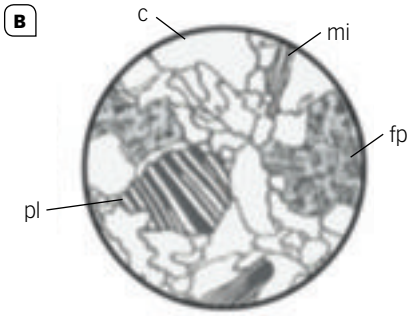
b) Batolito.

c) Caldera.

**5** Describe las siguientes texturas y explica brevemente a qué tipo de roca pueden pertenecer cada una de ellas.




c = cuarzo; pl = plagioclasa; mi = mica; v = vidrio.




c = cuarzo; fp = feldespato potásico; mi = mica; pl = plagioclasa.

**6** Indica las semejanzas y/o diferencias relativas al lugar de formación, composición mineralógica y textural entre los siguientes pares de rocas magmáticas:

a) Granito-sienita.

b) Basalto-gabro.

**7** Deduce cuál de las siguientes rocas magmáticas serían más apropiadas para usar como rocas ornamentales en fachadas o en encimeras de cocina: granito, basalto, sienita, pumita. Justifica tu respuesta.

**8** Explica en qué consiste la actividad volcánica de tipo pliniana, a qué tipo de edificio volcánico da lugar y cuáles son sus principales riesgos.

**9** Explica el funcionamiento del microscopio petrográfico para el estudio de las rocas.

**10** Identifica los siguientes riesgos o procesos como asociados al vulcanismo o a la sismicidad, y realiza una breve descripción de los relacionados con el vulcanismo.

a) Lahares.

b) Tsunamis.

c) Colapso de edificios y estructuras.

d) Coladas de lava.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B7-6.** Aplicar los avances de las nuevas tecnologías en la investigación geológica. | **B7-6.1.** Distingue métodos desarrollados gracias a las nuevas tecnologías, asociándolos con la investigación de un fenómeno natural. | 9 | 9 |
| **B7-7.** Seleccionar e identificar los minerales y los tipos de rocas más frecuentes, especialmente aquellos utilizados en edificios, monumentos y otras aplicaciones de interés social o industrial. | **B7-7.1.** Identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados tipos de minerales y rocas. | 8 | 7 |
| **B8-1.** Relacionar el magmatismo y la tectónica de placas. | **B8-1.1.** Explica la relación entre el magmatismo y la tectónica de placas, conociendo las estructuras resultantes del emplazamiento de los magmas en profundidad y en superficie. | 3 | 2 y 4 |
| **B8-2.** Categorizar los distintos tipos de magmas en base a su composición y distinguir los factores que influyen en el magmatismo. | **B8-2.1.** Discrimina los factores que determinan los diferentes tipos de magmas, clasificándolos atendiendo a su composición. | 1 y 2 | 1 y 3 |
| **B8-3.** Reconocer la utilidad de las rocas magmáticas analizando sus características, tipos y utilidades. | **B8-3.1.** Diferencia los distintos tipos de rocas magmáticas, identificando con ayuda de claves las más frecuentes y relacionando su textura con su proceso de formación. | 5, 6 y 7 | 5, 6 y 7 |
| **B8-4.** Establecer las diferencias de actividad volcánica, asociándolas al tipo de magma. | **B8-4.1.** Relaciona los tipos de actividad volcánica con las características del magma, diferenciando los distintos productos emitidos en una erupción volcánica. | 4 | 8 |
| **B8-5.** Diferenciar los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad. | **B8-5.1.** Analiza los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad. | 10 | 10 |

**Control B**

**1** En el interior terrestre, las rocas pueden estar a temperaturas muy altas y permanecer, sin embargo, en estado sólido, si la presión a la que están sometidas es muy alta. Esto se debe a que la presión mantiene comprimidos entre sí los componentes (átomos, iones o moléculas) que forman los minerales, impidiendo su movimiento, que es lo que desmoronaría la estructura cristalina y produciría su fusión. Cuando estas rocas recalentadas se ven sometidas a una pérdida de presión, pueden iniciar rápidamente su fusión.

A lo largo de las dorsales oceánicas por descompresión del manto y fracturación de la litosfera se produce una importantísima actividad magmática (magmas primarios basálticos) que se manifiesta como vulcanismo fisural.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**2**

| Tipo de magma | Contenido en sílice | Origen de sus materiales |
|---|---|---|
| Andesítico | 52-65 % | Fusión parcial de placa oceánica que subduce. |
| Basáltico | 45-52 % | Fusión parcial de las peridotitas del manto en puntos calientes y dorsales oceánicas. |
| Granítico | Mayor del 65 % | Fusión parcial de la corteza continental profunda. |

**3** **a)** Plutón: estructura resultante del emplazamiento en profundidad del magma. Se trata de una masa ovoidal o en forma de cúpula u hongo, que normalmente está enraizada en un batolito. Tiene unas decenas de kilómetros cuadrados de sección.

**b)** Sill: estructura tabular, similar a un dique, pero que se sitúa paralelamente a los planos de estratificación. Es una estructura resultante del emplazamiento en profundidad del magma.

**c)** Chimenea: conducto por el que el magma llega hasta la superficie. Suele quedar lleno de lava y, si la erosión desmonta el cono volcánico que la rodea, puede quedar como un relieve aislado llamado pitón.

**4** A: Observamos un mosaico de minerales bien cristalizados, que, por el aumento que se señala, serían visibles a simple vista. Todos los cristales son de un tamaño similar. No se observa ninguna orientación preferente ni vacuolas. En consecuencia, se trata de una textura fanerítica u holocristalina [granuda] típica de rocas plutónicas como granito, sienita o gabro, pero la mineralogía (cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y mica) indica que se trata de un granito.

B: Observamos una serie de cristales alargados y orientados propios de una estructura fluidal, lo que acompañado de la presencia de grandes vacuolas nos indica que estamos ante una roca volcánica. Es una textura criptocristalina, es decir que sus cristales son únicamente visibles al microscopio como expresa su aumento (×50). La relación de los tamaños de los cristales entre sí es anisométrica u heterométrica. La mineralogía, consistente en plagioclasas y piroxenos, nos indica que se trata de una andesita.

**5**

| Textura | Descripción |
|---|---|
| Vítrea | No se aprecian cristales ni a simple vista ni al microscopio. La roca es una masa de vidrio volcánico. |
| Vacuolar | La roca presenta burbujas, apreciables a simple vista o al microscopio. |
| Criptocristalina | Los cristales no se aprecian a simple vista, pero sí al microscopio petrográfico. |
| Cristalina o fanerítica | La roca está formada por un mosaico de cristales apreciables a simple vista. |
| Porfídica | Se aprecia una matriz de vidrio o cristales pequeños, en la que hay dispersos cristales de mayor tamaño llamados fenocristales. |

**6** **a)** El granito es una roca plutónica de textura fanerítica u holocristalina, consistente en un mosaico de cristales de tamaño similar (isométricos) visibles a simple vista (granuda y, a veces, porfídica). Su composición fundamental es cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y mica.

La pegmatita es una roca filoniana cuya composición mineralógica fundamental es similar a la del granito, si bien suele contener minerales de interés económico como la turmalina o el berilo (formados durante la etapa neumatolítica). Su textura es muy diferente a la del granito dado que el lento enfriamiento dentro de una grieta o fractura subterránea ha propiciado una lenta cristalización (de la que resultan cristales con tamaños superiores a 1 cm y, excepcionalmente, hasta algunos metros).

**b)** Se trata de dos rocas volcánicas que se diferencian fundamentalmente por su color y sus texturas. La pumita es un vidrio volcánico espumoso, de color claro, variable, generalmente grisáceo; posee textura vacuolar, con una gran porosidad, responsable de su baja densidad, por lo que flota en el agua. La obsidiana, en cambio, es un vidrio volcánico compacto, de color negro, que presenta fractura concoidea y bordes cortantes.

**7** Es la actividad volcánica que se produce cuando el magma está muy caliente y es muy fluido. La desgasificación se produce con un burbujeo que apenas salpica. La lava basáltica es muy fluida y las coladas que origina cuando desborda el cráter forman ríos que fluyen a gran velocidad. El edificio volcánico resultante es mucho más extenso que alto, y recibe el nombre de volcán en escudo. Las coladas de lava son muy destructivas sobre las infraestructuras y propiedades, pero rara vez producen víctimas.

**8** Dentro del grupo de rocas magmáticas, las utilizadas como rocas ornamentales son únicamente las plutónicas (a excepción de algunas diabasas) como consecuencia de sus texturas holocristalinas y también porfídicas, de cristales visibles a simple vista, bien encastrados entre sí (sin huecos que las harían más susceptibles de alteración), muy resistentes, dado que se trata de minerales con elevado índice de dureza (feldespato potásico = 6; cuarzo = 7), y brillantes tras su pulido. En este caso, gabro y sienita. Las rocas volcánicas tienen diferentes aplicaciones industriales; sin embargo, no se utilizan como ornamentales debido a la gran cantidad de irregularidades que poseen (textura vacuolar en el caso de la pumita, basaltos, etc.) y porque, al no contener cristales, o ser estos diminutos, tras su cortado y pulido no brillan. En el caso de la obsidiana,

compacta, brillante, y muy dura (compuesta por sílice), se utiliza en joyería e históricamente en la fabricación de industria lítica.

**9** El microscopio petrográfico es un microscopio óptico normal al que se le han añadido dos filtros polarizadores. El filtro polarizador permite el paso únicamente de las ondas que vibran en planos paralelos a las rendijas, y la luz que sale del polarizador está polarizada. El filtro analizador se utiliza para analizar los efectos que se producen al ser atravesados los minerales por la luz polarizada, característica que sirve para su determinación. Mediante la determinación de minerales (mineralogía), su porcentaje en la muestra y caracteres texturales se deduce el tipo de roca que se está analizando (clasificación).

**10** **a)** Emanaciones tóxicas. Riesgo asociado al vulcanismo. Los volcanes expulsan diversos gases venenosos como el monóxido de carbono y óxidos de azufre, y otros asfixiantes como el dióxido de carbono. La predicción de estas emanaciones es muy difícil, y produce con frecuencia víctimas en poblados cercanos a zonas volcánicas.

**b)** Tsunamis. Riesgo sísmico.

**c)** Corrimientos de tierras. Riesgo sísmico.

**d)** Proyecciones de piroclastos. Riesgo asociado al vulcanismo. La lluvia de materiales sólidos de todos los tamaños lanzados por la actividad estromboliana es muy destructiva sobre las construcciones, que normalmente se hunden bajo el peso de estos materiales acumulados en los tejados. Es poco frecuente que se produzcan víctimas por este proceso.

## Control A

**1** Cuanto más alta es la presión, mayor es la temperatura de fusión de las rocas. Si disminuye la presión, disminuye también la temperatura de fusión de las rocas, pudiendo ocurrir que se llegue a un estado en el que la fase sólida ya no es estable y la roca se funde.

Las dorsales oceánicas donde la litosfera es más fina y, por tanto, ejerce una menor presión. También en las cámaras magmáticas de los volcanes, cuando se liberan gases al exterior, se produce una disminución de presión y se generan magmas.

**2** **a)** En el fondo de la cámara magmática se acumulan los minerales con mayor punto de fusión y densidad, dando origen a yacimientos minerales de segregación que contienen importantes metales como: titanio, níquel y sus elementos afines (platino, iridio, paladio y otros) y cromo.

**b)** Al descender la temperatura empiezan a aparecer gases a partir de los elementos disueltos previamente en el magma, que penetran en las fracturas o la porosidad de la roca encajante a grandes presiones produciendo los llamados yacimientos neumatolíticos. El hierro, el tántalo y el berilio son elementos típicos de estos yacimientos.

**c)** Al disminuir las temperaturas comienza a formarse agua en el magma, que escapa inicialmente como vapor a alta temperatura (sobre 400 °C) y presión, inyectándose en grietas y fallas, invadiendo la porosidad de la roca y, en el caso de las dorsales, saliendo al exterior en forma de surtidos de agua muy caliente cargada de minerales en disolución. Se originan así yacimientos hidrotermales cuyos minerales más característicos son los sulfuros (mena de muchos metales) como calcopirita (cobre), argentita (plata), blenda (cinc), galena (plomo), cinabrio (mercurio) y pirita (hierro, aunque no se utiliza como mena de dicho metal).

**3**

| Tipo de magma | Contenido en sílice | Origen de sus materiales |
|---|---|---|
| Andesítico | 52-65 % | Fusión parcial de placa oceánica que subduce. |
| Basáltico | 45-52 % | Fusión parcial de las peridotitas del manto en puntos calientes y dorsales oceánicas. |
| Granítico | Mayor del 65 % | Fusión parcial de la corteza continental profunda. |

**4** **a)** Estructura tabular, de pequeño espesor en relación con su extensión, que corta las estructuras que había previamente. Normalmente se producen por la intrusión del magma a favor de planos de rotura en zonas profundas.

**b)** Masa de roca magmática, normalmente de forma ovoidal, con una extensión de cientos a miles de kilómetros cuadrados. Estructura resultante del emplazamiento en profundidad del magma.

**c)** Depresión más o menos circular, formada generalmente por hundimiento o colapso de un cono volcánico, o por una fuerte explosión. Es una estructura superficial.

**5** A: observamos un fragmento de roca en la que se encuentran cristales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y mica flotando en una matriz de vidrio que indica origen volcánico. La mineralogía de los cristales identificables es similar a la del granito, por lo que podemos deducir que se trata de una roca volcánica proveniente de un magma granítico (riolita).

B: observamos un mosaico de minerales bien cristalizados de un tamaño similar. No se observa ninguna orientación preferente ni vacuolas. El número de aumentos nos indica que se trata de cristales muy pequeños, aunque pueden llegar a apreciarse a simple vista; es decir, su textura sería microcristalina como la de la aplita (roca filoniana), cuya mineralogía y textura son muy similares a las del granito, pero de grano mucho más fino. (La diferencia clave entre fanerítica y microcristalina viene dado por el tamaño de los cristales, que en los ejemplos que nos ocupan viene dado por el número de aumentos de la muestra).

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** **a)** Se trata de dos rocas plutónicas con texturas similares: fanerítica u holocristalina, isométrica (en ocasiones también porfídica). La principal diferencia radica en su mineralogía, ya que el granito contiene una proporción elevada de cuarzo, del que carece la sienita. Otra diferencia es su color, siendo los granitos generalmente grises (rosados los granitos alcalinos) y rosas oscuros a naranjas y rojizas las sienitas. Ambas son propias de la corteza continental.

**b)** Se trata de dos rocas de color negro y similar composición, porque proceden de magmas similares. La mineralogía fundamental de ambas son los piroxenos y plagioclasas, con cristales de olivino. El basalto es la roca característica de la corteza oceánica formada en las dorsales y en los puntos calientes. Suele poseer vacuolas (basalto vacuolar), a pesar de lo que se trata de una roca densa. El gabro forma masas plutónicas en la base de la corteza oceánica.

**7** Dentro del grupo de rocas magmáticas, las utilizadas como rocas ornamentales son únicamente las plutónicas (a excepción de algunas diabasas), como consecuencia de sus texturas holocristalinas y también porfídicas, de cristales visibles a simple vista, bien encastrados entre sí (sin huecos que las harían más susceptibles de alteración), muy resistentes, dado que se trata de minerales con elevado índice de dureza (feldespato potásico = 6; cuarzo = 7), y brillantes tras su pulido. En este caso, granito y sienita. Las rocas volcánicas tienen diferentes aplicaciones industriales; sin embargo, no se utilizan como ornamentales debido a la gran cantidad de poros e irregularidades que poseen (textura vacuolar en el caso del basaltos) y, porque al no contener cristales, o ser estos diminutos, tras su cortado y pulido no brillan. La pumita, por el conjunto de sus características (textura vacuolar, elevada porosidad, baja densidad y friabilidad), es totalmente inadecuada como roca ornamental (aunque tiene muchas utilidades como roca industrial).

**8** Se produce cuando el magma tiene una temperatura baja y, por ello, es muy viscoso. El magma es extruido por el cráter en estado casi sólido, como una cúpula de roca incandescente que gana altura lentamente, y en cuyo interior los gases están contenidos a miles de atmósferas de presión. Cuando esta columna de roca se agrieta, los gases escapan con una fuerte explosión que pulveriza la roca creando una nube incandescente de gases y piroclastos, que es llamada nube ardiente.

**9** El microscopio petrográfico es un microscopio óptico normal al que se le han añadido dos filtros polarizadores. El filtro polarizador permite el paso únicamente de las ondas que vibran en planos paralelos a las rendijas, y la luz que sale del polarizador está polarizada. El filtro analizador se utiliza para analizar los efectos que se producen al ser atravesados los minerales por la luz polarizada. Dicha característica sirve para la determinación microscópica de minerales (mineralogía de la roca); la mineralogía, junto con el porcentaje de cada mineral en la muestra y los caracteres texturales, nos permiten clasificar las rocas magmáticas, incluso cuando sus minerales no son visibles a simple vista.

**10** **a)** Lahares. Riesgo asociado al vulcanismo. Son avalanchas de agua, barro y rocas producidas por una erupción que ha desbordado un lago situado en el cráter, o ha fundido un glaciar que ocupaba la cima del volcán. Son extremadamente peligrosos.

**b)** Tsunamis. Riesgo sísmico.

**c)** Colapso de infraestructuras. Riesgo sísmico.

**d)** Coladas de lava. Riesgo asociado al vulcanismo. Las coladas de lava son muy destructivas sobre las infraestructuras y las propiedades, pero rara vez producen víctimas, ya que normalmente da tiempo a realizar la evacuación de la zona afectada.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

En clase nos cuentan lo que es un magma: un conjunto de rocas fundidas que suelen englobar fragmentos sólidos y que se encuentra relativamente cerca de la superficie.

Ahora que sabemos más de las placas tectónicas, nos aclaran que la mayoría de estos magmas se producen en sus bordes, tanto en los constructivos como en los destructivos, bajo las dorsales oceánicas y resto de las zonas de subducción; pero también se forman magmas por efecto de puntos calientes en algunas regiones localizadas en el interior de las placas.

En cualquier caso, la formación de magmas está condicionada por varios factores: composición de la roca, temperatura, presión y presencia de agua. Y, una vez formados, se distinguen por su diferente viscosidad (en función del porcentaje de sílice que contengan).

**1** ¿Cómo influyen estos factores en la fusión de las rocas? Señala qué afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas.

| Afirmación | Verdadero/Falso |
|---|---|
| Para que se funda una roca es necesario que aumente la temperatura y disminuya la presión. | |
| Cuando en una misma roca se encuentran juntos el cuarzo y la ortosa, su punto de fusión disminuye. | |
| El valor de la presión es directamente proporcional al valor del punto de fusión de la roca. | |
| A altas presiones y temperaturas, el agua está ionizada y esto facilita la fusión de las rocas. | |
| La temperatura es directamente proporcional al punto de fusión de la roca. | |

**2** ¿En cuál de los siguientes grupos de magmas se observa un orden que va de menor a mayor viscosidad?

- ☐ **a.** Basálticos, andesíticos y graníticos.
- ☐ **b.** Basálticos, graníticos y andesíticos.
- ☐ **c.** Andesíticos, basálticos y graníticos.
- ☐ **d.** Graníticos, andesíticos y basálticos.

**3** Nos llama la atención el hecho de que, cuando el magma solidifica, da lugar a distintos tipos de rocas. Relaciona cada frase con el tipo de textura que describe.

| Frase | Textura |
|---|---|
| Todos los minerales están bien cristalizados y se ven a simple vista. | |
| No hay cristales; los minerales forman una masa homogénea. | |
| Los minerales están orientados en una dirección preferente. | |
| Todos los minerales están cristalizados, pero solo se pueden ver con ayuda de un microscopio. | |
| La temperatura es directamente proporcional al punto de fusión de la roca. | |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Nombre: Curso: Fecha:

**4** Cuando veraneamos en el municipio almeriense de Nijar nos hablaron de las minas de oro de Rodalquilar. Fueron descubiertas a finales del siglo XIX, despertando una auténtica fiebre del oro que duró hasta el cierre de las minas en 1966. El oro estaba asociado a las minas de plomo, que, según nos explicaron, se deben a las alteraciones hidrotermales asociadas al complejo volcánico del cabo de Gata. No lo entendí bien hasta que nos explicaron en clase las tres fases de consolidación magmática.

Completa la tabla asociando cada mineral con la fase de consolidación magmática más probable donde podría encontrarse.

| Mineral | Ortomagmática | Neumatolítica | Hidrotermal |
|---|---|---|---|
| **Blenda** | | | |
| **Plomo** | | | |
| **Platino** | | | |
| **Berilio** | | | |
| **Pirita** | | | |

**5** Viendo ahora el cabo de Gata nos imaginamos el desplazamiento del magma tras las erupciones volcánicas que sufrió la zona. Sabemos que, según la composición, temperatura y lugar donde el magma irrumpiera en la superficie, la lava tendría una determinada forma y se movería más o menos deprisa.

¿De qué tipo de actividad volcánica son las lavas almohadilladas?

- ☐ **a.** De la hawaiana.
- ☐ **b.** De la estromboliana.
- ☐ **c.** De la submarina.
- ☐ **d.** De la peleana.

**6** Al buscar cuál era la composición de las lavas que emergieron en el cabo de Gata, encontramos una curiosidad: parece que es como la de las lavas de la cordillera de los Andes y que esta semejanza da nombre a la andesita, una de las rocas más abundantes del complejo volcánico.

Relaciona cada una de las siguientes rocas con el grupo al que pertenece.

| Roca | Plutónica | Volcánica | Filoniana |
|---|---|---|---|
| **Andesita** | | | |
| **Sienita** | | | |
| **Granito** | | | |
| **Basalto** | | | |
| **Pegmatita** | | | |

**7** Mis padres me hablaron de otra zona volcánica que habían visitado años atrás: la isla de Faial, en las Azores. Me enseñaron una foto donde me pareció reconocer una caldera volcánica.

¿Qué tipo de estructura es una caldera?

- ☐ **a.** Una estructura intrusiva.
- ☐ **b.** Una estructura plutónica.
- ☐ **c.** Una estructura volcánica.
- ☐ **d.** Una estructura piroclástica.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-1.** Relacionar el magmatismo y la tectónica de placas. | **B8-1.1.** Explica la relación entre el magmatismo y la tectónica de placas, conociendo las estructuras resultantes del emplazamiento de los magmas en profundidad y en superficie. | 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-2.** Categorizar los distintos tipos de magmas en base a su composición y distinguir los factores que influyen en el magmatismo. | **B8-2.1.** Discrimina los factores que determinan los diferentes tipos de magmas, clasificándolos atendiendo a su composición. | 1 y 2 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-3.** Reconocer la utilidad de las rocas magmáticas analizando sus características, tipos y utilidades. | **B8-3.1.** Diferencia los distintos tipos de rocas magmáticas, identificando con ayuda de claves las más frecuentes y relacionando su textura con su proceso de formación. | 3, 4 y 6 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-4.** Establecer las diferencias de actividad volcánica, asociándolas al tipo de magma. | **B8-4.1.** Relaciona los tipos de actividad volcánica, con las características del magma diferenciando los distintos productos emitidos en una erupción volcánica. | 5 |

**1**

| Afirmación | Verdadero/Falso |
|---|---|
| Para que se funda una roca es necesario que aumente la temperatura y disminuya la presión. | Verdadero |
| Cuando en una misma roca se encuentran juntos el cuarzo y la ortosa, su punto de fusión disminuye. | Verdadero |
| El valor de la presión es directamente proporcional al valor del punto de fusión de la roca. | Verdadero |
| A altas presiones y temperaturas, el agua está ionizada y esto facilita la fusión de las rocas. | Verdadero |
| La temperatura es directamente proporcional al punto de fusión de la roca. | Falso |

**2** **a.** Basálticos, andesíticos y graníticos.

**3**

| Frase | Textura |
|---|---|
| Todos los minerales están bien cristalizados y se ven a simple vista. | Fanerítica u holocristalina |
| No hay cristales; los minerales forman una masa homogénea. | Vítrea |
| Los minerales están orientados en una dirección preferente. | Fluidal o traquítica |
| Todos los minerales están cristalizados, pero solo se pueden ver con ayuda de un microscopio. | Criptocristalina |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4**

| Mineral | Ortomagmática | Neumatolítica | Hidrotermal |
|---|---|---|---|
| **Blenda** | | | ✓ |
| **Plomo** | | | ✓ |
| **Platino** | ✓ | | |
| **Berilio** | | ✓ | |
| **Pirita** | | | ✓ |

**5** **c.** De la submarina.

**6**

| Roca | Plutónica | Volcánica | Filoniana |
|---|---|---|---|
| **Andesita** | | ✓ | |
| **Sienita** | ✓ | | |
| **Granito** | ✓ | | |
| **Basalto** | | ✓ | |
| **Pegmatita** | | | ✓ |

**7** **c.** Una estructura volcánica.

# Solucionario

Pág. 49

**PARA COMENZAR**

**1** Son bordes constructivos, donde crece la corteza oceánica.

**2** El dique se forma por inyección de magma en fracturas de las rocas encajantes.

Si corta un granito, quiere decir que este es más antiguo, quizá cristalizado desde el mismo magma en una fase anterior de enfriamiento y diferenciación.

**3** Podemos averiguar los minerales que la componen y en qué proporción, así como la textura de la roca, que son datos que nos sirven para clasificar la roca. En ocasiones también es posible observar la estructura de la roca, aunque en general este es un aspecto que necesita mayor superficie de muestra para su determinación.

**4** Porque un magma a baja temperatura es más viscoso, tendiendo a obstruir la chimenea, y contiene más gas y agua que hacen presión. Estas dos propiedades favorecen erupciones de tipo explosivo (catastrófico).

**5** Por supuesto; en las dorsales hay condiciones distensivas, la corteza se adelgaza y la presión litostática desciende, lo que favorece el ascenso por dilatación de magma desde la parte superior del manto (cálida y plástica) ya parcialmente fundido.

Pág. 50

**1** Esfuerzos compresivos debidos al empuje de litosfera oceánica subducente, fría y densa, que tiende a descender en el manto por su peso y por el empuje de la dorsal que crece detrás.

**2** De alta presión. La temperatura sube mucho menos porque en un prisma de acreción, formado por cuñas apiladas de sedimentos marinos empapados de agua y comprimidos, el gradiente geotérmico es más bajo que el normal.

**3** Arco insular y dorsal están destinados a colisionar con la litosfera continental, «apagando» su actividad volcánica y ampliando el área continental.

Pág. 51

**4** **a)** Piroxenos, anfíboles y plagioclasas. El basalto, a menor profundidad.

**b)** Dos minerales o más pueden «convivir» si sus condiciones de existencia (origen y estabilidad) se sobreponen al menos en parte como es el caso de cuarzo y plagioclasa (ambos de baja temperatura); esto no es posible en el caso del cuarzo y el olivino (uno de baja temperatura y el otro de alta temperatura).

**c)** Olivino – Plagioclasa – Piroxenos – Anfíboles – Biotita – Feldespato potásico – Moscovita – Cuarzo

**d)** A una temperatura alta.

Pág. 52

**5** En zonas poco profundas, porque con el aumento de la profundidad aumenta la presión y, con ella, el punto de fusión de minerales y rocas.

**6** Es la presión, menos alta bajo la dorsal, donde la litosfera es más sutil y la corteza está fracturada. La menor presión hace dilatar el manto, cuya densidad baja y lo hace elevarse.

Pág. 54

**7** El magma granítico sería un magma residual de uno primario, o sea un magma más «ácido» y frío resultante de la cristalización de rocas ultrabásicas y básicas desde el original. Ortoclasa, mica y cuarzo se mantuvieron en solución hasta bajas temperaturas porque tienen un bajo punto de fusión.

**8** Las mineralizaciones indican actividad hidrotermal, o sea interacción, a través de fracturas, entre roca encajante (calizas) y fluidos, incluido el agua, exhalados por un magma durante su enfriamiento.

Pág. 55

**9** La contradicción es solo aparente, ya que la actividad eruptiva de un magma de baja temperatura es generalmente explosiva y, por tanto, más destructiva y peligrosa.

Pág. 58

**10** Como composición son equivalentes, pero la diorita cristaliza lentamente en el subsuelo (condiciones intrusivas) y adquiere una textura holocristalina, mientras que la andesita, que solidifica rápidamente a partir de una lava en superficie, es criptocristalina y suele tener textura fluida con los cristales de plagioclasa y piroxenos orientados.

Pág. 59

**SABER HACER**

**11** Los colores de interferencia de los granos minerales visibles son intensos y característicos del olivino. Si la matriz es criptocristalina o vítrea, se tratará de una roca volcánica o subvolcánica; si fuera microcristalina, se trataría de una roca plutónica ultrabásica del tipo de la peridotita.

Pág. 60

**12** El riesgo, en situaciones similares, es que el calor de una erupción haga fundir «instantáneamente» la nieve y el hielo, produciendo una colada de barro y detritos varios o un lahar (que comprende cenizas volcánicas también).

**13** El peligro es el derrumbe de los tejados bajo el peso de las cenizas. Está relacionado con las explosiones de las actividades pliniana y estromboliana.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

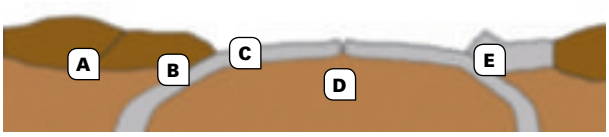
Pág. 61

## EN RESUMEN

**14** Ver el esquema de la serie de Bowen página 51 del libro del alumno.

Peridotita: olivinos; granito: plagioclasa sódica (albita), feldespato potásico (ortoclasa), micas (biotita y moscovita) y cuarzo. La peridotita se forma (consolida) a una temperatura más alta.

**15**




A: zona de colisión entre dos litosferas continentales con creación de orógeno continental. Magmas primarios graníticos en la zona axial por rozamiento y elevación de la temperatura que provoca fusión parcial e intrusiones plutónicas.

B: zona de subducción, roce por descenso de la placa oceánica bajo la continental, que genera volcanes en el borde continental. Magmas primarios andesíticos.

C: litosfera oceánica, interior de placa, punto caliente (volcán sobre penacho térmico) que genera magmas primarios basálticos por anomalía térmica en el manto.

D: dorsal oceánica (límite constructivo), vulcanismo fisural que genera magmas primarios basálticos por descompresión del manto y fracturación de la litosfera.

E: volcanes de arco insular, roce por subducción entre dos placas oceánicas que genera magmas primarios andesíticos por rozamiento y aumento de temperatura ligadas a la hidratación del manto.

**16**

| | > 800 °C | 800-400 °C | < 400 °C |
|---|---|---|---|
| **Fase de consolidación** | Ortomagmática (magma ultrabásico y básico) | Neumatolítica (magma intermedio) | Hidrotermal (magma ácido) |
| **Descripción** | Peridotita, gabro | Sienita, diorita | Granito |
| **Yacimiento que se origina** | De segregación | Neumatolìtico | Hidrotermal |
| **Elementos explotables** | Titanio, níquel, platino, iridio, paladio, cromo | Hierro, tántalo, berilio | Sulfuros de Cu, Ag, Zn, Pb, $Fe^{++}$, Hg |

Pág. 62

## PARA REPASAR

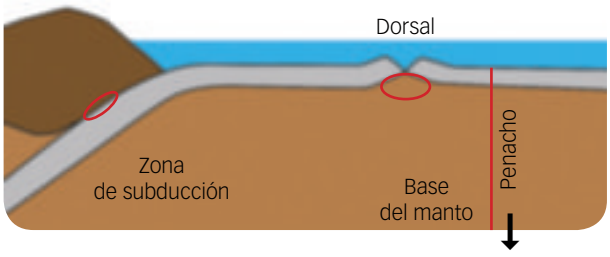
**17** La distribución de los procesos geológicos de origen interno se explica hoy coherentemente con la teoría (modelo) de las placas litosféricas, además del conocimiento sobre la naturaleza de los procesos intraplaca (puntos calientes).

**18** Porque el granito, en cuanto que es una roca, contiene una mezcla de minerales diferentes, cada uno con su punto de fusión particular.

**19** Debido a la descompresión que se genera en los límites divergentes de las placas donde la litosfera oceánica se adelgaza y se fractura.

**20** R. M. El manto es en parte sólido (roca) y en parte líquido (magma). La presión de la litosfera mantiene recíprocamente adheridos granos de roca y magma, excepto donde la presión es menor, como en las dorsales (donde la litosfera es adelgazada y fracturada). Allí, entonces el manto se puede dilatar y subir, pudiendo escapar el fluido entre los granos sólidos.

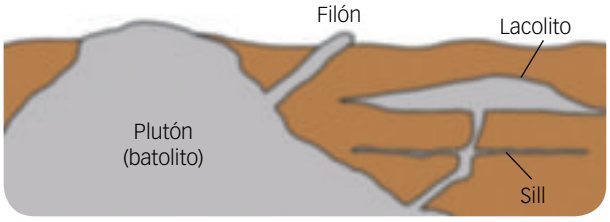
**21** Un magma primario es el formado a partir de la fusión, parcial o total, de una roca inicialmente sólida. Hay tres tipos fundamentales: A) formados en el manto (ultrabásicos y básicos); B) formados en el contacto entre una placa descendente y la base de la litosfera (continental u oceánica) como son los magmas intermedios o andesíticos y C) formados en la base de la litosfera continental, en zonas orogénicas (ácidos).




**22** Los minerales con punto de fusión bajo, como plagioclasa sódica, ortoclasa, mica y cuarzo.

**23** Un magma granítico (ácido), porque allí se encuentran rocas ricas en sílice (Si) y aluminio (Al).

**24**




**25** Actividad explosiva.
R. M. En esta fotografía (que pertenece a un volcán de características análogas al Krakatoa), la erupción está en su fase inicial y no se puede establecer si tomará un carácter pliniano o estromboliano. El color oscuro de la nube indica que contiene poco vapor de agua, así que debería tratarse de un magma básico (como Stromboli o Etna). En el caso del Krakatoa se sabe que, como consecuencia de la explosión, se generó un gigantesco tsunami y las cenizas alcanzaron unos 80 km de altura, es decir, sobrepasaron la estratosfera. Conclusión: probable actividad pliniana o peleana.

**26** El factor principal es la viscosidad del magma que sale desde la chimenea. En los magmas basálticos, en los que la temperatura es más elevada que la de los magmas ácidos e intermedios, el magma presenta baja viscosidad que produce lavas fluidas y la desgasificación se genera con un burbujeo que apenas salpica; en este caso, la lava se derrama sobre amplias superficies con bajas pendientes dando lugar a una morfología de volcanes en escudo. Al contrario, los magmas ácidos e intermedios, originados a menor temperatura que los anteriores, son más viscosos, por lo que los gases se desprenden con dificultad, generando explosiones. Por ello se dice que tienen una actividad mixta, en la que alternan coladas de lava lenta y estratos de piroclastos generados durante las explosiones (estratovolcanes, con más pendiente y más verticales).

**27** A y G: chimeneas volcánicas que, en superficie, han dado origen a un pitón volcánico (B). En una primera aproximación es posible indicar que están formados por rocas volcánicas, si bien desde un punto de vista más estricto se trataría de rocas subvolcánicas. En la parte derecha de la chimenea A se observa un dique o filón, formado por roca filoniana.

C: depósitos volcánicos superficiales como lavas y/o piroclastos que dan origen a un cono volcánico (E), posiblemente un estrato-volcán en cuya cima puede observarse el cráter (D).

F: caldera formada por el hundimiento o colapso de la zona infrayacente como consecuencia de las fallas y diaclasas generadas por la actividad magmática en la zona (posible vaciamiento de la cámara magmática, fuertes explosiones, etc.).

**28** A: textura vacuolar característica de la piedra pómez o pumita volcánica.

B: textura fanerítica u holocristalina de una roca plutónica.

**29** **a)** R. M. En esta erupción se combinaron dos factores letales: en una primera fase, de tipo pliniano, la ciudad fue sepultada bajo un bombardeo piroclástico de cenizas y piedra pómez; en una segunda fase, de tipo peleano, el riesgo se materializó a causa de nubes ardientes y gases tóxicos.

**b)** R. M. Con los conocimientos actuales:

– Métodos de predicción y previsión: estudiar los volcanes para valorar su actividad (intensidad y frecuencia o periodo de retorno) mediante trabajos de campo, registro de datos históricos, observatorios vulcanológicos que monitorizan diversas variables del volcán (sismógrafos, gases, etc.) y elaboración de mapas de riesgo.

– Métodos de prevención: ordenación del territorio y protección civil para eliminar o minimizar los daños. Por ejemplo, evitar las construcciones en lugares de alto riesgo, sistemas de alarma, concienciar a la población para evacuar la ciudad y no refugiarse en las casas, y barreras para desviar las corrientes de lava hacia lugares deshabitados, entre otras.

Pág. 63

**PARA PROFUNDIZAR**

**30** Es solo una contradicción aparente: el roce de la litosfera descendente contra otra placa produce calor y esto hace fundir parte del material sólido y vaporizar el agua. El contenido en agua (vapor) hace disminuir la temperatura de fusión y favorece el proceso.

**31** La fusión de las rocas conlleva aumento de volumen de la masa total y disminución de la densidad. Por tanto, se trata de una subida isostática.

**32** **a)** Las rocas en fondo blanco son plutónicas. Las rocas que deberían ocupar la franja azul son volcánicas y subvolcánicas, es decir: riolita (bajo el granito), andesita (bajo la diorita), y basalto (bajo el gabro).

**b)** Las zonas de máxima temperatura a la derecha por contener minerales máficos de punto de fusión más elevado, las de mínima a la izquierda (ver series de Bowen en página 51). Las rocas más básicas, con mayor proporción de minerales máficos, en la parte de abajo, y las más ácidas y ricas en minerales félsicos, en la parte superior.

**33** Minerales máficos dominantes: peridotita y gabro. Mezcla intermedia: diorita. Félsicos dominantes: granito y sienita.

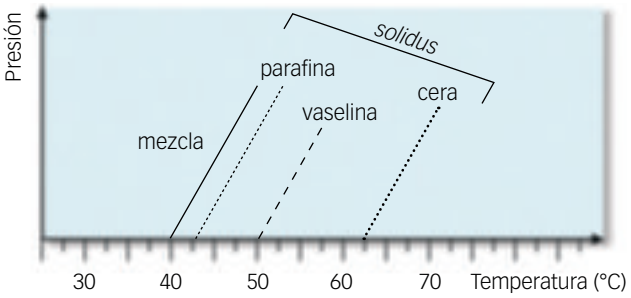
**34** **a)** Son magmas primarios y no productos de diferenciación de un magma anterior.

**b)** Tienen composición félsica y temperatura de formación relativamente baja.

**35** La evolución del magma es tal que los minerales que cristalizan primero son los con que tienen el punto de fusión más alto; el resto sigue cristalizando en orden de temperatura decreciente, siendo el último el cuarzo que, por esta razón, aumenta progresivamente en el líquido o solución residual.

**36** R. G. Se trata de representar una roca volcánica como evidencian sus vacuolas (huecos dejados por desgasificación) y la textura traquítica o fluidal que responde a pequeños cristales alargados, orientados según el flujo de la lava, con una matriz microcristalina, es decir, cristales muy pequeños pero apreciables a simple vista.

**37** Suponiendo una mezcla eutéctica.




**38** No. La diferenciación necesita tiempos largos, únicamente disponibles cuando el enfriamiento ocurre bajo la superficie terrestre. Las lavas, especialmente las hawaianas, pierden calor muy rápidamente y se consolidan en pocas horas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**39** Porque con la profundidad varía la presión de la columna de agua; el magma puede desgasificarse solo cuando la presión externa sea inferior a la de sus gases.

**40** **a)** Sí, pasa toda sin atenuarse.

**b)** No pasa, la sustancia parece negra.

**41** **a)** La placa que forma el fondo del océano Atlántico se mueve hacia el este, pero en el modelo de la página 40 (Unidad 2) se explica que, en el posible punto caliente de las Canarias, las volutas del penacho térmico derivan hacia el noreste, lo que explicaría la actividad volcánica en Lanzarote.

**b)** Lanzarote y Fuerteventura.

**c)** Teóricamente bajo, pero Lanzarote registró una erupción en tiempos históricos (1730).

Pág. 65

**CIENCIA EN TU VIDA**

**42** **a)** A 100 °C.

**b)** Más (el gráfico no muestra cuánto).

**c)** Sí, bajando la presión por debajo de 1 atmósfera, como sucede en la alta montaña.

**43** Si el gas escapa, la lava que estaba antes comprimida por aquella causa, puede ascender porque baja su punto de fusión, se dilata y se hace más fluida.

**44** **a)** Haciendo variar la presión: a menor presión, menor temperatura de ebullición, y viceversa.

**b)** Al quitar el tapón, hay una bajada repentina de la presión y el agua, aunque se vaya enfriando, se encuentra durante un rato por encima de su punto de ebullición.

**45** Porque la presión externa (atmosférica) comprime el agua con gas haciendo adherir las moléculas de manera que no se forman burbujas; al abrirse la botella, la presión interna del gas supera la presión atmosférica y lo libera.

**Introducción y recursos** . . . . . **141**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 142
- Previsión de dificultades . . . . . 143
- Esquema conceptual . . . . . 143
- Te recomendamos . . . . . 144

**Enseñanza individualizada** . . . . . **147**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 148
    - Ficha 1. Clasificación de rocas metamórficas mediante una clave dicotómica . . . . . 148
    - Ficha 2. El metamorfismo en el marco de la tectónica de placas . . . . . 149
  - Trabaja con imágenes . . . . . 150
    - Ficha 3. Estructura laminar: foliación . . . . . 150
    - Ficha 4. Identificar los elementos de un pliegue en un afloramiento real . . 151
  - Trabajos de aula . . . . . 152
    - Ficha 5. Determinación de la dirección y el buzamiento de un estrato . . 152
    - Ficha 6. Tipos de fallas. Un caso concreto en los macizos tectónicos . . . 153
    - Ficha 7. Mapas geológicos y cortes geológicos (I) . . . . . 154
    - Ficha 8. Mapas geológicos y cortes geológicos (II) . . . . . 155
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 156
    - Ficha 9. Riesgo sísmico en España . . . . . 156
    - Ficha 10. Patrimonio geológico en España . . . . . 157

**Recursos para la evaluación** . . . . . **159**

- Autoevaluación . . . . . 161
- Evaluación de contenidos . . . . . 162
  - Controles . . . . . 162
    - Control B . . . . . 162
    - Control A . . . . . 164
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 166
- Evaluación por competencias . . . . . 170
  - Prueba . . . . . 170
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 172

**Solucionario** . . . . . **173**

# Introducción y recursos

# METAMORFISMO Y TECTÓNICA

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

En esta unidad se aborda el estudio de los procesos metamórficos y tectónicos asociados a la tectónica de placas: factores que determinan el grado y tipo de metamorfismo, ambientes en los que se generan los distintos tipos, minerales de origen metamórfico, así como las texturas y estructuras que determinan la clasificación de las rocas metamórficas.

Las rocas metamórficas y magmáticas tienen un elevado un interés económico como rocas industriales por sus numerosas aplicaciones. Los esfuerzos tectónicos producen deformaciones que van desde la escala centimétrica a la de miles de kilómetros. A gran escala, las fallas están relacionadas con los terremotos y, en consecuencia con el riesgo sísmico, cuya repercusión en España ya ha sido introducido en la Unidad 2.

Como las estructuras tectónicas tienen un desarrollo tridimensional, se presentan bloques-diagrama para favorecer destrezas relacionadas con la visión espacial de las mismas. Las representaciones en dos dimensiones del espacio son los cortes y los mapas geológicos. Estos modelos de representación permiten interpretar el desarrollo tridimensional de las estructuras geológicas en profundidad. Las principales aplicaciones de esta técnica son: establecer la historia geológica de la zona y, posteriormente, otras deducciones como predecir dónde puede encontrarse un determinado yacimiento, servir de base a los mapas de riesgos, etc.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Efectos del metamorfismo en las rocas.<br>• Clasificación de las rocas metamórficas.<br>• Usos de las rocas metamórficas y magmáticas.<br>• Deformaciones en las rocas: pliegues y fallas.<br>• Interpretación de cortes geológicos.<br>• La sismicidad y sus riesgos. |
| SABER HACER | • Interpretar estructuras tectónicas en cortes geológicos.<br>• Identificar rocas metamórficas a partir de sus características.<br>• Analizar los tipos de deformación que experimentan las rocas.<br>• Representar y distinguir diferentes tipos de pliegues y fallas, e identificar sus elementos. |
| SABER SER | • Reconocer la utilidad de rocas magmáticas y metamórficas como materia prima para innumerables aplicaciones en su entorno y en nuestra civilización.<br>• Valorar la importancia de expresarse a través de un lenguaje científico adecuado. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

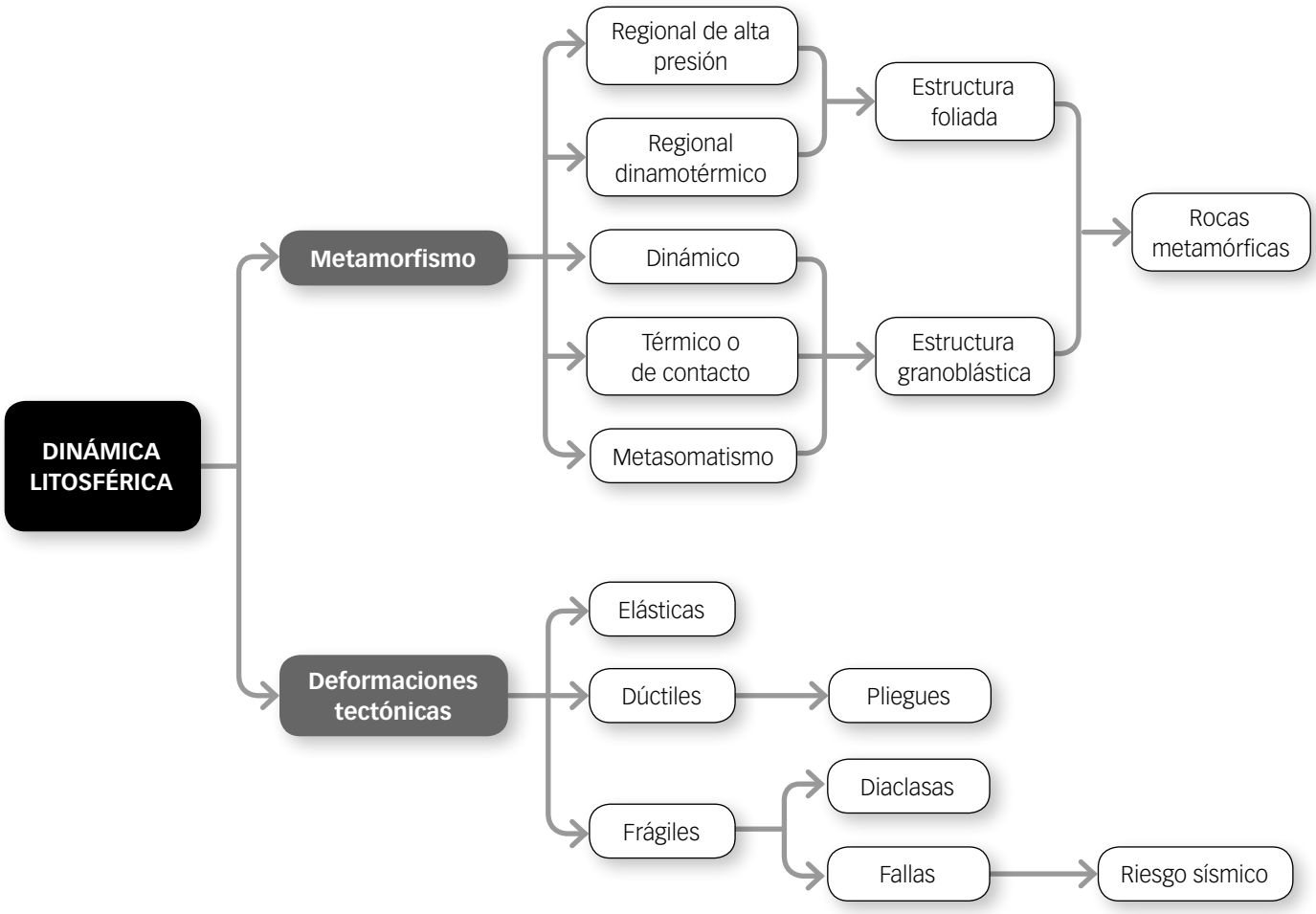
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Los estudiantes, generalmente familiarizados en sus experiencias cotidianas con los procesos de fusión y solidificación, pueden tener dificultades para comprender la ocurrencia de cambios físico-químicos en estado sólido. Por esto puede ser conveniente, para comenzar, establecer analogías con procesos conocidos por ellos como los cambios sufridos por una pieza de arcilla o ladrillo cuando lo cocemos en un horno y facilitar experiencias de aula o laboratorio para observar los pequeños cambios generados por efecto de la temperatura o las presiones dirigidas.

A las dificultades generales que supone la gran cantidad de vocabulario geológico que caracteriza estos contenidos, se suma cierto confusionismo entre conceptos como textura y estructura que, en ocasiones, no están convenientemente tratados en la bibliografía. Los estudiantes tienden a memorizar los ejemplares de roca que se les muestran. Por otra parte, muchas rocas metamórficas presentan importantes variaciones petrográficas de manera que el estudio de pequeñas muestras de visu es insuficiente para apreciar los cambios que se producen de una parte a otra de la misma roca, especialmente en lo que a estructuras se refiere. Por lo que antecede, consideramos importante hacer hincapié en la observación y descripción de los caracteres que sirven para clasificar las rocas, de manera que aprendan a generalizarlos y puedan aplicarlos a especímenes diferentes. A tal fin, aconsejamos la realización de un itinerario geológico urbano, actividad con la que se alcanzarían diversos objetivos, entre ellos: apreciar las características texturales y estructurales de las rocas metamórficas, adquirir una experiencia de primera mano sobre los materiales utilizados en construcción, su respuesta a la intemperie y a la acción antrópica, etc.

Los estudiantes, en general, tienen dificultades para comprender las estructuras tridimensionalmente, por lo que el trabajo con recortables, plastilina o maquetas, comenzando con las estructuras más sencillas y avanzando progresivamente en el grado de complejidad, es muy recomendable para desarrollar su capacidad de visión espacial y su comprensión de la naturaleza de los mapas geológicos.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Asociación Española Para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT)**
Asociación muy activa que promueve múltiples actividades y recursos para la enseñanza de las ciencias de la tierra como son las olimpiadas de geología para estudiantes de Secundaria, los simposios sobre enseñanza de la geología, excursiones internacionales para conocer la geología de otros países (Islandia, Australia, etc.) y la publicación de la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* con artículos de índole científico-divulgativa y didáctica, noticias de geología, etc.
Palabras clave*: AEPECT asociación española enseñanza ciencias tierra.*

**Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**
Organismo público de investigación científica y técnica, sede del Museo Geominero, con sus importantes colecciones de rocas, minerales y fósiles y sus programas públicos (didácticos y exposiciones temporales). Desde su web pueden explorarse gran cantidad de servicios *on-line* y recursos didácticos descargables de forma gratuita. Por ejemplo los vídeos *Gea y la formación de las rocas* o *Gea y el ámbar*, o una guía en PDF de un itinerario de rocas utilizadas en la ornamentación de fachadas en una zona de Madrid (generalizable a otras localidades), juegos geológicos (trivial); materiales para preparar las visitas al museo, y consultas de guías de colecciones minerales, entre otros recursos y enlaces. Destaca su fondo de cartografía geocientífica de todo el territorio español (mapas geológicos, geofísicos, de recursos, impactos ambientales, etc.) a diversas escalas; muchos pueden descargarse gratuitamente. Recomendamos, especialmente, el Mapa Geológico de España (1:1.000.000), herramienta básica para el aula de Geología.
Palabras clave*: IGME instituto geológico minero España*.

**Recursos para la enseñanza de la geología**
Mediateca educativa del Ministerio de Educación con diversos enlaces de recursos para la enseñanza de la geología para profesorado y alumnado. Además de bibliografía, prensa, catálogos o cursos, ofrece animaciones y videoclips sobre diversos procesos geológicos y sus riesgos asociados (terremotos, volcanes, deslizamientos), acompañados de abundante material explicativo.
Palabras clave: *recursostic recursos geología intef.*

**University of Tromso, Norway**
Web con traducción a numerosos idiomas, entre ellos español e inglés, con numerosas animaciones de geología, muy útiles para centros bilingües que desarrollen esta modalidad en la materia de Ciencias de la Naturaleza.
Palabras clave: *university tromso geology rocks*.

**U.S. Geological Survey (USGS)**
Web en inglés con numerosos enlaces para explorar «en tiempo real» la ocurrencia de terremotos en todo el mundo, así como contenidos relacionados con otros desastres naturales, agua y recursos minerales, medio ambiente, y diversos materiales para la enseñanza de la geología.
Palabras clave: *USGS servicio geológico estados unidos.*

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**Geolab Tool** (Android). Herramienta para cartografía, geotecnia, estabilidad de taludes, geodinámica, etc. Reúne brújula, inclinómetro, GPS, altímetro, tabla de tiempos, cámara de fotos y anotaciones, todo en uno.

**IGN Sismología** (Android y Apple). Aplicación gratuita promovida por el Centro Nacional de Información Geográfica de España (CNIG) que permite la recepción y visualización de todos los eventos sísmicos de España y alrededores. Brinda geolocalización del epicentro y el usuario, posibilidad de envío de fotografía a la RSN (Red Sísmica Nacional), entre otras aplicaciones.

## LIBROS Y REVISTAS

***Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física***
**Edward J. Tarbuck y Frederic K. Lutgens.**
Editorial Pearson Education, 2013.
Manual de geología a nivel de los primeros cursos de universidad, recomendable para el profesorado de Enseñanzas medias. El capítulo dedicado al metamorfismo y las rocas metamórficas es interesante. Se acompaña de un código de acceso de 12 meses a los recursos *on-line* «MasteringGeology» que refuerzan los conceptos clave mediante animaciones, clases y ejercicios interactivos.

***Guía de rocas y minerales***
**Walter Schumann.** Editorial Omega, S. A., 2004.
Guía de petrología para reconocer rocas y minerales, acompañada por materiales complementarios que ayudan a su reconocimiento.

***Pero… ¿hay rocas en la calle?***
**Leonor Carrillo y José Gisbert.** Ed. Ayuntamiento de Zaragoza, 1993.
Guía de rocas ornamentales y dos cuadernos didácticos dirigidos al profesorado y al alumnado. La guía contiene una descripción petrográfica detallada, y fotografías a todo color de 34 tipos de rocas empleadas en ornamentación: magmáticas, metamórficas y sedimentarias, procedentes de todo el mundo, así como explicaciones complementarias sobre características texturales, contenido fósil, etc. Obra básica para planificar recorridos urbanos de reconocimiento de rocas. Aunque los itinerarios propuestos se circunscriben a Zaragoza capital, la guía tiene validez para cualquier localidad española dado que las redes comerciales suministran los mismos tipos en todo el territorio español.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

***Atlas de las rocas metamórficas y sus texturas***
**B. W. D. Yardley, W. S.MacKenzie y C. Guilford.**
Ed. Masson, 1997.
Manual clásico sobre texturas al microscopio petrográfico de rocas ígneas profusamente ilustrado a todo color.

***Guía ciudadana de los riesgos geológicos***
**Varios autores.** Editorial ICOG, 1997.
Guía para comprender los riesgos geológicos, incluyendo suelos expansivos, asbestos, radón, terremotos volcanes, deslizamientos, subsidencia, inundaciones y riesgos costeros. Explicados en general y contextualizados en territorio español.

***Terremotos***
Monográfico de la revista de la *Asociación Española Para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (AEPECT), v. 19 (3), 2011.
A través de diferentes artículos se brindan materiales y estrategias para trabajar en el aula con este recurso educativo.

***El mapa geológico: modelos 2-D y 3-D en papel. Una propuesta para aprender a «pensar en 3-D»***
**F. M. Alonso, E. García, M.A. Camacho y M. Cantano.**
Revista de la *Asociación Española Para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (AEPECT), v. 21, 1, páginas 48-58, 2013.
Proponen ejercicios para ir progresando en el desarrollo de la capacidad de visión espacial, representación e interpretación de mapas geológicos.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***Superman*** (1978)
Héroe procedente de Kripton, un planeta de cristales, se enfrenta a los maléficos planes del científico loco Lex Luthor, quien intenta ejecutar un plan que involucra comprar vastos territorios desérticos al este de California, y luego detonar dos bombas nucleares en la Falla de San Andrés que impliquen hundir toda California para elevar el valor de sus propios terrenos, que ahora formarían parte de la nueva costa. El misil da en la falla de San Andrés provocando un gran terremoto. Para frenarlo, Superman se mete debajo de la tierra y levanta la placa tectónica para apuntalar la línea de falla. Sin embargo, las réplicas violentas del terremoto siguen causando daño masivo que crea múltiples desastres que, finalmente, Superman logra revertir.

***Tsunami: El día después*** (2006)
El 26 de diciembre de 2004 un tsunami arrastró el sudeste asiático llevándose por delante la vida de 250.000 personas. Esta ambiciosa coproducción entre HBO (EE. UU.) y BBC (Reino Unido) sigue la trayectoria de distintos personajes de ficción cuyas vidas quedaron transformadas por tan magna catástrofe.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Clasificación de rocas metamórficas mediante una clave dicotómica

Observa las siguientes imágenes de rocas metamórficas con detenimiento.

1. Realiza una descripción de la estructura que observas en dichas rocas y deduce a qué grupo pertenecen.
2. Emite una hipótesis sobre su origen y posibles factores que han intervenido en la génesis de cada una de ellas.

a

b

Se trata de que clasifiques las rocas en función de sus características visibles: color, tamaño de grano o cristal y si presentan estructura orientada (foliación) o no orientada (granoblástica). En las rocas metamórficas la textura y la estructura se refieren a la disposición de los granos o cristales dentro de la roca (criterio que difiere del empleado en rocas ígneas) y, por ello, ambos términos pueden utilizarse indistintamente.

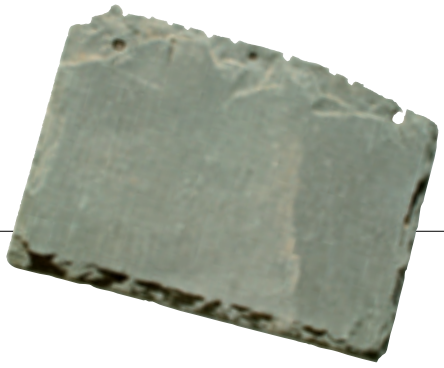
La clave siguiente te facilitará la descripción y clasificación de cada roca, dándote pistas sobre su posible origen.

A simple vista, en la roca a se observa orientación y una alternancia de cristales claros y oscuros dispuestos en láminas gruesas. Esto caracteriza a esquistos y gneises, que proceden del metamorfismo intenso de rocas arcillosas cuya evolución es PIZARRA → ESQUISTO → GNEIS, en presencia de presiones dirigidas y/o temperaturas elevadas (metamorfismo regional).

La roca b tiene un aspecto compacto y homogéneo, sin ningún tipo de orientación. Está constituida por un único mineral (cuarzo recristalizado en un proceso de metamorfismo térmico o de contacto), por lo que es muy dura (raya el acero) y tenaz. No reacciona con el HCl.

**Clave dicotómica**

1. Evidente foliación, formando láminas o lajas bien diferenciadas ..... 3
1'. Sin foliación, a lo sumo un bandeado paralelo. Cristales o granos de tamaño medio a grueso ..... 2
2. Granoblástica con cristales fuertemente unidos. Color variable. Se raya con una llave y reacciona con HCl ..... **MÁRMOL**
2'. Homogénea y tenaz. Color variable. Muy dura (raya el acero). No reacciona con el HCl ..... **CUARCITA**
3. Color gris a azul oscuro o negro. Foliación en láminas finas y paralelas fácilmente separables. Cristales no visibles a simple vista. Pueden contener fósiles ..... **PIZARRA**
3'. Foliación ondeada e irregular. Cristales claramente visibles (0,5 a 3 cm), frecuentes cuarzos, feldespatos, micas ..... 4
4. Lajas más gruesas y difíciles de exfoliar que en la pizarra. Abundante mica (responsable de su brillo) ..... **MICA-ESQUISTO**
4'. Poco esquistosas, con bandas que se adaptan a la forma de los cristales. A veces nódulos, micropliegues, etc. ..... **GNEIS**



PRACTICA

**1** Describe y clasifica la roca adjunta, explicando su origen y los posibles factores que han intervenido en su génesis.

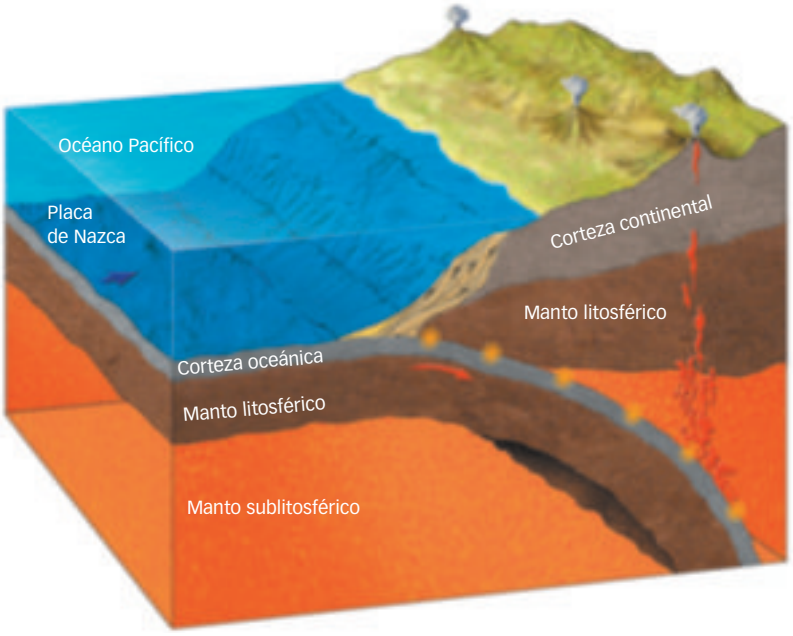
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# El metamorfismo en el marco de la tectónica de placas

Observa detenidamente el siguiente bloque-diagrama correspondiente a un fragmento teórico de un margen destructivo en el que la litosfera oceánica subduce por debajo de la litosfera continental.

En él puedes llegar a identificar diferentes ambientes de formación de las rocas de origen endógeno o interno (metamórficas e ígneas) interpretados en el marco de la tectónica global o tectónica de placas.

Define cuáles son estos ambientes y qué tipos de rocas se generan en cada uno de ellos.




1. En la figura puedes observar dos tipos de emplazamiento de los magmas, en los cuales por cristalización se dará lugar a los dos tipos fundamentales de rocas magmáticas o ígneas: plutónicas y volcánicas.
2. El metamorfismo se da en los siguientes ambientes:
   a) **Regional** o **dinamotérmico**, en el fondo de las fosas oceánicas donde los sedimentos procedentes de la erosión continental alcanzan grandes espesores y, debido a los fenómenos de subsidencia y subducción, se transforman por efecto de las presiones (litostática y/o dirigidas), la temperatura (gradiente geotérmico que aumenta con el enterramiento) y los fluidos. Se originan rocas con estructura foliada del tipo de pizarras, esquistos y gneises.
   b) En las proximidades de las cámaras magmáticas, el fuerte calentamiento de las rocas genera aureolas metamórficas **de contacto** recristalizando a la roca que las rodea que se transforman en rocas de estructura no orientada como los mármoles y las corneanas.
   c) Cerca de las cámaras magmáticas y en presencia de fluidos calientes (líquidos o gases) se produce **metasomatismo**, proceso en el que el intercambio de iones provoca cambios químicos en la roca resultante.
   d) En los prismas de acreción, debido a la fuerte compresión de los materiales, se produce **metamorfismo regional de alta presión**. Da lugar a rocas con foliación apretada, como los esquistos.

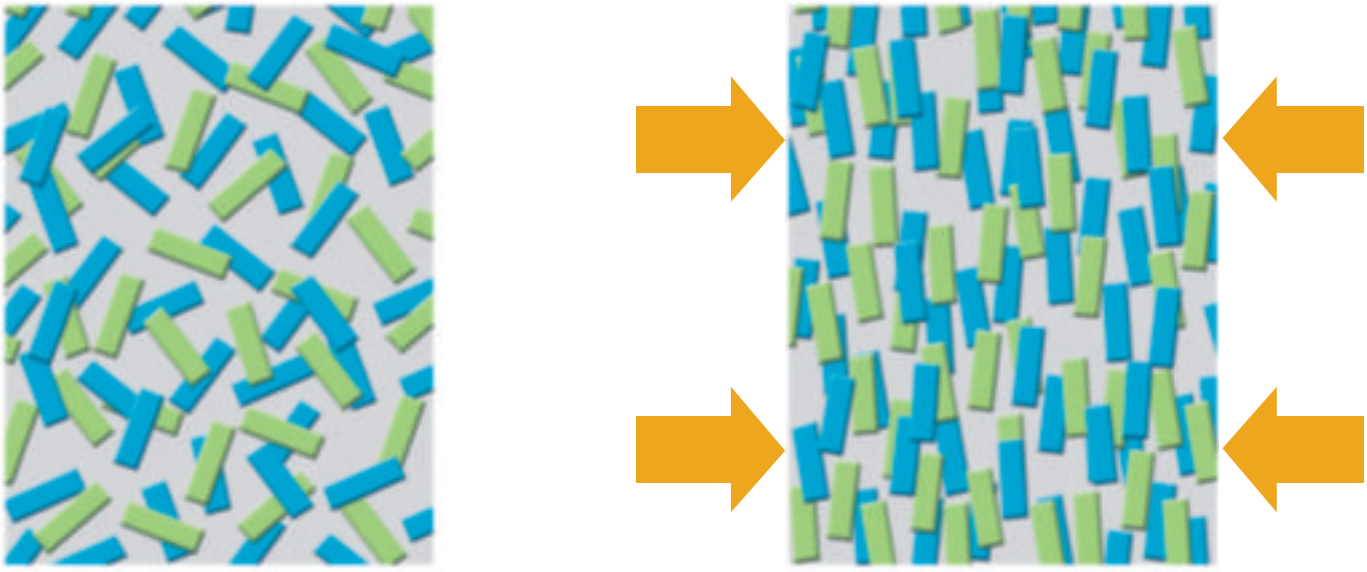
## PRACTICA

**1** Fíjate en la figura adjunta e identifica en qué lugares se formarán cámaras magmáticas especificando si se trata de emplazamiento en la litosfera oceánica o continental y el tipo de límite entre placas en que se originan.

**2** Indica en qué lugares se produce metamorfismo y especifica qué tipo de metamorfismo es en cada caso.

**3** Asocia las rocas siguientes con los lugares indicados en la actividad 2 y describe sus principales características, especialmente en lo que se refiere a su estructura orientada o no orientada: esquisto, mármol, cuarcita, pizarra, gneis y corneana.

# Estructura laminar: foliación



## ACTIVIDADES

**1** Observa la figura adjunta y contesta a las siguientes cuestiones.

a) ¿Qué representan los pequeños fragmentos de colores?

b) ¿Qué cambios se han producido en la disposición de dichos elementos entre la primera y la segunda imagen en cuanto a sus relaciones mutuas y los huecos o volumen existentes entre ellos?

c) ¿Qué disposición espacial adoptan con relación al factor representado por las flechas?

d) ¿Qué factor ha influido en dicho cambio? ¿Qué representan las flechas en la segunda figura?

e) Empleando las palabras que has ido deduciendo en las actividades anteriores, redacta el proceso que culmina con la foliación.

**2** ¿A qué roca o rocas te recuerda la estructura generada?

**3** ¿Cómo se llama el tipo de metamorfismo que genera este tipo de roca? ¿En qué ambientes de la corteza terrestre se desarrolla este tipo de metamorfismo?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Identificar los elementos de un pliegue en un afloramiento real

## ACTIVIDADES

**1** Observa la imágen adjunta y contesta a las siguientes cuestiones.

a) Identifica el número de anticlinales y de sinclinales presentes en este grupo de pliegues y dibújalos en tu cuaderno, o cálcalos sobre un papel transparente o translúcido (acetato, plástico, papel cebolla, etc.).

b) Elige uno de los pliegues, señala su nombre y con lápices o rotuladores pinta sobre él el núcleo y los flancos. Representa algunas charnelas mediante puntos de color oscuro y conéctalas entre sí: ¿Qué indica la línea que has trazado?

c) Indica qué tipo de pliegues son según la inclinación de los planos axiales.

**2** ¿Qué factor o factores han intervenido para hacer posible este tipo de deformación? ¿Consideras que esta deformación es producto de un proceso lento y sostenido, o de un proceso brusco? ¿Por qué?

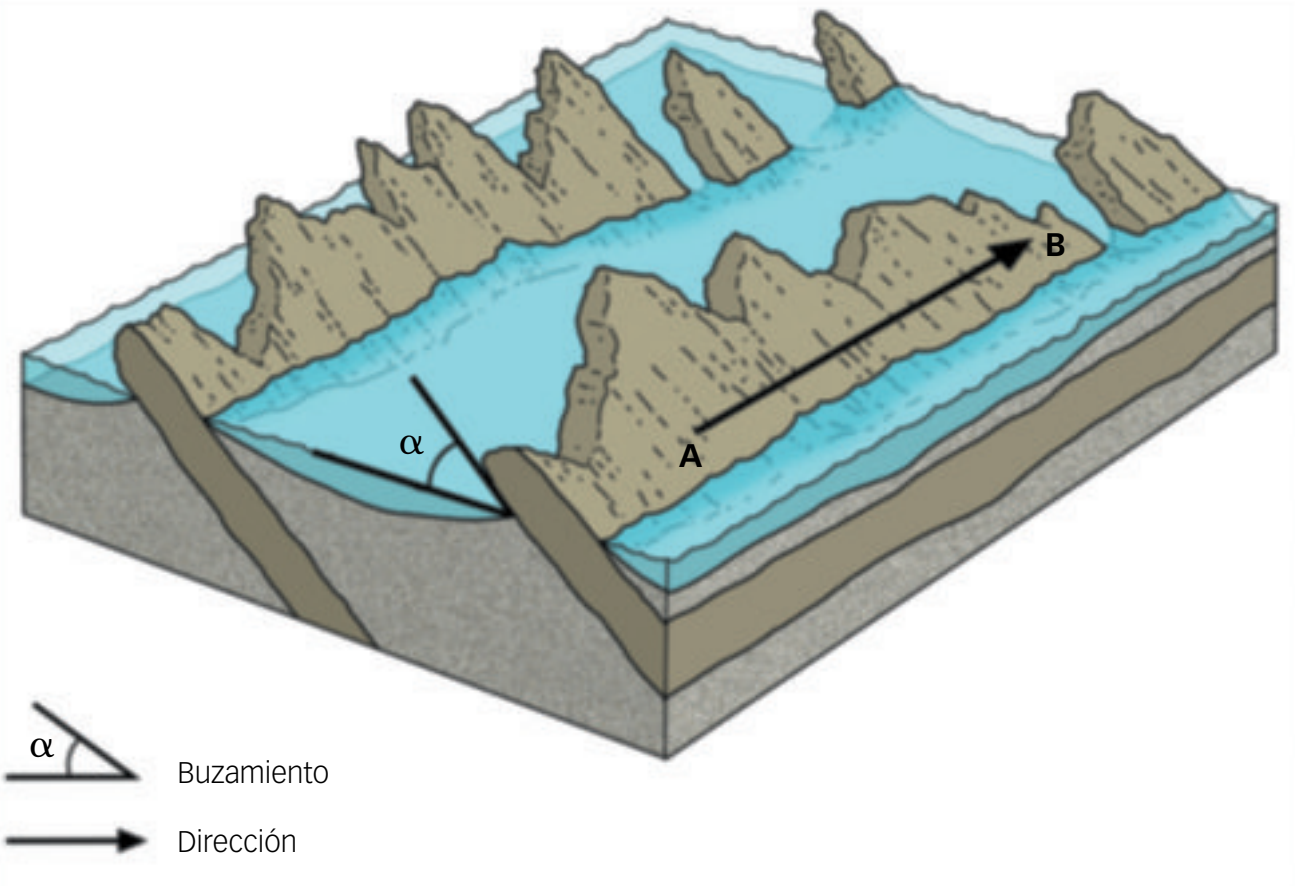
**3** En relación a la tectónica de placas, ¿en qué tipo de bordes pueden haberse producido? Justifica tu respuesta.

# Determinación de la dirección y el buzamiento de un estrato

**Dirección y buzamiento** son dos parámetros que sirven para localizar y representar en un mapa geológico objetos de naturaleza plana como estratos, fallas o pliegues.

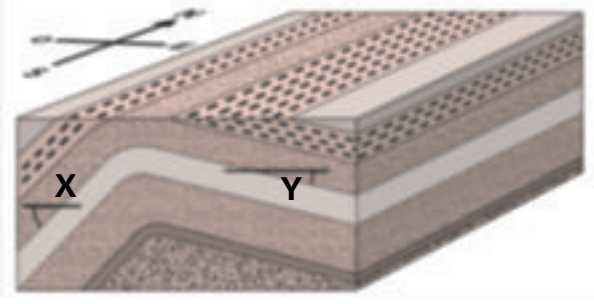
La **dirección** de un plano geológico es la dirección respecto al norte magnético de la línea de intersección de ese plano con un plano horizontal. Se mide con una brújula y se expresa en grados.

El **buzamiento** es el ángulo formado por el plano geológico respecto a un plano horizontal; es siempre perpendicular a la dirección. En el campo se mide mediante un artilugio, llamado clinómetro, presente en algunas brújulas y disponible a través de la aplicación Geolab tool (Google-Play). Sobre la figura, puede medirse con un transportador de ángulos.




## ACTIVIDADES

**1** Observa la figura adjunta e indica cuales son el ángulo de buzamiento y la dirección de las capas en los puntos X e Y.




 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Tipos de fallas. Un caso concreto en los macizos tectónicos

**Tipos de fallas según la inclinación y desplazamiento de los bloques situados a ambos lados del plano.**

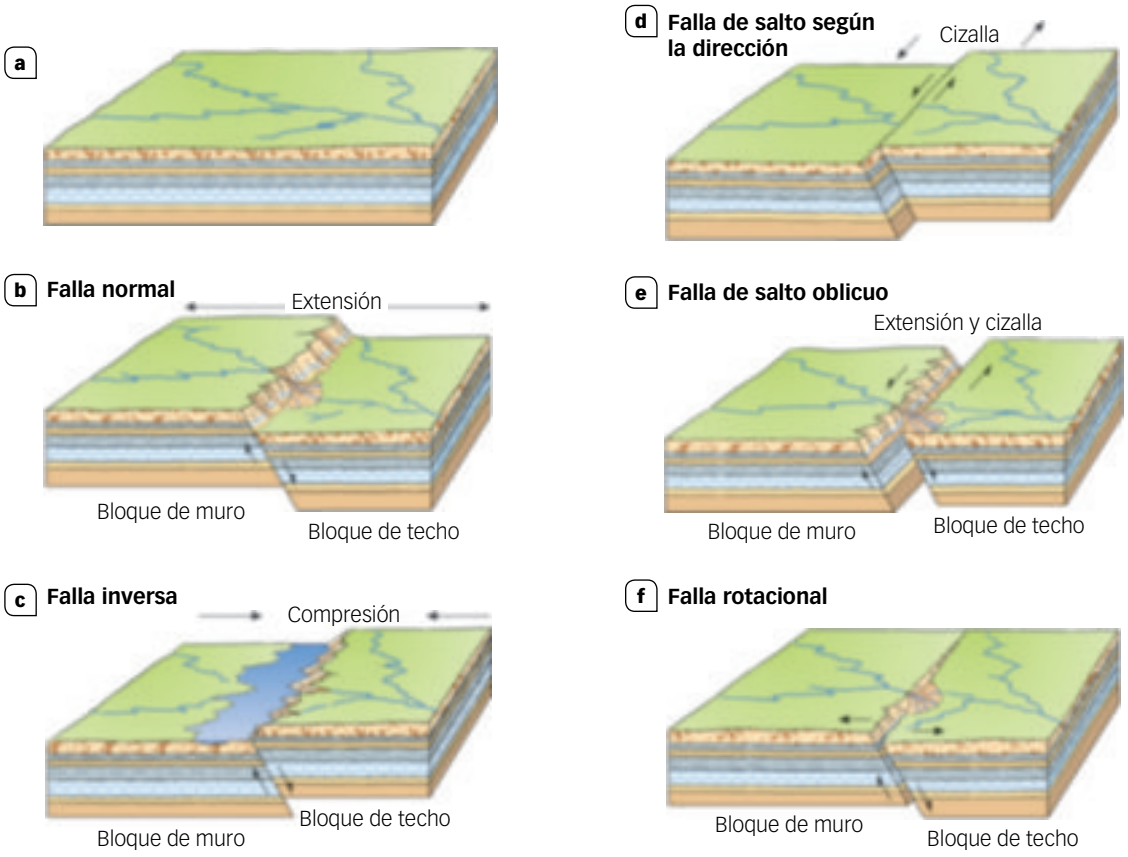
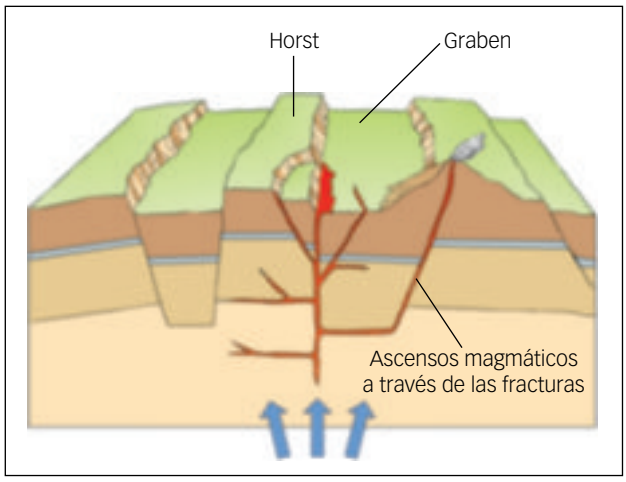



**Diagrama de fosas y macizos tectónicos.** Cuando la corteza está sometida a esfuerzos de extensión, sufre un adelgazamiento que suele producir la rotura de los materiales que la forman, originando una serie de fallas que suelen aparecer asociadas en sistemas de fallas más o menos paralelas. Un valle rodeado por fallas normales es una fosa tectónica o graben; mientras que un bloque o una zona levantada rodeada por estas fallas es un macizo tectónico o horst. Normalmente, el adelgazamiento de la corteza y la litosfera suele ir acompañado de cierta actividad ígnea y, en muchos casos, el magma aprovecha estas fracturas de las rocas de la corteza para ascender a zonas más superficiales.




## ACTIVIDADES

**1** Demuestra gráficamente que en las fallas normales se produce un aumento de la distancia desde un extremo a otro de los bloques situados a ambos lados del plano, y que en las fallas inversas se produce un acortamiento debido a la compresión.

**2** a) ¿En qué tipo de límites de placas se producen las fosas tectónicas o graben?
b) ¿Qué proceso se inicia cuando una fosa tectónica se instala sobre un continente? ¿Cuál es la evolución probable de la litosfera continental en este proceso?

# Mapas geológicos y cortes geológicos (I)

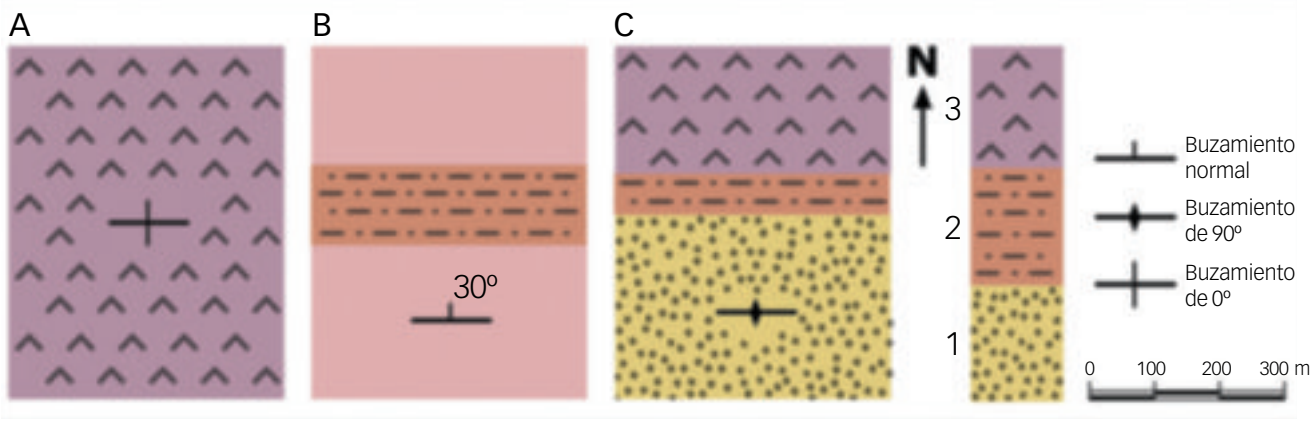
El **mapa geológico** representa una determinada zona de la superficie terrestre como si la viéramos desde el aire, proyectada sobre un plano horizontal. Esta visión no siempre es posible, pues, aunque pudiéramos sobrevolar la zona, aquella podría estar cubierta de vegetación, arena, construcciones, etc.

Los **cortes geológicos** son representaciones en planos verticales de los materiales y accidentes representados en diversas secciones del mapa geológico.

La mayoría de las veces los datos para elaborar cortes o mapas geológicos deben deducirse y extrapolarse a partir de indicios parciales. La ventaja es que las observaciones en secciones verticales (cortes) permiten deducir cómo es la representación en la horizontal (mapa), y viceversa.

Para interpretar un mapa geológico, además de unos mínimos conocimientos de geología, es preciso disponer de un lenguaje gráfico de tipo simbólico, la denominada **leyenda** del mapa. Son elementos indispensables de la misma:

– La **escala del mapa**, ya sea esta numérica o gráfica.
– La **situación del norte magnético**, que a efectos prácticos se considera coincidente con la del norte geográfico.
– La **columna estratigráfica** de la zona, con los tipos de rocas presentes en la misma, ordenados desde el más antiguo, abajo, al más moderno, encima (según la ley de superposición de los estratos).
– Los **tipos de contacto** entre rocas: *normal*, referido a estratos superpuestos mediante un proceso de sedimentación, *mecánico* o *por falla*.
– Las **estructuras tectónicas**, que afectan a las rocas, especialmente aquellas que sirven para situar espacialmente las capas (horizontales o inclinadas, y, en este caso, su situación tridimensional respecto al norte magnético), es decir, **dirección y buzamiento** (ver ficha 5). En el mapa, dichos valores se representan mediante signos en los que un trazo largo corresponde a la dirección del plano (valor que no se indica), y un trazo más corto, perpendicular al anterior, corresponde al buzamiento.




## ACTIVIDADES

**1** Del mapa geológico a los cortes geológicos. Los tres mapas geológicos representan distintas posiciones de una misma columna estratigráfica. Observa bien sus signos y realiza los siguientes ejercicios.

a) Realiza los cortes en dirección N-S de cada figura.

b) Completa la litología en el mapa B.

c) Calcula gráfica y algebraicamente el espesor real del estrato 2 en el mapa B.

**2** La realización de recortables te ayudará a resolver las actividades planteadas, a la vez que desarrollará tu capacidad de visión espacial.

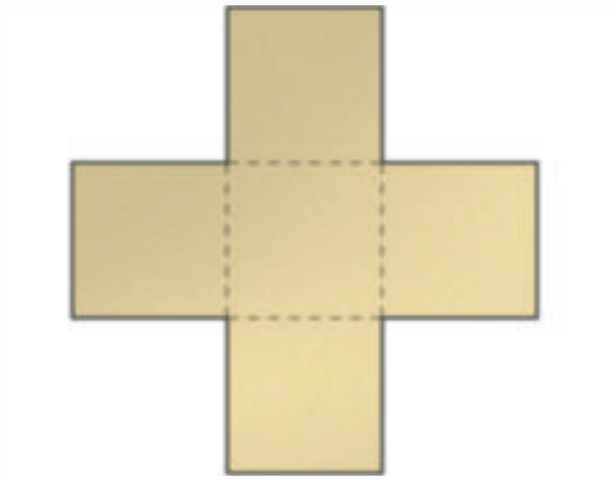
A tal fin dibuja para cada ejercicio una cruz como la de la figura que se adjunta en la siguiente ficha (ficha 8) siguiendo las indicaciones que se dan.

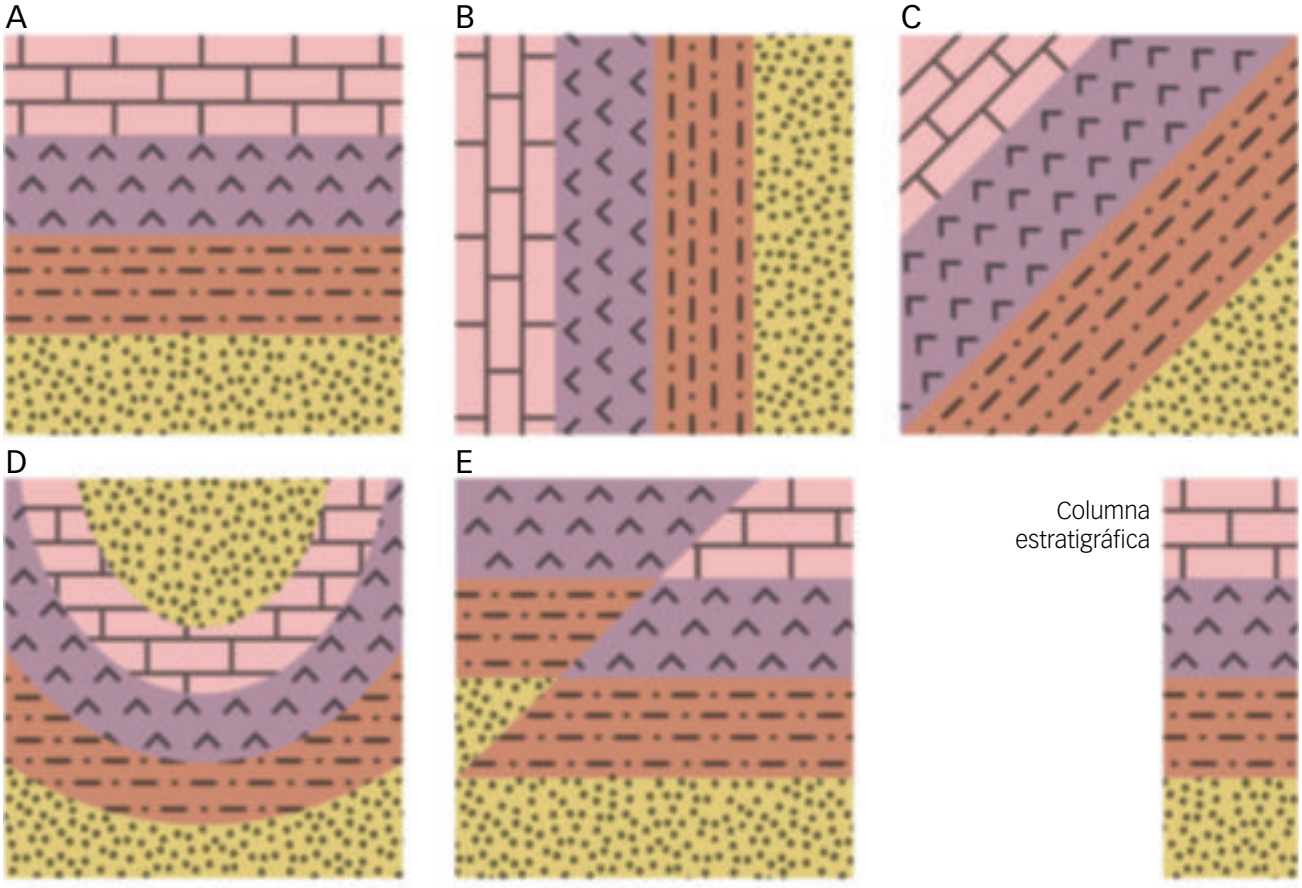
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Mapas geológicos y cortes geológicos (II)

**Realización de los recortables base para la realización de los ejercicios propuestos.**

Dibuja 5 cruces similares a la de la figura de la derecha, pero de mayor tamaño (se recomiendan unos 5 cm de lado para cada cuadrado). Recórtalas y dóblalas por las líneas de puntos. De esta manera, obtendrás cubos regulares (exceptuando su base) que te servirán para visualizar la estructura tridimensional de las formaciones representadas. La cara central del cubo, que quedará horizontal en la parte de arriba, corresponde al mapa geológico, mientras que las cuatro caras del cubo, que quedarán verticales y a 90º unas de otras, representarán diferentes secciones posibles de cortes geológicos del mapa anterior.






## ACTIVIDADES

**1** Deduce el mapa geológico y los restantes cortes geológicos correspondientes a las estructuras adjuntas.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Riesgo sísmico en España

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación sobre el riesgo sísmico en tu zona en relación a su contexto y su relación con la tectónica de placas.

**Otras investigaciones sugeridas.** Terremotos históricos en España. Zonas de mayor peligrosidad sísmica en España, ¿en qué Comunidad Autónoma y en qué punto de España la peligrosidad es máxima? Riesgo de tsunamis en las costas españolas. Obtención de datos sismológicos en España. Construcción y riesgo sísmico: normativa sismorresistente. Sismicidad y Patrimonio histórico-artístico. ¿Las actividades humanas pueden inducir sismicidad? Medidas contra los sismos.

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- Instituto Geográfico Nacional (IGN). Palabras clave: *información sísmica IGN*.
- Alertas de terremoto. Palabras clave: *alerta terremotos*.
- Blog de Antonio Aretxabala sobre la sismicidad en Galicia. Palabras clave: *blog de antonioaretxabala.*
- B.O.E. (edición digital). Directrices sísmicas 2010/04/09. Plan Estatal de Protección Civil ante riesgo sísmico. Palabras clave: *boe directrices sísmicas.*

Referencias bibliográficas:

- *Terremotos: un recurso educativo imprescindible*. Monográfico de la revista de la *Asociación Española Para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (AEPECT), v. 19 (3), 2011.

**Realización.** Equipo(s) de 3-5 estudiantes para las investigaciones parciales. Grupo clase para la elaboración de un *dossier* general o presentación digital común.

**Duración de la elaboración.** 4-5 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital de cada grupo, que concluye en la realización de un *dossier* general que recoge los trabajos del conjunto de la clase.

### TEN EN CUENTA QUE

**Precedentes históricos**

España no es una zona de grandes terremotos, pero sí tiene una actividad sísmica relevante. Al año se producen unos 2 500 terremotos, de los cuales solo una media de dos al mes son sentidos por la población. Algunas localidades como Lorca (Murcia), Dúrcal (Granada), Torrevieja (Alicante), Becerreá (Lugo), Cádiz o El Hierro (Canarias), han sufrido los efectos devastadores de terremotos o tsunamis.

### LO QUE DEBES SABER

- **Intensidad:** forma de medida del «tamaño» de un terremoto mediante su percepción por la población. Se cuantifica mediante la escala de Mercalli Modificada (MKS).
- **Magnitud:** mide la energía liberada en el hipocentro o foco del terremoto mediante la escala de Richter, independientemente de sus efectos sobre la población.
- **Riesgo sísmico (R):** se mide según la fórmula $R = P \times V \times E$
- **Peligrosidad sísmica (P):** probabilidad de ocurrencia de un sism o cuya intensidad o magnitud lo hagan potencialmente perjudicial en un tiempo o espacio.
- **Exposición (E):** número total de personas o bienes sometidos a un determinado riesgo.
- **Vulnerabilidad (V):** tanto por ciento respecto al total expuesto de víctimas mortales o pérdidas materiales provocadas por el terremoto.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Patrimonio geológico en España

## HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación sobre el patrimonio geológico español a nivel estatal o de tu Comunidad Autónoma.

**Otras investigaciones sugeridas.** ¿Cómo se gestiona el patrimonio geológico y qué leyes lo protegen? Geoparques y LIGs. Aportación española al patrimonio geológico mundial.

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Palabras clave: *IGME patrimonio geológico españa global geosites.*
- Red Europea de Geoparques. Palabras clave: *red europea geoparques.*

Referencias bibliográficas:

- *Patrimonio Geológico*. Monográfico sobre el tema en la revista de AEPECT, v. 22, 1 (2014).
- *Las raíces del paisaje*. A. Díez y J. F. Martín-Duque. Ed. Junta de Castilla y León. Es posible su descarga en PDF. Palabras clave: *raíces paisaje.*

**Realización.** Equipo(s) de 3-5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 4 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital y/o elaboración de un tríptico o guión sobre una excursión o viaje de estudios a un lugar de interés geológico.

## TEN EN CUENTA QUE

El patrimonio geológico forma parte del patrimonio natural y, por tanto, de nuestro medio ambiente. Por ello, según la Constitución española (art. 45), es un deber y un derecho de la ciudadanía y de las Administraciones Públicas asegurar su conservación, uso sostenible, mejora y restauración.

España es un país privilegiado desde el punto de vista del patrimonio geológico, reconocido a nivel mundial, por la abundancia de afloramientos de gran relevancia científica y mucha diversidad (geodiversidad).

**Geoparque Zumaia.**

## LO QUE DEBES SABER

- **Patrimonio geológico:** elementos geológicos con un valor destacado en función de su singularidad o representatividad, debido, fundamentalmente, a su interés científico y/o didáctico. Entre dichos elementos están: yacimientos mineralógicos, estructuras tectónicas como pliegues o fallas, yacimientos paleontológicos, fósiles, afloramientos de diferentes tipos de rocas –incluyendo meteoritos–, elementos geomorfológicos y formas del relieve como formas y depósitos fluviales (ríos, cañones, cascadas, etc.), eólicos (dunas, etc.), de ladera (cárcavas, etc.), glaciar (glaciares, morrenas, etc.), kárstico (dolinas, simas, cuevas, lapiaces, etc.), glaciares o volcánico (calderas, coladas, etc.).

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 4 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué es la foliación?

- ☐ **a.** Una propiedad de las rocas ígneas.
- ☐ **b.** Una estructura de las rocas metamórficas.
- ☐ **c.** Una textura metamórfica.
- ☐ **d.** Una forma de estratificación.

**2** ¿Qué propiedad cambia cuando una caliza es metamorfizada en mármol?

- ☐ **a.** Dureza.
- ☐ **b.** Textura.
- ☐ **c.** Composición química.
- ☐ **d.** Composición mineralógica.

**3** La esquistosidad en una roca metamórfica indica:

- ☐ **a.** Un metamorfismo térmico.
- ☐ **b.** Un metamorfismo de baja presión.
- ☐ **c.** Un metamorfismo alto y presión dirigida.
- ☐ **d.** Una elevada presión litostática.

**4** ¿Qué significa blastesis?

- ☐ **a.** Crecimiento de cristales.
- ☐ **b.** Deformación de cristales.
- ☐ **c.** Aumento de tenacidad.
- ☐ **d.** Aumento de densidad.

**5** ¿Qué tipo de comportamiento mecánico indica un pliegue?

- ☐ **a.** Dúctil distensivo.
- ☐ **b.** Dúctil compresivo.
- ☐ **c.** Elástico.
- ☐ **d.** Frágil.

**6** Las diaclasas del tipo disyunción columnar indican:

- ☐ **a.** Contracción por desecación.
- ☐ **b.** Expansión por cuñas de hielo.
- ☐ **c.** Contracción por enfriamiento de una lava.
- ☐ **d.** Dilatación por descompresión.

**7** Para determinar la edad relativa de dos objetos geológicos se aplica una regla lógica:

- ☐ **a.** El objeto, o parte de él (línea, superficie etc.), que corta una estructura es más reciente que lo cortado.
- ☐ **b.** El objeto cortado es más reciente.
- ☐ **c.** Los dos tienen la misma edad.
- ☐ **d.** No se puede determinar la secuencia temporal.

**8** ¿Por qué un tsunami hace mucho daño en una costa y casi nada en mar abierto (adentro)?

- ☐ **a)** Hay más densidad de población en la costa.
- ☐ **b.** Las olas de tsunami son más lentas en mar adentro.
- ☐ **c.** Las olas adquieren energía viajando.
- ☐ **d.** Las olas crecen en altura por roce contra el fondo al acercarse a la costa.

**9** Entre los factores determinantes en el comportamiento de las rocas ante los esfuerzos tectónicos está:

- ☐ **a.** Su comportamiento elástico.
- ☐ **b.** Su composición química.
- ☐ **c.** La duración del esfuerzo.
- ☐ **d.** El tipo de ondas sísmicas.

**10** El riesgo sísmico no se limita a las sacudidas, sino que también comprende procesos asociados como los siguientes, excepto uno que debes indicar.

- ☐ **a.** Colapso de infraestructuras.
- ☐ **b.** Corrimiento de tierras en vertientes de zonas de montaña.
- ☐ **c.** Tsunamis.
- ☐ **d.** Perturbaciones atmosféricas.

SOLUCIONES

**1** b, **2** b, **3** c, **4** a, **5** b, **6** c, **7** a, **8** d, **9** c, **10** d

# 4 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué es el metamorfismo de contacto? ¿Dónde se produce y cuáles son sus factores determinantes? ¿Qué tipo de estructura se origina en el metamorfismo de contacto? Cita una roca originada en este proceso.

**2** Explica las principales características del gneis y del mármol, indicando de qué roca procede cada uno de ellos.

**3** Cita dos minerales exclusivos del metamorfismo y otros dos comunes con las rocas magmáticas.

**4** ¿Qué es la foliación? ¿Qué tipo de factores son determinantes en la formación de esta estructura? ¿De qué tipo de metamorfismo es característica?

**5** De los siguientes tipos de rocas, ¿cuál o cuáles consideras adecuado para cada uno de los usos siguientes y por qué? Cuarcita, pizarra, granito, mármol, gneis, caliza y arenisca.

a) Tejado.

b) Escultura.

c) Mobiliario urbano (bancos, etc.).

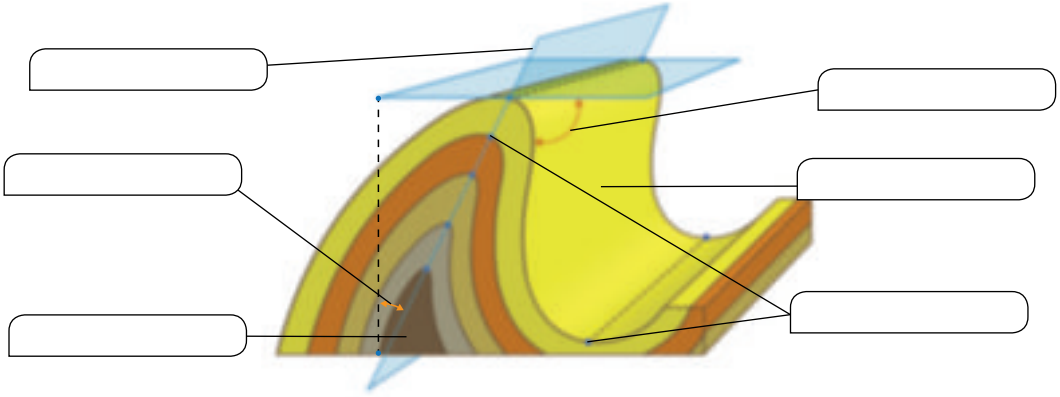
d) Sillares de una catedral.

**6** ¿En qué se diferencia una diaclasa de una falla? ¿Qué tipos de esfuerzos pueden producir diaclasas? Pon un ejemplo.

**7** Dibuja una falla normal o directa indicando los nombres de los distintos elementos que la forman.

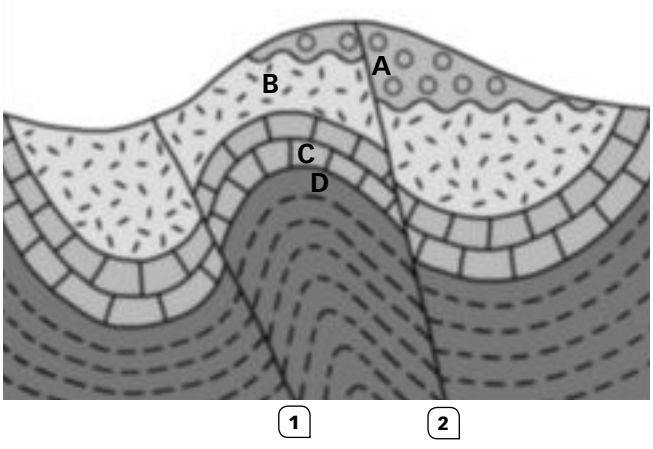
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**8** Clasifica el siguiente pliegue y pon nombre a sus elementos geométricos.



**9** Cita tres efectos catastróficos de los terremotos. ¿Cuál fue la causa del gran terremoto de Lisboa de 1755 que originó el famoso maremoto que asoló las costas de Cádiz?

**10** Observa el siguiente corte geológico y realiza las tareas siguientes.




a) Teniendo en cuenta que los estratos se han formado por apilamiento de los más modernos sobre los más antiguos, indica cuál ha sido el orden de su formación.

b) En el corte se observan dos fallas. ¿Son directas o inversas? ¿Cómo puedes saberlo? ¿Por qué la falla 1 no afecta a la formación A?

c) ¿Qué tipo o tipos de pliegues forman las capas B, C y D? ¿Por qué la capa A no está afectada por el plegamiento y sí por la falla 2?

d) Reconstruye la historia geológica de esta zona nombrando ordenadamente la serie de acontecimientos presentes en el corte.

# 4 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué es el metamorfismo regional? Cita los principales factores que lo caracterizan. ¿En qué zonas de la corteza terrestre se localiza?

**2** ¿Qué roca metamórfica esperarías encontrar en una zona afectada por una falla de compresión de gran tamaño?

**3** ¿Qué es una aureola metamórfica? ¿Qué tipo de metamorfismo la origina y qué tipo de estructuras adquieren las rocas que se ven afectadas por ella?

**4** Completa la tabla adjunta sobre las características más notables de las rocas metamórficas que se incluyen.

| | Roca de la que procede | Ambiente metamórfico | Estructura | Color |
|---|---|---|---|---|
| **Pizarra** | | | | |
| **Corneana** | | | | |
| **Mármol** | | | | |

**5** De los siguientes tipos de roca, ¿cuál o cuáles consideras adecuado para cada uno de los usos siguientes y por qué? Cuarcita, pizarra, granito, mármol, gneis, caliza y arenisca.

a) Material de relleno en obras públicas.

b) Esculturas.

c) Encimeras.

d) Tejados.

**6** ¿Qué tipo de riesgos derivados de los procesos internos pueden darse en las islas Canarias? Justifica su respuesta.

**7** Dibuja un pliegue sinclinal inclinado y sitúa en él sus distintos elementos: núcleo, flancos, charnelas y plano axial (es suficiente con el eje contenido en dicho plano, dado que no se pide un dibujo en tres dimensiones).

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**8** ¿Qué tipo de comportamiento experimentarán los siguientes materiales cuando les aplicamos determinados esfuerzos? Indica, en los ambientes geológicos, qué factores determinan el comportamiento elástico, dúctil o frágil de las rocas.

a) La cuerda de una guitarra cuando vibra.

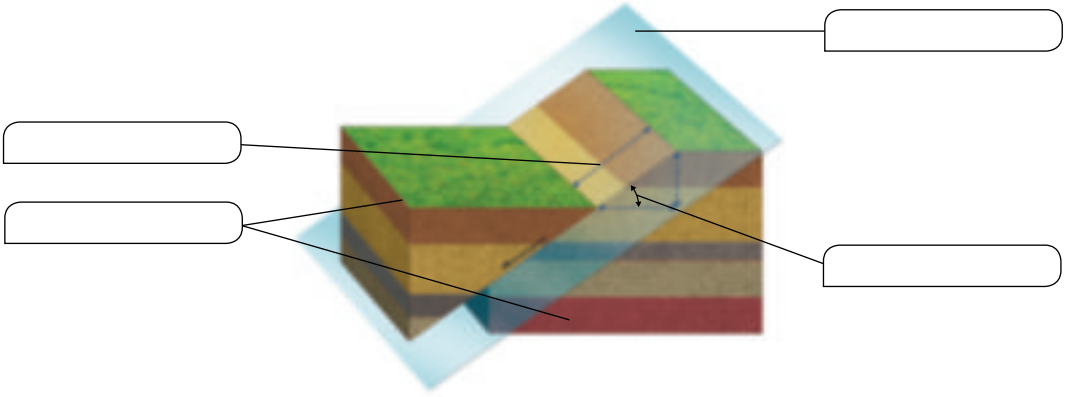
b) Un vaso de vidrio que se cae al suelo.

c) Un trozo de plastilina cuando la modelamos.

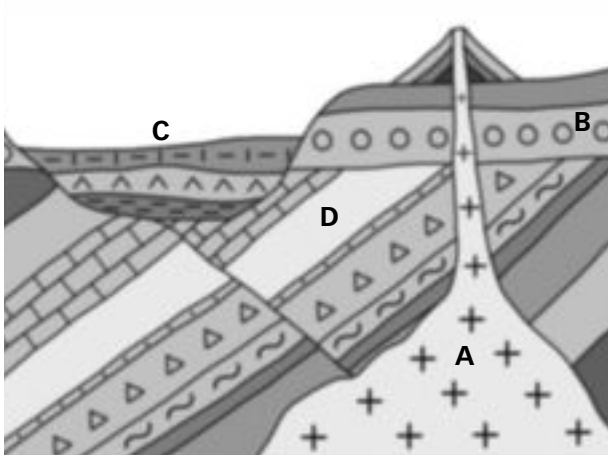
d) Una regla de plástico que doblamos sin llegar a partirla.

e) Un huevo si lo apretamos.

**9** Indica el tipo de falla y rotula sobre el dibujo sus elementos geométricos.



**10** Observa el siguiente corte geológico y realiza las tareas.




a) ¿Todas las rocas presentes en el corte son sedimentarias? ¿Qué representa la formación A? Teniendo en cuenta que los estratos se han formado por apilamiento de los más modernos sobre los más antiguos, indica cuál ha sido el orden de su formación.

b) ¿Hay alguna falla en el corte? En caso afirmativo, ¿es anterior o posterior al emplazamiento de la formación A? ¿A qué estratos afecta? ¿Es directa o inversa? ¿Cómo puedes saberlo?

c) Reconstruye la historia geológica de esta zona nombrando ordenadamente la serie de acontecimientos presentes en el corte.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B7-7.** Seleccionar e identificar los minerales y los tipos de rocas más frecuentes, especialmente aquellos utilizados en edificios, monumentos y otras aplicaciones de interés social o industrial. | **B7-7.1.** Identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados minerales y rocas. | 3 y 5 | 4 y 5 |
| **B8-5.** Diferenciar los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad. | **B8-5.1.** Analiza los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad. | 9 | 6 |
| **B8-6.** Detallar el proceso de metamorfismo, relacionando los factores que le afectan y sus tipos. | **B8-6.1.** Clasifica el metamorfismo en función de los diferentes factores que lo condicionan. | 1 y 4 | 1, 2 y 3 |
| **B8-7.** Identificar rocas metamórficas a partir de sus características y utilidades. | **B8-7.1.** Ordena y clasifica las rocas metamórficas más frecuentes de la corteza terrestre, relacionando su textura con el tipo de metamorfismo experimentado. | 2, 4 y 5 | 1, 2, 3, 4 y 5 |
| **B8-11.** Analizar los tipos de deformación que experimentan las rocas, estableciendo su relación con los esfuerzos a que se ven sometidas. | **B8-11.1.** Asocia los tipos de deformación tectónica con los esfuerzos a los que se someten las rocas y con las propiedades de estas. | 6 y 10 | 8 |
| **B8-12.** Representar los elementos de un pliegue y de una falla. | **B8-12.1.** Distingue los elementos de un pliegue, clasificándolos atendiendo a diferentes criterios. | 8 y 10 | 7 y 10 |
| | **B8-12.2.** Reconoce y clasifica los distintos tipos de falla, identificando los elementos que la constituyen. | 7 y 10 | 9 y 10 |
| **B9-1.** Deducir a partir de mapas topográficos y cortes geológicos de una zona determinada, la existencia de estructuras geológicas y su relación con el relieve. | **B9-1.1.** Interpreta y realiza mapas topográficos y cortes geológicos sencillos. | 10 | 10 |

**Control B**

**1** El metamorfismo de contacto se localiza en el contacto de los magmas. La elevada temperatura de la cámara transforma las rocas encajantes hasta una determinada distancia, formando la denominada aureola de metamorfismo, que puede tener desde algunos metros a varios centenares de metros. En ella se generan nuevas rocas y minerales. El factor determinante de este tipo de metamorfismo son las altas temperaturas que dan lugar a estructuras no orientadas de tipo granoblástico. Son ejemplos la corneana o cornubianita, y el mármol.

**2** Gneis: roca con estructura orientada formada por una alternancia de bandas de colores claros y oscuros. Tiene textura/estructura foliada gruesa e irregular (gneísica) en la que se aprecian grandes cristales de feldespato.

Mármol: roca de color variable. Cuando es puro, es liso u homogéneo y su estructura granoblástica se aprecia a simple vista (cristales de calcita de 2 a 5 mm). Procede del metamorfismo de la caliza y, por ello, la calcita es su componente fundamental. No raya el acero (dureza de la calcita = 3) y sí produce reacción con el HCl.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**3** Minerales exclusivos del metamorfismo: andalucita, sillimanita, distena, estaurolita y, en general, los granates. Comunes con las rocas magmáticas: cuarzo, feldespatos, micas y plagioclasas.

**4** La foliación es una estructura orientada, propia de las rocas generadas por metamorfismo regional, en que las presiones (litostática y dirigidas), junto con la temperatura, son los factores determinantes. Comprende tres tipos particulares: pizarrosa, esquistosa y gneísica.

**5** **a)** Tejado: pizarra, por su estructura pizarrosa que le permite partirse en lajas finas.

**b)** Escultura: aunque en las esculturas puede emplearse cualquier tipo de rocas (yeso alabastro, caliza, granito, etc.), las mejores son de mármol por su densidad y tenacidad.

**c)** Mobiliario urbano (bancos, etc.): también se pueden emplear diferentes tipos de rocas. Esto puede variar por zonas (cercanía a canteras) o precios. Los granitos son muy resistentes, si bien mucho más caros de tratar que las calizas.

**d)** Sillares de una catedral: en los monumentos españoles encontramos granitos, calizas y areniscas. La mayor parte de las catedrales en España son de caliza y, por ello, suelen estar afectadas por el «mal de la piedra» (lluvia ácida). Las esculturas de los pórticos solían hacerse de arenisca por poder tallarse fácilmente, pero se alteran con facilidad (arenización).

**6** Las diaclasas son fracturas o grietas en las que no se produce un desplazamiento de las partes afectadas. Se originan por fuerzas de distensión como sucede al enfriarse la lava de un volcán. Las fallas son fracturas originadas por fuerzas de distensión, compresión o cizalla, en las que puede observarse un desplazamiento entre las partes del bloque que ha sufrido rotura.

**7** R. G. Ver la figura inferior de la página 75 del libro del alumno.

**8** R. G. Ver la figura inferior de la página 74 del libro del alumno.

**9** Además de los tsunamis, el desplome de construcciones (edificios, puentes, etc.) que pueden enterrar a la gente entre sus escombros; colapso de infraestructuras, conducciones de agua, gas, etc., que quedan inutilizadas o pueden causar incendios; corrimientos de tierras que pueden sepultar viviendas, cortar vías de comunicación, etc.

El gran terremoto de Lisboa de 1755 afectó en España a numerosas localidades de las costas de Cádiz ocasionando numerosas pérdidas materiales y unos 1 000 fallecidos. La causa de este terremoto fue la activación de la gran falla de desgarre Azores-Gibraltar que pasa por el estrecho de Gibraltar y llega hasta la dorsal centroatlántica (ver la figura de la página 39 del libro del alumno).

**10** **a)** El más antiguo es D y el más moderno A, según el siguiente orden: D, C, B y A.

**b)** La falla 1 es inversa y la falla 2 es normal o directa. Se sabe al observar las formaciones a uno y otro lado del plano de falla. En la falla 1, los estratos D, C y B a la derecha del plano de falla, se encuentran por encima de los de la izquierda, lo que se observa bien en el contacto de D (más antiguo) sobre C (más moderno) y de C sobre B. En la falla 2, se observa que el bloque o labio de la derecha ha bajado con respecto al de su izquierda, de manera que el orden de deposición normal se conserva. Así, A sigue estando sobre B; B sobre C y C sobre D.

No podemos saber si la falla 1 afectaba, o no, a la formación A porque la erosión ha eliminado dicha capa, formando un pequeño valle.

**c)** Las capas B, C y D forman dos sinclinales con un anticlinal en el centro. La capa A no está afectada por el plegamiento porque este es anterior a su formación (A se encuentra horizontal y discordante sobre el conjunto formado por B, C y D). La falla 2 pone en evidencia que se formó después de haberse depositado la formación A.

**d)** Historia geológica resumida:

– Se depositan las capas D, C y B que, posteriormente, sufren un plegamiento.

– La falla 1, inversa, se ha formado probablemente durante la compresión.

– Todo el conjunto ha sufrido una erosión y, posteriormente, el depósito de la formación A al techo de la misma.

– Se produce la falla 2, por distensión.

– Todo el conjunto se erosiona para dar lugar al relieve actual.

## Control A

**1** Como su nombre indica, el metamorfismo regional afecta a amplias zonas de la corteza terrestre (cuencas sedimentarias oceánicas) en las que los sedimentos y las rocas por ellos formadas son progresivamente enterrados, sufriendo un incremento de presión y temperatura. El aumento de presión es debido a fuerzas dirigidas como las que empujan la placa hacia la zona de subducción, así como al peso de los materiales suprayacentes (presión litostática). La temperatura aumenta con la profundidad (gradiente geotérmico). Presión y temperatura favorecen los cambios estructurales (foliación, esquistosidad, etc.) propios del metamorfismo, especialmente en presencia de agua u otros fluidos.

**2** Una brecha de falla (también llamada milonita) formada por clastos o fragmentos angulosos de diferentes tamaños.

**3** El metamorfismo de contacto se localiza en el contacto de los magmas. La elevada temperatura de la cámara transforma las rocas encajantes hasta una determinada distancia, formando la denominada aureola de metamorfismo, que puede tener desde algunos metros a varios centenares de metros. En ella se generan nuevas rocas y minerales. El factor determinante de este tipo de metamorfismo son las altas temperaturas que dan lugar a estructuras no orientadas de tipo granoblástico. Son ejemplos la corneana o cornubianita, y el mármol.

**4**

| | Roca de la que procede | Ambiente metamórfico | Estructura | Color |
|---|---|---|---|---|
| **Pizarra** | Roca arcillosa | Metamorfismo regional o dinamotérmico | Foliada en láminas finas y paralelas fácilmente separables (pizarrosa) | Azul oscuro, gris o negro |
| **Corneana** | Roca rica en cuarzo/ arenisca | Térmico o de contacto | Granoblástica | Gris o verdoso de aspecto liso o moteado |
| **Mármol** | Caliza | Térmico o de contacto | Granoblástica | Variable |

**5** **a)** Material de relleno en obras públicas: gravas gruesas.

**b)** Esculturas: aunque en las esculturas puede emplearse cualquier tipo de rocas (yeso alabastro, caliza, granito, etc.), las mejores son de mármol por la belleza de sus colores (blanco cuando es puro), densidad y tenacidad y porque tienen una dureza que permite trabajarlos con relativa facilidad (dureza de la calcita = 3).

**c)** Encimeras: gran variedad de rocas magmáticas (variedades del granito).

**d)** Tejado: pizarra, por su estructura pizarrosa que le permite partirse en lajas finas.

**6** En las islas Canarias existe riesgo volcánico y sísmico. La sismicidad está relacionada con la actividad volcánica y el riesgo de que puedan producirse colapsos gravitatorios de grandes proporciones en alguna isla. Estos desprendimientos podrían originar tsunamis en todo el océano Atlántico.

**7** R. G. Ver la figura inferior de la página 74 del libro del alumno. Se debe tener en cuenta que se pide un sinclinal, por lo que habría que darle la vuelta al dibujo de forma que el núcleo quede arriba (capa más moderna).

**8** **a)** Cuerda de guitarra, elástica.

**b)** Vaso de vidrio, frágil.

**c)** Plastilina, dúctil.

**d)** Regla de plástico, elástica.

**e)** Huevo, frágil.

El comportamiento de las rocas depende de diversos factores como son la presión, el contenido en fluidos, la temperatura y la duración del esfuerzo. Los esfuerzos bruscos inducen en las rocas comportamientos elásticos o frágiles. El comportamiento dúctil se ve favorecido por los esfuerzos que se incrementan poco a poco o se mantienen durante millones de años, el aumento de temperatura, el contenido en fluidos y la presión litostática.

**9** R. G. Ver la figura en la página 75 del libro del alumno.

**10** **a)** B, C y D son sedimentarias y su orden de depósito ha sido D, B, C. A representa una formación de roca magmática intrusiva; su parte inferior es una cámara magmática que se ha emplazado entre las rocas sedimentarias, mientras que en su parte media y alta constituye una chimenea volcánica que alcanza la superficie del terreno. El cono volcánico estaría constituido por los materiales efusivos de origen magmático (lavas o piroclastos).

**b)** Se observa una falla normal que afecta a la formación B. Sabemos que es normal, además de por la relación entre los bloques, porque a la derecha del plano de falla se observa que los estratos más modernos se encuentran sobre los más antiguos, es decir, que el bloque hundido es el de la derecha. Esta falla es anterior al emplazamiento de la roca ígnea A, puesto que observamos que no la afecta, y, por el contrario, es afectada por ella.

**c)** Historia geológica resumida:

– Formación de la serie sedimentaria D que, posteriormente, es plegada (inclinada) y fallada.

– Depósito de la serie sedimentaria B, discordante sobre D.

– Erosión de la serie B que da lugar a un pequeño lago, en el que se depositan los sedimentos C.

– Formación actual del volcán (aún no ha sido erosionado).

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

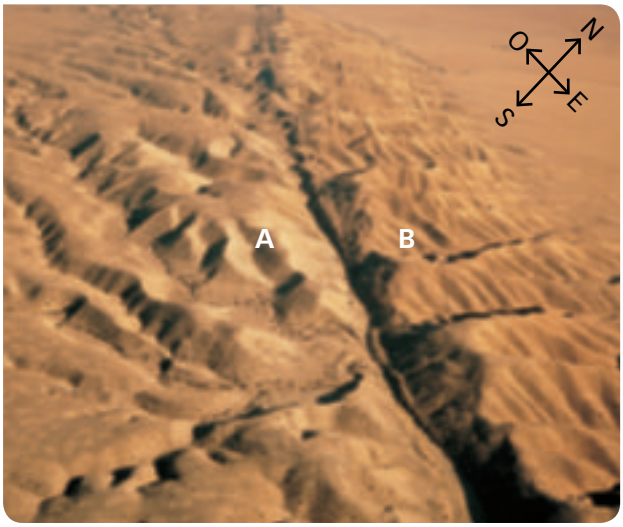
# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Como me interesa tanto la geología, me han recomendado leer acerca de las formaciones localizadas en el oeste americano, la zona terrestre más estudiada desde el punto de vista geológico. Parece que, de toda esta vasta región, uno de los fenómenos geológicos más estudiado es la evolución de la falla de San Andrés.

Situada en una gran depresión del terreno, esta falla es uno de los puntos donde converge la gran placa Pacífica con la Norteamericana. Se extiende durante casi 1 300 kilómetros y muy cerca de ella se encuentran ciudades tan pobladas como San Francisco y Los Ángeles.

En este límite de placas no hay subducción. La placa Pacífica, en lugar de hundirse bajo la Norteamericana, se está desplazando hacia el norte a una velocidad aproximada de 4,5 cm por año.




**1** En la fotografía de la falla de San Andrés, ¿qué representan las letras A y B?

- ☐ **a.** La A es la placa Norteamericana y la B es la Pacífica.
- ☐ **b.** La A es la placa Norteamericana y la B es la de San Andrés.
- ☐ **c.** La A es la placa Pacífica y la B es la Norteamericana.
- ☐ **d.** La A es la placa Pacífica y la B es la de San Andrés.

**2** ¿Qué tipo de falla es la de San Andrés?

- ☐ **a.** Directa o normal.
- ☐ **b.** Inversa.
- ☐ **c.** De desgarre o transformante.
- ☐ **d.** Rotacional.

**3** Como en todos los límites de placas, la inestabilidad geológica de la zona donde se encuentra la falla de San Andrés es muy alta. Las tensiones producidas por el roce entre ambas placas se acumulan y, cuando se liberan, se desprende gran cantidad de energía que se traduce en fuertes terremotos, desplazamientos del terreno de varios metros, rotura de las traídas de agua, rotura de carreteras, etc.

Toda la zona localizada a lo largo de la falla, y consecuencia de la enorme fricción que se produce, es un lugar idóneo para el desarrollo de los diferentes procesos metamórficos.

¿Cuál de las siguientes frases define correctamente el concepto de metamorfismo?

- ☐ **a.** Proceso durante el cual, debido a altas presiones y temperaturas, las rocas se funden y sufren cambios mineralógicos y estructurales.
- ☐ **b.** Proceso durante el cual las rocas, sin perder el estado sólido, se transforman estructuralmente pero sin cambios en su composición mineralógica.
- ☐ **c.** Proceso durante el cual las rocas cambian su aspecto y composición mineralógica sin perder el estado sólido.
- ☐ **d.** Proceso durante el cual las rocas cambian su aspecto y estructura pero sin sufrir cambios mineralógicos.

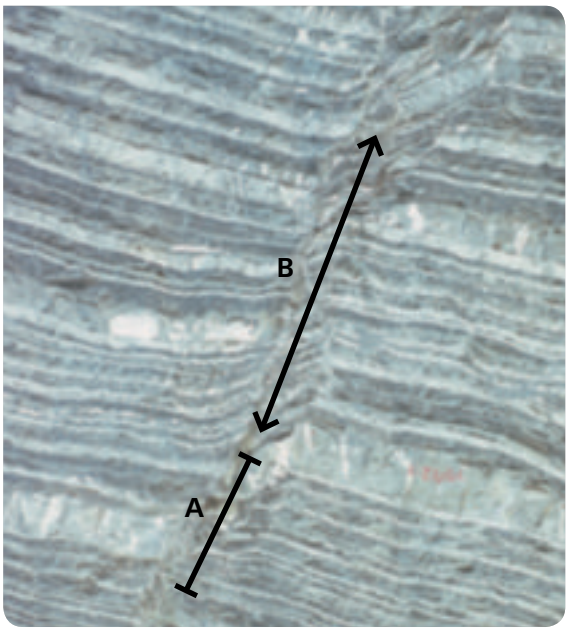
**4** Según el factor dominante que influye en el metamorfismo en la falla de San Andrés, ¿qué tipo de metamorfismo es más frecuente en esta falla?

- ☐ **a.** Dinámico.
- ☐ **b.** De contacto o térmico.
- ☐ **c.** Metasomatismo.
- ☐ **d.** De alta presión o regional.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** Cuando empecé a estudiar las fallas me llamaron la atención los términos que utilizamos para describirlas: espejo, labios, plano, salto…

Identifica la falla de la fotografía indicando de qué tipo se trata, qué clase de esfuerzo la produjo y sus componentes más importantes.




- ☐ **a.** Es una falla inversa, producida por un esfuerzo de distensión, en la que el elemento A es el salto total y el elemento B es el plano de la falla.
- ☐ **b.** Es una falla directa, producida por un esfuerzo de distensión, en la que el elemento A es el plano y el elemento B es el salto total de la falla.
- ☐ **c.** Es una falla directa, producida por un esfuerzo de distensión, en la que el elemento A es el salto total y el elemento B es el plano de la falla.
- ☐ **d.** Es una falla de desgarre, producida por un esfuerzo de distensión, en la que el elemento A es el plano de la falla y el elemento B es el salto total de la falla.

**6** Al interesarme por la geología del oeste americano, leí que en el archipiélago japonés existe una gran inestabilidad geológica. Allí también entran en contacto las placas litosféricas; pero se trata de una situación muy diferente a la de la costa oeste porque, en este caso, las placas Filipina y Pacífica están subducciendo bajo la Euroasiática. Una consecuencia de este choque de placas son los terremotos y tsunamis que se producen cuando las placas se mueven bruscamente, así como la formación de todo tipo de rocas metamórficas y grandes cámaras magmáticas que dan lugar a la formación de volcanes.

Como consecuencia del fuerte calentamiento por la proximidad de grandes cantidades de magma, las rocas ricas en cuarzo se metamorfizan, adquiriendo una fina estructura granoblástica.

¿Qué roca, con estructura granoblástica fina, será frecuente en Japón como consecuencia de la proximidad de rocas ricas en cuarzo a las cámaras magmáticas?

- ☐ **a.** Gneis.
- ☐ **b.** Corneana.
- ☐ **c.** Esquisto.
- ☐ **d.** Pizarra.

**7** Otras rocas con estructura granoblástica son la cuarcita y el mármol, rocas metamórficas que es fácil encontrar en la naturaleza. Como su aspecto exterior es muy parecido, a veces resulta difícil diferenciarlas. Menos mal que en clase nos han dado unas claves para poder clasificarlas sin ningún género de dudas.

Indica a qué roca corresponde cada característica.

| Afirmación | Cuarcita/Mármol |
|---|---|
| Raya el acero. | |
| Desprende burbujas al echarle gotas de HCl. | |
| Proviene del metamorfismo de la caliza. | |
| Proviene del metamorfismo de areniscas silíceas. | |

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-6.** Detallar el proceso de metamorfismo, relacionando los factores que le afectan y sus tipos. | **B8-6.1.** Clasifica el metamorfismo en función de los diferentes factores que lo condicionan. | 3 y 4 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-7.** Identificar rocas metamórficas a partir de sus características y utilidades. | **B8-7.1.** Ordena y clasifica las rocas metamórficas más frecuentes de la corteza terrestre, relacionando su textura con el tipo de metamorfismo experimentado. | 6 y 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-12.** Representar los elementos de un pliegue y de una falla. | **B8-12.1.** Reconoce y clasifica los distintos tipos de falla, identificando los elementos que la constituyen. | 1, 2 y 5 |

**1** **c.** La A es la placa Pacífica y la B es la Norteamericana.

**2** **c.** De desgarre o transformante.

**3** **c.** Proceso durante el cual las rocas cambian su aspecto y composición mineralógica sin perder el estado sólido.

**4** **a.** Dinámico.

**5** **c.** Es una falla directa, producida por un esfuerzo de distensión, en la que el elemento A es el salto total y el elemento B es el plano de la falla.

**6** **b.** Corneana.

**7**

| Afirmación | Cuarcita/Mármol |
|---|---|
| Raya el acero. | Cuarcita |
| Desprende burbujas al echarle gotas de HCl. | Mármol |
| Proviene del metamorfismo de la caliza. | Mármol |
| Proviene del metamorfismo de areniscas silíceas. | Cuarcita |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del ministerio para la etapa de Bachillerato.

# Solucionario

Pág. 67

**PARA COMENZAR**

**1** R. L./R. M. Fósiles

**2** Los fósiles son característicos de las rocas sedimentarias generadas en ambientes superficiales de la corteza terrestre. Las presiones, la temperatura y la presencia de fluidos en los ambientes metamórficos transforman la roca original modificando sus texturas y estructuras primarias, borrando las huellas de seres vivos o de su actividad (fósiles). Por convenio se considera que el metamorfismo comienza por encima de los 200 °C, temperatura a la que los restos vegetales existentes en la roca sedimentaria alcanzan el grado de carbonización de la hulla, y el petróleo desaparece. Algunas pizarras contienen fósiles porque se han formado a temperaturas bajas, cercanas a los 200 °C, que, como se ha dicho, es un límite convencional.

**3** R. M. Los Pirineos se formaron por la colisión de las placas continentales Ibérica y Euroasiática. En ese proceso, los sedimentos y las rocas sedimentarias que se encontraban en el mar existente entre ambas se plegaron y elevaron de forma que en la actualidad ocupan partes emergidas, a veces a gran altura. Dado el origen marino de estos materiales, es normal que contengan fósiles.

**4** Tsunamis; se producen por seísmos producidos en el fondo marino, que transmiten a la masa agua una fuerte sacudida, lo que origina un tren de ondas llamado tsunami que se propaga por el océano a gran velocidad. En zonas poco profundas, estas olas se ven bruscamente frenadas y aumentan su altura, convirtiéndose en un muro de agua que penetra en tierra firme, causando una violenta inundación.

Pág. 68

**1** Blastos/Blastesis.

Pág. 69

**2** R. M. La estructura laminar metamórfica procede de un proceso de foliación que puede borrar, esconder o «simular» la estratificación (falsa estratificación).

**3** Por la falta de presiones dirigidas que son las que inducen la orientación.

Pág. 71

**4** Las dos presentan estructura foliada, pero los cristales o granos de la pizarra no son visibles a simple vista, mientras que los de los gneises sí. En consecuencia, las láminas de la pizarra son finas y paralelas y pueden separarse fácilmente, mientras que en el gneis la foliación es gruesa e irregular porque se adapta a los cristales.

**5** Estructura laminar orientada (foliada) en el primer caso, granoblástica en el segundo.

Pág. 72

**6** R. L.

**7** Las esculturas se cincelan a base de pequeños golpes, por lo que la existencia de pequeñas grietas o diaclasas, planos de estratificación, etc., restan calidad a la piedra caliza frente al mármol, más homogéneo, coherente, denso y tenaz. En consecuencia, es un material más fácil de trabajar y difícil de alterar [excepto por las lluvias ácidas] ya que, al no tener poros, el agua no lo penetra.

Pág. 73

**8** En profundidad, temperatura y presión más altas favorecen la ductilidad; además, parte de las rocas pueden fundir y la presencia de una fase fluida también facilita el comportamiento dúctil.

Pág. 75

**9** El buzamiento de un estrato, del plano axial de un pliegue o de un plano de falla es el ángulo que forma dicho plano con la horizontal (valores entre 0-90°). El sentido hacia el que se dirige o vuelca un pliegue no recto se denomina vergencia y, por tanto, es el ángulo que forma con la vertical y es opuesto al buzamiento del plano axial de ese pliegue. Por extensión, se denomina vergencia el sentido hacia el cual se producen los cabalgamientos, escamas, etc.

**10** Un tipo de diaclasas denominadas grietas de desecación o retracción.

Pág. 77

**SABER HACER**

**11** **a)** Hay una falla que afecta a los estratos C, D, E, F, G y H. Es una falla inversa porque los estratos más antiguos se sitúan sobre los más modernos. Por ejemplo, F del labio superior, está sobre E del labio inferior; D sobre C, etc.

**b)** Tres anticlinales y dos sinclinales.

**c)** La falla está afectada por la superficie de erosión por lo que es anterior. Los estratos A y B no están afectados por la falla, luego son posteriores.

**d)** Un anticlinal inclinado.

**e)** Orden de antigüedad decreciente: H, G, F, E, D, C, B, A.

**f)** Las milonitas aparecen asociadas a los planos de falla por trituración de las rocas debido al movimiento relativo de ambos labios.

**g)** Sí, porque cuando A y B se inclinaban, las unidades C-H ya estaban y, por eso, la tectónica las afectó también.

**h)** No, porque está por arriba y no por abajo.

**12** **a)** Directa.

**b)** Los materiales más antiguos son los de color púrpura. Sobre ellos se sitúan los materiales azul claro y, por encima de estos, los verdes. Estos tres materiales están plegados y fallados. Sobre ellos se depositaron

los materiales de color naranja y, por último, los de color verde claro. Este conjunto fue erosionado por el río, que excavó un valle cuyo fondo está tapizado por los materiales grises (aluviones cuaternarios).

**c)** No. Proyectar la superficie al otro lado del río. La causa que la ha levantado es la falla.

**d)** La horizontalidad es aparente y, como se ve en la cara anterior del bloque diagrama (a 90º de la anterior), estás capas están inclinadas.

**e)** El bloque izquierdo constituye el labio hundido de la falla. El bloque derecho, al haber quedado más alto, pudo arrasarse antes, por lo que desapareció el estrato verde lima y parte del estrato naranja.

**f)** La falla es anterior porque es cortada por la superficie de erosión.

**13** **a)** Un sondeo vertical cortaría primero la falla en el contacto entre el metamórfico cabalgado y el estrato B. Más abajo atravesaríamos el estrato A y volveríamos a encontrar el metamórfico.

**b)** El dique C es anterior a la superficie de erosión (ha sido erosionado por ella).

**c)** La falla cortaría al dique porque corta también a la superficie de erosión, que es posterior al dique.

**d)** El labio levantado está constituido por el metamórfico cabalgante en la parte superior derecha del bloque diagrama (marrón). Las fallas inversas se producen por compresión.

**14** **a)** Falla directa: los dos bloques se alejan uno de otro, y esto significa distensión.

**b)** Más antigua: amarilla, más reciente: marrón claro.

**c)** Un sondeo vertical en el punto A llegaría primero al dique y después a la capa azul. En principio también llegaría a la roca magmática (plutón) si profundizara lo suficiente.

**d)** El punto A se encuentra sobre el labio hundido. Contiene más materiales modernos.

**e)** Más modernos.

**f)** El contorno del contacto no es llano como son normalmente las superficies de las fallas.

Pág. 78

**15** Las fallas en Galicia y León no son de desgarre, sino directas (distensivas).

**A DEBATE.** Porque en Japón se aplican a mayor escala normas antisísmicas en la construcción de edificios y obras públicas.

Pág. 79

**EN RESUMEN**

**16** Ver el cuadro/esquema de la página 70 del libro del alumno.

**17** Zonas de compresión y bordes destructivos de placa (prismas de acreción, zonas orogénicas).

**18** Deformación dúctil (vale para el manto en general).

**19** Falla normal o directa. A. Plano de falla; B. Salto de falla; C. Labio o bloque hundido; D. Labio o bloque levantado.

**20** R. G. Ver el esquema en la página 74 del libro del alumno.

**21** El vulcanismo.

**22** El margen mediterráneo de las Béticas por el empuje de la placa Africana sobre la placa Euroasiática (Ibérica) y la de Alborán.

Pág. 80

**PARA REPASAR**

**23** Porque no son porosas y, por tanto, no pueden contener agua.

**24** **a)** Cambio de textura.

**b)** Blastesis.

**25** La arenisca es una roca sedimentaria porosa, cuyos granos pueden estar más o menos cementados, por lo que puede desmenuzarse con relativa facilidad. La cuarcita se origina por metamorfismo de la arenisca silícea; el cuarzo recristaliza eliminando la porosidad por el crecimiento de cristales y la presión litostática dando como resultado una roca muy compacta y tenaz. Su dureza es muy elevada por estar formada de granos de cuarzo compactados (dureza 7).

**26** La caja con hojas es comparable a la textura laminar, producida por un esfuerzo orientado.

La textura granoblástica (caja con las bolitas) es resultado solo del peso de las rocas suprayacentes (presión litostática).

**27** Es un proceso de «cocción» de las rocas afectado por la temperatura y los fluidos magmáticos de una masa de magma o lava que se pone en contacto con aquellas. Produce corneanas (cornubianitas).

**28** Un cuerpo o estructura formada por el amontonamiento de varias cuñas de sedimentos oceánicos en el borde de una zona de subducción. Metamorfismo de alta presión y baja temperatura.

**29** Alta temperatura: sillimanita. Alta presión: distena. Baja presión: andalucita.

**30** Si burbujea con HCl es un mármol y, por tanto, tiene estructura granoblástica.

**31** En sentido estricto, la textura se refiere a relaciones de tamaño y forma entre los componentes (granos, cristales, matriz) de la roca, mientras que la estructura se refiere a la presencia/ausencia de orientación y orden en su disposición espacial. La blastesis afecta a la textura, la foliación a la estructura. En la práctica, en las rocas metamórficas los términos *textura* y *estructura* se utilizan indistintamente.

**32** Sí, enterrada a mucha profundidad (alta temperatura y presión).

**33** Es una banda de rocas encajantes «frías» que «se han cocido» en contacto con una masa de magma. Se habla en este caso de metamorfismo térmico y se forman corneanas.

**34** **a)** Elástico.

**b)** En caso de terremoto y de rocas superficiales («frías» y tenaces, no frágiles).

**35** A: falla directa (distensión); B: pliegue recumbente (compresión); C: falla inversa (compresión).

**36** La lava que rellenaba la chimenea, enfriándose, se fisuraba formando columnas exagonales. Las rocas encajantes (perforadas por la chimenea), más erosionables que las volcánicas, se han ido como detrito transportado.

**37** Porque son zonas de compresión.

**38** Las milonitas son brechas de falla, originadas por trituración de rocas que se comportan frágilmente debido a la elevada presión que se origina entre ambos labios de la falla en su desplazamiento.

**39** Directas. La distensión las mantiene abiertas (dilatadas), mientras que la compresión tiende a cerrarlas.

**40** En la Península: a) Riesgo bajo: el NE: Galicia y León. b) Riesgo más alto: el SE, S y SO. SE: Málaga, Almería, Granada y Murcia por la zona de sutura producida en el choque de la placa Ibérica con la de Alborán (empujada a su vez por la Africana), colisión que originó el relieve de las Béticas y Sierra Nevada. S y SO: Huelva, Cádiz y sur de Portugal, debido a la gran falla de desgarre Azores-Gibraltar que originó el maremoto de 1755.

En las islas Canarias, la sismicidad se relaciona con su actividad volcánica y, aunque no hay registro histórico de terremotos, sí existe registro geológico.

Pág. 81

**PARA PROFUNDIZAR**

**41** **a)** El material A necesita un esfuerzo mayor para deformarse; por tanto, sería el más resistente al terremoto.

**b)** El material A, para un terremoto de fuerza inferior al límite de ruptura; el B, si es muy deformable pero elástico, o sea flexible (como algunos metales y maderas), puede resistir un terremoto muy fuerte.

**42** Porque necesita poros para dar paso a la circulación de agua y fluidos mineralizantes.

**43** **a)** Laminar.

**b)** No se puede determinar.

**44** A: de desgarre; B: directa; C: inversa.

**45** El material rígido.

**46** **a)** A: se asocian un anticlinal y un sinclinal, pliegue en rodilla. B: anticlinal, pliegue recumbente.

**b)** R. G. Ver las figuras en la página 74 del libro del alumno.

**47** Un doble pliegue (anticlinal y sinclinal recumbentes) y una falla directa.

**a)** Esfuerzo compresivo para el pliegue, distensivo para la falla.

**b)** No se han formado a la vez: primero fue la compresión, luego la distensión.

**48** Ante esfuerzos compresivos intensos, las rocas del zócalo o basamento cristalino (ígneas y metamórficas) tienen un comportamiento frágil y se fracturan. Entre ellas y las rocas superficiales se genera un nivel de separación dúctil o de despegue debido a la presencia de rocas sedimentarias «anómalas» (inestables por menor densidad, falta de compactación o con agua: niveles de rocas arcillosas o salinas) que se comportan dúctilmente constituyendo un nivel de despegue. Sobre él, las rocas sedimentarias más competentes (por ejemplo, calizas) forman la «piel» de rocas sedimentarias cuya estructura son cuñas amontonadas o cabalgamientos.

**49** El mármol es más compacto y tiene una textura regular, uniforme y brillante (cristalina), con menos superficie de discontinuidad, como fracturas o poros. Además, puede presentar coloraciones intensas y variadas, así como bandeados que lo dotan de atractivo estético. En resumen, es más tenaz y resistente a la alteración, y generalmente más bonito como piedra ornamental.

**50** Térmico o de contacto.

Pág. 83

**CIENCIA EN TU VIDA**

**51** R. L./R. M. Utilizaría una pecera pequeña o un contenedor de plástico transparente con arena de río, o de obra. Para observar mejor los movimientos del agua, se recomienda un colorante (cualquiera de los disponibles en el laboratorio puede servir; en su defecto, tinta, mercromina, colorante alimentario, etc.). Para simular la explotación del acuífero se puede utilizar una paja o tubo de vidrio para succionar, pero mejor será usar un pequeño tubo de goma flexible, por el que, tras aspirar el agua, esta se vierta en un recipiente. Se puede pedir a los estudiantes que ideen consecuencias posibles del descenso del «nivel freático»; una idea sencilla es poner pequeñas plantitas cuyas raíces pierdan el contacto con el agua cuando esta baja de nivel.

**52** En principio, el agua templada se quedaría estratificada encima del agua salada y fría por su menor densidad. Posteriormente, se producirá una mezcla gradual que dependerá del volumen o caudal de agua del río, su velocidad, etc.

**53** R. L./R. M. Materiales que puedan deformarse con un esfuerzo mínimo, con comportamiento plástico o casi fluido, por ejemplo: arcilla empapada, plastilina de diversos colores; crema de chocolate entre lonchas de pan de molde; capas alternantes de harina y cacao en polvo; parafina, pasta dentífrica, arena de playa, etc. Conviene distribuir en estratos de diferente colores (por ejemplo, utilizando partículas de carbono orgánico...) para que las deformaciones sean visibles.

**54** Porque los minerales de las rocas son cristales sólidos rígidos y no pueden comportarse dúctilmente (plegarse) en condiciones de temperatura y presión del medio ambiente superficial. Los materiales empleados en los modelos tienen un comportamiento dúctil análogo al de las rocas, pero son mezclas de partículas sólidas muy finas y agua, pastas, emulsiones etc.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# UNIDAD 5. METEORIZACIÓN Y SEDIMENTOGÉNESIS. DE LA ROCA AL SEDIMENTO


**Introducción y recursos** . . . . . **181**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 182
- Previsión de dificultades . . . . . 183
- Esquema conceptual . . . . . 183
- Te recomendamos . . . . . 184

**Enseñanza individualizada** . . . . . **185**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 186
    - Ficha 1. Interpretación de cortes geológicos . . . . . 186
    - Ficha 2. Interpretación de un proceso geológico. . . . . 187
  - Trabaja con imágenes . . . . . 188
    - Ficha 3. Estructuras sedimentarias . . . . . 188
    - Ficha 4. Tipos de meteorización . . . . . 189
  - Trabajos de aula . . . . . 190
    - Ficha 5. Cartografía e interpretación de la superficie terrestre . . . . . 190
    - Ficha 6. Madurez textural y mineralógica de un sedimento . . . . . 191
    - Ficha 7. Los ambientes sedimentarios . . . . . 192
    - Ficha 8. Humificación y mineralización de suelos . . . . . 193
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 194
    - Ficha 9. La lucha entre el río y el mar: cómo crece un delta . . . . . 194
    - Ficha 10. Riesgos geológicos externos en España . . . . . 195


 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **197**

- Autoevaluación . . . . . 199
- Evaluación de contenidos . . . . . 200
  - Controles . . . . . 200
    - Control B . . . . . 200
    - Control A . . . . . 202
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 204
- Evaluación por competencias . . . . . 208
  - Prueba . . . . . 208
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 210

**Solucionario** . . . . . **211**

# Introducción y recursos

# METEORIZACIÓN Y SEDIMENTOGÉNESIS. DE LA ROCA AL SEDIMENTO

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

Las rocas y minerales de la corteza terrestre están continuamente expuestos a la acción de la intemperie (atmósfera e hidrosfera) y de los seres vivos, dando como resultado la formación de detritos que constituyen la base de los suelos, o son transportados como sedimentos por los agentes de la dinámica externa (viento, agua, hielo) que, a través de procesos de erosión, transporte y sedimentación, contribuyen al modelado del relieve y a la formación de nuevas rocas sedimentarias. Así mismo, los agentes de la dinámica externa pueden representar riesgos para el medio ambiente y los seres humanos, de la misma manera que las actividades humanas pueden agravar los riesgos naturales o inducir algunos de ellos.

Por otra parte, en la unidad se abordan métodos prácticos que serán de gran utilidad a los estudiantes, como el uso de mapas topográficos y la realización de perfiles topográficos, destrezas que podrán ser aplicadas en estudios futuros (geografía e ingenierías, entre otras) o, simplemente, en su vida cotidiana (actividades deportivas y de ocio como senderismo, carreras de orientación, montaña, etc.). También aporta novedosos conocimientos que familiarizan a los estudiantes con las nuevas tecnologías utilizadas en la investigación de nuestro planeta, especialmente los SIG, el GPS y la teledetección, todas ellas técnicas importantes para monitorizar la superficie terrestre con diversos fines, entre otros la prevención de catástrofes.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Meteorización y sus tipos.<br>• Edafización y tipos de suelos.<br>• Transporte y sedimentación.<br>• Riesgos generados por procesos geológicos externos.<br>• Sistemas de información geográfica y teledetección.<br>• Impacto de la actividad humana sobre la corteza terrestre. |
| SABER HACER | • Hacer cálculos en mapas topográficos.<br>• Realizar un perfil topográfico. |
| SABER SER | • Evaluar los impactos negativos que determinadas actividades humanas producen sobre el medio ambiente: modificación del relieve, las tasas de erosión-sedimentación de los agentes naturales, las líneas de costa, etc.<br>• Reconocer la importancia de los conocimientos geológicos para un desarrollo racional del medio ambiente. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

La primera dificultad puede darse al diferenciar entre los conceptos de meteorización y erosión, aunque lo más complicado para los estudiantes sin una base de conocimientos de química es comprender los distintos tipos de meteorización química, especialmente la hidrólisis. Por otra parte, deben tener presente que los iones que se liberan por meteorización química viajan con el agua hasta su destino final, contribuyendo, entre otros, a los procesos siguientes:

– Aumento de la concentración salina de los mares a lo largo de la historia de la Tierra.

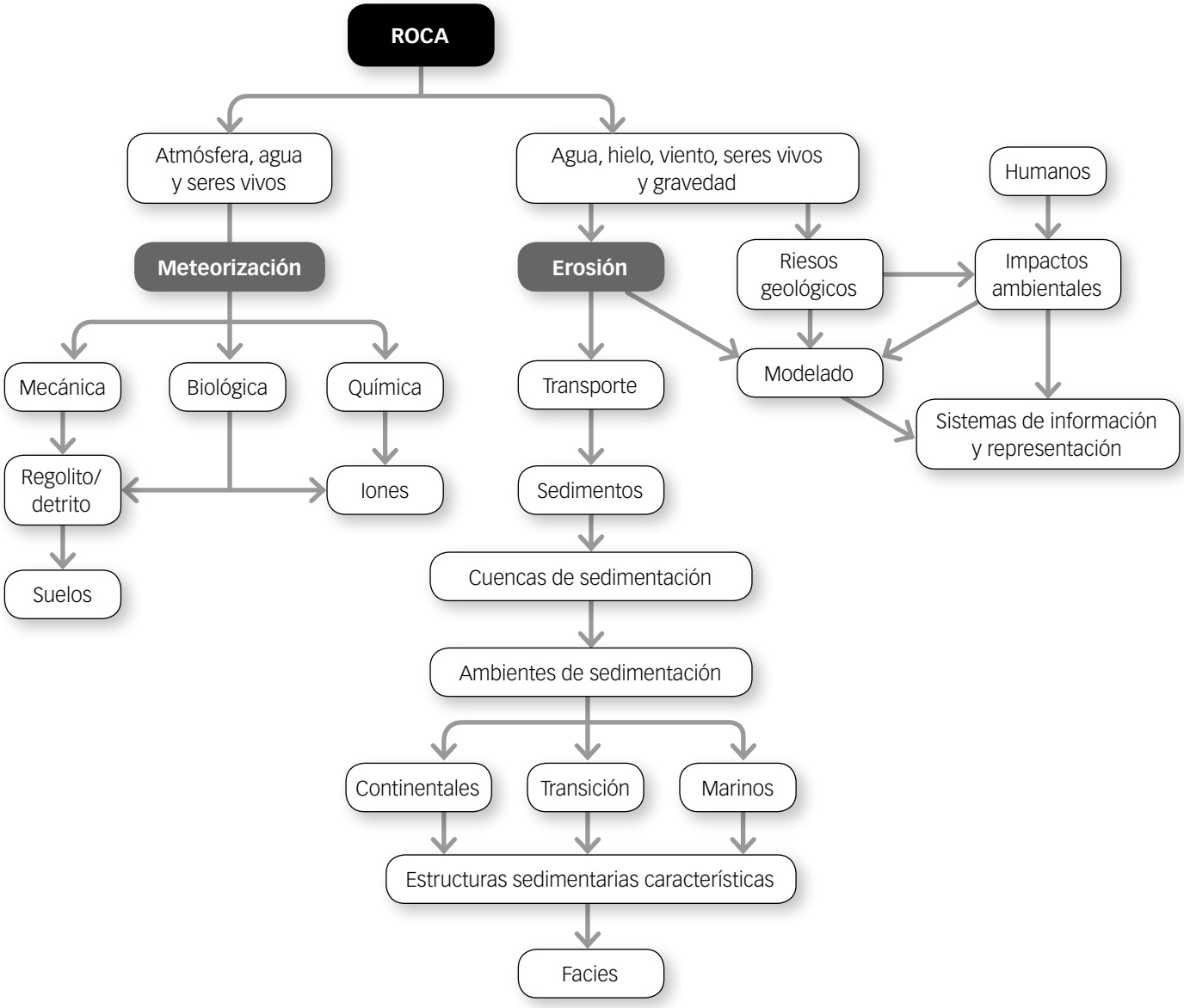
– Pasar a formar parte de los ciclos biogeológicos de los elementos.

– Incorporarse en forma de sales a los esqueletos y partes duras de muchos seres vivos, cuyos restos pueden acumularse originando determinados tipos de rocas.

– Precipitar mediante procesos orgánicos o inorgánicos como cemento de las rocas detríticas u originando las rocas salinas.

Un contenido atractivo de la unidad, que puede ayudar a comprender mejor en qué consiste la interpretación geológica de las informaciones contenidas en las rocas, es hacer hincapié en el significado de las estructuras sedimentarias como indicadoras de los agentes que han transportado los sedimentos y de los medios de sedimentación en que finalmente se depositaron.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Earth as Art**
NASA (2012). Colección de imágenes de satélite sobre la Tierra. Puede descargarse gratuitamente en versión PDF.
Palabras clave: *earth as art*.

**Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (magrama)**
Inventario Nacional de Erosión del Suelo: cartografía de zonas húmedas, estado de salud de los bosques, etc.
Palabras clave: *magrama inventario nacional erosión suelo, magrama biodiversidad banco de datos*.

**Introducción al análisis de los riesgos geológicos**
Material de clase, en PDF, de la Facultad de Geología de la Universidad de Granada.
Palabras clave: *ugr desastres naturales descargas*.

## LIBROS Y REVISTAS

***Geología***
**Leonor Carrillo, Luis G.ª-Amorena y Josep Gisbert.**
ECIR, 2002.
Libro de texto orientado a 2.º de Bachillerato, primer curso de facultad y profesorado en formación. El capítulo de las rocas sedimentarias presenta numerosas fotografías sobre sedimentos, texturas y estructuras de estas rocas. Contiene dos temas sobre la geología de España, con explicaciones sobre la génesis de rocas sedimentarias en las cuencas terciarias.

***Minerales y rocas***
**Leonor Carrillo.** ECIR, 2006.
Cuaderno de trabajo profusamente ilustrado que, junto a cada bloque de información teórica, ofrece una amplia variedad de ejercicios sobre rocas, minerales y sedimentos. Contiene un mapa de la minería española.

***El relieve de la Tierra y otras sorpresas***
**José Lugo Hubp.** Ed. Fondo de Cultura Económica de España, 2004.
Definiciones, mapas, esquemas y fotografías para comprender nuestro entorno.

***La degradación y la protección del paisaje***
**Luis Antonio Cáncer.** Cátedra, 1999.
Analiza el papel del hombre como agente fundamental de la transformación del paisaje.

***Atlas de los paisajes de España***
**Rafael Mata Olmo y otros autores**. Ministerio de Medio Ambiente (magrama), 2002.
Destaca por la claridad de sus explicaciones e ilustraciones, que lo convierten en una buena herramienta para interpretar el paisaje.

***Sedimentographica. A photographic atlas of sedimentary structures.***
**Franco Ricci Lucchi**. Columbia University Press, 1995.
Obra básica de consulta sobre estructuras sedimentarias en el campo. Ilustra y explica más de 180 estructuras organizadas sistemáticamente, acompañadas de dibujos explicativos sobre su formación.

***Atlas of Sedimentary Rocks under the microscope***
**A. E. Adams, W. S. Mackenzie and C. Guilford.**
Longman, 1984.
Manual clásico sobre texturas de las rocas sedimentarias, especialmente de calizas, en las que podemos apreciar la importancia de los seres vivos en su formación.

***Guía ciudadana de los riesgos geológicos***
The American Institute of Professional Geologists, ICOG, 1997.
Adaptación para España de la guía para comprender los riesgos geológicos: suelos expansivos, radón, terremotos, volcanes, deslizamientos, subsidencia, inundaciones y riesgos costeros.

***Riesgos geológicos externos y educación***
Monográfico de la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, v. 17 (3), 2009. Ofrece materiales y estrategias para el trabajo en el aula.

***El relieve***
Monográfico de la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, v. 15 (2), 2007. Ofrece materiales y estrategias para trabajar en el aula sobre el origen del los relieves españoles.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***Procesos geológicos externos***. MEC.
Los vídeos de esta colección editada por el Ministerio de Educación son un referente para conocer y repasar los procesos de la superficie terrestre.

***Chasing Ice***. Jeff Orlowski.
Espectacular y galardonada película documental sobre el cambio climático al alcance de todos. Disponible en iTunes Store y Netflix.

***La mar del silencio.*** Yves Sadurní y Miriam Ciscar (España).
Documental que trata sobre el fenómeno de la desertificación, con cuatro estudios de un caso, tres de ellos en el norte de África y el cuarto en Valencia. Accesible en internet.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Orientaciones para un examen

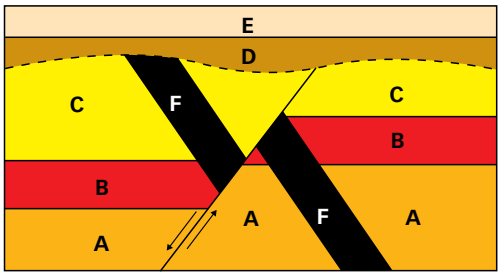
## Interpretación de cortes geológicos

En la imagen se muestra un corte geológico de un determinado terreno.

a) Identifica cada uno de los procesos geológicos ocurridos en él.

b) Haz la datación relativa de los materiales y de los procesos geológicos.

c) Describe la historia geológica del lugar.




En este caso se pide que partiendo de un corte geológico, en el que se nos muestran los materiales del subsuelo, deduzcas su historia geológica; es decir, el relato ordenado de los procesos geológicos que han sucedido.

Para contestar a esta pregunta sigue el orden de las cuestiones propuestas; primero deberás identificar los procesos, después datarlos, y por último contar la historia.

**a)** Procesos geológicos: lo primero que debes observar es una falla que interrumpe casi todos los materiales, en concreto el A, B, C y F. Por el sentido del desplazamiento es una **falla normal**. También puedes ver que uno de los materiales interrumpidos, el F, atraviesa los materiales A, B y C, no es paralelo a ellos, por lo que debes suponer que se trata de una **intrusión magmática**. Por último, todas las líneas son rectas excepto la base del material D, que es ondulada y de trazo discontinuo; con ello se quiere indicar que existe un **contacto discordante** entre este material y los que hay por debajo.

**b)** Datación relativa de los materiales: siempre has de suponer la **superposición normal de los estratos**, es decir, se depositan horizontalmente y se superponen con el paso del tiempo. Puedes agrupar los de este corte geológico en dos: la serie A, B y C; y la serie D y E. Siguiendo ese orden de depósito en cada serie, el más antiguo siempre abajo (A y D) y el más moderno arriba (C y E). Además, la **superposición de los procesos geológicos** te indica que la intrusión magmática es posterior a la serie A, B y C. Por el mismo motivo puedes decir que la falla, además, es posterior a esta serie y a la intrusión, ya que afecta a ambas. También se observa que el contacto discordante afecta a la serie A, B y C, a la falla y a la intrusión, pero no a la serie de estratos D y E; por tanto, es posterior a ellos.

**c)** Historia geológica: con los datos anteriores reconstruye la historia geológica ordenando los acontecimientos.

1. Depósito de los estratos A, B y C, por este orden.
2. Intrusión magmática que atraviesa la serie de estratos A, B y C.
3. Fractura del terreno por una falla normal que afecta a la serie de estratos A, B y C y a la intrusión magmática. El labio hundido se sitúa a la izquierda de la imagen, y el levantado, a la derecha.
4. Proceso erosivo que iguala la superficie del terreno fracturado rebajando la altura del bloque levantado.
5. Depósito de los estratos D y E, por este orden.

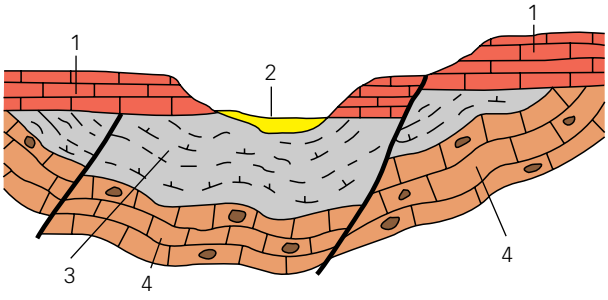
### PRACTICA

**1** Estudia la historia geológica de este terreno siguiendo los pasos propuestos:

a) Identifica cada uno de los procesos geológicos ocurridos en él.

b) Haz la datación relativa de los materiales y de los procesos geológicos.

c) Describe la historia geológica del lugar.




 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Orientaciones para un examen

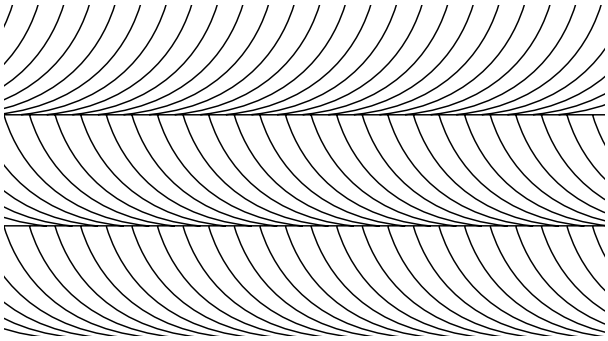
## Interpretación de un proceso geológico

En un estudio estratigráfico se observa un grupo de estratos como los de la figura.

a) Identifica el tipo de proceso ocurrido.

b) Describe el tipo de roca sedimentaria que puede haber en estos estratos.

c) Propón una secuencia de acontecimientos que expliquen la formación de estos estratos.



En esta actividad te piden algo parecido a la interpretación de un corte geológico, pero con la particularidad de que se trata de un proceso sedimentario concreto.

**a)** Fíjate en el número de estratos de la figura, solo hay tres, que aparentemente son iguales.

Cada estrato está formado por líneas curvas paralelas que se disponen de forma asintótica sobre el muro.

En el estrato superior, estas líneas se dirigen hacia la izquierda del dibujo, y en los otros dos estratos lo hacen hacia la derecha.

Ya debes haber reconocido una estructura sedimentaria denominada laminación cruzada. Esta se produce cuando una corriente deposita las partículas en planos inclinados.

En nuestro caso se trata de una laminación creada por el viento, ya que los estratos son muy paralelos.

**b)** Respecto a la roca sedimentaria, debe tratarse de una arenisca formada por litificación de arenas de depósito eólico.

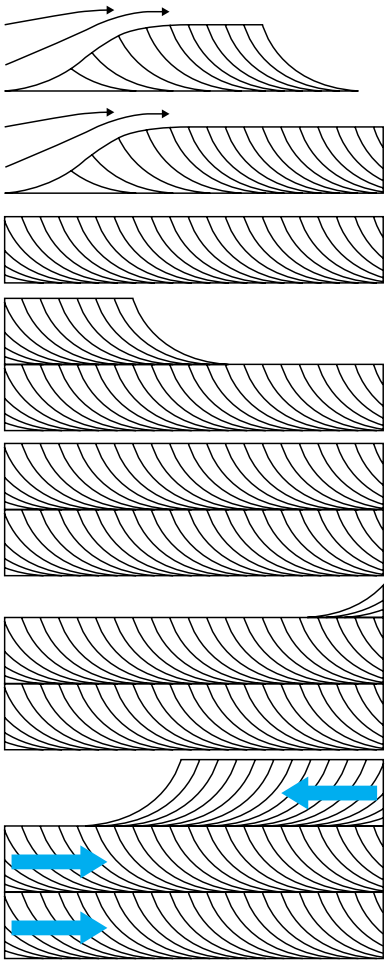
**c)** La secuencia podría ser la del lateral, con los siguientes pasos:

1 y 2. Formación de una duna con vientos dominantes de izquierda a derecha. Las sucesivas láminas se depositan según el orden indicado.

3, 4 y 5. Después de formado el primer estrato, sobre él se deposita un segundo estrato con las mismas características que el anterior.

6 y 7. El régimen del viento cambia y ahora el dominante es de derecha a izquierda. Este cambio afecta a la disposición de la laminación en el interior del nuevo estrato. Se forma un tercer estrato de las mismas características, pero con la laminación en sentido contrario.

Los geólogos pueden saber la dirección del viento en el momento de formación de estos estratos estudiando la textura de las laminaciones.

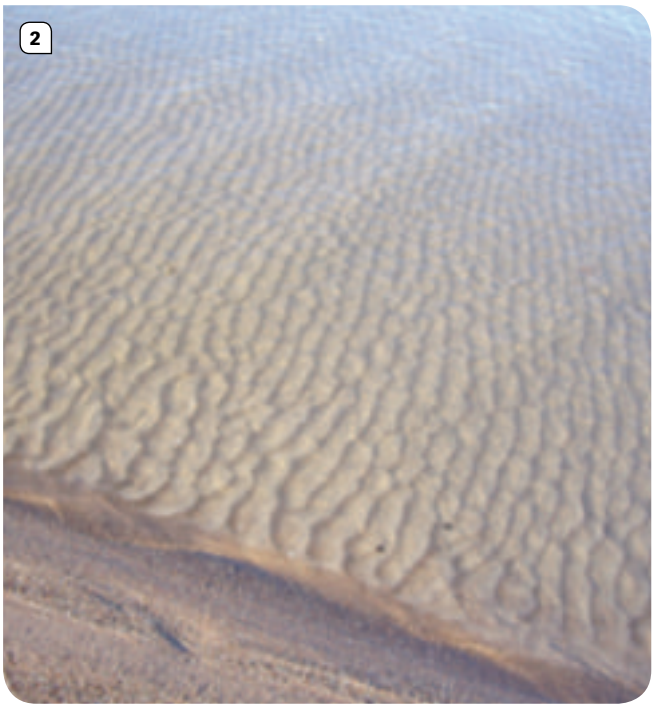


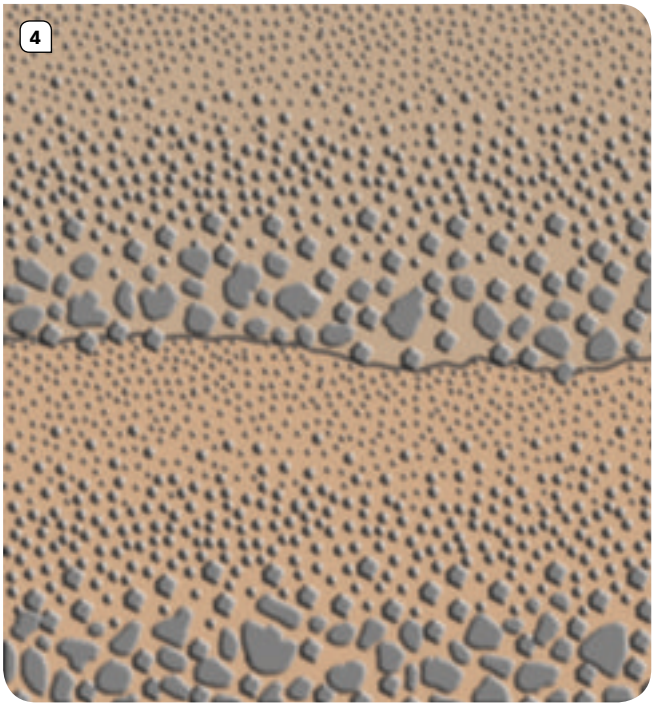
### PRACTICA

**1** Dibuja una secuencia en la que se produzca una sedimentación gradada.
Explica qué condiciones deben darse para que se produzca.

**2** Los ripples son ondulaciones o rizaduras que se producen en el plano de estratificación por acción del oleaje o por el viento. Diferencia las producidas por el viento de las producidas por el oleaje de una playa.

# Estructuras sedimentarias






## ACTIVIDADES

**1** Las imágenes corresponden a diferentes tipos de estructuras sedimentarias de las estudiadas en tu libro de texto. Identifica cada una de ellas.

**2** ¿Cuál de las cuatro te parece que se han formado en un ambiente sedimentario más tranquilo? ¿Por qué?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Trabaja con imágenes

## Tipos de meteorización

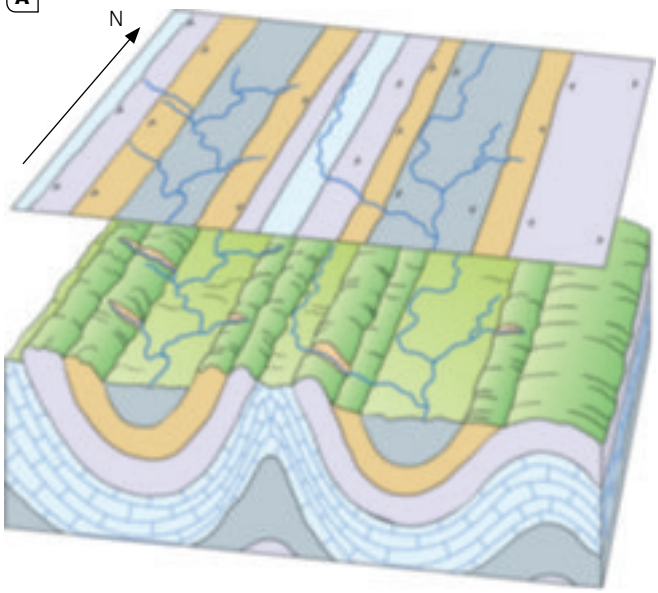
### ACTIVIDADES

**1** Las imágenes adjuntas corresponden a diferentes formas de meteorización de las estudiadas en el texto.

En algunas de ellas se sobreponen diversas formas de alteración. Analiza cada una de ellas e indica los mecanismos predominantes en cada caso.

# Cartografía e interpretación de la superficie terrestre

A



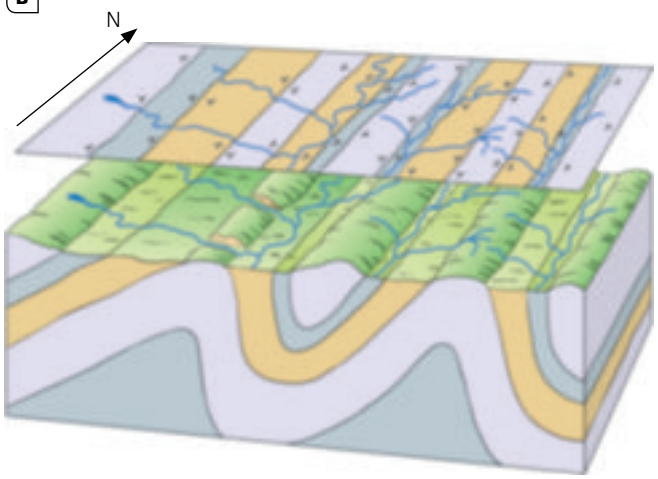

**La cartografía de superficie e interpretación de estructuras geológicas.** La cartografía de las estructuras que se observan en superficie permite al geólogo interpretar la evolución de las estructuras en profundidad.

A. La erosión de una sucesión de anticlinales y sinclinales con el eje horizontal permite observar en superficie una serie de bandas paralelas de distintos materiales.

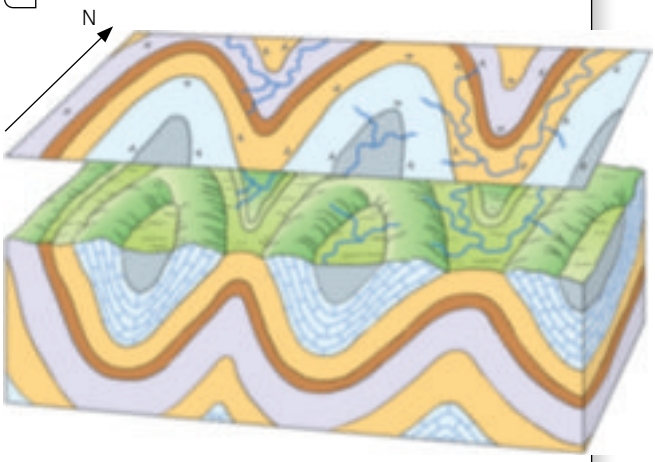
B. En el caso de pliegues inclinados, en superficie se observa una serie de bandas paralelas más anchas a un lado del plano axial que en el otro.

C. Si se trata de pliegues con el eje inclinado (pliegues soterrados), las bandas no son paralelas, sino que están ligeramente curvadas en la dirección de inclinación del eje.

B




C




## ACTIVIDADES

**1** a) Observa la forma en que están representados dirección y buzamiento de las capas en los ejemplos A y B y deduce cómo se representan anticlinales y sinclinales en un mapa geológico.

b) Dibuja las columnas estratigráficas en ambos ejemplos.

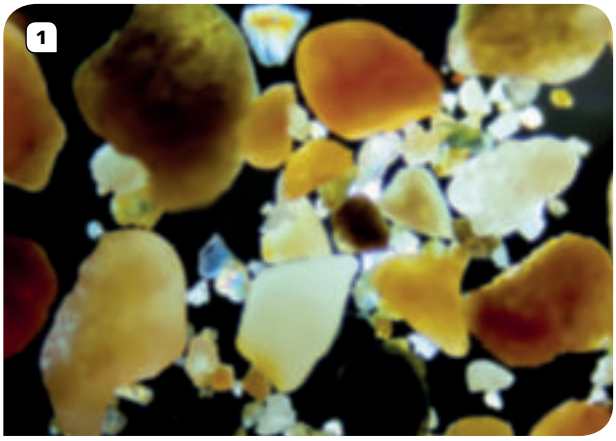
c) Anota mediante los correspondientes signos (puntos cardinales y valor de los ángulos) las direcciones y buzamiento de las capas.

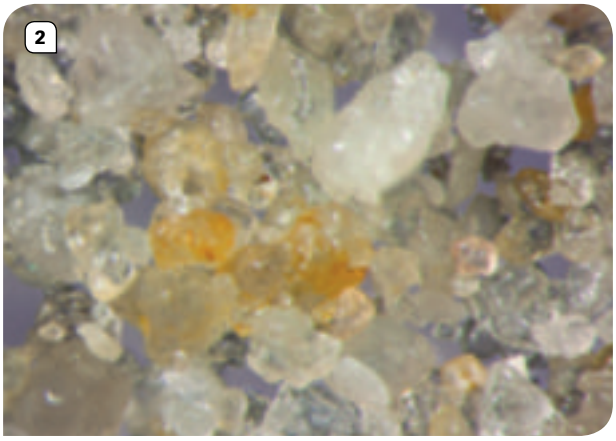
**2** Para comprender la imagen C se recomienda realizar el ejercicio mediante capas de plastilina de diferentes colores y hacer cortes limpios (con un cúter) de los planos que se quieren observar.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Madurez textural y mineralógica de un sedimento

El agua y el viento transportan la arena a saltos o por «saltación», mecanismo consistente en que cuando el fluido empuja un grano, le comunica un impulso y lo levanta, transportándolo un pequeño trecho hasta que la fuerza de la gravedad lo hace caer nuevamente más adelante, y el mecanismo comienza de nuevo. En el seno del agua, la caída del grano al lecho de la corriente y los choques entre granos se amortiguan. Así, un grano de un mineral estable y resistente, como por ejemplo el cuarzo, permanece anguloso y brillante, mientras que en medio desértico, los choques de unos granos contra otros los van desgastando y redondeando (abrasión), y su superficie aparece más mate, entre otros aspectos texturales.



## ACTIVIDADES

**1** Las arenas de las fotografías adjuntas constituyen sedimentos transportados por diferentes agentes geológicos hasta determinados medios sedimentarios.

a) Describe y clasifica las distintas arenas de acuerdo con los criterios de madurez textural y mineralógica siguientes: tamaño de grano, grado de selección, homogeneidad o heterogeneidad en cuanto a variedad mineralógica y morfología de los granos.

b) ¿Cuál o cuáles de las muestras han sufrido un transporte más largo? ¿Por qué?

c) Una de las muestras ha sufrido un largo transporte por el viento. Deduce cuál de ellas es, justificando tu elección.

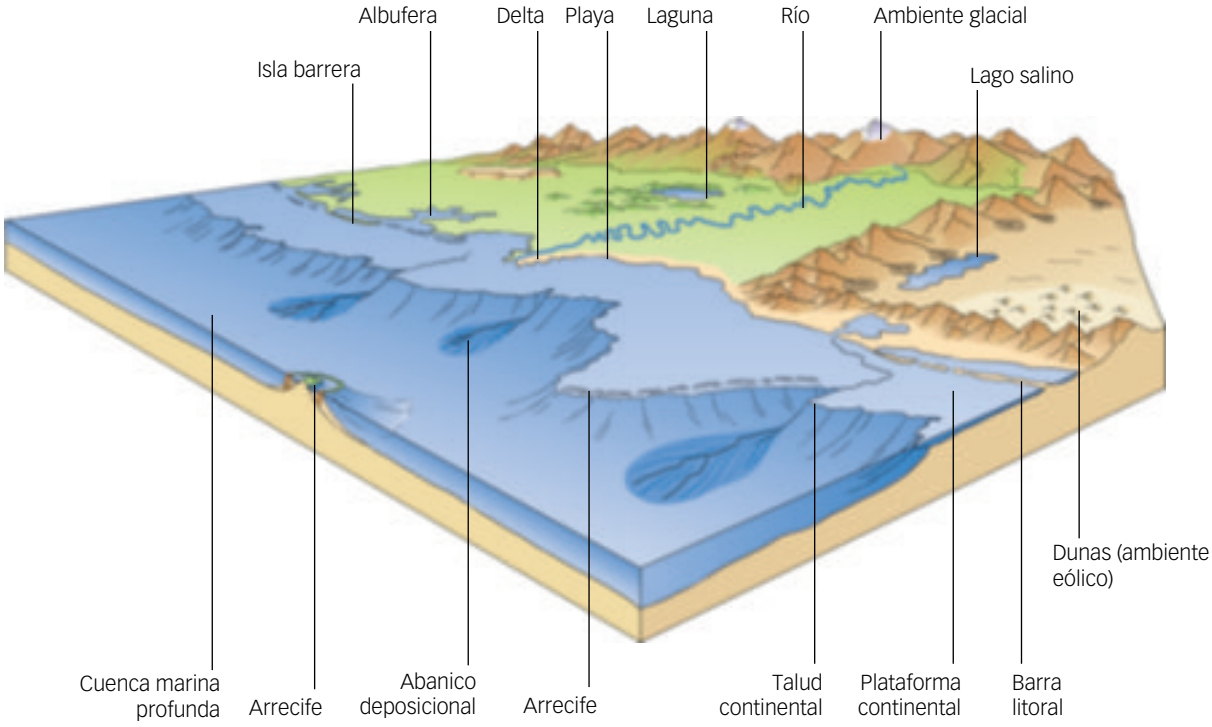
d) ¿Qué instrumento se ha utilizado para la observación y fotografía microscópica de estas arenas, un microscopio o una lupa binocular? Razona tu respuesta.

# Los ambientes sedimentarios

Cuando la energía del viento o del agua disminuye, también lo hace su capacidad de transporte. Los fragmentos detríticos que se movían con la corriente pueden quedar abandonados en distintos lugares de la superficie terrestre cuando la velocidad se reduce por debajo de un determinado valor. Este proceso también está regulado por el diagrama de Hjulstrom y su efecto inmediato es la deposición de las partículas. Los depósitos detríticos de sedimentos pueden observarse en las playas, en las barras fluviales, en los deltas de los ríos, etc.

Los principales sistemas deposicionales o ambientes sedimentarios suelen clasificarse en tres grandes grupos: medios continentales, marinos y de transición.

**Principales ambientes sedimentarios marinos, continentales y de transición**

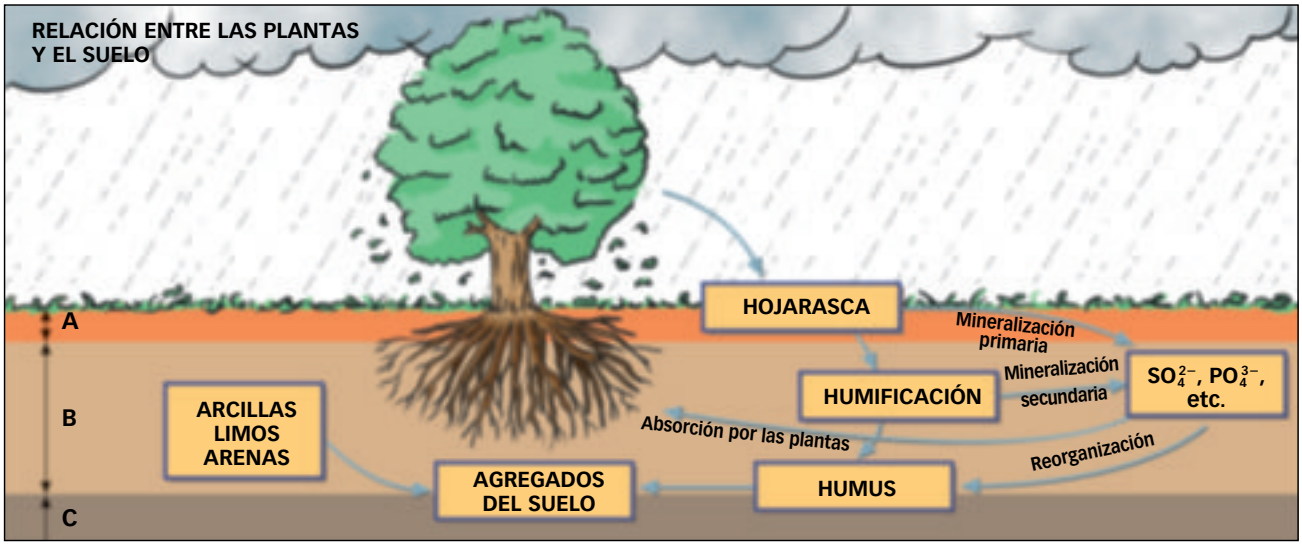


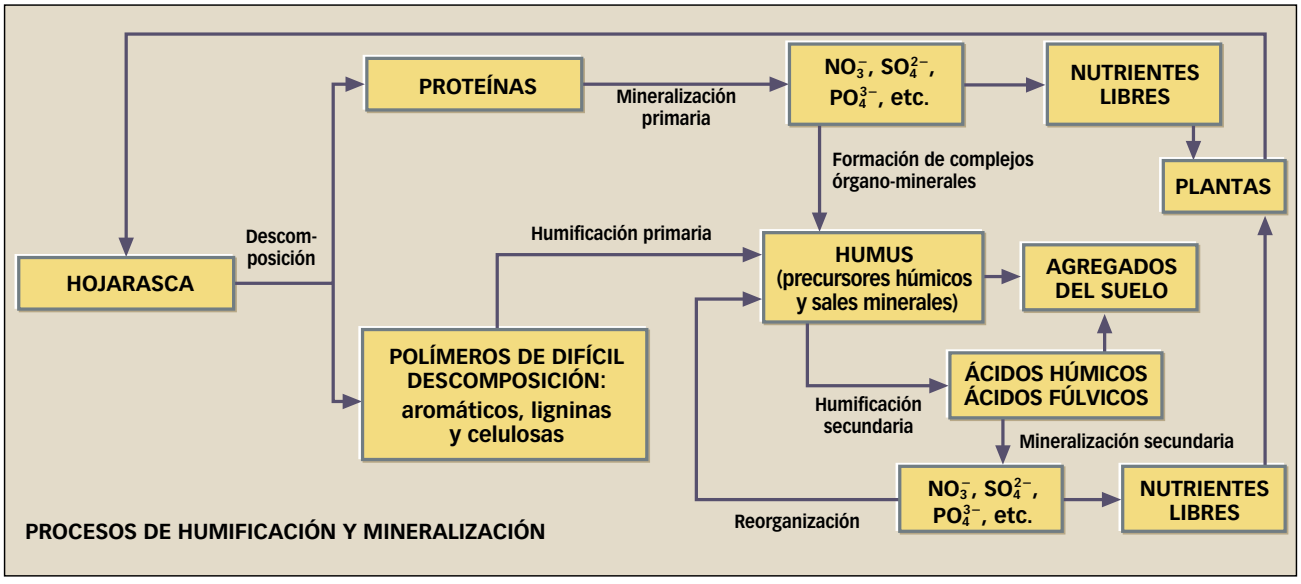

## ACTIVIDADES

**1** Las fotografías adjuntas corresponden a sedimentos de cuatro de los ambientes sedimentarios señalados en la figura superior. Haz una hipótesis sobre la correspondencia de cada una de ellas tomando como base el tipo de depósito, estructuras sedimentarias o contenido en seres vivos. Justifica tu elección.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Humificación y mineralización de suelos




## ACTIVIDADES

**1** Define *humificación* y *mineralización*.

**2** Explica lo que ves en ambos esquemas.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## La lucha entre el río y el mar: cómo crece un delta

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación sobre la naturaleza geológica de este ambiente costero, que soporta importantes ecosistemas (zonas húmedas, playas, lagunas), afecta y es afectado por los asentamientos humanos.

**Otras investigaciones sugeridas.** Deltas y subsidencia (Isostasia). Progradación y retroceso de deltas. Tipos de deltas. Oscilaciones climáticas y deltas. Origen y explotación de los hidrocarburos en el Delta del Ebro.

**Fuentes de la investigación**

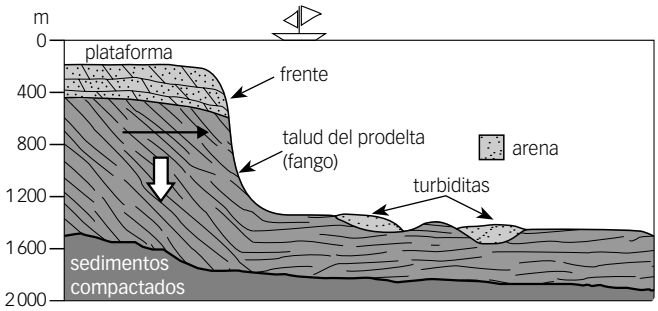
- Fundación para el conocimiento de la educación superior, la ciencia, la tecnología y la innovación. Palabras clave: *deltas madrimas*.

**Realización.** Equipo(s) de 5 alumnos.

**Duración de la elaboración.** 3 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital seguida de un debate de 45 minutos aproximadamente.

### TEN EN CUENTA QUE




Un delta, como el del Ebro, no es solo una superficie, sino un cuerpo geológico tridimensional cuya parte sumergida es más voluminosa que la superficial. La deposición de arena se limita a la zona somera, donde queda disponible para olas y corrientes litorales, cuya acción redistribuye el sedimento (especialmente arena) a los lados de la desembocadura, como muestran las «alas» de la foto.

Los sedimentos deltaicos son muy porosos y susceptibles de compactación por la presión litostática.

En los deltas hay niveles ricos en carbono que pueden evolucionar hacia hidrocarburos o carbón.

Las zonas húmedas de alto valor ecológico están en la parte emergida de la plataforma (llanura deltaica).

### LO QUE DEBES SABER

- **Presión litostática:** debida al peso de los materiales suprayacentes, reduce la porosidad de sedimentos y rocas y facilita el crecimiento de minerales de estructura cristalina más compacta.
- **Progradación (adjetivo progradante):** fenómeno de avance progresivo del frente de un delta submarino hacia alta mar, a causa, en general, de una importante sedimentación detrítica.
- **Turbiditas:** sedimentos detríticos depositados en un tiempo muy corto por una corriente de turbidez (proceso gravitatorio) en ambiente marino profundo (base de un delta, talud o llanura abisal).

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Riesgos geológicos externos en España

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación sobre los riesgos geológicos externos en la zona en que vives (localidad, comunidad autónoma).

**Otras investigaciones sugeridas.** Factores de riesgo, predicción, previsión y prevención de riesgos. Actividades humanas que favorecen la ocurrencia de riesgos geológicos externos. Papel de la geología e ingeniería en la minimización de los riesgos geológicos externos. ¿Cuáles son los riesgos geológicos externos con mayor capacidad destructiva? Análisis histórico en España. En España tenemos casi 8 000 kilómetros de costa; ¿cuáles son los riesgos costeros?

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- Introducción al análisis de los riesgos geológicos. Palabras clave: *ugr desastres naturales descargas*.
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Palabras clave: *igme impacto económico y social de los riesgos geológicos en España*.
- *Chasing Ice.* Película sobre el cambio climático en el planeta.
- *La mar del silencio.* Documental sobre la desertificación. Visión *online*.

Referencias bibliográficas:

- *Guía ciudadana de los riesgos geológicos.* The American Institute of Professional Geologists, ICOG, 1997.
- *Riesgos geológicos externos y educación.* Monográfico de la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, v. 17 (3), 2009.

**Realización.** Equipo(s) de 3-5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 3 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital seguida de un pequeño debate.

### TEN EN CUENTA QUE

Los riesgos geológicos externos cuestan vidas y generan daños millonarios a la economía mundial y española. Algunos son acontecimientos bruscos, de corta duración, pero también existen procesos continuos en el tiempo, capaces de producir una grave degradación paulatina del entorno. Los estudios sobre riesgos geológicos y su impacto económico y social son imprescindibles para eliminar o minimizar los daños causados por las catástrofes mediante la ordenación del territorio (mapas de peligrosidad, planificación de obras públicas, urbanismo e industria, etc.), los planes de emergencia y de protección civil (evacuación de la población, consorcio de seguros, etc.) y la protección del medio ambiente.

### LO QUE DEBES SABER

- **Mapas de riesgos:** se elaboran a partir de observaciones de campo, registros históricos y meteorológicos según las hipótesis de riesgo máximo y medio.
- **Hipótesis de riesgo máximo:** probabilidad de ocurrencia del máximo suceso histórico ocurrido.
- **Hipótesis de riesgo medio:** situación en la que se produce el suceso histórico más frecuente.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 5 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Desertificación y erosión destruyen los suelos, recursos fundamentales para agricultura y ganadería. Estos procesos representan:

- ☐ **a.** Fenómenos distintos e independientes.
- ☐ **b.** Dos aspectos del mismo fenómeno.
- ☐ **c.** Uno es la causa, el otro el efecto.
- ☐ **d.** Procesos distintos que pueden ser relacionados mediante retroalimentación (*feed back*).

**2** La carbonatación es un proceso de:

- ☐ **a.** Disolución.
- ☐ **b.** Aumento del contenido en carbono.
- ☐ **c.** Aumento del contenido en carbonato (sólido).
- ☐ **d.** Desarrollo del gas $CO_2$ a partir de agua o rocas.

**3** ¿La fuerza de gravedad es suficiente para movilizar los detritos rocosos?

- ☐ **a.** No, es necesario un agente de transporte.
- ☐ **b.** Sí, en laderas de pendiente bastante elevada.
- ☐ **c.** No, si el material es demasiado pesado.
- ☐ **d.** Sí, si el material es bastante pesado.

**4** ¿Los términos *fluvial* y *aluvial* son sinónimos?

- ☐ **a.** No, aunque ambos se refieran a actividades de un río.
- ☐ **b.** Sí, se pueden intercambiar.
- ☐ **c.** No, fluvial indica actividad normal, aluvial destructiva.
- ☐ **d.** No, fluvial se utiliza por la llanura, aluvial para la zona de montaña.

**5** Entre los tipos de riesgos relativos a procesos superficiales, ¿cuáles son los que afectan a menores extensiones en España?

- ☐ **a.** Inundaciones.
- ☐ **b.** Erosión del suelo.
- ☐ **c.** Procesos gravitacionales (desprendimientos, deslizamientos de ladera).
- ☐ **d.** Tempestades y erosión de la costa.

**6** El «periodo de retorno» de un evento extremo:

- ☐ **a.** Crece con el aumento de la magnitud.
- ☐ **b.** Baja con magnitudes altas.
- ☐ **c.** No tiene relación definida con la magnitud.
- ☐ **d.** Se puede determinar con precisión.

**7** Durante el transporte, los materiales que flotan más fácilmente son:

- ☐ **a.** Los más ligeros (menos densos).
- ☐ **b.** Los más finos.
- ☐ **c.** Los más laminares (aplastados).
- ☐ **d.** Los que poseen la combinación óptima de las propiedades anteriores.

**8** ¿Qué es una facies?

- ☐ **a.** Un aspecto del ambiente.
- ☐ **b.** Un aspecto de la roca.
- ☐ **c.** El resultado de un proceso.
- ☐ **d.** El aspecto de una roca que indica su ambiente de origen.

**9** Si un suelo es poroso ¿es también permeable?

- ☐ **a.** Sí en general.
- ☐ **b.** Sí, si contiene agua (si ha entrado, puede también salir).
- ☐ **c.** No, son dos propiedades diferentes.
- ☐ **d.** Sí, condicionalmente (si los poros son bastante grandes y se comunican entre sí).

**10** ¿Qué es un «suelo franco»?

- ☐ **a.** Un suelo francamente poroso.
- ☐ **b.** Un suelo con textura equilibrada.
- ☐ **c.** Un suelo propio de climas estacionales.
- ☐ **d.** Un suelo rico en óxidos de hierro.

SOLUCIONES

**1** d, **2** c, **3** b, **4** a, **5** c, **6** a, **7** d, **8** d, **9** d, **10** b

# 5 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Indica el tipo de meteorización que se produce en cada uno de los siguientes casos.

a) Zona de alta montaña por repetición cíclica de procesos hielo-deshielo.

b) Raíces de un árbol que penetran entre las rocas.

c) Agua que disocia las sales separándolas en iones.

d) Olas marinas en la base de un acantilado.

**2** a) ¿Qué es la edafización?

b) Indica el nombre y características de las distintas partes de un suelo ayudándote de la imagen de la derecha.

**3** Explica las principales consecuencias de la erosión del suelo. ¿Qué tipo de actividades humanas pueden facilitar la erosión?

**4** Si el calor acelera las reacciones químicas, ¿por qué estas actúan de forma tan lenta en los desiertos cálidos?

**5** Indica las posibles modalidades de transporte de un canto o fragmento de roca compacta y densa de unos 6 centímetros de diámetro en los siguientes medios.

a) Río.

b) Glaciar.

c) Viento.

d) Ladera de elevada pendiente.

**6** Explica las diferencias entre los siguientes conceptos.

a) Meteorización y erosión.

b) Regolito y sedimento.

c) Porosidad y permeabilidad de un suelo.

d) SAT y SIG.

**7** Cita y explica brevemente qué es un ambiente sedimentario continental, uno marino y otro de transición.

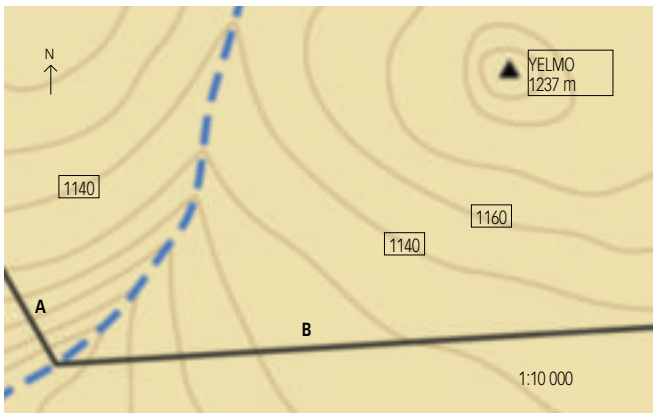
**8** Define las siguientes estructuras sedimentarias.

a) Estratos.

b) Ripples.

**9** ¿Cómo podrías determinar que un sedimento es maduro texturalmente?

**10** La escala del mapa adjunto es 1: 10 000 y la equidistancia entre las curvas de nivel es de 20 metros. A partir de estos datos, resuelve los siguientes ejercicios.




a) Anota la altitud sobre cada una de las curvas de nivel.

b) ¿Cuál de las dos líneas negras tiene mayor pendiente: la A o la B? ¿Por qué?

c) La línea discontinua es un arroyo. ¿Hacia dónde corre el agua: hacia el norte o hacia el sur? ¿Por qué?

# 5 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** a) ¿Cuál es la principal diferencia entre los procesos de meteorización física o mecánica y los de meteorización química?

b) Cita los principales procesos de meteorización mecánica.

**2** Indica brevemente cómo afectan la pendiente del terreno, el clima y el tiempo en el proceso de edafización. ¿Qué acciones desarrollan los seres vivos para favorecer este proceso?

**3** Analiza las siguientes afirmaciones e indica si son verdaderas o falsas. En los casos en que las consideres falsas justifica tu respuesta.

a) El mejor suelo para la agricultura es el arenoso, porque es muy poroso y no se encharca.

b) *Porosidad* y *permeabilidad* son dos términos equivalentes.

c) Los ríos realizan más modalidades de transporte que los glaciares.

d) Las plataformas continentales son áreas muy extensas con abundante sedimentación.

**4** a) ¿Cómo determinarías la madurez mineralógica de un sedimento?

b) ¿Qué tipo de sedimento cabe esperar que sea texturalmente más maduro, uno de origen fluvial o uno de origen glaciar? Justifica tu respuesta.

**5** Interpreta el tipo de estructura sedimentaria de la fotografía adjunta.

**6** Define las siguientes estructuras sedimentarias.

a) Estratificación.

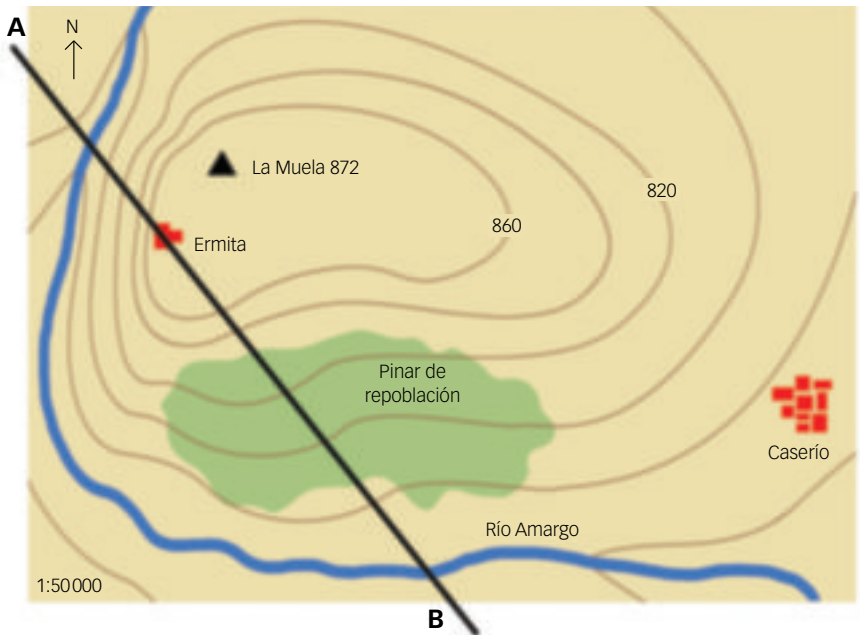
b) Sedimentación gradada.

**7** ¿En cuáles de los siguientes ambientes sedimentarios te parece más probable que se forme estratificación cruzada: glaciar, fluvial, eólico, albuferas y arrecife? ¿Por qué?

**8** Las inundaciones y las avenidas torrenciales son riesgos geológicos asociados a procesos externos. Explica en qué consisten ambos riesgos, cuáles son las causas que los originan en cada caso y en qué lugares de España es más frecuente cada uno de ellos.

**9** Explica el funcionamiento de un sistema de posicionamiento plobal o GPS.

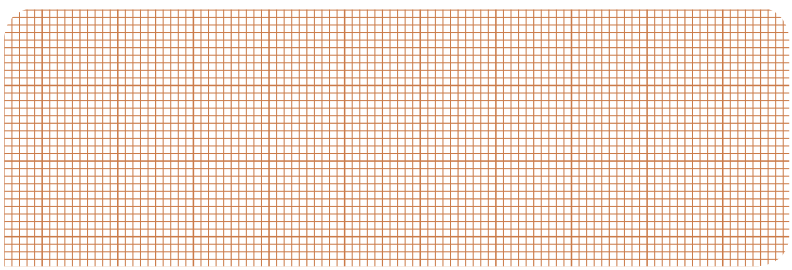
**10** Sobre el mapa adjunto realiza los siguientes ejercicios.




a) Indica la equidistancia entre las curvas de nivel y explica cómo lo has deducido.

b) Anota sobre el mapa el valor de la altitud de las curvas de nivel que cortan el río, y las de las curvas de nivel situadas a ambos lados del caserío.

c) ¿En qué vertiente tiene el cerro de La Muela mayor pendiente? Explica por qué.



d) Haz un perfil topográfico desde A hasta B y señala el río, la ermita y el pinar. ¿Puede verse el rio desde la ermita?

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B8-8.** Relacionar estructuras sedimentarias y ambientes sedimentarios. | **B8-8.1.** Detalla y discrimina las diferentes fases del proceso de formación de una roca sedimentaria. | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 |
| **B9-1.** Deducir a partir de mapas topográficos y cortes geológicos de una zona determinada la existencia de estructuras geológicas y su relación con el relieve. | **B9-1.1.** Interpreta y realiza mapas topográficos y cortes geológicos sencillos | 10 | 10 |

## Control B

**1** **a)** Gelifracción, meteorización mecánica.
**b)** Efecto de cuña por meteorización biológica.
**c)** Disolución, meteorización química.
**d)** Abrasión por oleaje, meteorización mecánica.

**2** **a)** La edafización es el proceso que transforma el regolito o detrito en un suelo fértil. Detrito o regolito son los fragmentos de roca que se desprenden y acumulan al pie de la roca original formando una cubierta de materiales sueltos.
**b)** En el horizonte cero o mantillo, superficial, rico en materia orgánica muerta (necromasa) se produce una intensa actividad biológica. En el horizonte A o zona de lavado la infiltración del agua de lluvia arrastra iones solubles y algunos componentes del humus que son arrastrados y acumulados a cierta profundidad formando el horizonte B. El horizonte C, bajo los anteriores, está constituido por fragmentos y restos de la meteorización de la roca madre, e incluso por la roca sin alterar.

**3** La erosión del suelo tiene como principal consecuencia la desaparición del suelo fértil y su sustitución por un sedimento o roca estériles. Cuando dicho proceso es debido a las acciones humanas, se denomina desertificación. Entre sus principales causas están:
– Sobrepastoreo y deforestación: el abuso de la ganadería extensiva y la tala de árboles eliminan la cobertura vegetal, exponiendo el suelo a la erosión.
– Urbanización: la ocupación y urbanización del territorio destruyen grandes extensiones de suelo.
– Cambio climático: ha producido que zonas que antes eran húmedas, tengan en la actualidad climas áridos.

**4** Por la ausencia de agua.

**5** **a)** Reptación (arrastre) y rodadura.
**b)** Transporte en masa, junto a fragmentos de cualquier tamaño, sin seleccionar.
**c)** No tiene energía suficiente para transportarlo.
**d)** Gravedad.

**6** **a)** La meteorización consiste en la alteración de la roca sometida a la intemperie mediante acciones mecánicas, químicas o biológicas. La erosión implica la evacuación de los materiales, regolito e iones, que son transportados a otros lugares. El resultado es la destrucción del relieve mediante diferentes formas de modelado terrestre.
**b)** El regolito o detrito está formado por los fragmentos de roca o clastos desprendidos de las rocas por alteración físico-química o biológica y que quedan acumulados a los pies de esta formando una cubierta de materiales sueltos. Los materiales recogidos por los agentes geológicos en el proceso erosivo ya no se llaman detritos, sino que pasan a llamarse sedimentos.
**c)** La porosidad es el porcentaje del suelo que está ocupado por huecos, que pueden contener aire o agua. En los suelos arenosos, la porosidad es de entre el 20 y el 40 %; en los arcillosos puede ser superior al 70 %. Permeabilidad es la facilidad con la que el agua fluye a través del suelo. Los suelos arenosos tienen una permeabilidad muy alta, mientras que los muy arcillosos son prácticamente impermeables: pueden contener mucha agua debido a su gran porosidad, pero esta no es capaz de circular a través de ellos.
**d)** SAT son las siglas de sistema de alerta temprana, dispositivo que detecta una anomalía indicativa de que un riesgo está materializándose en forma de un proceso destructivo; por ejemplo, una red de sismógrafos y termómetros que detectan la actividad volcánica. SIG son las siglas de sistema de información geográfica, que ofrece informaciones georreferenciadas: mapas, fotos aéreas, imágenes de satélite, datos de población, usos de suelo.

**7** R. L. (ver pág. 92 del libro del alumno).

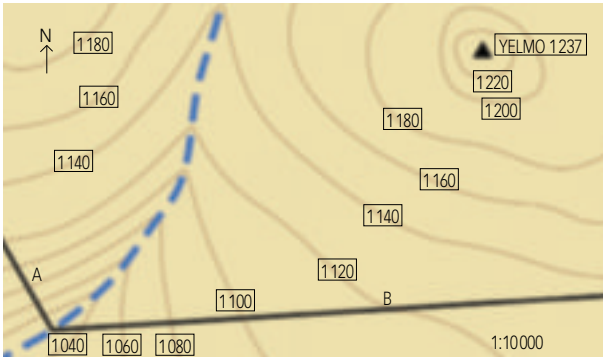
**8** **a)** Capas de roca de espesor variable, desde algunos centímetros hasta varios metros, separados por superficies llamadas planos de estratificación.
**b)** Son ondulaciones o rizaduras apreciables en el plano de estratificación, producidas por el oleaje, por corrientes de agua o por el viento.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**9** Cuanto más largo es el transporte, más pequeños y redondeados se hacen los clastos debido al golpeteo al que se ven sometidos. Cuando un sedimento está compuesto de clastos muy pequeños y redondeados, su madurez textural es alta.

**10** **a)**




**b)** Sin realizar los cálculos se puede apreciar que la pendiente es superior en la línea A porque, presentando el mismo desnivel que la línea B, la distancia horizontal en la línea A es mucho menor que la de la línea B.

Para calcular exactamente la pendiente de cada una de las líneas, debemos medir el desnivel, dividirlo entre la distancia horizontal y multiplicar el resultado por 100; así obtendremos la inclinación en tanto por ciento. Se debe considerar también que la escala es 1:10 000.

En la línea A el desnivel es de 80 m, puesto que atraviesa las curvas de nivel que van desde 1 120 a 1 040; la distancia horizontal es de 130 m (1,3 cm × 10 000 = = 13 000 cm, 13 000 cm/100 = 130 m), por lo tanto la pendiente es de (80/130) × 100 = 61,5 %.

En la línea B el desnivel es también de 80 m, la distancia horizontal es de 450 m (4,5 m × 10 000 = 45 000 cm; 45 000 cm/100 = 450 m), por lo tanto la pendiente es de (80/450) × 100 = 17,7 %.

**c)** El agua del arroyo fluye del norte hacia el sur, porque en el norte de nuestro mapa topográfico se encuentra la zona de mayor altitud.

## Control A

**1** **a)** La meteorización mecánica consiste en la fragmentación de la roca sin alterarla química o mineralógicamente. El aumento de superficie resultante favorece la disgregación mediante la alteración química, proceso que es más eficaz en climas cálidos y húmedos, dando como resultado iones en solución y minerales nuevos, especialmente óxidos e hidróxidos y carbonatos.

**b)** Gelifracción, descompresión de las rocas, abrasión y termoclastia.

**2** Las pendientes muy pronunciadas desestabilizan el detrito, mientras que en zonas llanas la mayor estabilidad de este sustrato favorece la edafización. Los climas cálidos y húmedos aceleran la edafización, ya que en ellos se desarrolla una intensa actividad biológica. En climas glaciares y desiertos cálidos, no se produce.

Los seres vivos favorecen la edafización mediante la mezcla de sus componentes; el aumento de su porosidad y de su capacidad para contener agua; el aporte de sustancias que favorecen la meteorización química y el aporte de materia orgánica, que da lugar al humus.

**3** **a)** Falso. Un suelo muy poroso y permeable no retiene el agua.

**b)** Falso. La porosidad es el porcentaje del suelo que está ocupado por huecos, que pueden contener aire o agua. Permeabilidad es la facilidad con la que el agua fluye a través del suelo.

**c)** Verdadero.

**d)** Verdadero.

**4** **a)** Para determinar la madurez mineralógica de un sedimento, hay que estudiar el tipo de minerales que lo componen y su forma. Así, un sedimento con alto contenido en cuarzo, un mineral muy estable, o con alto contenido en arcilla será mineralógicamente maduro. Los minerales fácilmente alterables se hacen escasos en el sedimento a medida que aumenta la madurez mineralógica. Por otro lado, las formas redondeadas son indicativas de un largo proceso de transporte en contra de los minerales con formas angulosas.

**b)** Los sedimentos de origen fluvial son más maduros texturalmente porque el agua selecciona los materiales en función de su energía, mientras que el glaciar realiza conjuntamente el transporte de clastos de todos los tamaños (desde bloques a arcillas).

**5** Se trata de una estratificación con laminación cruzada.

**6** **a)** Capas de roca de espesor variable, desde algunos centímetros hasta varios metros, separadas por superficies llamadas planos de estratificación.

**b)** Es el resultado del depósito de sedimentos formados por clastos de diferente tamaño ordenados desde los más gruesos, en la parte inferior (muro del estrato), hasta los más finos, en la parte superior (techo del estrato); cantos y arenas se depositan en primera instancia, y finalmente las arcillas, que se decantan a medida que la energía del medio disminuye.

**7** En los medios fluvial y eólico, porque en ambos dominan las corrientes (de agua o aire), que depositan los materiales según láminas inclinadas. El glaciar, cuando se derrite el hielo, deposita los materiales en masa (morrenas). Una albufera es una laguna costera donde se depositan materiales finos, por decantación. Los arrecifes se forman en aguas someras y tranquilas, y sus depósitos se caracterizan por la acumulación de fragmentos de seres vivos (corales, moluscos, etc.).

**8** Las inundaciones consisten en el desbordamiento del cauce del río y ocupación de su llanura de inundación. Normalmente se debe a lluvias intensas y prolongadas, como sucede periódicamente en las desembocaduras de los ríos del norte peninsular húmedo, produciendo daño sobre las poblaciones.

Las avenidas torrenciales consisten en la ocupación súbita de un cauce, habitualmente seco, por un caudal de agua con gran capacidad erosiva y de transporte. Están asociados a fuertes tormentas, que pueden descargar en poco tiempo mucha agua sobre la cuenca de recepción de un torrente. Suceden en climas secos como los del sur y sureste peninsulares, en las islas Baleares y en las Canarias, donde la escasez o ausencia de vegetación hacen que el régimen de lluvias sea torrencial, por lo que el principal riesgo son las avenidas torrenciales.

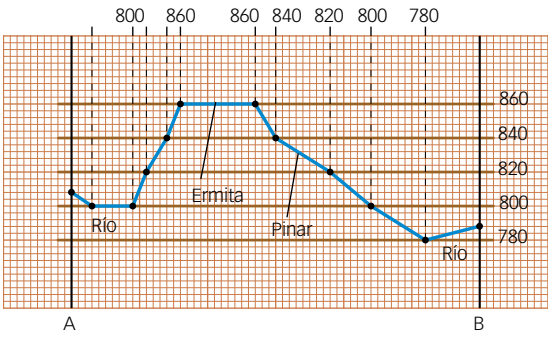
**9** El GPS está formado por un conjunto de satélites artificiales que orbitan la Tierra. Las distancias entre los satélites son conocidas, y cada uno emite una señal que puede ser captada por un receptor. Con las señales de cuatro o más satélites se puede realizar un cálculo y determinar la posición exacta del receptor sobre la superficie de la Tierra (latitud, longitud y altitud sobre el mar). Si el receptor incluye una base de datos de un SIG, es decir, mapas de carreteras, planos de ciudades y pueblos, aplicaciones para calcular distancias y rutas, etc., y además tiene una pantalla donde muestra los mapas y los cálculos, se denomina navegador o sistema de navegación.

**10** **a)** La equidistancia entre las curvas de nivel es de 20 metros. Puede deducirse porque existen dos curvas con altitud de 860 metros y 820 metros entre las que queda otra curva; por tanto, esta tendrá una altitud de 840 metros, y la equidistancia es de 20 metros.

**b)** La altitud de las curvas de nivel que cortan el río son de 800, 780 y 760 m y las de las curvas situadas a ambos lados del caserío son de 780 y 760 m.

**c)** El cerro de La Muela tiene mayor pendiente en su vertiente oeste, puesto que las curvas de nivel se encuentran más juntas, y el desnivel para una misma distancia horizontal será superior.

**d)**



# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Los Picos de Europa son un extraordinario ejemplo de cómo actúan los agentes atmosféricos sobre un macizo calizo.

Entre sus cumbres míticas se encuentran el Picu Urriellu o Naranjo de Bulnes, uno de los objetivos predilectos para escaladores de todo el mundo; a su izquierda, el Picu Cabrones y, a su lado, el más alto de los tres macizos que componen los Picos de Europa: el Torrecerredo, con sus 2650 metros de altitud.

A los pies de los picos se depositan, en forma de abanico, numerosos canchales.

**1** ¿Qué agente atmosférico es el principal responsable de la meteorización mecánica de los picos?

- ☐ **a.** La termoclastia.
- ☐ **b.** La gelifracción.
- ☐ **c.** La abrasión.
- ☐ **d.** La descompresión.

**2** Además de meteorización mecánica, en los Picos de Europa se produce una muy importante meteorización química.

Teniendo en cuenta la composición de la roca que forma estas montañas y su situación (en las provincias de Asturias, Cantabria y León), ¿qué tipos de meteorización química son los más relevantes en su modelado?

- ☐ **a.** La oxidación y la carbonatación.
- ☐ **b.** La carbonatación y la disolución.
- ☐ **c.** La disolución y la hidrólisis.
- ☐ **d.** La hidrólisis y la carbonatación.

**3** Mientras que en otras montañas, incluso más altas (como los Pirineos y los Alpes), podemos encontrar árboles y bosques a más de 2 000 metros de altitud, en Picos de Europa los árboles no crecen por encima de los 1 500 metros. Lo abrupto del terreno y sus empinadísimas laderas, unido a la escasez del agua debido a las filtraciones en la caliza, hacen imposible el crecimiento de las plantas de gran porte. Sin embargo, sí que crecen hierbas y plantas de porte pequeño, que intervienen decisivamente en la destrucción de las rocas por la meteorización biológica.

Di si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones acerca de la meteorización biológica.

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Podemos comparar el efecto que las raíces de las plantas hacen sobre las rocas con el de la gelifracción. | |
| La respiración de los seres vivos, así como algunas reacciones propias de su metabolismo, aportan gran cantidad de $CO_2$ al agua, aumentando su poder oxidante. | |
| Mediante la fotosíntesis de la cubierta vegetal se libera gran cantidad de $O_2$, que, al disolverse en el agua de la lluvia, la acidifica, aumentando su poder disolvente. | |
| La cubierta herbácea del suelo funciona como un depósito de agua que favorece la disolución de los minerales componentes de las rocas. | |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** Pero en Picos de Europa no todo son pendientes vertiginosas y cumbres que parecen inaccesibles. En las zonas donde el terreno lo permite, y casi siempre en altitudes inferiores a los 1 100 metros, se desarrollan auténticos suelos, sobre los que se forman jugosos pastizales que sirven de alimento a las apreciadas vacas *roxas*. Estos suelos se caracterizan por una intensa infiltración que deja un horizonte A muy lavado, pobre en sales y claramente diferenciado del horizonte B.

¿Qué nombre reciben los suelos como el que podemos encontrar en Picos de Europa?

- ☐ **a.** Suelos pardos.
- ☐ **b.** Litosuelo.
- ☐ **c.** Podsol.
- ☐ **d.** Caliche.

**5** Muy distintos son los suelos que se forman en los poljes, depresiones alargadas típicas de macizos cársticos, como son los Picos de Europa. En el suelo de los poljes encontramos un tipo de arcilla, denominado *terra rosa*, que se forma por descalcificación de la caliza. Suele ser un suelo muy fértil, con pequeños riachuelos que desaparecen en sumideros, y que, periódicamente, se inunda formando someras lagunas. Uno de los poljes más conocidos e importantes de Europa es el de Vega de Comeya (en la fotografía), que se encuentra en Picos de Europa.

Siendo las arcillas uno de los productos que resultan de la meteorización química de las rocas, ¿cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas cuando hablamos de ellas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| La abundancia de arcilla en un sedimento indica una considerable inmadurez mineralógica. | |
| Los suelos arcillosos de los poljes se encharcan porque la arcilla es muy permeable. | |
| Las arcillas se emplean en cerámica, porcelanas y fabricación del cemento. | |
| Las arcillas provienen de la meteorización química de micas y feldespatos. | |

**6** Toda esta variedad queda reflejada en los mapas topográficos de Picos de Europa, ya que permiten representar sobre un papel el relieve y los diferentes elementos situados sobre la superficie terrestre. Lo más destacado de estos mapas son la curvas de nivel o isocotas.

¿Cuál de las siguientes frases no se corresponde con una propiedad o característica de las curvas de nivel?

- ☐ **a.** Dos curvas de nivel contiguas siempre mantienen la misma diferencia de altitud.
- ☐ **b.** Cuando representamos una depresión, los puntos situados en las curvas de nivel centrales están a menor altura que los situados en las curvas de nivel periféricas.
- ☐ **c.** Las curvas de nivel nunca se cruzan y, si están muy próximas entre sí, es que representan una fuerte pendiente.
- ☐ **d.** Dos puntos situados sobre una curva de nivel tienen la misma latitud.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-6.** Detallar el proceso de metamorfismo, relacionando los factores que le afectan y sus tipos. | **B8-6.1.** Clasifica el metamorfismo en función de los diferentes factores que lo condicionan. | 1, 2, 3, 4 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-10.** Clasificar las rocas sedimentarias aplicando sus distintos orígenes como criterio. | **B8-10.1.** Ordena y clasifica las rocas sedimentarias más frecuentes de la corteza terrestre según su origen. | 5 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor** | **B9-1.** Deducir, a partir de mapas topográficos y cortes geológicos de una zona determinada, la existencia de estructuras geológicas y su relación con el relieve. | **B9-1.1.** Interpreta y realiza mapas topográficos y cortes geológicos sencillos. | 6 |

**1** **b.** La gelifracción.

**2** **d.** La hidrólisis y la carbonatación.

**3**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Podemos comparar el efecto que las raíces de las plantas hacen sobre las rocas con el de la gelifracción. | Verdadero |
| La respiración de los seres vivos, así como algunas reacciones propias de su metabolismo, aportan gran cantidad de $CO_2$ al agua, aumentando su poder oxidante. | Falso |
| Mediante la fotosíntesis de la cubierta vegetal se libera gran cantidad de $O_2$, que, al disolverse en el agua de la lluvia, la acidifica, aumentando su poder disolvente. | Falso |
| La cubierta herbácea del suelo funciona como un depósito de agua que favorece la disolución de los minerales componentes de las rocas. | Verdadero |

**4** **c.** Podsol.

**5**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| La abundancia de arcilla en un sedimento indica una considerable inmadurez mineralógica. | Falso |
| Los suelos arcillosos de los poljes se encharcan porque la arcilla es muy permeable. | Falso |
| Las arcillas se emplean en cerámica, porcelanas y fabricación del cemento. | Verdadero |
| Las arcillas provienen de la meteorización química de micas y feldespatos. | Verdadero |

**6** **d.** Dos puntos situados sobre una curva de nivel tienen la misma latitud.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Solucionario

Pág. 85

**PARA COMENZAR**

1 Porque la selva tropical se apoya sobre un suelo laterítico, muy rico en aluminio.

2 El proceso de hielo-deshielo se corresponde con la meteorización, y la evacuación de los fragmentos con la erosión.

3 La deforestación, el sobrepastoreo, la urbanización, cementación e impermeabilización son procesos que degradan y destruyen el suelo.

4 R. M. Por ejemplo, mediante los satélites Landsat, Meteosat, NOAA, Nimbus, Terra y Aqua, que obtienen datos con los que se elaboran imágenes para predecir diferentes riesgos.

Pág. 86

1 Gelifracción (clima muy frío o periglaciar) y termoclastia (clima muy cálido, tropical seco o desértico).

2 Las fracturas aparecen por un proceso de hielo-deshielo o «efecto cuña»; el agua penetra en el asfalto y al congenlarse provoca la rotura de este.

3 Meteorización mecánica por abrasión.

4 El frasco estalla, por la diferencia de temperatura. La termoclastia.

5 La fotografía muestra un canchal originado por termoclastia y por gravedad. El clima de la fotografía se corresponde con un clima frío de alta montaña.

Pág. 87

6 Los organismos ejercen una acción tanto mecánica (por ejemplo, las raíces o las lombrices) como química (bioquímica), como bacterias, hongos, o la cubierta herbácea, que, al mantener la humedad, facilita los procesos de oxidación, carbonatación y disolución de los minerales.

7 Porque aumenta la acidez de la saliva. El proceso que actúa es la descarbonatación.

8 Las algas substraen $CO_2$ del agua y favorecen la carbonatación de las rocas; por otro lado, producen oxígeno, pero lo consumen con su respiración y descomposición.

Pág. 88

9 Un regolito. Es un producto únicamente de la alteración mecánica (impactos y termoclastia), sin alteración química.

10 La sal en el agua y la inmersión, temporal o permanente, impiden que se establezcan las condiciones físico-químicas apropiadas.

Pág. 89

11 El chernozem es el suelo característico de pastizales (fértiles praderas) con abundante materia orgánica superficial y, por tanto, muy rico en humus (que es en su mayoría carbono). Tiene horizontes ABC bien diferenciados. El color del horizonte A irá de negruzco a negro cuanto más abundante sea la materia orgánica; por ello reciben también el sobrenombre de «suelos negros».

Pág. 90

12 Lo dificulta porque mantiene la adherencia a la estructura compleja del suelo. El suelo protege la superficie de la erosión.

13 El detrito es el producto de la meteorización prácticamente *in situ*, sin transporte o con transporte limitado, por gravedad. El sedimento es el resultado del depósito de aquellos detritos, después de su transporte por los agentes geológicos hasta diferentes ambientes sedimentarios y cuencas de sedimentación.

14 R. G. La fuerza de la gravedad está siempre presente y condiciona el tamaño de los materiales seleccionados por el agente de transporte, ya sea agua o viento. Como se ve en la ilustración de la página 90, los clastos son transportados por el agua de diferentes maneras según su tamaño. El viento, sin embargo, no puede transportar cantos, sino solo materiales finos, como arenas o limos. Un caso especial en que la gravedad puede transportar sedimentos a grandes distancias en un medio completamente tranquilo son los depósitos sobre la llanura abisal, al pie del talud continental (corrientes de turbidez).

Pág. 92

15 Porque la arena que los ríos llevan a la costa es redistribuida por las olas y las corrientes marinas a los lados de la desembocadura, pero no tienen fuerza suficiente para llevarla mar adentro.

16 La arena cuarzosa procede de los ríos y las conchas de las olas del mar, especialmente por el oleaje durante las marejadas y tempestades.

Pág. 93

17 El principal riesgo es la erosión del suelo por las aguas salvajes, con los consiguientes riesgos de desertificación y de avenidas torrenciales.

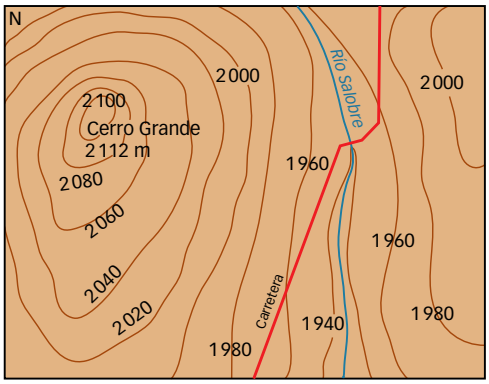
18 La disolución de los yesos del suelo provocó un fenómeno de subsidencia cárstica. Sí, es el mismo fenómeno que origina dolinas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Pág. 94

**SABER HACER**

**19** **a)**




**b)** La norte tiene mayor pendiente porque las curvas de nivel están más próximas entre sí.

**c)** El río Salobre corre hacia el sur, donde están las cotas más bajas.

**d)** Para calcular la distancia real, antes debemos conocer la distancia horizontal; medimos con una regla la distancia en centímetros entre Cerro Grande y el corte de la carretera sobre el río y lo multiplicamos por la escala: 3,5 cm $\times$ 10 000 $=$ 35 000 cm $=$ 350 m.

Conociendo el desnivel (2 112 m $-$ 1 940 m $=$ 172 m) y la distancia horizontal, podemos calcular la distancia real: $\sqrt{172^2 + 350^2} = 389{,}98$ m.

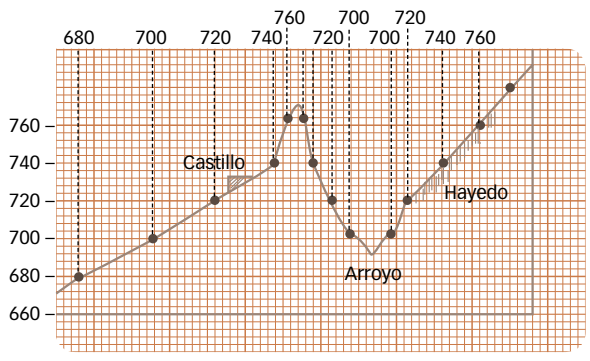
Pág. 95

**SABER HACER**

**20** La equidistancia es de 20 m. Entre 680 m y 740 m hay dos curvas de nivel separadas por tres franjas de terreno, así que 740 $-$ 680 $=$ 60 m y 60 m : 3 $=$ 20 m.

**21** El hayedo está atravesado por curvas de nivel de 700, 720 y 740 m, de izquierda a derecha. El castillo tiene a su izquierda una curva de nivel de 720 m, y a su derecha, de 740 m.

**22**




**23** La vertiente este tiene mayor pendiente porque hay menor distancia entre las curvas de nivel.

**24** Observando el perfil vemos que desde el Castillo no se ve la ermita.

Pág. 97

**25** La previsión de un riesgo es más genérica y tiene en cuenta el tipo de riesgo, su peligrosidad, los valores económicos y sociales amenazados. La predicción de un evento destructivo es más puntual (aunque no precisa) y tiene en cuenta el tiempo de retorno de un fenómeno dado. Un sistema de alerta temprana resulta útil en este último caso de predicción de un evento destructivo.

**26** R. M. Los falsos colores son colores arbitrarios atribuidos a zonas o «capas» como vegetación, agua, suelo desnudo, etc., que responden de forma diferente a señales recibidas por el satélite, como ondas radar, infrarrojas o visibles.

**27** Activo. Un sensor activo recibe una señal reflejada por un objeto «iluminado» por una fuente artificial de radiaciones electromagnéticas, mientras que el sensor pasivo registra señales emitidas o reflejados por fuentes naturales, como el Sol.

**28** Pasiva. Ejemplo: una casa en invierno o de noche, es decir, un objeto cálido en un fondo frío.

Pág. 98

**29** La rectificación de cauces modifica los relieves del valle y las tasas de erosión y sedimentación.

**30** Levantamiento «eustático» del nivel del mar sobre los continentes a escala global. En la medida en que procediera de la emisión de gases de efecto invernadero, sería consecuencia de la actividad humana.

Pág. 99

**EN RESUMEN**

**31** R. G. Se trata de bloques de roca (regolitos) fragmentados por meteorización física. Puede ser causada tanto por gelifracción como por termoclastia.

**32**

| Tipos de meteorización | | |
|---|---|---|
| **Mecánica (física)** | **Química** | **Biológica** |
| Gelifracción<br>Descompresión<br>Abrasión<br>Termoclastia | Oxidación<br>Carbonatación<br>Disolución<br>Hidrólisis | Raíces (biomecánica)<br>Cobertura herbosa (conserva humedad)<br>Fotosíntesis → Oxidación<br>Respiración y descomposición → Carbonatación |

**33** La meteorización produce un detrito o suelos que se quedan *in situ*, o se acumulan en la ladera o en su base. La erosión moviliza el detrito por medio de los agentes de la dinámica externa, que lo transportan a determinadas distancias y lo

acumulan finalmente como sedimento de forma temporal o definitiva en las cuencas de sedimentación.

**34** Son formas geométricas impresas en un sedimento por agentes mecánicos (corrientes, viento, gravedad, etc.). Cada agente geológico produce un ordenamiento particular que da origen a estructuras características que permiten reconocer el ambiente sedimentario en el que se formaron y el agente que las formó.

Pág. 100

**PARA REPASAR**

**35** Química, proceso de hidrólisis.

**36** Un cubo tiene 6 caras cuadradas, entonces $3 \times 3 \times 6 = 54$ metros cuadrados.

Un cubo de 3 m de arista se divide en 27 cubos de 1 m, entonces $1 \times 1 \times 6 \times 27 = 162$ metros cuadrados.

$162/54 = 3$, es decir, al reducirse tres veces su tamaño, la superficie expuesta se multiplica tres veces, manteniendo un volumen constante.

**37** R. G./R. M. En la roca inalterada comienzan a aparecer grietas, el agua penetra en la roca y va fragmentándola, comienzan las reacciones químicas y biológicas y, por último, aparece un suelo estratificado, con plantas, raíces y humus.

El proceso se ve favorecido por valores altos de humedad y temperatura.

**38** Sí, pero no los produce (excepto las partes arrancadas a las rocas mediante abrasión).

**39** La arena presenta una mayor madurez textural (menor variación del tamaño de los granos) y mineralógica (mayor uniformidad de composición). En consecuencia, debe haber experimentado un transporte más largo.

**40** El agua que fluye produce una mayor selección de los materiales que transporta en función del tamaño, la forma y el peso de los granos. El glaciar no selecciona sus clastos, los arrastra todos juntos, desde los bloques de piedra al polvo.

El oleaje provocará en el sedimento una madurez similar a la ocasionada por un río, ya que también se produce una selección del tamaño de los clastos que transporta.

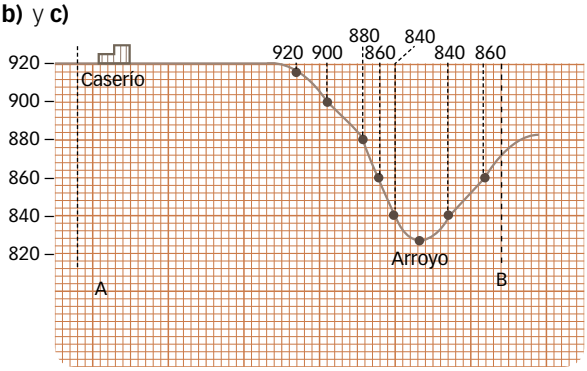
**41** Son desembocaduras en forma de embudo debidas al contraste mecánico entre corriente fluvial y corriente mareal (hacia tierra). En el Mediterráneo la fuerza de las mareas es mínima y las desembocaduras son de tipo delta, playa o mixtos.

**42** A: dunas eólicas en un desierto (viento); B: playa de cantos (mar); C: zona de marismas asociada a la desembocadura de un río; D: glaciar.

**43** Para poder prever una erupción y avisar a las poblaciones cercanas en riesgo.

**44** **a)** La equidistancia de las curvas es de 20 m. Las curvas que cortan el arroyo son de 840 y 820 m, fluyendo hacia el oeste.

**b)** y **c)**




**d)** No, no se puede.

**e)** En la suroeste, donde las curvas de nivel están más cercanas.

**f)** 4,5 cm x 20 000 / 100 = 900 m en línea recta.

**45** Con esas medidas se intenta prevenir la caída de piedras, incluso de bloques, de distintos tamaños.

R. M. Cada tipo de riesgo conlleva diferentes medidas preventivas. Frente a los riesgos de ladera, se utilizan también «cunetas de guarda» en la zona alta del talud, para evitar que el agua se infiltre y favorezca los desprendimientos o deslizamientos; el «gunitado» (capa compuesta por cemento recubriendo superficies), barreras estáticas (muros, etc.) o dinámicas (fuertes mallas con elementos que disipan la energía).

**46** R. M. Proteger una zona de la costa (por ejemplo, un puerto o una playa) de la erosión producida por el oleaje y las corrientes marinas. En un caso como el de la foto, es posible que la arena que transporta la corriente se deposite en la parte exterior del rompeolas o dique, formando una nueva playa. En ocasiones, la corriente, ya sin arena que depositar, erosiona la parte opuesta de la playa que se pretende defender, al romperse el equilibrio natural anterior a la intervención.

Pág. 101

**PARA PROFUNDIZAR**

**47** **a)** A la abrasión.

**b)** Erosión mecánica.

**48** Para la formación de un suelo, los procesos más importantes son la meteorización química y biológica. Sobre una roca, si hay solamente meteorización mecánica, por falta de agua (desiertos, zonas heladas) o de atmósfera (Luna, Mercurio), se formará un regolito.

**49** El horizonte A es una zona de lavado, y el B, de acumulación del material lavado. En un clima árido la situación se puede invertir y encontrarse el horizonte B encima del A debido al fenómeno de la capilaridad; en este caso se forma una costra superficial de cal porque el lavado (sobre todo carbonato de calcio) sube, formando los llamados caliches.

**50** R. G. Un detrito mixto, glaciar o de ladera, es transportado por una corriente, agua o aire, de forma que se seleccionan los clastos por tamaño y peso. Cuando dicho agente deja

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

de actuar, los sedimentos transportados se depositan. Los clastos del detrito tienen aristas agudas, que se redondean con el transporte (abrasión).

**51** La erosión por aguas salvajes que empiezan a excavar arroyos en laderas arcillosas de mucha pendiente, esculpiendo y entallando el terreno, dando origen a las cárcavas o *bad-lands*.

**52** El transporte es evidente en el lecho del río; las gravas son depósitos, pero temporales, y parece que la corriente está erosionándolas. En conclusión, hay sedimentación parcial e inestable, predominando la erosión y el transporte.

**53** Un glaciar. El glaciar puede transportar materiales sólidos de cualquier tamaño y no redondea las aristas. Cuando desaparece la masa de hielo, el bloque queda abandonado a grandes distancias.

**54** Estratificación cruzada en una arenisca.

**55** **a)** La autovía ha roto la pendiente de equilibrio del terreno, lo que ha provocado un efecto erosional (arroyamiento).

**b)** La edafización será difícil, pero no imposible.

**56** Mediante datos de caudal medidos a intervalos regulares o monitorizados continuamente con instrumentos apropiados. El periodo de tiempo en el que es más probable que ocurra un fenómeno se conoce como «tiempo o periodo de retorno».

Pág. 103

**CIENCIA EN TU VIDA**

**57** La suma de la altura del dique, de 5 m, y los 7 m de altura de cota de la urbanización sobre el nivel medio del agua son 12 m. Dado que durante la crecida en el periodo de retorno de 50 años el agua sube 4 m, y en el de 100 años sube 8, es suficiente en ambos casos.

**58** **a)** Para 5 m, aproximadamente 75 años. Para 6 m, 100 años.

**b)** Para un periodo de retorno de 500 años cabe esperar una crecida de 10 metros.

**c)** R. M. Es el tiempo que pasa, medianamente y estadísticamente hablando, entre dos eventos extremos (catastróficos, destructivos) sucesivos.

**59** R. M. Dichas temperaturas han subido cerca de un grado centígrado en un siglo, esencialmente por causa de la emisión masiva de gases de efecto invernadero ($CO_2$, metano y otros) debida a uso de combustibles fósiles, deforestación e incendios.

**60** R. M. Cuando el epicentro es submarino, en su proximidad se forma una ola muy larga (tsunami), de la que se mide la velocidad de propagación, de manera que se puede predecir la llegada a localidades costeras y avisar a la población (excepto las más cercanas, para las que no hay tiempo suficiente).

**61** R. M. Un periodo de retorno de 500 años implica un evento raro y, por eso, muy destructivo. No es un número exacto, sino orientativo y con un significado estadístico. En este sentido, un evento destructivo puede ocurrir en cualquier momento, aunque no se pueda prever exactamente cuándo.

**Introducción y recursos** . . . . . **219**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 220
- Previsión de dificultades . . . . . 221
- Esquema conceptual . . . . . 221
- Te recomendamos . . . . . 222

**Enseñanza individualizada** . . . . . **223**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 224
    - Ficha 1. Interpretación de un esquema científico . . . . . 224
    - Ficha 2. Clasificación de rocas sedimentarias mediante una clave dicotómica . . . . . 225
  - Trabaja con imágenes . . . . . 226
    - Ficha 3. Proceso de fosilización . . . . . 226
    - Ficha 4. Utilidad de los minerales y rocas sedimentarias . . . . . 227
  - Trabajos de aula . . . . . 228
    - Ficha 5. La fosilización . . . . . 228
    - Ficha 6. Tipos de fosilización . . . . . 229
    - Ficha 7. Textura de las rocas sedimentarias . . . . . 230
    - Ficha 8. El origen del petróleo . . . . . 231
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 232
    - Ficha 9. Cómo se forman los yacimientos de carbón . . . . . 232
    - Ficha 10. Cómo se forman los yacimientos de petróleo . . . . . 233

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **235**

- Autoevaluación . . . . . 237
- Evaluación de contenidos . . . . . 238
  - Controles . . . . . 238
    - Control B . . . . . 238
    - Control A . . . . . 240
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 242
- Evaluación por competencias . . . . . 246
  - Prueba . . . . . 246
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 248

**Solucionario** . . . . . **251**

# Introducción y recursos

# PETROGÉNESIS. DEL SEDIMENTO A LA ROCA

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

Los productos de la meteorización física (fragmentos de roca o detritos) y química (iones en solución) y los restos de seres vivos (materia orgánica), tras ser transportados por el agua, el viento o el hielo a lo largo de un tiempo y distancias variables, acaban acumulándose en las cuencas sedimentarias, zonas deprimidas de la corteza terrestre donde comienzan a sufrir una serie de transformaciones que acaban por convertirlos en rocas sedimentarias. Durante este proceso, denominado diagénesis o litificación, los sedimentos se ven sometidos a nuevas condiciones físico-químicas que provocan compactación, cementación, precipitación de iones y reacciones entre los minerales preexistentes. Dichos procesos son particularmente interesantes en lo que se refiere a la evolución de los restos de seres vivos, que, en condiciones favorables, pueden fosilizar (especialmente cuando se trata de partes duras, parcialmente mineralizadas); en otros casos, debido a fermentaciones y otras reacciones bacterianas, la materia orgánica se enriquece en carbono, dando origen a los combustibles fósiles.

En la unidad se aborda la clasificación de las rocas sedimentarias, sus minerales característicos, tipos de yacimientos minerales de origen sedimentario y principales aplicaciones industriales de las rocas sedimentarias.

Así mismo, se avanza en el conocimiento del mapa geológico con ejemplos y actividades de complejidad creciente al combinar las representaciones propias del mapa geológico con la topografía del terreno. Finalmente, los procesos superficiales de erosión y sedimentación se enlazan con los procesos profundos, poniendo de manifiesto que la subsidencia de las cuencas sedimentarias puede tener un origen isostático o tectónico.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Formación de rocas sedimentarias, la diagénesis.<br>• Proceso de fosilización.<br>• Principales minerales y usos de las rocas sedimentarias.<br>• Clasificación de las rocas sedimentarias.<br>• Relación entre los procesos externos e internos. |
| SABER HACER | • Interpretar un mapa geológico. La «regla de las uves».<br>• Realizar un corte geológico. |
| SABER SER | • Reconocer el interés de las rocas sedimentarias como fuente de información sobre la historia de la Tierra.<br>• Valorar los minerales y las rocas sedimentarias como recursos necesarios para el desarrollo de nuestra civilización.<br>• Disfrutar con el conocimiento de los fósiles y la interpretación del medio natural que los rodea. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

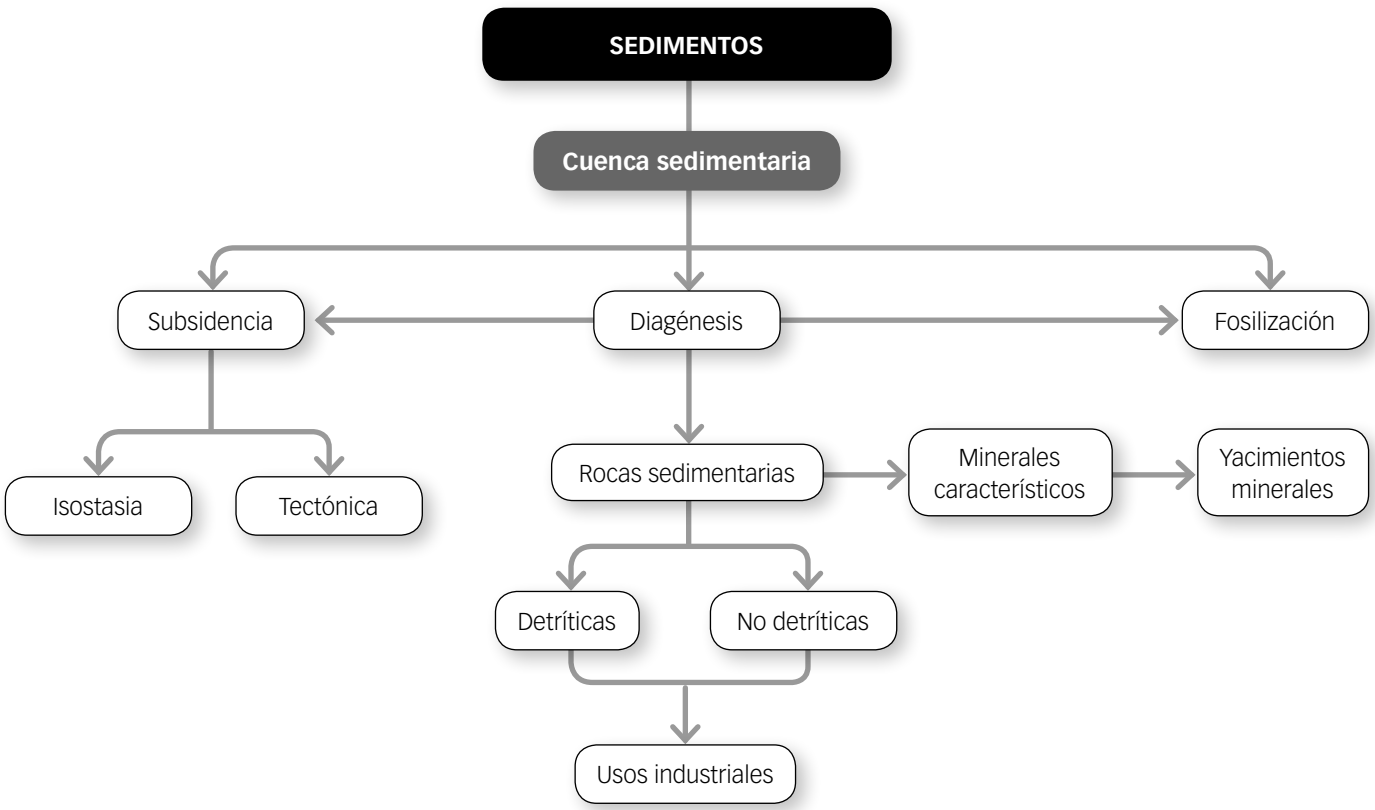
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Como en otras unidades, se emplea aquí un amplio vocabulario, que en algunos casos corresponde a conceptos nuevos como *diagénesis* o *fosilización*, que implican diferentes procesos dinámicos y graduales, controlados por distintas variables; por tanto, en función de estas, las fases que se exponen pueden darse, o no, en distinta medida. Así, en el caso de las rocas evaporíticas, o de las calizas recifales, no se produce la diagénesis tal y como se estudia convencionalmente, sino que la precipitación química, o bioquímica, da como resultado la roca.

La clasificación de las rocas sedimentarias se ha simplificado al máximo. Aun así, dicha clasificación se caracteriza por utilizar diferentes criterios, lo que significa un obstáculo para su comprensión y utilización por el alumnado. Por ejemplo, las rocas «detríticas» se clasifican en función del tamaño de los clastos, sin hacer mención de su composición químico-mineralógica, mientras que en las «no detríticas» se agrupan rocas con criterios diversos. Uno de ellos es su composición química, como ocurre con las rocas carbonatadas; otro es el mecanismo de formación, como sucede con las «evaporíticas» y el tercero es el de su naturaleza orgánica. En lo que se refiere a este último aspecto, los estudiantes suelen tener dificultades para distinguir entre rocas «organógenas», formadas por acumulación de partes duras mineralizadas (y, por tanto, inorgánicas) de organismos, y rocas «orgánicas», en las que el componente fundamental es la materia orgánica rica en carbono, hidrocarburos, etc. Sin embargo, lo que realmente presenta dificultades es el reconocimiento *de visu* de este grupo de rocas, especialmente las calizas. Por ello se recomienda disponer de un nutrido y variado número de muestras de mano, así como realizar un reconocimiento de las rocas ornamentales de la ciudad. Estas son especialmente didácticas, sobre todo las numerosas calizas (mal denominadas «mármoles» comercialmente), por lo general con interesante contenido fósil, cuyo descubrimiento e identificación resulta motivador para los estudiantes, pues son las más idóneas para adentrarse en los métodos de interpretación geológica (identificación y descripción de fósiles, interpretación de los ambientes de formación en que se generaron, época, principios del actualismo y de la sucesión de acontecimientos, etc.).

En lo que concierne a la progresión de aprendizajes en el uso e interpretación de mapas geológicos, la introducción de la topografía es un factor que complica el aprendizaje, especialmente para aquellos estudiantes con menor capacidad de trabajo en tres dimensiones. Sin embargo, los trabajos de aula introducidos en unidades anteriores favorecerán el avance para resolver actividades más complejas.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Atlas de petrología sedimentaria**
Web del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), a través de la cual se accede a un atlas fotográfico digital con detallada información de los distintos tipos de rocas sedimentarias y de las técnicas para su estudio.
Palabras clave: *atlas petrología sedimentaria.*

**Colección de rocas de la Escuela Politécnica Superior de Ávila**
Departamento de Geología Universidad de Salamanca
Se puede ver la colección de rocas del Dpto. de Geología. Incluye guiones de reconocimiento y ejercicios.
Palabras clave: *colección de rocas sedimentarias.*

**Rocas carbonatadas**
PDF en castellano que explica y describe este complejo grupo de rocas a la luz del microscopio petrográfico. Las fotografías están, en su mayoría, tomadas del *Atlas of Sedimentary Rocks under the microscope* de Adams *et ál*. (Longman, 1984).
Palabras clave: *descripción microscópica rocas carbonatadas.*

**Rocas y minerales industriales de España**
Contiene datos y estadísticas sobre la producción española de rocas y minerales.
Palabras clave*: minerales rocas industriales España.*

**Guía de rocas**
Presentación digital realizada por estudiantes de 1.º de Bachillerato que se compone de 64 diapositivas sobre la clasificación de los distintos grupos de rocas, con imágenes del yacimiento, de la muestra de mano y su correspondiente lámina delgada.
Palabras clave: *guía de rocas, slideshare.*

**Conflictos bélicos por minerales**
Blog del IES Pablo Gargallo de Zaragoza realizado por estudiantes de 2.º curso de Bachillerato, en el que se abordan distintos conflictos bélicos en diferentes partes del mundo, estrechamente ligados a la lucha por materias primas y minerales estratégicos, como coltán, bauxitas, petróleo, diamantes o uranio, entre otros.
Palabras clave: *guerras por minerales IES Pablo Gargallo.*

**Mineria responsable**
La empresa Caterpillar Inc. subvenciona la elaboración de programas educativos adaptados a diferentes etapas de currículo, en torno a los contenidos de la minería y su desarrollo sostenible. Presenta documentales que pueden visionarse *on-line* y propone interesantes actividades prácticas que se pueden desarrollar en un periodo de clase.
Palabras clave: *planes de estudio caterpillar para 15-18 años.*

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**Petrologic** (Android). Contiene la descripción de 36 tipos de rocas ígneas, 29 metamórficas y 24 sedimentarias. Cada roca se acompaña de 4 fotografías (yacimiento de campo, muestra de mano y microscopio) y una descripción de la mineralogía, texturas, etc.

**Engineering Petrology** (Android). Abarca 86 temas de ingeniería geológica.

## LIBROS Y REVISTAS

***Geología***
**Leonor Carrillo, Luis G.ª-Amorena y Josep Gisbert.**
ECIR, 2002.
Libro de texto orientado a 2.º de Bachillerato, primer curso de facultad y profesorado en formación. El capítulo de las rocas sedimentarias desarrolla contenidos y fotografías sobre sedimentos, texturas y estructuras de las rocas sedimentarias. Contiene dos temas sobre la Geología de España, con explicaciones sobre la génesis de rocas sedimentarias en las cuencas terciarias.

***Sedimentographica. A photographic atlas of sedimentary structures***
**Franco Ricci Lucchi**. Columbia University Press, 1995.
Obra básica de consulta sobre estructuras sedimentarias en el campo. Ilustra y explica más de 180 estructuras, organizadas sistemáticamente y acompañadas de dibujos explicativos sobre su formación.

***Atlas of Sedimentary Rocks under the microscope***
**A. E. Adams, W. S. Mackenzie and C. Guilford**.
Longman, 1984.
Manual clásico sobre texturas de las rocas sedimentarias, especialmente de calizas, en las que podemos apreciar la importancia de los seres vivos en su formación.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***El misterio de los cristales gigantes.*** Madrid Scientific Films y Triana Sci&Tech, 2010.
Documental de divulgación ameno y riguroso basado en la investigación científica de cristales gigantes de yeso en diversas minas de España y México. Puede visionarse gratuitamente entrando en la página de Triana Sci & Tech, que también contiene una guía con sugerencias didácticas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

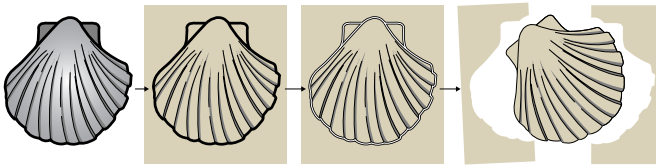
*Prácticas*

*Profundización*

# Orientaciones para un examen

## Interpretación de un esquema científico

Interpreta de forma pormenorizada el proceso de fosilización que se muestra en el dibujo.



Debes recordar lo estudiado sobre la fosilización y darte cuenta de que un ser vivo puede fosilizar de muchas maneras.

Para empezar a resolver la pregunta debes entender los dibujos del esquema. Has de saber de qué ser vivo se trata, cómo está situado en la roca sedimentaria, qué significan los distintos colores o tramas empleados, qué significado tienen las flechas, etc.

**a)** La forma acorazonada indica que se trata de un molusco bivalvo cortado transversalmente. Podrías trazar un eje de simetría que separaría la valva izquierda de la derecha.

**b)** La posición del fósil es normal, es decir, la mayoría de los bivalvos son endobentónicos (viven enterrados en el sedimento) y se sitúan con la charnela aproximadamente orientada hacia arriba. Esto puede indicar que el animal murió en el mismo lugar que utilizaba para vivir.

**c)** En el esquema se distinguen tres colores o tramas. El blanco debe significar un hueco vacío, porque el interior de la concha original es de este color. El negro representa la concha del bivalvo. Por último, el gris es el sedimento o la roca donde se encuentra.

**d)** Las flechas tienen un significado claro: representan la sucesión de acontecimientos desde el animal vivo hasta la transformación en fósil.

Una vez que has identificado todas estas partes, estás en condiciones de abordar la explicación del proceso. Puedes describir lo sucedido en cada uno de los dibujos del esquema. Puedes hacerlo en cuatro párrafos, bien delimitados con puntos y aparte, para que queden claras las cuatro partes del esquema.

**1.** Una vez muerto el bivalvo sus partes blandas se descomponen y desaparecen. Aunque en el dibujo la concha original no esté incluida en sedimento, debemos considerar que sí está rodeada por él, ya que es un animal marino endobentónico. Este proceso crea gases y sustancias que entreabren las valvas.

**2.** Por la abertura de las valvas pasa sedimento al interior de la concha y rellena el hueco que ocupaban las partes blandas del molusco. La concha (color negro) está presente, pero envuelta y rellena del mismo tipo de sedimento (color gris). Sin embargo, esto no significa que la concha no sufra cambios; lo más habitual es que el carbonato de calcio en forma de aragonito de origen orgánico sea reemplazado paulatinamente por calcita inorgánica.

**3.** Más adelante, en el tercer dibujo del esquema, se ve la misma imagen, pero el lugar que ocupaba la concha está vacío y se indica con el color blanco. La concha de calcita se ha disuelto por los cambios de presión, temperatura o procesos químicos de la diagénesis.

**4.** Por último, en el cuarto dibujo se extrae el fósil por rotura de la roca que lo contiene. Del bivalvo inicial no queda ningún vestigio, las partes blandas se descompusieron y la concha, tras un cambio mineralógico, se ha disuelto. Solo quedan los moldes externos de las valvas con sus decoraciones y un molde interno con las marcas de los músculos, línea paleal y marcas de la charnela.

### PRACTICA

**1** Realiza un esquema para ilustrar el proceso de diagénesis. Rotula las partes del esquema y los procesos incluidos en él.

**2** Haz un dibujo esquemático de la formación de un fósil en el que se conserva la concha y su interior se ha rellenado de un mineral distinto al sedimento.

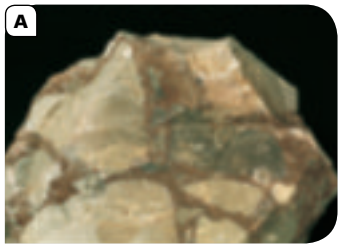
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Clasificación de rocas sedimentarias mediante una clave dicotómica

Observa las siguientes imágenes de rocas sedimentarias con detenimiento.

a) Realiza una descripción de los componentes (clastos, fósiles, etc.) que observas en dichas rocas y deduce a qué grupo pertenecen.

b) Emite una hipótesis sobre el medio sedimentario en que se ha formado cada una de ellas.



Caracteres útiles para clasificar rocas sedimentarias:

– Color: puede variar. Las areniscas y conglomerados están formados por clastos de cualquier color, mientras que las calizas varían desde blancas y beiges a rojas (óxidos de hierro) o negras (materia orgánica).

– Tamaño de «grano»: clave para clasificar rocas detríticas.

– Contenido fósil: las rocas detríticas no suelen contener fósiles visibles; sin embargo, calizas y margas, formadas en medios sedimentarios más tranquilos, engloban dichos organismos.

A simple vista, en la roca A se observan clastos mayores de 2 mm. Esto caracteriza a los conglomerados, que por la redondez de sus clastos se clasifican en: pudingas (redondeados) y brechas (angulosos) como los de la imagen. Estas indican un transporte relativamente corto, porque los clastos no han tenido tiempo de redondearse, y no hay una buena selección textural (por tamaño) del sedimento. Posible ambiente torrencial, fluvial o de ladera.

La roca B muestra abundantes fósiles de planorbis, gasterópodo de agua dulce (era cenozoica). Se trata de una caliza fosilífera constituida por único mineral (calcita), por lo que no es muy dura (se raya con moneda) y reacciona con el HCl diluido.

**Clave dicotómica**

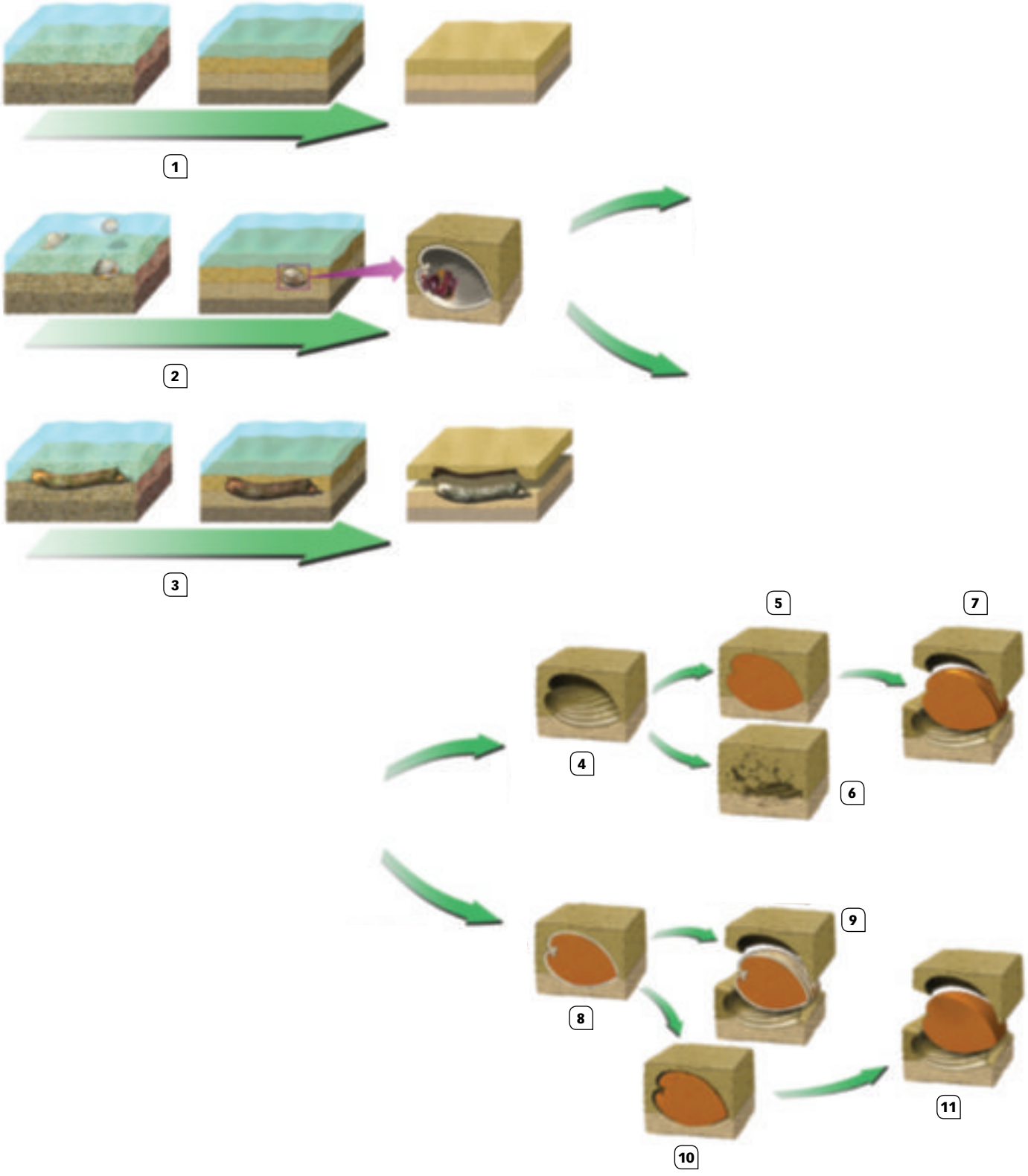
| | | |
|---|---|---|
| 1. | Rocas constituidas por granos visibles | 2 |
| | Rocas sin granos claramente diferenciados | 5 |
| 2. | Tamaño de los granos inferiores a 2 mm | 3 |
| | Tamaño de los granos superiores a 2 mm | 4 |
| 3. | Granos muy pequeños (de 1 a 1/16 mm) que forman barro con el agua | ARCILLITA/LIMOLITA |
| | Granos entre 2 y 1/16 mm que rayan al vidrio | ARENISCAS |
| 4. | Granos angulosos | BRECHAS |
| | Granos redondeados | PUDINGAS |
| 5. | Rocas que burbujean con HCl diluido y se rayan con la moneda | |
| | a) En frío | CALIZAS |
| | b) En caliente | DOLOMÍAS |
| | Rocas que no burbujean con HCl diluido | 6 |
| 6. | Rocas de color pardo oscuro o negro, se rayan con la navaja, combustibles | CARBONES |
| | Rocas de colores claros, suelen rayarse con la uña, no combustibles, sabor salado | EVAPORITAS |

## PRACTICA

**1** Sabiendo que los elementos blancos alargados son Nummulites (organismos planctónicos marinos unicelulares) y con ayuda de la clave dicotónica, describe y clasifica la roca adjunta, explicando su origen y los posibles factores que han intervenido en su génesis.

# Trabaja con imágenes

## Proceso de fosilización




ACTIVIDADES

**1** Indica los nombres correspondientes a cada número.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Utilidad de los minerales y rocas sedimentarias

Alabastro translúcido.

Hormigón.

Central térmica.

Alfarería.

Vidrio.

Cemento.

Latas de refresco.

Escayola.

Salina.

## ACTIVIDADES

**1** Ayudándote de las TIC, indica el tipo de material (mineral o roca sedimentaria) que se utiliza en la fabricación de los objetos, sustancias o factorías de las imágenes, de dónde se obtiene y posibles problemas ambientales derivados de su explotación o uso.

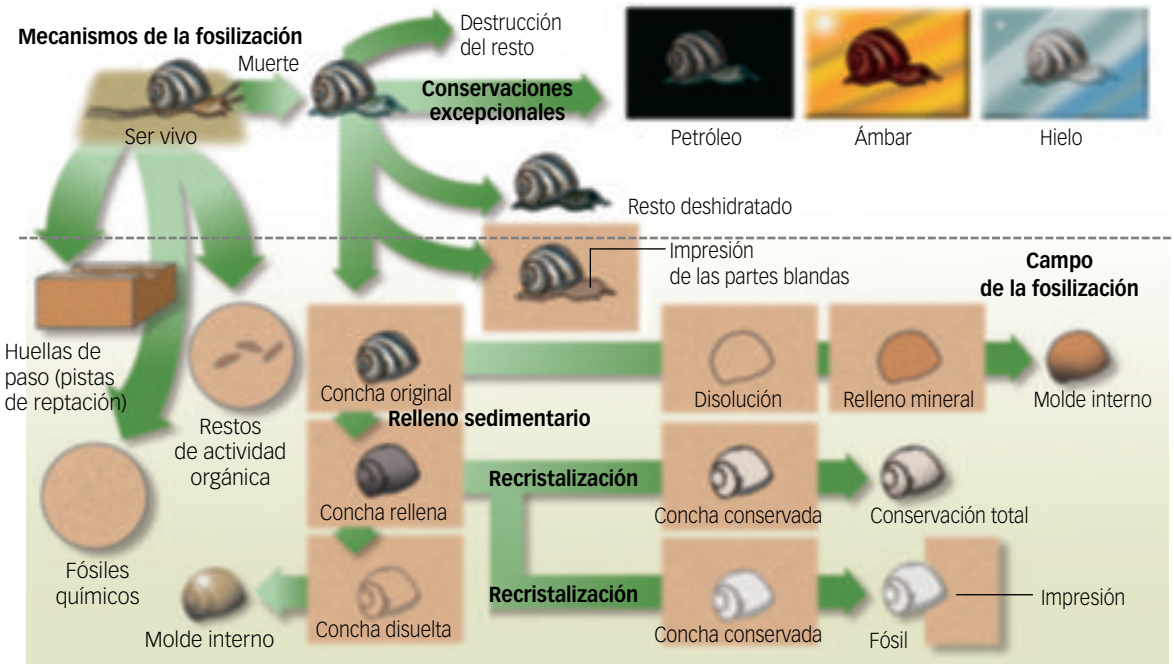
# La fosilización

Lo que distingue a un **fósil** del resto de seres vivos que coexistieron con él es que una parte de la materia que lo componía –o de los indicios de su actividad biológica– han sufrido un proceso físico-químico de fosilización. La **fosilización** es el conjunto de procesos que permiten que un resto orgánico se transforme en un resto fosilizado. La fosilización se ve favorecida por distintos factores:

- Un enterramiento rápido de las impresiones o restos orgánicos, que reduce la acción de los agentes físicos, químicos o biológicos que pueden destruirlos.
- La existencia de partes duras o esqueléticas, puesto que facilitan su conservación. Aunque la preservación de partes blandas de los organismos no es común, a veces se dan las circunstancias necesarias para su conservación excepcional (sedimentos de textura muy fina, conservación en ámbar, etc.).
- Un ambiente de sedimentación adecuado para la conservación. Condiciones físicas y químicas favorables para la mineralización de los restos orgánicos en ambientes acuáticos marinos o lacustres.

Los mecanismos de fosilización actúan sobre los restos ya parcialmente mineralizados. Los más comunes son:

- **Conservación** de la materia mineral original de un resto, sin cambios mineralógicos significativos.
- **Sustitución** de la especie mineral original por otra, por la circulación de fluidos durante la diagénesis. Suelen perderse las estructuras orgánicas primarias. La silicificación, la piritización y la fosfatación son mecanismos de sustitución habituales en los fósiles.
- **Reemplazamiento** molécula a molécula de la estructura mineral original por otra nueva, más estable en las nuevas condiciones. Los cambios pueden afectar a la composición química y/o a la estructura cristalina.
- **Incrustación**, que se da cuando la precipitación química o bioquímica de un mineral –normalmente calcita– se produce sobre la superficie del resto. Solo se conserva la morfología externa o sus impresiones.
- **Impregnación**, al precipitar minerales de neoformación en los poros de las partes esqueléticas del resto. El proceso refuerza estructuras inicialmente frágiles.
- **Disolución** de los restos iniciales y relleno posterior por otra especie mineral de las cavidades creadas en el interior del sedimento.




## ACTIVIDADES

**1** Dibuja tres o más viñetas que ilustren paso a paso el proceso de fosilización de un pez en un medio marino tranquilo, de plataforma continental, donde precipita carbonato de calcio, e indica cuáles de los mecanismos de fosilización citados en el texto han sido determinantes para obtener este fósil.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Tipos de fosilización

a

Braquiópodo en pirita.

b

Insecto en ámbar.

c

Icnita (huella) de dinosaurio.

d

Pez en caliza.

e

Goniatites (cefalópodo) en caliza.

f

Helecho en pizarra.

g

Anmonites (cefalópodo) en caliza.

## ACTIVIDADES

**1** Ayudándote de la información contenida en tu libro de texto y en la Ficha n.º 5, interpreta el proceso de fosilización que ha dado lugar a cada uno de los ejemplares adjuntos.

**2** Compara los cefalópodos de las figuras e y g y emite una hipótesis que explique las causas de la diferencia de fosilización de sus cámaras internas.

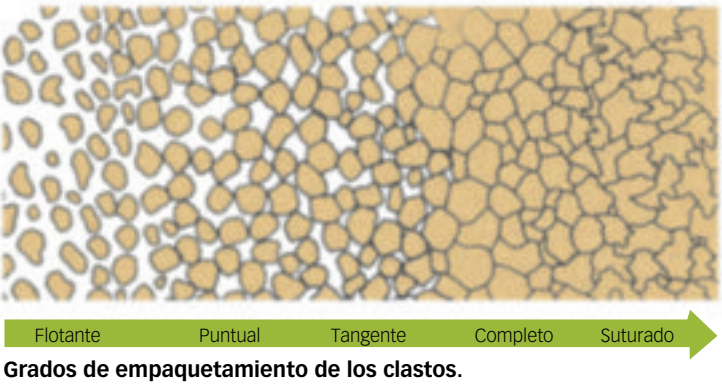
# Textura de las rocas sedimentarias

- El tamaño del grano es la medida absoluta de sus dimensiones. Es un rasgo importante por aportar información sobre la distancia entre el área fuente y el área de depósito. Según el diámetro de sus granos, los sedimentos detríticos se dividen en fangos (granos menores de 62 μ), arenas (entre 62 μ y 2 mm) y gravas (mayores de 2 mm).
- La **distribución de tamaños** o ***sorting*** es el grado de clasificación que presentan sus componentes detríticos. La homogeneidad o heterogeneidad de tamaños de las partículas de un sedimento o roca reflejan claramente las condiciones de transporte y sedimentación que ha sufrido. En general, los sedimentos bien clasificados indican largas distancias de transporte y una intensa selección causada por el viento o el agua.

**Distribución de tamaños o *sorting* de componentes detríticos en rocas sedimentarias.** La flecha indica el incremento en la clasificación de los granos.

- La **morfología** de los clastos es la forma que presentan los granos. Normalmente se determina el grado de redondez o angulosidad de las partículas por comparación con las formas de elevada esfericidad o baja esfericidad.

**Clasificación de los clastos según su morfología.**




**Grados de empaquetamiento de los clastos.**

- El **grado de empaquetamiento** depende de las relaciones entre las partículas de una roca. El espacio intergranular que queda entre los granos de mayor tamaño de un sedimento puede estar ocupado por material detrítico más fino (la **matriz**) y por **cemento**. Después de la diagénesis, los espacios intergranulares pueden quedar reducidos o incluso desaparecer a causa de la fusión entre granos inducida por mecanismos de presión-disolución.

Suelen distinguirse cinco grados de empaquetamiento con un espacio intergranular progresivamente menor: los granos flotantes, los contactos puntuales, los contactos tangentes, los contactos completos y los contactos suturados.

## ACTIVIDADES

**1** Observa la figura que muestra el grado de empaquetamiento de los clastos en una roca sedimentaria y deduce si existe algún tipo de relación entre el espacio intergranular y la profundidad de enterramiento de la roca.

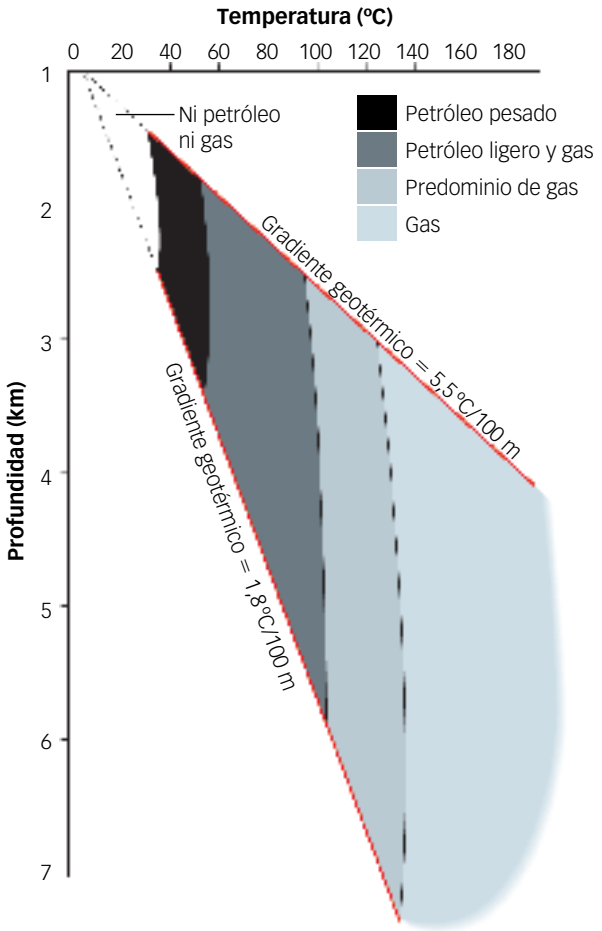
**2** Deduce cuál de los dos extremos en el grado de empaquetamiento, flotante o saturado, es más favorable para las siguientes aplicaciones: a) Roca de construcción (sillar); b) Almacén de fluidos subterráneos (agua o petróleo). Justifica tu respuesta.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# El origen del petróleo

Los **petróleos** son mezclas de hidrocarburos en estado líquido a temperatura ambiente (20 ºC) y gases en disolución. Aunque se incluyen en el grupo de las rocas sedimentarias, son las únicas que no presentan un estado sólido. Por esta razón no suelen disponerse como simples estratos de una serie sedimentaria. Desde su lugar de depósito inicial suelen migrar hasta ocupar los espacios vacíos existentes entre otros conjuntos rocosos, que reciben el nombre de reservorios o rocas almacén.

El petróleo (del latín, *petra*: piedra, y *oleum*: aceite) es una mezcla muy compleja de constituyentes orgánicos que le otorgan una gran diversidad de composiciones. El origen del petróleo hay que buscarlo en la acumulación de restos orgánicos, en su mayor parte planctónicos, depositados en ambientes marinos poco profundos. En sedimentos actuales, estos materiales se conocen como **sapropeles** o **fangos sapropélicos**. Su evolución depende de lentas y sucesivas transformaciones químicas, bajo determinadas condiciones de temperatura y presión. Las fracciones gaseosas se consideran **gas natural**, las líquidas reciben el nombre de **petróleos en bruto** o **crudos**, y las mas densas o de elevada viscosidad se denominan **betunes** o **asfaltos**.




**Formación de petróleo pesado, líquido y gas natural.** A temperaturas próximas a 50 ºC se inicia la formación de petróleo líquido, mientras que a temperaturas superiores a 100 ºC comienza la de gas natural.

## ACTIVIDADES

**1** En los yacimientos de petróleo suelen encontrarse petróleo, gas natural y agua formando niveles separados. ¿En qué orden, de abajo a arriba, aparecen? ¿Por qué?

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Cómo se forman los yacimientos de carbón

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación acerca del origen del carbón: medio ambiente, procesos de deposición y cambios físico-químicos durante el enterramiento y la diagénesis, lo que se concentra y lo que se pierde, tipos de carbón y su contenido energético.

**Otras investigaciones sugeridas.** Minería del carbón en España y en el mundo. ¿Qué nos cuenta el carbón sobre los climas del pasado? Condiciones geológicas necesarias para la formación de carbón (subsidencia etc.). ¿Hay carbones de todas las edades o solamente del periodo carbonífero (era paleozoica)? ¿Componentes «minerales» del carbón? ¿Por qué hay azufre asociado al carbón? Usos del carbón como combustible y problemas ambientales derivados.

**Fuentes de la investigación**

- Tecnun, Universidad de Navarra. Palabras clave: *carbon tecnun*.
- Cerrejón, minería responsable. Palabras clave: *cerrejón proceso del carbón, minería responsable.*

**Realización.** Equipos de 3-5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 2 sesiones.

**Presentación.** Pósteres o presentación de diapositivas digitales.

### TEN EN CUENTA QUE

**Carbón, deriva continental y tectónica de placas**

Nivel negro de turba

Actualmente el carbón se forma en ambientes fluviales (llanuras de inundación de ríos), lacustres, pantanosos y deltaicos. Sin embargo, los grandes yacimientos de hulla se formaron en extensas selvas del periodo carbonífero (era primaria). Wegener (1915) intuyó que se habrían formado en una única franja húmeda subtropical que abrazaba los dos grandes supercontinentes de Eurasia al norte y Gondwana al sur, separados por un océano ecuatorial (Tethis), y que su presente distribución a nivel mundial constituía una prueba más de su teoría de la deriva continental. Hoy sabemos que durante el Carbonífero, los continentes se fueron acercando hasta formar el supercontinente Pangea, y que los yacimientos de carbón pertenecen a una «zona climática fósil» en la que anchos deltas y pantanos costeros subsidentes (debido a la tectónica de los choques) permitieron el depósito de grandes espesores de carbón.

### LO QUE DEBES SABER

- **Carbonización:** proceso químico por el que las plantas terrestres que contienen celulosa y lignina van perdiendo H, O y N y enriqueciéndose en C. Se expresa según la reacción:

$$\underset{\text{celulosa, lignina}}{(C_6H_{12}O_5)_{2n}} \rightarrow 5n\ CO_2 + \underset{\text{gas de los pantanos}}{5n\ CH_4} + 2n\ C$$

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Cómo se forman los yacimientos de petróleo

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación sobre la geología del petróleo: medios sedimentarios en que se forma, rocas y estructuras para su origen y almacenamiento subterráneo (yacimientos).

**Otras investigaciones sugeridas.** ¿Cuáles son las mayores zonas petrolìferas del mundo y en España? ¿En qué punto estamos en la extracción de petróleo a nivel mundial? ¿Se puede saber de forma fehaciente (no manipulada por las compañías petroleras) cuánto tiempo puede durar el petróleo al ritmo de consumo actual? ¿Has oído hablar del *peak oil*? ¿Qué dice esta teoria? ¿Tiene todavía validez? Usos del petróleo y sus derivados, problemas ambientales que generan. *Fracking*: pros y contras.

**Fuentes de la investigación**

- Geología del petróleo. Palabras clave: *presentacion geologia del petróleo*.
- Biblioteca digital ILCE, Instituto latinoamericano de la Comunicación Educativa. Palabras clave: *historia del petróleo, separación del petróleo en sus fracciones, petroquimica*.

**Realización.** Equipos de 3-5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 2 sesiones.

**Presentación.** Pósteres, presentación con diapositivas digitales, debate con participación del grupo clase sobre los aspectos controvertidos.

### TEN EN CUENTA QUE

**Antecedentes históricos**

Aunque se conocía y usaba desde la Prehistoria, hasta mediados del siglo XVIII sus aplicaciones eran escasas. En 1895, con la aparición de los primeros automóviles, comenzó a necesitarse la gasolina y, a partir de 1910, el gasóleo, que era un producto de desecho de las refinerías. Barcos y aviones utilizan otros derivados del petróleo.

Debido a su importancia en la industria manufacturera y del transporte, las fluctuaciones del precio del petróleo pueden ser responsables de grandes variaciones en la economía, a nivel local y global, e incluso causa de conflictos bélicos.

### LO QUE DEBES SABER

- **Alquitrán y asfalto naturales:** hidrocarburos sólidos escapados de un yacimiento y oxidados al contacto con agua o aire.
- **Sapropel:** mezcla compleja de hidrocarburos en cuencas sedimentarias que acabará formando el petróleo.
- **Roca madre del petróleo:** en cuencas marinas con una elevada tasa de sedimentación, los restos de seres vivos se mezclan con roca, arcillas y limos (roca madre) y son rápidamente enterrados en condiciones anaerobias.
- **Roca almacén:** rocas porosas y permeables (arenas, calizas) que permiten la absorción y expulsión de los fluidos.
- **Roca sello:** barrera impermeable que impide que el hidrocarburo se escape.
- **Trampa:** estructuras geológicas de diferente naturaleza (anticlinales, fallas, etc.) donde el petróleo queda atrapado.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 6 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿La formación del petróleo es parte de la petrogénesis?

- ☐ **a.** Sí, el nombre mismo lo define como «aceite de roca».
- ☐ **b.** No, porque no es una roca, si no un fluido.
- ☐ **c.** No, pero es una forma de diagénesis de la materia orgánica.
- ☐ **d.** Depende de las definiciones de *petrogénesis*, *litificación* y *diagénesis*.

**2** ¿Cuáles son los sedimentos o materiales que pueden compactarse más entre los siguientes?

- ☐ **a.** Arena.
- ☐ **b.** Turba (materia orgánica).
- ☐ **c.** Caliza coralina.
- ☐ **d.** Arcilla.

**3** Las dolomías son:

- ☐ **a.** Minerales de Ca y Mg.
- ☐ **b.** Rocas carbonatadas.
- ☐ **c.** Montañas.
- ☐ **d.** Rocas evaporíticas.

**4** El aluminio, que tiene muchísimas aplicaciones industriales, forma yacimientos en:

- ☐ **a.** Rocas magmáticas.
- ☐ **b.** Sedimentos clásticos.
- ☐ **c.** Suelos actuales.
- ☐ **d.** Suelos tropicales (antiguos).

**5** ¿Cuál de los siguientes materiales orgánicos no se utiliza como combustible?

- ☐ **a.** Carbón.
- ☐ **b.** Hidrocarburos sólidos (asfaltos, alquitrán).
- ☐ **c.** Petróleo.
- ☐ **d.** Gas natural.

**6** ¿Qué tipo de subsidencia domina en los deltas?

- ☐ **a.** Térmica.
- ☐ **b.** Isostática (litostática).
- ☐ **c.** Tectónica.
- ☐ **d.** Debida a compactación.

**7** ¿Cuál de las siguientes rocas se puede definir como «orgánica»?

- ☐ **a.** Arcilla con restos vegetales.
- ☐ **b.** Lignito.
- ☐ **c.** Silexita.
- ☐ **d.** Caliza fosilífera.

**8** ¿Cuál de los siguientes procesos no es compatible con la formación o conservación de fósiles?

- ☐ **a.** Diagénesis.
- ☐ **b.** Mineralización.
- ☐ **c.** Metamorfismo.
- ☐ **d.** Sedimentación.

**9** ¿Cuál de las siguientes sales naturales es más importante para la alimentación humana?

- ☐ **a.** Anhidrita, $CaSO_4$.
- ☐ **b.** Halita, NaCl.
- ☐ **c.** Silvina, KCl.
- ☐ **d.** Carnallita, $KMgCl_3 \cdot 6(H_2O)$.

**10** ¿Qué agente geológico puede transportar arena o cantos hasta el mar profundo?

- ☐ **a.** Corrientes fluviales que prosiguen en el mar.
- ☐ **b.** Mareas.
- ☐ **c.** Olas de tempestad.
- ☐ **d.** Procesos gravitatorios.

SOLUCIONES

**1** d, **2** b, **3** b, **4** d, **5** b, **6** d, **7** b, **8** c, **9** b, **10** d

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Define *diagénesis*, explica en qué consisten los procesos de compactación y cementación y cuáles son sus consecuencias.

**2** ¿Qué es la fosilización? ¿Cómo se forma el xilópalo o madera fósil durante el proceso de fosilización?

**3** ¿Cuál es la principal diferencia entre rocas detríticas y no detríticas? Indica un ejemplo de cada caso.

**4** Realiza una tabla clasificando los siguientes tipos de rocas sedimentarias, indicando las características que definen a cada grupo: limo, caliza, yeso, lignito, pudinga, arcilla, arenisca y petróleo.

**5** De las rocas de la pregunta anterior indica cuáles tienen interés para los siguientes usos:

a) Construcción.

b) Combustible.

**6** Especifica en cada caso si se trata de una roca sedimentaria o de un mineral petrogenético e indica su principal interés industrial.

a) Cuarzo.

b) Calcita.

c) Carbón.

d) Dolomía.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**7** Define los siguientes tipos de yacimientos minerales e indica los minerales que con más frecuencia se encuentran en ellos. ¿Podrías citar al menos una aplicación de uno de ellos?

a) Placer.

b) Yacimientos de alteración.

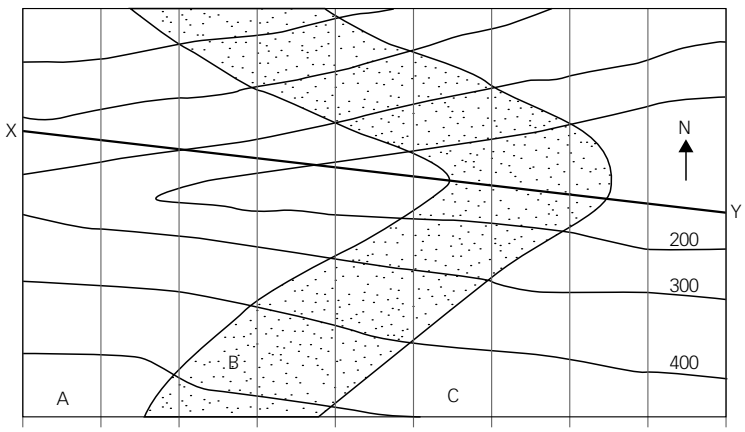
**8** ¿Qué es la subsidencia y qué efectos explica?

**9** ¿En qué tipo de ambiente sedimentario pueden haberse formado y qué tipo de estructuras sedimentarías de las estudiadas esperarías encontrar en las siguientes rocas?

a) Brecha.

b) Halita.

**10** Aplica la «regla de las uves» a los límites geológicos o estratigráficos de la figura y muestra la posición de los estratos según el perfil topográfico en la dirección X-Y.



# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Define *diagénesis* y explica las consecuencias de las reacciones que tienen lugar entre los minerales de las rocas sedimentarias. ¿Cómo se podría distinguir la diagénesis de un metamorfismo de grado bajo o muy bajo?

**2** ¿En qué consisten los procesos de disolución y formación de moldes que suceden durante la fosilización? Señala un ejemplo de reordenación de la estructura molecular que pueda tener lugar durante este proceso.

**3** ¿Qué criterios utiliza tu libro para la clasificación de las rocas no detríticas? Indica un ejemplo de cada grupo.

**4** Realiza una tabla con la clasificación de las rocas detríticas.

**5** Del conjunto de minerales y rocas estudiadas en el tema, indica cuáles tienen interés para los siguientes usos.

a) Industria alimentaria.

b) Fabricación de cemento.

**6** Especifica si se trata de una roca sedimentaria o de un mineral petrogenético e indica su principal interés industrial en cada caso.

a) Yeso.

b) Lignito.

c) Caolinita.

d) Cuarzo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**7** Los carbonatos constituyen un grupo de minerales petrogenéticos de las rocas sedimentarias, si bien no son exclusivos de estas. Explica el origen de los carbonatos sedimentarios.

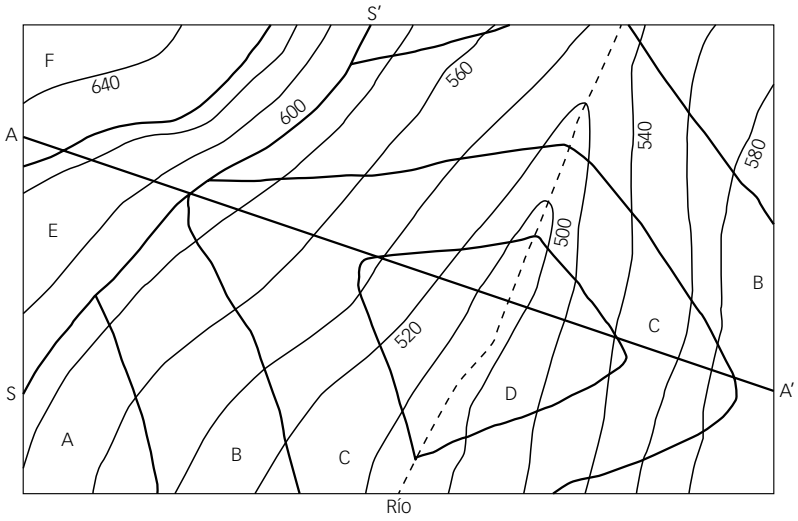
**8** ¿En qué tipo de ambiente sedimentario pueden haberse formado las siguientes rocas y qué tipo de estructuras sedimentarías de las estudiadas esperarías encontrar en ellas?

a) Silvina.

b) Areniscas.

**9** Explica las posibles relaciones entre subsidencia e isostasia.

**10** Haz un corte a lo largo de la línea A-A' y determina la estructura, sabiendo que la unidad D, en el núcleo es la más antigua. Determina también qué tipo de superficie está indicada por la línea S-S' (nota el paralelismo entre los límites geológicos de E y F y las isocotas). ¿Se podría reconocer la estructura aun ignorando el orden de edad de las unidades?



# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B7-7.** Seleccionar e identificar los minerales y los tipos de rocas más frecuentes, especialmente aquellos utilizados en edificios, monumentos y otras aplicaciones de interés social o industrial. | **B7-7.1.** Identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados minerales y rocas. | 5, 6 y 7 | 5 y 6 |
| **B8-8.** Relacionar estructuras sedimentarias y ambientes sedimentarios. | **B8-8.1.** Detalla y discrimina las diferentes fases del proceso de formación de una roca sedimentaria. | 1, 2, 8 y 9 | 1, 2, 7, 8 y 9 |
| **B8-9.** Explicar la diagénesis y sus fases. | **B8-9.1.** Describe las fases de la diagénesis. | 1, 2 y 8 | 1 y 2 |
| **B8-10.** Clasificar las rocas sedimentarias aplicando sus distintos orígenes como criterio. | **B8-10.1.** Ordena y clasifica las rocas sedimentarias más frecuentes de la corteza terrestre según su origen. | 3 y 4 | 3, 4 y 7 |
| **B9-1.** Deducir a partir de mapas topográficos y cortes geológicos de una zona determinada, la existencia de estructuras geológicas y su relación con el relieve. | **B9-1.1.** Interpreta y realiza mapas topográficos y cortes geológicos sencillos. | 10 | 10 |
| **B9-3.** Interpretar el proceso de fosilización y los cambios que se producen. | **B9-3.1.** Categoriza los principales fósiles guía, valorando su importancia para el establecimiento de la historia geológica de la Tierra. | 2 | 2 |

## Control B

**1** La diagénesis es la formación de rocas sedimentarias a partir de sedimentos. La compactación se produce como consecuencia de la presión ejercida por la acumulación de sedimentos; produce una reducción del volumen de los poros del sedimento y la expulsión del agua contenida en ellos. Implica: pérdida de porosidad y aumento en la densidad de los materiales.

La cementación se produce porque la circulación de agua entre los poros provoca la precipitación de los iones disueltos en ella. Estos precipitados rellenan los poros y provocan la cementación de la roca. Implica la consolidación de fragmentos y la fosilización de restos orgánicos.

**2** La fosilización es la mineralización de restos orgánicos que estaban englobados en el sedimento, que pasan a formar parte de las rocas.

La mineralización de estructuras blandas, como la madera o los tejidos blandos animales, en los que hay una sustitución del material original por minerales, puede originar la formación del xilópalo o madera fósil.

**3** Las rocas detríticas están formadas por la acumulación de clastos y se clasifican según el tamaño de estos en conglomerados (brechas y pudingas), areniscas, limos y arcillas.

Las rocas no detríticas son el resultado de la acumulación de precipitados químicos y materia orgánica. Ejemplos de precipitados químicos son las rocas carbonatadas: calizas, dolomías y margas (estas con una fracción detrítica) y las evaporíticas como yeso y sales (halita y silvina). Ejemplos de rocas orgánicas son los distintos tipos de carbón y el petróleo.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ROCAS DETRÍTICAS**<br>**Formadas por acumulación de clastos** | Pudinga (conglomerado) | | Clastos > de 2 mm |
| | Arenisca | | Clastos entre 2 y 0,06 (1/16 mm) |
| | Limo | | Clastos entre 0,06 (1/16) y 0,003 (1/256) mm |
| | Arcilla | | Clastos < de 0,003 (1/256) mm |
| **ROCAS NO DETRÍTICAS**<br>**Acumulación de precipitados químicos o materia orgánica** | Caliza (roca carbonatada) | | Compuesta por carbonato de calcio. |
| | Yeso (roca evaporítica) | | Compuesto por sulfato de calcio. |
| | Rocas orgánicas | Lignito | Tipo de carbón: acumulación de materia vegetal. |
| | | Petróleo | Roca líquida procedente de la alteración de restos de microorganismos marinos. |

**5** **a)** Calizas (fabricación de cemento), yeso (escayolas), arcillas (ladrillos) y areniscas (piezas de mampostería o decorativas).

**b)** Lignito (carbón) y petróleo.

**6** **a)** Mineral sedimentario que se utiliza en la fabricación del vidrio.

**b)** Mineral sedimentario constituyente de las rocas calizas, utilizadas en la fabricación del cemento y en la industria química como regulador del pH de aguas.

**c)** Roca sedimentaria orgánica. Se utiliza como combustible y en la industria química en filtros de carbón activo.

**d)** Roca sedimentaria carbonatada cuyo mineral constituyente es la dolomita. Se utiliza para la fabricación de cemento y como piezas de mampostería o decorativas para construcción.

**7** **a)** Tipo de yacimiento mineral formado en ambientes sedimentarios fluviales o torrenciales en los que una corriente pierde velocidad depositando los minerales más densos, que pueden llegar a acumularse. En los placeres se forman acumulaciones de minerales densos y resistentes a la meteorización mecánica, como el oro, la plata, el platino, el diamante y el circón.

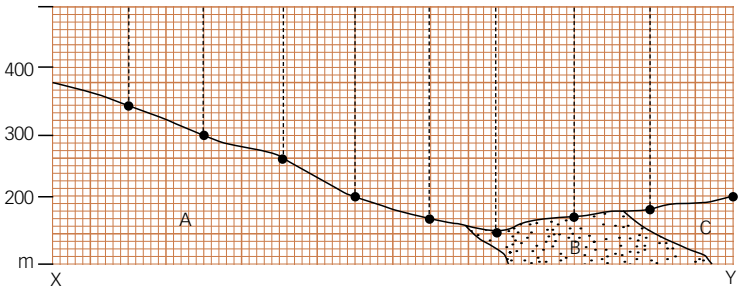
**b)** Se forman por la meteorización de rocas con alto contenido en minerales metálicos, especialmente sulfuros cuya alteración produce óxidos e hidróxidos de hierro.

**8** Las cuencas sedimentarias, en las que los agentes geológicos acumulan sus sedimentos, tienden a hundirse al soportar una carga cada vez mayor. Este hundimiento constante, llamado subsidencia, junto con la acción erosiva de los agentes geológicos, explica que en unos millones de años puedan acumularse miles de metros de sedimentos en una cuenca marina cuya profundidad se ha mantenido prácticamente constante.

**9** **a)** Se trata de un conglomerado de clastos angulosos en el que el tamaño (< de 2 mm) y la forma de los clastos indican un medio con energía suficiente para su transporte, como torrentes o ríos, donde pueden haberse depositado, o los han transportado hasta un medio lacustre cercano. También pueden formar parte de depósitos de ladera. En cualquier caso, denotan que dicho transporte no ha sido largo, pues en ese caso se habrían redondeado (también pueden darse brechas de falla, pero no se tratan a este nivel). En cuanto a las estructuras sedimentarias que se pueden encontrar en un depósito de brechas, son, generalmente, estratos masivos.

**b)** La halita se forma por la precipitación de sales solubles (NaCl) al evaporarse agua del mar o de lagos salobres (climas cálidos áridos). Su estructura característica es la estratificación, a veces deformada con posterioridad debido a su plasticidad.

**10** Los estratos buzan en el mismo sentido de la topografía (y con más inclinación) cuando la uve delineada por los límites geológicos tiene la punta opuesta a la uve de las isocotas.




**Control A**

**1** La diagénesis es la transformación de los sedimentos en rocas sedimentarias. Ocurre en zonas profundas de las cuencas sedimentarias, a profundidades de hasta 10 000 metros. Las nuevas condiciones de presión y temperatura a las que se ven sometidas las rocas sedimentarias originan distintos procesos: disolución de minerales, como la calcita o las sales;

reemplazamiento de unos minerales por otros de distinta composición; recristalización por un aumento del tamaño de los cristales que forman la roca, lo que implica formación de nuevos minerales, como óxidos de hierro y piritas, y cambios en la estructura cristalina.

Las rocas metamórficas se forman a partir de otras preexistentes por transformaciones mineralógicas, texturales y estructurales en estado sólido al estar sometidas a presiones y temperaturas diferentes de las del momento de su formación, dando lugar a rocas distintas de las originales. Mientras que la diagénesis incluye todos los cambios que tienen lugar en el sedimento, presiones y temperaturas bajas dan como producto final una roca sedimentaria sin transformaciones mineralógicas de importancia.

**2** Los restos orgánicos, como las conchas y huesos, e incluso restos no mineralizados, como madera, hojas o excrementos, pueden desaparecer ya sea por disolución o por putrefacción, y dejar un hueco con su forma. Si el hueco es rellenado con minerales o sedimento antes de que la presión lo colapse, se formará un molde del resto orgánico. Este proceso de disolución y relleno puede originar tanto moldes de los restos como moldes externos e internos.

Un ejemplo de reorganización molecular durante la fosilización puede ser la resina, que se transforma en ámbar, o el aragonito, en calcita.

**3** Entre las rocas no detríticas se encuentran los siguientes grupos:

– Rocas carbonatadas: formadas por carbonato de calcio (calizas) y de magnesio (dolomías). Su origen está relacionado con la actividad biológica. Pueden presentar proporciones variables de arcilla o limo. La roca, constituida aproximadamente por un 50 % de carbonato y un 50 % de fracción detrítica, se denomina marga.

– Rocas evaporíticas: formadas por la precipitación de sales solubles al evaporarse el agua del mar. Por ejemplo, el yeso.

– Rocas orgánicas: formadas por la acumulación de materia orgánica. Por ejemplo, el lignito.

**4**

| | | |
|---|---|---|
| **Rocas sedimentarias detríticas** | Tamaño clastos > 2 mm | **Conglomerados** |
| | Tamaño clastos entre 2 y 1/16 mm | **Areniscas** |
| | Tamaño clastos entre 1/16 y 1/256 | **Limos** |
| | Tamaño clastos < 1/256 mm | **Arcillas** |

**5** **a)** Halita.

**b)** Arcillas, calcita (calizas) y dolomita (dolomías).

**6** **a)** Se considera tanto roca como mineral. Posee interés industrial como material de construcción, en la fabricación de escayolas.

**b)** Tipo de carbón. Se utiliza como combustible.

**c)** Mineral del grupo de las arcillas. Se emplea fundamentalmente para lozas y cerámicas sanitarias.

**d)** Mineral sedimentario que se utiliza en la fabricación del vidrio.

**7** La acumulación de minerales carbonatados está íntimamente relacionada con la actividad biológica. La reacción química que expresa la precipitación de carbonato de calcio en el agua es la siguiente:

$$Ca^{2+} + 2(HCO_3) \text{<-->} H_2O + CO_2 + CaCO_3$$

Cuando en esta reacción el equilibrio se desplaza hacia la derecha, se produce la sedimentación de carbonato de calcio. El principal proceso que desplaza este equilibrio es la extracción de $CO_2$ del agua, lo que ocurre, por ejemplo durante la fotosíntesis de las algas, o cuando la temperatura del agua es alta, disminuyendo la solubilidad de este gas.

**8** **a)** Formada por la precipitación de sales solubles (KCl) al evaporarse agua del mar o de lagos salobres, climas cálidos áridos. Su estructura característica es la estratificación, a veces deformada con posterioridad debido a su plasticidad.

**b)** Las areniscas pueden generarse en cualquier ambiente sedimentario de los estudiados donde domine un flujo (agua o viento) que seleccione los clastos (en ese sentido se descarta el medio glaciar y los depósitos de ladera). Por su tamaño (entre 2 y 1/16 mm) pueden ser transportadas por el viento (medios desérticos y playas) y por las aguas continentales (ríos, lagos) y marinas (deltas, playas y plataformas continentales e, incluso, en los fondos marinos en forma de turbiditas). Son las rocas idóneas para observar cualquiera de las estructuras sedimentarias estudiadas en el texto, pues, además de la estratificación tabular propia de las rocas sedimentarias, en el cuerpo del estrato pueden observarse láminas inclinadas, estratificación cruzada, sedimentación grada (granoselección) y ripples (estos últimos también visibles en el techo de muchos estratos).

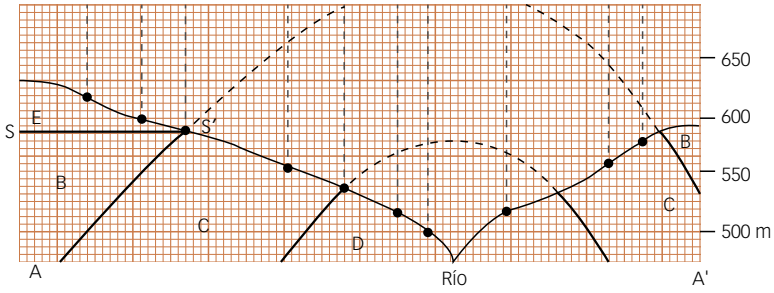
**9** La subsidencia es un hundimiento lento de un terreno. Las cuencas sedimentarias, debido al peso de los sedimentos (suma de las presiones litostática e hidrostática) se hunden a medida que los sedimentos se acumulan, de forma que la profundidad de la cuenca se mantiene casi constante. Puede darse el caso de que la subsidencia esté acelerada por un proceso de tipo tectónico (un continente en proceso de *rifting* o una falla), en cuyo caso superará a la tasa de sedimentación y la cuenca se hará cada vez más profunda.

La isostasia es el estado de equilibrio hidrostático que se daría a cierta profundidad en la Tierra (ver Unidad 2). Es un proceso que tiende a igualar el peso ejercido por la litosfera con el empuje hacia arriba del manto sublitosférico, y explica los movimientos verticales de ascenso y hundimiento que se observan en la superficie. Tiene una estrecha relación con la subsidencia, que ocurre en el fondo de las cuencas sedimentarias, que se hunden lentamente como respuesta al peso de los depósitos de grandes espesores de sedimentos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**10** La estructura es un pliegue anticlinal. La linea S-S' es una discordancia que separa el pliegue de los estratos más recientes horizontales.

No es preciso saber las edades relativas, porque, aplicando la «regla de las uves», se ve que los estratos de A a D deben buzar hacia arriba en el perfil topográfico.



# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

La enorme masa rocosa que forma los Picos de Europa se ha formado por acumulación de precipitaciones de carbonato cálcico en un ambiente sedimentario marino que, además de ser poco profundo, mantuvo constante esa profundidad a lo largo de millones de años. Sin embargo, muchas de sus cumbres sobrepasan los 2 500 metros de altitud. La fotografía muestra el Picu Urriellu (Naranjo de Bulnes), de 2 519 metros.

**1** ¿Qué proceso geológico explica la acumulación de grandes espesores de material sedimentario en ambientes marinos que mantienen constante su profundidad?

- ☐ **a.** Isostasia.
- ☐ **b.** Diagénesis.
- ☐ **c.** Subsidencia.
- ☐ **d.** Subducción.

**2** La diagénesis comprende cuatro procesos fundamentales, que suelen solaparse en el tiempo.

Relaciona cada frase con una de las fases características de la diagénesis.

| | Sedimentación | Compactación | Cementación | Reacciones entre minerales |
|---|---|---|---|---|
| Pérdida de porosidad y aumento de la densidad. | | | | |
| Consolidación de los clastos. | | | | |
| Acumulación de sedimentos. | | | | |
| Recristalización de algunos minerales. | | | | |

**3** A los Picos de Europa acuden espeleólogos de todo el mundo porque aquí se encuentran algunas de las cuevas más profundas de la Tierra. Son estas montañas un ejemplo típico de modelado kárstico, una especie de «gran pastel muy esponjoso», con numerosas cuevas, simas, lagos subterráneos, etc.

¿Qué tipo de roca es la caliza que constituye de forma muy mayoritaria estas montañas?

- ☐ **a.** Sedimentaria detrítica calcárea.
- ☐ **b.** Sedimentaria no detrítica orgánica.
- ☐ **c.** Sedimentaria no detrítica carbonatada.
- ☐ **d.** Sedimentaria evaporítica carbonatada.

**4** En la caliza de los Picos de Europa es fácil observar numerosos fósiles, sobre todo animales marinos bivalvos y crinoideos (un tipo de equinodermos).

¿En qué momento de la formación de la roca se produce el proceso de fosilización?

- ☐ **a.** Compactación.
- ☐ **b.** Cementación.
- ☐ **c.** Consolidación de fragmentos.
- ☐ **d.** Pérdida de porosidad.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** Durante los procesos de fosilización se producen numerosos cambios en los restos del ser vivo, del medio en el que se ha producido el enterramiento y del tipo o la parte del ser vivo que está fosilizándose.

¿Qué afirmaciones acerca de la fosilización de un determinado ser vivo son verdaderas y cuáles son falsas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Las partes blandas de un ser vivo nunca se pueden fosilizar. | |
| Durante la fosilización se reordenan las estructuras moleculares para conseguir estabilidad mineral. | |
| Durante la fosilización tan solo se endurecen los materiales blandos y se conservan los duros, como las conchas o huesos, tal y como estaban. | |
| La composición química del ser vivo y del fósil que de él pueda originarse es idéntica. | |

**6** Otros tipos de rocas sedimentarias, como los conglomerados, simplemente no existen en ninguno de los tres macizos que forman estas montañas de los Picos de Europa.

¿Cuáles son las tres características propias de un conglomerado?

- ☐ **a.** Origen no detrítico, tamaño de grano entre 2 y 1/6 mm y composición mineralógica calcárea.
- ☐ **b.** Origen detrítico, tamaño de grano mayor de 2 mm y composición mineralógica variable.
- ☐ **c.** Origen detrítico, tamaño de grano entre 1/6 y 1/256 mm y composición mineralógica silícea.
- ☐ **d.** Origen no detrítico, tamaño de grano menor de 1/256 mm y composición mineralógica variable.

**7** Sin duda alguna, el mineral más abundante en los Picos de Europa es la calcita, componente mayoritario de las rocas calizas características de este macizo. Las calizas proporcionan a esta formación su gran resistencia a la erosión.

En otras regiones de España, abundan otras rocas sedimentarias, las margas, que se pueden confundir con las calizas, pero que son mucho más blandas y menos resistentes a la erosión. ¿A qué se debe esta menor resistencia?

- ☐ **a.** A que las margas son una mezcla de calcita y areniscas.
- ☐ **b.** A que las margas son una mezcla de calcita y yesos.
- ☐ **c.** A que las margas son una mezcla de calcita y halita.
- ☐ **d.** A que las margas son una mezcla de calcita y arcillas.

**8** En la zona más oriental de los Alpes, los Dolomitas, la calcita está parcialmente sustituida por otro mineral: la dolomita. Ambos minerales son carbonatos; se diferencian porque, durante la diagénesis, parte del calcio de la calcita es sustituido por otro elemento químico.

¿Qué elemento químico sustituye parcialmente al calcio de la calcita para dar lugar a la dolomita?

- ☐ **a.** El hierro.
- ☐ **b.** El cobalto.
- ☐ **c.** El magnesio.
- ☐ **d.** El aluminio.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-8.** Relacionar estructuras sedimentarias y ambientes sedimentarios. | **B8-8.1.** Detalla y discrimina las diferentes fases del proceso de formación de una roca sedimentaria. | 1 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-9.** Explicar la diagénesis y sus fases. | **B8-9.1.** Describe las fases de la diagénesis. | 2, 4, 5 y 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B8-10.** Clasificar las rocas sedimentarias aplicando sus distintos orígenes como criterio. | **B8-9.10.** Ordena y clasifica las rocas sedimentarias más frecuentes de la corteza terrestre según su origen. | 3, 6 y 8 |

**1** **c.** Subsidencia.

**2**

| | Sedimentación | Compactación | Cementación | Reacciones entre minerales |
|---|---|---|---|---|
| Pérdida de porosidad y aumento de la densidad. | | ✓ | | |
| Consolidación de los clastos. | | | ✓ | |
| Acumulación de sedimentos. | ✓ | | | |
| Recristalización de algunos minerales. | | | | ✓ |

**3** **c.** Sedimentaria no detrítica carbonatada.

**4** **b.** Cementación.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Las partes blandas de un ser vivo nunca se pueden fosilizar. | Falso |
| Durante la fosilización se reordenan las estructuras moleculares para conseguir estabilidad mineral. | Verdadero |
| Durante la fosilización tan solo se endurecen los materiales blandos y se conservan los duros, como las conchas o huesos, tal y como estaban. | Falso |
| La composición química del ser vivo y del fósil que de él pueda originarse es idéntica. | Falso |

**6** **b.** Origen detrítico, tamaño de grano mayor de 2 mm y composición mineralógica variable.

**7** **d.** A que las margas son una mezcla de calcita y arcillas.

**8** **c.** El magnesio.

# Solucionario

Pág. 105

**PARA COMENZAR**

**1** La subsidencia es un hundimiento progresivo, durante un largo periodo de tiempo, del fondo de una cuenca sedimentaria, u otro tipo de terreno. Es el fenómeno que permite la acumulación de grandes espesores de sedimentos que, sin embargo, se han formado bajo una lámina de agua relativamente poco profunda. Es necesaria para que la materia orgánica no solamente se acumule, sino que también se conserve, porque crea un espacio que permite la acumulación de sedimento, y así lo entierra sustrayéndolo del contacto con el oxígeno y compactándose, lo que da como resultado la formación de carbón e hidrocarburos.

**2** La diagénesis transforma la materia organica vegetal de los sistemas palustres (turba) en carbón, compactándola y expulsando agua y hidrógeno. Este es el proceso de carbonización.

El uso del carbón tiene dos problemas: uno es la emisión a la atmósfera de dióxido de carbono (incremento del efecto invernadero); el otro, la emisión de azufre (presente como impureza en el carbón) en forma de óxidos (daños para la respiración). Favorecidos por la humedad atmosférica (nubes), los óxidos de azufre se disuelven en agua formando ácido sulfúrico, que cae al suelo con las lluvias ácidas.

**3** Son fósiles vegetales y se han formado por la lenta combustión en ausencia de oxígeno, es decir, en condiciones anaerobias, y sometidos a una fuerte compactación litostática.

**4** La pizarra deriva de arcillas y limos que han experimentado una compactación a presiones y temperaturas relativamente elevadas; sea por la arcilla, sea por la materia orgánica, son muy porosas y compactables; además, ambas se depositan en ambientes tranquilos y en agua estancada (paludes, ciénagas).

Pág. 106

**1** La compactación, al reducir el volumen (espesor) de la pila de sedimento, produce subsidencia, haciendo bajar el fondo de la cuenca y aumentar la profundidad; este hecho favorece la acumulación de nuevo sedimento, que tendrá más espacio a su disposición.

La reducción de volumen, de los poros del sedimento, conlleva la expulsión de agua hacia arriba, es decir, hacia donde la presión (litostática) es menor.

**2** La disolución de $CO_2$ en el agua forma iones hidrógeno y bicarbonato, lo que disminuye el pH, que se hace más ácido. En condiciones ácidas, la calcita tiende a disolverse.

Pág. 109

**3** Las plantas utilizan el $CO_2$ del agua en el proceso de fotosíntesis, y la sustracción de esta molécula hace que el pH del agua aumente, lo que induce insolubilidad y precipitación del carbonato. Además, cuando el agua subterránea se pone en contacto con la atmósfera, también libera $CO_2$ y el pH de la solución sube, contribuyendo al resultado anterior.

**4** Poca, porque estos minerales son alterables y tienden a formar minerales de la arcilla.

**5** El yeso es una roca/mineral evaporítica que se acumula por la precipitación de sulfato de calcio, soluble en agua, debido a la intensa evaporación en lagunas salinas y sobresaladas.

Las aplicaciones industriales del yeso se relacionan con los materiales de construcción, como la fabricación de cementos y escayolas.

**6** Es un yacimiento de tipo placer y resulta del transporte selectivo (distribución del material clástico basada en el peso y concentración de granos con oro) en ambiente fluvial y torrencial.

Pág. 111

**7** Huecos y redondeamiento de las superficies en relieve, cuyo diseño queda desdibujado.

**8** R. M. A la escala que muestra la foto, y dada su alteración superficial, no puede deducirse que se trate de una arenisca de origen eólico.

**9** La lluvia ácida contiene ácidos «fuertes», como el sulfúrico y el nítrico, que derivan de la solubilización (formados por reacción con agua) de gases ($SO_2$, $SO_3$, $NO_x$) emitidos a la atmósfera por las actividades humanas (combustión, uso de fertilizantes en agricultura, etc.).

R. L.

**10** Si la combustión se hace al contacto con aire, en presencia de oxígeno libre, el resultado es gas ($CO_2$) más cenizas. En ausencia de oxígeno libre, el proceso se llama *pirolisis* y utiliza el oxígeno contenido en la materia orgánica. En todo caso, la combustión es una forma de oxidación.

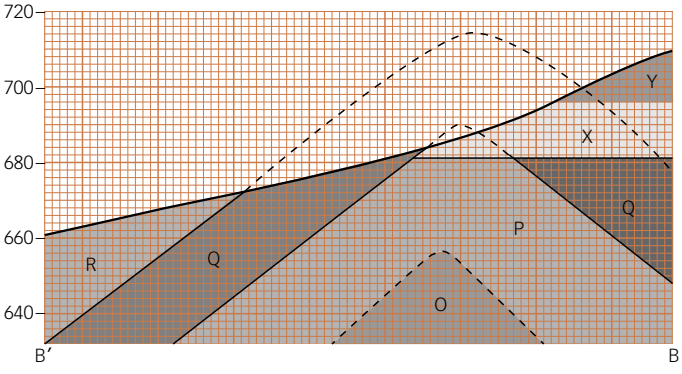
Pág. 113

**SABER HACER**

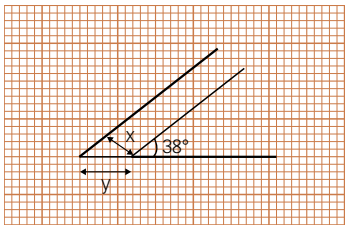
**11** Hacía el sur (el norte no se marca en la figura, pero por convención está en la parte superior) porque busca cotas inferiores, hacia donde las uves topográficas se abren.

**12** Sí, notando que las flechitas puestas sobre la línea que indica el eje del pliegue, tienen direcciones opuestas, como en un techo, lo que indica un anticlinal. Por otra parte, resulta que en el centro o núcleo del pliegue, están los estratos más antiguos.

**13**



**14** La potencia real no se mide directamente sobre el mapa, pero se puede trazar la distancia mínima (según la perpendicular) entre base y techo de la unidad y hacer un pequeño corte simplificado, donde «y» es esa distancia y «x» el espesor, que podemos medir con una regla.
Para una inclinación de los estratos de 38°, el espesor resulta cerca de 6/10 de la distancia en el mapa.




Pág. 115

**EN RESUMEN**

**15** Compactación: pérdida de agua y de poros, que aumenta el empaquetamiento de los clastos y, en consecuencia, la densidad de los materiales.

Cementación: la precipitación de material soluble disuelto en el agua que circula entre los poros produce la cementación de los sedimentos (que se transforman en roca), consolida los fragmentos y fosiliza restos orgánicos.

**16** Minerales de origen químico o bioquímico (con intervención de organismos):

– Minerales detríticos, heredados de rocas preexistentes, como el cuarzo, mineral muy estable tanto física (dureza 7, que lo hace resistente a la abrasión) como químicamente (se disuelve con dificultad, lo que lo hace estable químicamente); por eso tiende a ser el más frecuente en las arenas maduras, especialmente en ambientes de larga elaboración como ríos y playas.

– Minerales detríticos como las arcillas, procedentes de la alteración química (hidrólisis) de otros silicatos, como feldaspatos o micas, u otras arcillas precedentes.

– Carbonatos (calcita, dolomita) en ambiente continental (carst), costeros (arrecifes, lagunas, playas) o marinos (plataformas continentales en mares someros o profundos).

– Sulfatos (yeso, anhidrita) y cloruros (halita, silvina) en lagunas salinas continentales o costeras.

**17**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Rocas no detríticas** | Rocas carbonatadas | Calizas | |
| | | Margas | |
| | | Dolomías | |
| | Rocas evaporíticas | Sales | |
| | | Yeso, anhidrita (sulfatos) | |
| | Rocas orgánicas | Petróleo, gas natural (hidrocarburos) | |
| | | Carbones | Turba |
| | | | Lignito |
| | | | Hulla |
| | | | Antracita |
| **Rocas detríticas** | Tamaño de los clastos mayor de 2 mm | | Conglomerados |
| | Tamaño de los clastos entre 2 y 1/16 mm | | Arena |
| | Tamaño de los clastos entre 1/16 y 1/256 mm | | Limo |
| | Tamaño de los clastos menor de 1/256 mm | | Arcilla |

Pág. 116

**PARA REPASAR**

**18** **a)** Se nota, aunque no sea tan evidente, una estratificación horizontal.

**b)** Presenta porosidad macroscópica. Una diagénesis en profundidad la habría cementado; sin embargo, los huecos están vacios porque los restos vegetales que incrustaban la caliza se han descompuesto (oxidados) en agua superficial o en contacto con la atmósfera.

**19** La imagen A es la huella que ha dejado en el sedimento original la parte externa de la concha; la imagen B es la huella impresa por la parte interna de la concha (posteriormente disuelta) en el sedimento que la llenaba, y la imagen C resulta de la fosilización de la concha entera.

**20** El bloque de plastina representa el sedimento, y la escayola, el propio fósil.

**21** El sulfuro de hierro ($FeS_2$) ha precipitado químicamente en las cavidades internas del organismo, por actividad de bacterias anaerobias que reducían los iones sulfato ($SO_4$), disueltos en el agua, a iones S (azufre) y lo combinaban con hierro (Fe), igualmente en solución (el sulfuro, al contrario, es insoluble).

**22** Con el progreso o la repetición de los procesos de meteorización y de transporte de las rocas magmáticas y metamórficas aflorantes, el cuarzo se enriquece relativamente en el detrito de tamaño grava o arena porque es el mineral más estable en condiciones superficiales.

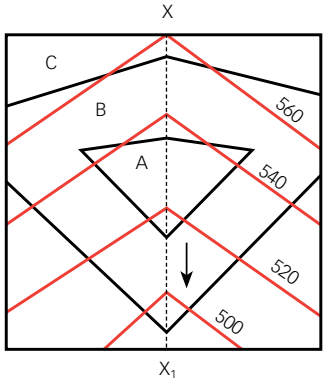
**23** R. M. La conexión entre calizas y mares cálidos se asume por analogía con el mundo actual, principio del actualismo que se estudia en la Unidad 7. Hoy vemos que la mayoria (y la mayor variedad) de organismos marinos viven en aguas tropicales, especialmente los que secretan carbonato de calcio para construir sus esqueletros y conchas. Además, en las calizas los restos de organismos se conservan y fosilìzan mejor que en las rocas clásticas. Por otra parte, el $CO_2$ es un gas que se disuelve mejor en agua fría, por lo que en los mares cálidos se da en menor proporción, lo que facilita la insolubilidad y, por tanto, la precipitación del carbonato de calcio.

**24** La sal rosa del Himalaya contiene numerosos oligoelementos. El segundo en abundancia tras el cloruro sódico es el magnesio. El color rosado se debe a la presencia de pequeñas cantidades de algunos cationes, como el hierro, el manganeso, el cobre, el cromo, el cobalto.

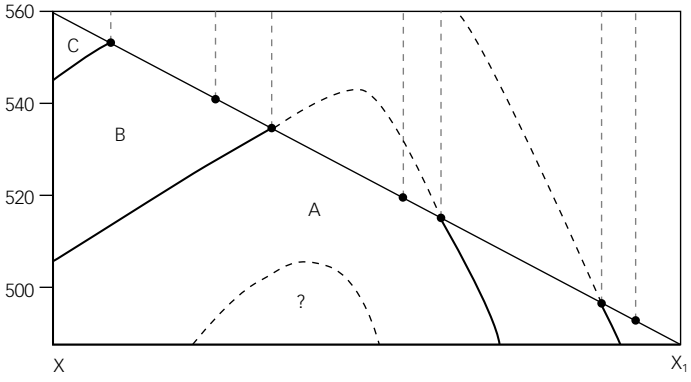
**25** En la convención común, por «yeso» se entiende el mineral (sulfato de calcio hidratado, $CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$), y por «yesos», un cuerpo geológico, una pila de capas en las que prevalece el yeso. Practicamente, yeso en singular se considera un mineral perteneciente al grupo de los sulfatos; en forma plural, se considera una roca evaporítica.

**26** El proceso que completa el ciclo es la meteorización.

**27** **a)**, **b)** y **c)**

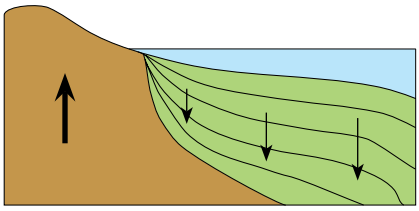



**d)**




**28** R. G.

**29** **a)**

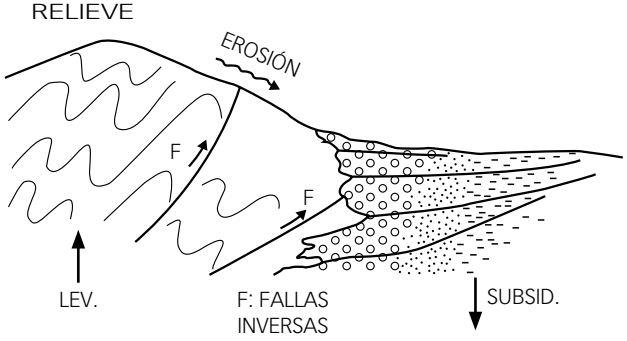


**b)** A medida que aumenta la profundidad de la cuenca por subsidencia, se inclinan los estratos, que además tienen mayor espesor o potencia hacia el centro, donde había más espacio para la deposición de sedimento. El levantamiento isostático ha contribuido también (trabajando «en pareja» con la subsidencia) a inclinar el borde de la cuenca.

Pág. 117

**PARA PROFUNDIZAR**

**30** **a)**, **b)**, **c)** y **d)**




LEV = LEVANTAMIENTO y SUBSID. = SUBSIDENCIA

**e)** Los sedimentos están dispuestos según la capacidad de transporte decreciente de los agentes geológicos (ríos, olas, corrientes marinas...).

**31** En la fase de disolución, reemplazamiento y recristalización, en la que también se reordena la estructura del mineral.

**32** Paso de yeso a anhidrita: fase de subsidencia en la que se produce una compactación: el yeso pierde el agua y toda la estructura del mineral se reorganiza. Paso de anhidrita a yeso: desenterramiento mediante el cual la anhidrita se hidrata y «esponja», aumentando su volumen hasta un 40 % (epigénesis, o inversión de la diagénesis).

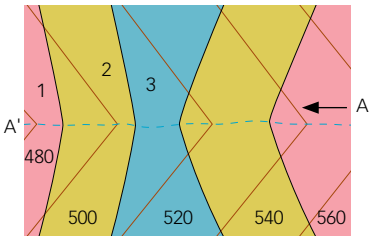
**33** El oro se encontraba en un yacimiento «secundario» (de tipo placer) por meteorización y erosión de las rocas magmáticas originales (yacimiento «primario»). Separar el oro de dichas rocas habría sido un proceso laborioso y costoso que habría implicado hacer voladuras, machacar la roca magmática para obtener el oro, etc. Sin embargo, el río había concentrado de forma natural, durante miles de años, estas pepitas. Lo mismo ocurre con minerales de plata, cinc, uranio y otros metales con alto peso especìfico (densidad).

**34** Podrían ser fábricas de vidrio y también de azulejos y baldosas (gres) para pavimentos y revestimientos (industria de la construcción).

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**35** En el Valle Salado de Añana, las sales se obtienen a partir de manantiales de agua salada que brotan en la zona. Dichas aguas se dejan secar al sol para evaporarlas y obtener la sal. Esta procede de sales marinas depositadas en *sebkas* costeros (lagos someros en ambientes de tipo desértico) del Keuper (Triásico, era secundaria). Posteriormente, estos depósitos fueron deformados plásticamente por fuerzas tectónicas hasta componer un diapiro o domo salino (estructura en forma de hongo que intruye las capas suprayacentes).

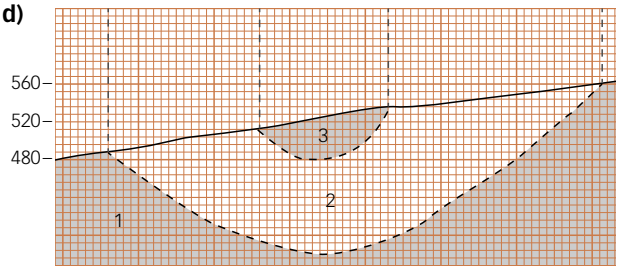
**36** **a)**




**b)** En la parte superior del mapa, los vértices de las uves apuntan hacia abajo, por lo que las unidades buzan aguas abajo. En la parte inferior buzan aguas arriba, los vértices de las uves apuntan hacia arriba.

**c)** Se trata de un sinclinal. El plano axial cortaría el estrato horizontalmente.

**d)**




**e)** La capa más antigua es la de color rosa.

Pág. 119

**CIENCIA EN TU VIDA**

**37** **a)** y **b)** R. G.

**c)** La lengua del glaciar llegaba hasta el mar y de ella se desgajó un iceberg que tenia aprisionado (confinado) el clasto; el iceberg, yendo a la deriva hacia el ecuador, se fundió y dejó caer el clasto, que se hundió en el sedimento fino (fangoso) de mar profundo, deformándolo con su peso (observar la estratificación cóncava bajo él). Después, el clasto fue lentamente enterrado por nuevo sedimento que la compactación aplastó e hizo adherir a su superficie superior (observar allí los estratos convexos).

**d)** Sabemos que la pizarra procede de la compactación y cementación de la arcilla.

**38** El trabajo de los sedimentólogos se basa en el criterio del actualismo: la formación de sedimento es un proceso geológico que se observa en tiempo real. Pero sus fases preparatorias, es decir, la meteorización, y sucesivas, la diagénesis, necesitan tiempos más largos con respecto a la vida humana.

# UNIDAD 7. LA HISTORIA DE NUESTRO PLANETA


**Introducción y recursos** . . . . . **259**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 260
- Previsión de dificultades . . . . . 261
- Esquema conceptual . . . . . 261
- Te recomendamos . . . . . 262

**Enseñanza individualizada** . . . . . **263**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 264
    - Ficha 1. Interpretación de una columna estratigráfica . . . . . 264
    - Ficha 2. Cálculo de una datación radiométrica . . . . . 265
  - Trabaja con imágenes . . . . . 266
    - Ficha 3. Evolución de nuestra especie . . . . . 266
    - Ficha 4. Nuestra especie y especies anteriores . . . . . 267
  - Trabajos de aula . . . . . 268
    - Ficha 5. ¿Qué sucedió en el planeta hace 65 millones de años? . . . . . 268
    - Ficha 6. El gran geocalendario . . . . . 269
    - Ficha 7. Los *Australopithecus* . . . . . 270
    - Ficha 8. La evolución de los homínidos . . . . . 272
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 274
    - Ficha 9. Las grandes crisis biológicas . . . . . 274
    - Ficha 10. Antropoceno: ¿nueva época geológica? . . . . . 275


 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **277**

- Autoevaluación . . . . . 279
- Evaluación de contenidos . . . . . 280
  - Controles . . . . . 280
    - Control B . . . . . 280
    - Control A . . . . . 282
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 284
- Evaluación por competencias . . . . . 288
  - Prueba . . . . . 288
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 290

**Solucionario** . . . . . **293**

# Introducción y recursos

# LA HISTORIA DE NUESTRO PLANETA

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

La historia de la Tierra está escrita en sus rocas o, lo que es lo mismo, las rocas son los archivos de la Tierra. La geología ha desarrollado métodos para interpretar una larga historia que se remonta 4 500 m. a. Mediante principios propios (principio del actualismo, correlaciones mediante fósiles guía u otros hechos ) y leyes geológicas universales (ley de superposición de los estratos o sucesión de los acontecimientos), con la colaboración de otras ciencias, como la Física, la Química, la Biología o la Astronomía, y la ayuda de la tecnología en determinados momentos, se ha llegado a determinar la edad y el origen de la Tierra y de la vida sobre nuestro planeta y a identificar cómo y cuándo acontecieron determinados fenómenos y procesos.

Con todo este conjunto de conocimientos se ha construido un gran geocalendario o escala de los tiempos geológicos, cuya unidad es el millón de años y cuyas principales divisiones se establecieron en los siglos XIX y XX, pero que aún hoy es susceptible de modificaciones y precisiones más finas a medida que progresan las investigaciones (por ejemplo, los límites del Cuaternario han variado notablemente en los últimos 50 años).

En la unidad se explican los métodos de datación relativa y absoluta y se abordan los principales acontecimientos de los eones Precámbrico y Fanerozoico, extendiéndose en el estudio de las eras de este último, especialmente en lo que se refiere a la evolución de la vida, desde su diversificación a comienzos del Cámbrico (Paleozoico) hasta el origen y evolución de los seres humanos en el Cuaternario.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Métodos de datación relativa y absoluta.<br>• La tabla del tiempo geológico y los principales acontecimientos de cada periodo.<br>• Las grandes orogenias.<br>• Las extinciones masivas y sus causas naturales.<br>• Principales fósiles guía.<br>• Reconstruir la historia geológica de un lugar. |
| SABER HACER | • Datar de forma relativa y correlacionar unidades geológicas. |
| SABER SER | • Valorar las rocas y los fósiles como archivos de la historia de la Tierra, como paso para su conservación.<br>• Comprender el sentido del tiempo geológico, de la historia de la Tierra y de las escalas espacio-temporales como parte integral de su formación.<br>• Utilizar los conocimientos anteriores como base para progresar en la adquisición de conocimientos significativos de otras ciencias de la Tierra y del espacio, como Geofísica, Astronomía, etc., y de la vida, como Biología y Paleontología (fundamentales para la comprensión de la evolución de los seres vivos).<br>• Adquirir una visión más global (holística) y dinámica de los objetos (rocas, fósiles, etc.) y acontecimientos del pasado.<br>• Integrar éticamente que a lo largo de la historia de la Tierra ha habido procesos que influyen actualmente en nuestra vida, como es la formación de recursos minerales o la evolución de las especies, por lo que tenemos un compromiso ético con un uso responsable de todo aquello que hemos recibido de la Tierra y a lo que nuestros descendientes tienen derecho. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

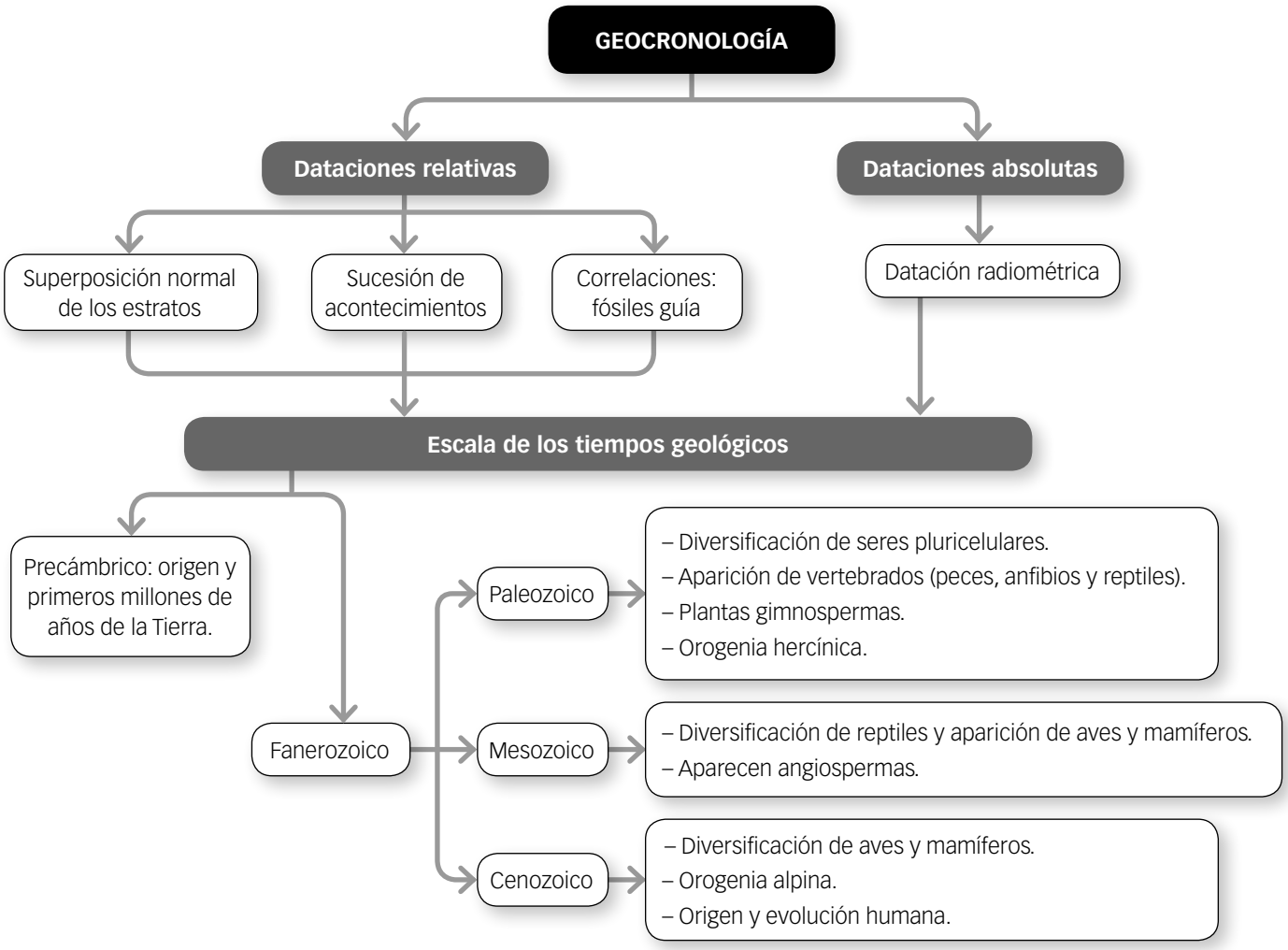
Se trata de una de las unidades más motivadoras de la materia por motivos muy diversos, que van desde el interés que los fósiles suscitan en los estudiantes (en concreto, grupos como el de los dinosaurios, por razones de todos conocidas), así como por sus contenidos, que conectan con inquietudes de tipo filosófico o cultural de los alumnos de estas edades, como son el origen de la Tierra, de la vida o de los seres humanos, entre otros. Sin embargo, el aprendizaje significativo de sus contenidos no está exento de dificultades, siendo la más importante la comprensión de las escalas espacio-temporales a las que se realizaron determinados procesos y su dinamismo (intensidad y duración).

El de tiempo geológico es un concepto muy complejo e importante que ha suscitado numerosos trabajos de investigación pedagógica (donde se ponen en evidencia las barreras psicológicas de los estudiantes para su adquisición) y de publicaciones didácticas en las que se recomiendan determinadas actividades para favorecer su comprensión gradual.

Frente a la dificultad de memorizar la extensa lista de nombres de los periodos, sus edades y los correspondientes acontecimientos, a los estudiantes les entusiasman las actividades de interpretación de geocronología relativa y el conocimiento de la ocurrencia de determinados eventos en el pasado, como las extinciones masivas de seres vivos. Los profesores podemos aprovechar esta motivación para proponer numerosas actividades gráficas e investigaciones con el fin de facilitar la adquisición del conocimiento de los principales hitos de la historia del planeta y la relación entre ellos. Así, se recomienda relacionar la evolución de los seres vivos y las grandes extinciones del pasado, de los cambios de tipo climático con aspectos geológicos como la tectónica de placas, además del clásico choque del meteorito al que se atribuyen los límites del K-T (Cretácico-Terciario).

Se recomienda el uso del principio del actualismo, a través de diversos ejemplos, como principio básico de interpretación en geología.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Web del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte**
Podrás navegar por los principales yacimientos de icnitas de España.
Palabras clave: *Icnitas dinosaurio península ibérica.*

**Museo de Altamira**
La web del Museo de Altamira, dependiente del Ministerio de Cultura, nos enseña, además del museo y las líneas de investigación, los restos gráficos de los primeros hombres que habitaron la península ibérica y enlaces a vídeos relacionados.
Palabras clave: *Museo de Altamira.*

**Museo de la Evolución Humana (MEH)**
Desde esta web podrás acceder, entre otras muchas opciones, al blog científico de Atapuerca (Burgos), y a las informaciones sobre la exposición permanente del museo en Burgos capital y las lanzaderas a los yacimientos de Atapuerca.
Palabras clave: *Museo de la Evolución Humana*.

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**Museo de Evolución Humana** (IOS y Android). El Museo de la Evolución Humana (MEH) facilita una *app* gratuita que propone una visita guiada para todos los públicos, incluidas personas con deficiencias visual o auditiva, a la exposición permanente del museo (Burgos), y otra a los yacimientos de Atapuerca.

## LIBROS Y REVISTAS

***La flecha del tiempo***
**Stephen Jay Gould.** Alianza Universidad, 1992.
Analiza las teorías más relevantes en la polémica sobre el tiempo profundo en geología y el desarrollo progresivo del concepto de tiempo geológico a partir de un minucioso análisis de las teorías de diversos autores, entre ellos Charles Lyell.

***Geología de España: una historia de seiscientos millones de años***
**Ignacio Meléndez.** Rueda, 2004.
Realiza un análisis muy completo de las regiones geológicas españolas y de la historia de cada una.

***Geología***
**Leonor Carrillo, Luis G.ª-Amorena y Josep Gisbert.** ECIR, 2002.
Libro orientado a 2.º de Bachillerato, primer curso de facultad y profesorado en formación. El concepto de «tiempo geológico» se aborda en sus formas de tiempo-etapa, tiempo-duración y tiempo histórico a través de numerosos ejemplos y actividades de aula en diferentes unidades. Contiene dos temas sobre Geología de España que facilitan la comprensión de la evolución de la placa Ibérica en el marco de la tectónica global.

***Cortes geológicos: construcción e interpretación***
**Alejandro Gascueña; Ángel González y F. Javier Fron.** Edinumen, 1996.
Con esta guía se puede aprender a interpretar los parámetros más importantes que nos aportan los mapas geológicos.

***El secreto de los fósiles***
**Mauricio Antón.** Aguilar, 2007
Analiza el proceso, que comienza en los yacimientos fosilíferos y pasa por el laboratorio paleontológico, por el que se consigue extraer los secretos que guardan los fósiles. Explica técnicas de anatomía forense, morfología funcional, interpretación de rastros o animación tridimensional por ordenador.

***Los orígenes de la humanidad***
*Investigación y Ciencia* 19 (enero-marzo 2000).
Ed. Prensa científica.
Este monográfico analiza, desde diversos puntos de vista, el desarrollo humano, desde la evolución, los descubrimientos de Atapuerca y el desarrollo del cerebro, entre otros artículos muy interesantes. La revista en papel está agotada, pero es posible acceder a la revista digital.

***Evolución. La saga humana***
*Investigación y Ciencia*. Monográfico noviembre de 2014.
Revisión muy actualizada del arbusto de la evolución humana. Incluye algunas referencias a nuevos yacimientos (Rising Star, Sudáfrica) y revisita los fósiles de la Sima de los Huesos de Atapuerca.

***Lyell. El fin de los mitos geológicos***
**Carmina Virgili.** Nivola, 2003.
La colección de Científicos para la Historia aborda el trabajo de Lyell, quien estableció los principios del razonamiento geológico y su definitiva independencia de la teología y de la fe, cuya obra inspiró a Darwin.

***El patrimonio paleontológico: una aproximación somera***
**Guillermo Meléndez y Antonio Molina.** Revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2001 (9.2)
Los autores repasan los principales yacimientos y museos de España y explican los riesgos que amenazan a dicho patrimonio.

***El Cuaternario: un «nuevo» periodo en la escala geocronológica global***
**Teresa Bardají y Caridad Zazo.** Revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2009 (17.1)
Las autoras repasan el estado de los conocimientos sobre los límites y divisiones del Cuaternario.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Orientaciones para un examen

## Interpretación de una columna estratigráfica

Observa la siguiente columna estratigráfica obtenida del estudio de una zona concreta del sudeste español.

| |
|---|
| Arcillas |
| Margas con foraminíferos bentónicos |
| Margas con foraminíferos planctónicos |
| Calizas con ammonites |

a) Reconstruye la historia geológica en función de los datos que aparecen en la columna estratigráfica.

b) Caracteriza los ammonites como grupo fósil. Indica la edad, de forma aproximada, de los materiales que los contienen.

Aunque existen muchas columnas estratigráficas, que pueden ser muy distintas, pueden ponerse de manifiesto una serie de consideraciones y orientaciones básicas para su interpretación común.

La columna estratigráfica es una representación esquemática que pretende secuenciar temporalmente los materiales existentes. Los materiales geológicos suelen contener fósiles que permiten abordar una explicación sobre cómo se han sucedido los acontecimientos geológicos de la zona.

Para interpretar la columna, debes tener siempre presente el principio de estratigrafía de superposición de los estratos, según el cual los materiales más antiguos están en la parte más inferior de la serie y los más recientes en la parte superior.

Por otro lado, el material de cada estrato puede decir mucho acerca de las condiciones en las que se formó. Así, las arcillas y los conglomerados suelen indicar que fueron depositados en ambientes continentales. Sin embargo, las margas y las calizas informan de la presencia del medio marino o, al menos, ambientes de transición entre continente y océano. El contenido en fósiles y el conocimiento en los requerimientos ecológicos de estos permiten confirmar el ambiente de formación de dichos estratos. Así, por ejemplo, una caliza con ammonites solo puede señalar que el estrato de calizas se ha desarrollado en ambiente marino. En otro caso, un material margoso con foraminíferos permite deducir que el ambiente de formación ha sido necesariamente marino, mientras que un conglomerado con restos de ungulados indicará claramente un ambiente continental.

Recuerda que el contenido fósil (tanto corpóreos como las trazas dejadas por los organismos que allí vivieron) permite en muchos casos datar cronológicamente los acontecimientos, al menos de forma aproximada, e informar sobre cómo eran las condiciones paleoecológicas. En este sentido, los fósiles guía son muy importantes para la datación de los estratos. Los ammonites eran organismos bentónicos que vivían en mares relativamente profundos; se trata de una fauna típica del Mesozoico, en el que adquieren una gran diversificación y abundancia, si bien se conocen géneros del Paleozoico. Existen foraminíferos en todas las eras, pero, teniendo en cuenta el primer principio de estratigrafía, deben ser necesariamente más modernos que la caliza con ammonites. Por otro lado, la presencia de foraminíferos planctónicos o bentónicos, con independencia de su género, permite conocer la batimetría o profundidad del mar. Los planctónicos indican que la columna de agua era importante frente a la presencia de bentónicos, lo que debe interpretarse como existencia de un mar somero. Si donde antes había un mar profundo más tarde se encuentra un mar somero, tal como se deduce del contenido en foraminíferos de este caso, es porque se trata de una regresión marina.

### PRACTICA

**1** Observa la siguiente columna estratigráfica y deduce su historia geológica. ¿Cómo se pueden deducir los ambientes de formación? ¿Es posible afirmar algo acerca de la batimetría del mar?

| |
|---|
| Margas con foraminíferos bentónicos |
| Calizas con ammonites |
| Pizarras con trilobites |

**2** Utilizando la misma columna estratigráfica, deduce si ha existido transgresión o regresión marina.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Cálculo de una datación radiométrica

Calcula la edad de una roca sabiendo que al analizar su contenido en isótopos radiactivos, en dos laboratorios y con dos métodos distintos, se han obtenido los siguientes datos:
a) La proporción entre el potasio-40 y el argón-40 es de 1:7.
b) La proporción de uranio-235 y de plomo-207 es de 1:63.
Sabemos que los periodos de semidesintegración son 1 300 y 713 millones de años, respectivamente.

Fíjate bien en los dos únicos datos del problema, las proporciones entre dos parejas de elementos químicos. Esto significa que la roca en cuestión ha sido sometida a dos análisis de isótopos radiactivos, el K-Ar y el U-Pb.

Además, has de suponer que si son resultados sobre la misma roca, con cualquiera de ellos se puede deducir su edad por separado, y deberías preguntarte por qué se utilizan dos análisis distintos. La respuesta debe encaminarse hacia la precisión de los datos obtenidos. Es habitual que las muestras se envíen a laboratorios distintos para garantizar la independencia de los resultados; se pretende asegurar así la fiabilidad de estos si ambos resultados coinciden.

Debes realizar los cálculos de forma organizada y razonando cada uno de ellos. Te recomendamos que lo hagas para los dos análisis y después redactes una pequeña conclusión como resumen.

**a)** En el primer análisis se obtiene una proporción de K/Ar de 1:7, es decir, por cada parte de K hay siete de Ar o, lo que es lo mismo, 1/8 de K y 7/8 de Ar. Debes recordar lo estudiado en el tema y darte cuenta de que el isótopo inestable (o elemento padre) es el K y el estable (o elemento hijo) es el Ar.

Esto significa que si el elemento padre se ha reducido hasta la octava parte, desde su formación han transcurrido tres periodos de semidesintegración (en un periodo se habría reducido a 1/2, en dos periodos a 1/4 y en tres periodos a 1/8). Por todo esto, puedes concluir que la edad de la roca es de 3 900 millones de años (1 300 × 3).

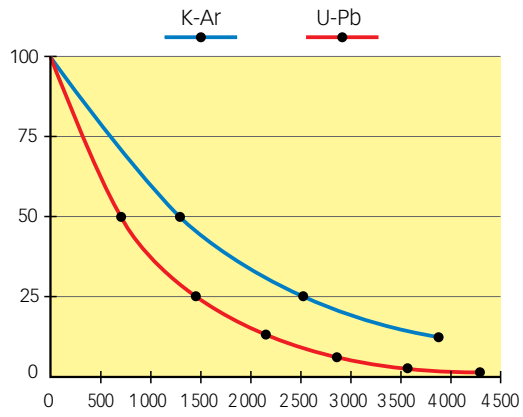
**b)** En el segundo análisis la proporción de U/Pb es de 1:63, o sea, por cada parte de U hay 63 de Pb; dicho de otra manera, 1/64 de U y 63/64 de Pb. En este caso, el isótopo inestable es el uranio, y el estable, el plomo.

Ahora el elemento padre se ha reducido hasta la sesenta y cuatroava parte; desde su formación han pasado seis periodos de semidesintegración (en cuatro periodos se habría reducido a 1/16, en cinco periodos a 1/32 y en seis periodos a 1/64). Ahora el cálculo es 713 × 6 = 4 278 millones de años.

Los dos resultados son distintos, aunque están alrededor de los 4 000 millones de años. Podríamos decir que la edad es aproximadamente la media, es decir, unos 4 140 ± 190 millones de años.

Por último, podrías realizar una gráfica en la que se muestren las dos curvas de desintegración y se vea como una (U-Pb) desciende más rápido, pues tiene un periodo de semidesintegración más corto que la otra (K-Ar). Lo que explica por qué al utilizar el análisis de distintos isótopos da aproximadamente la misma datación.

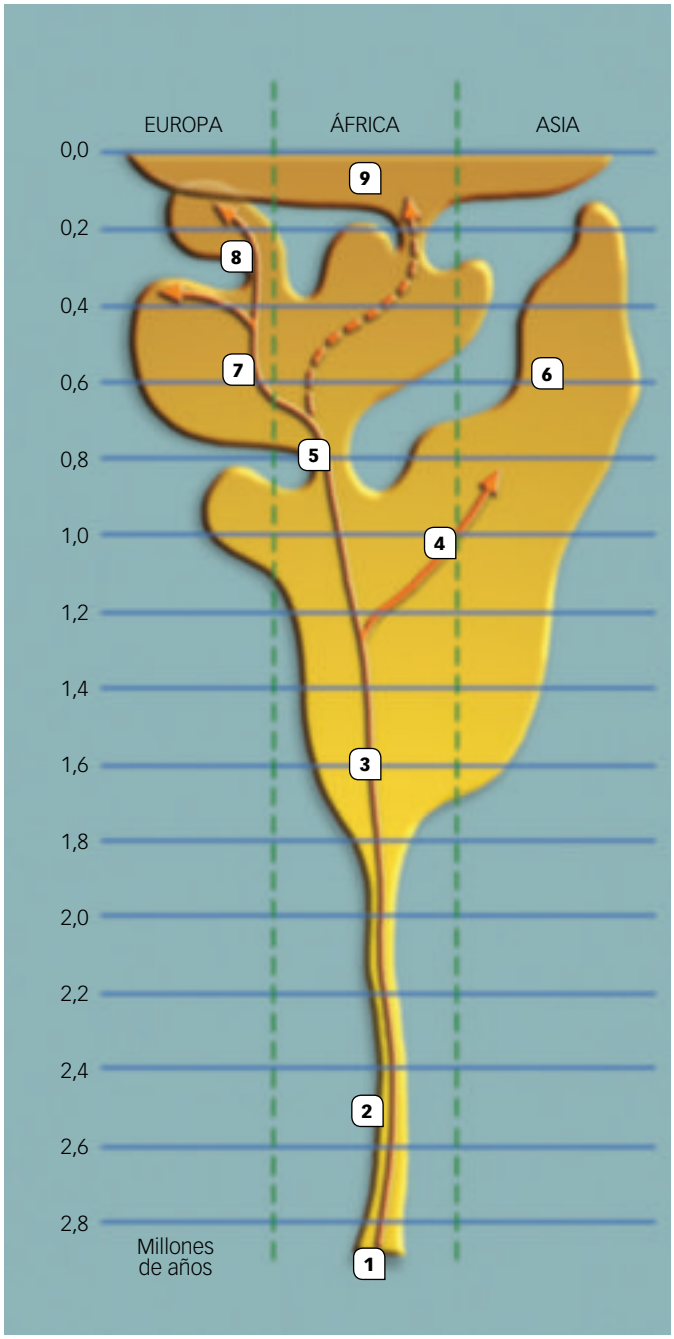
En la realidad se utiliza una fórmula exponencial y los datos son mucho más exactos que en el supuesto de este problema.




## PRACTICA

**1** Calcula la edad de una roca cuyas proporciones de rubidio-87 y estroncio-87 son de 1:1, sabiendo que el periodo de semidesintegración es de 47 000 millones de años.

# Evolución de nuestra especie




## ACTIVIDADES

**1** Observa la figura adjunta y contesta a las siguientes cuestiones.

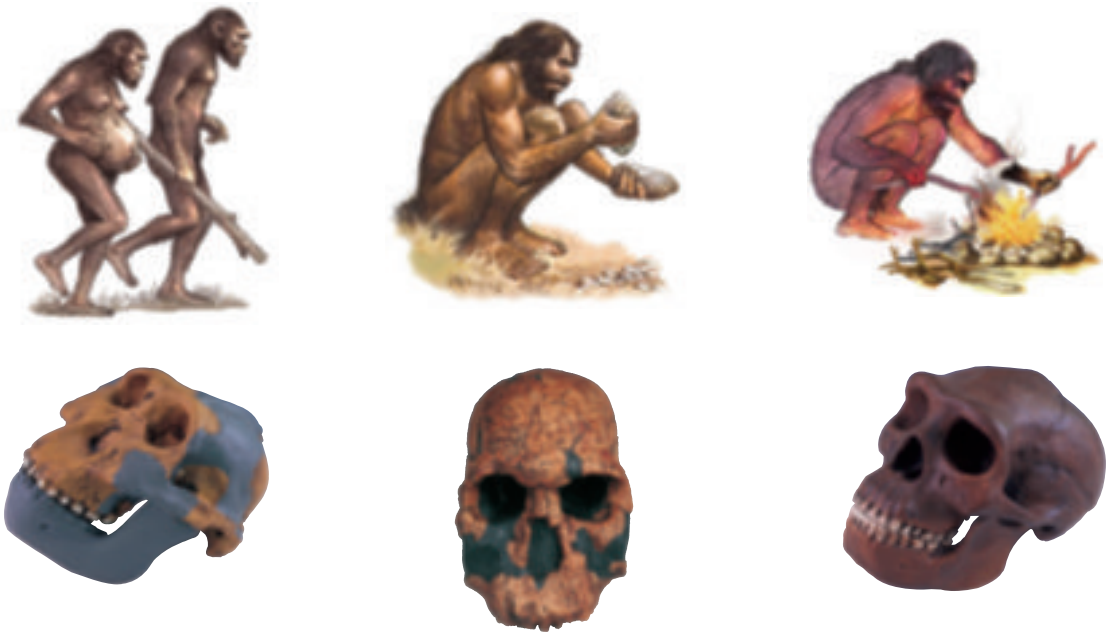
a) Escribe los nombres correspondientes a cada uno de los grupos humanos representados.

b) Explica, basándote en los datos que aporta el esquema y el contenido de tu libro de texto, cómo se produjo la evolución del género *Homo* hasta llegar al *Homo sapiens*.

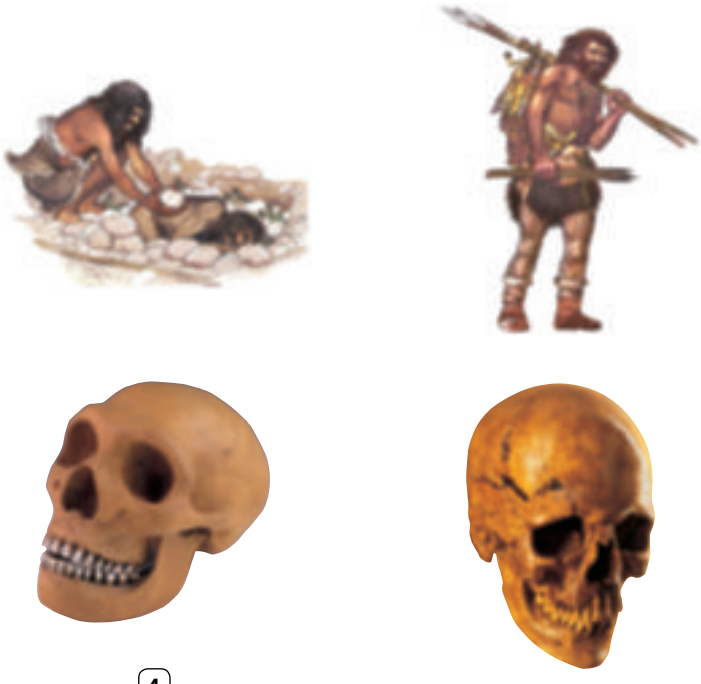
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Trabaja con imágenes

## Nuestra especie y especies anteriores



1 2 3



4 5

### ACTIVIDADES

**1** Escribe los nombres correspondientes a cada uno de los grupos humanos representados.

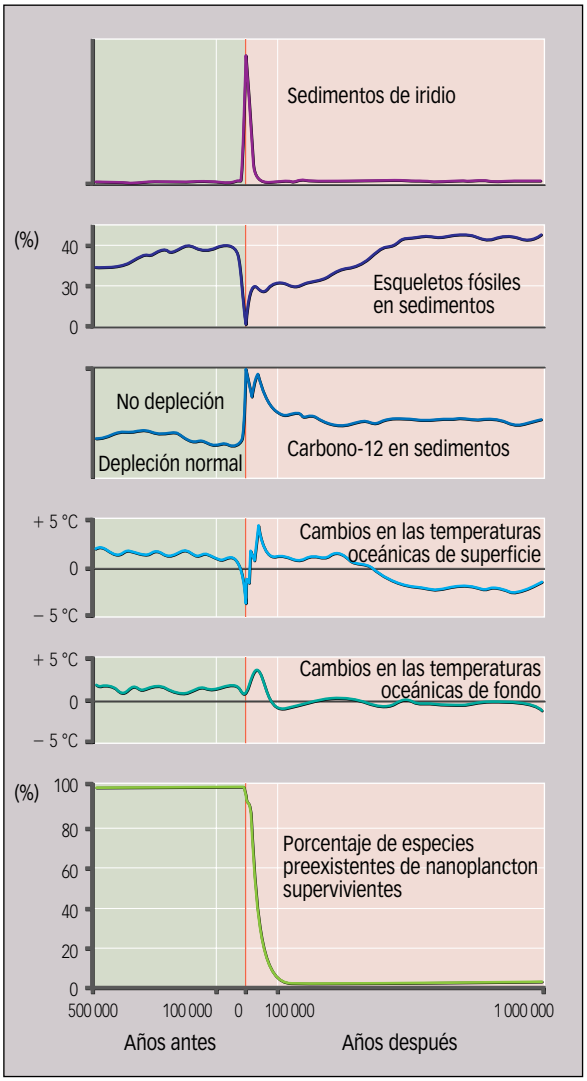
# ¿Qué sucedió en el planeta hace 65 millones de años?

Hace aproximadamente 65 millones de años se produjo el tránsito entre el Mesozoico y el Cenozoico. Este cambio de la época geológica fue muy traumático, ya que coincidió con la extinción de los dinosaurios, y además con variaciones importantes en las temperaturas de los océanos que acarrearon la desaparición de una gran cantidad de especies planctónicas.

En este momento, los hechos constatados de lo acaecido son los siguientes:

1. En el periodo entre el Mesozoico y el Cenozoico se depositó una capa de arcilla, que es especialmente rica en un elemento químico de gran rareza, el iridio, que, sin embargo, se encuentra con bastante frecuencia en los meteoritos.
2. En ese mismo momento, los océanos parecieron perder gran parte de los organismos vivos, ya que no hay constancia de ningún tipo de fósiles en los sedimentos que se formaron en esa época.
3. En coincidencia con ello, el empobrecimiento relativo de carbono-12 que se produce siempre en el agua del mar, como consecuencia de que los organismos seleccionan este isótopo con respecto al carbono-13, que es más pesado, habría también desaparecido. Como se observa que los sedimentos no muestran ningún tipo de selección entre isótopos, se corrobora la falta de vida en el océano.
4. En la temperatura de las aguas superficiales, se observa al principio un enfriamiento de alrededor de 5 °C y un ascenso térmico posterior de la misma magnitud. En las aguas del fondo, el descenso de las temperaturas es menos claro, y el ascenso es más suave.
5. En unos 100 000 años se extinguen completamente el total de especies del nanoplancton existentes en épocas anteriores.

Entre las hipótesis que se han dado para explicar este brusco cambio están la del impacto de un gran meteorito, o la de erupciones volcánicas de gran magnitud.




Cambios acaecidos en el tránsito del Mesozoico al Cenozoico.

## ACTIVIDADES

**1** ¿Cuál de las dos hipótesis, impacto de meteorito o vulcanismo, se considera más verosímil?

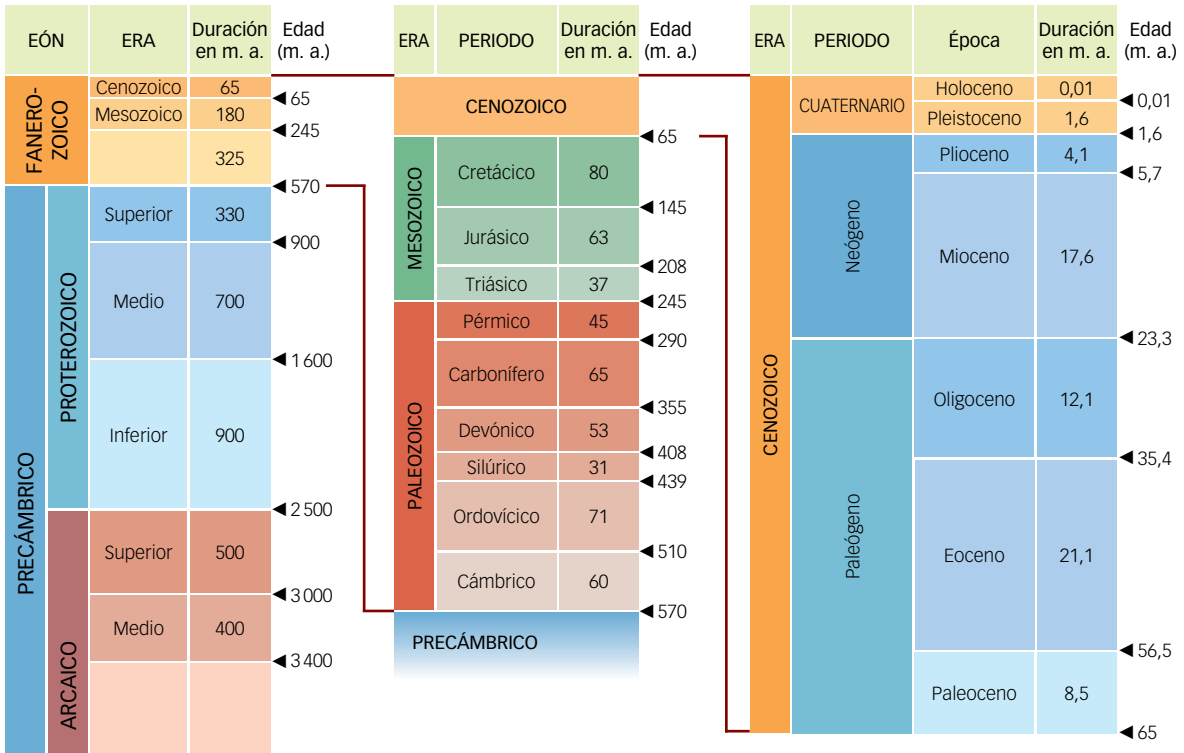
**2** En cualquiera de ellas, ¿cómo pueden explicarse los cambios de temperatura del mar, primero un enfriamiento y después un calentamiento?

**3** Si el causante hubiese sido un meteorito, ¿se deberían encontrar huellas de su impacto en la litosfera actual?

**4** En uno u otro caso, ¿a qué se debe la mortalidad de organismos del fitoplancton?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# El gran geocalendario




Escala de los tiempos geológicos o escala estratigráfica universal. El orden de los eones, eras, periodos, etc., representa el tiempo relativo. Las cifras corresponden al tiempo absoluto (considerando 0 como el presente). En la actualidad estamos en el periodo cuaternario, en la época denominada Holoceno. El eón previo al Arcaico recibe el nombre de Hádico, y se extiende desde el origen del planeta hasta la edad de la roca más antigua datada hasta el momento (unos 3 800 millones de años). Edades según Harland (1989).

## ACTIVIDADES

**Se propone un trabajo cooperativo del grupo-clase, si bien cada estudiante deberá realizar personalmente sus propios cálculos y aportar sus consideraciones a sus compañeros.**

**1** Representar mediante una escala gráfica el calendario o escala de los tiempos geológicos.

a) A tal fin debéis elegir la escala que os parezca más adecuada. Por ejemplo, imaginad que para representar los acontecimientos ocurridos en el último millón de años (parte de la evolución de homínidos o último periodo glaciar) decidís elegir: 1 millón de años (m. a.) = 1 metro (m). Con esta escala, podríais representar el Holoceno (11 700 años) y realizar correspondencias entre las épocas geológicas y las divisiones del tiempo histórico (Historia y Prehistoria). Sin embargo, utilizar esta escala implica que, para representar todo el periodo de la historia geológica de la Tierra, ¡necesitaríais 4 500 m de hilo! Si decidís cambiar de unidad, eligiendo por ejemplo representar 1 m. a. = 0,10 m = 10 cm, deberíais considerar si mediante esa unidad podéis representar de forma proporcionada los acontecimientos citados anteriormente.

b) Una vez establecida una unidad, calculad cuánto medirían cada una de las eras geológicas y sus respectivos periodos. Podéis realizar los cálculos o materializar vuestra escala mediante alguno de los siguientes métodos: hilos de lana de colores, cintas de colores, rollo de papel higiénico u otros. Una vez realizada la escala, podríais colgarla alrededor del aula e ir situando sobre ella los principales acontecimientos de la historia evolutiva de la vida desde su origen e imágenes de los seres vivos más representativos de cada época.

# Los *Australopithecus*

En el Mioceno, la selva se extendía por todo el continente africano, desde el Atlántico hasta el Índico. La formación, a finales del Mioceno y durante el Plioceno, de la gran fractura (el **Gran Valle del Rift**) que se extiende por Mozambique, los Grandes Lagos, Etiopía, el mar Rojo y mar Muerto, y que hoy continúa en expansión, originó las montañas, altiplanicies y lagos, que separan la fauna oriental de la occidental, y que **impiden la llegada de aire húmedo** procedente del Atlántico a la zona oriental. También durante el Mioceno, la deriva de la Antártida hacia el polo sur y la confluencia de Norteamérica y Euroasia hacia el polo norte originó **dos grandes áreas de acumulación de hielo**, que provocaron la disminución de la temperatura y de la humedad de la atmósfera, reduciéndose así las precipitaciones. Además, hace 8 m. a. se inició un **descenso de $CO_2$ en la atmósfera**, que es la fuente de carbono de las plantas. Todo ello hizo que en la zona oriental de África la selva dejara paso a la sabana, y que solo sobrevivieran los homínidos que pudieron evolucionar hacia la adaptación a vivir en un bosque aclarado.

Hace unos 5 m. a. un primate, del cual no se han hallado todavía los restos (el primer «eslabón perdido»), dio lugar a dos linajes: el linaje de los chimpancés y el de los homínidos. No se ha de decir, pues, que el ser humano desciende del mono, sino que los chimpancés y los humanos tenemos un antepasado común, y no muy lejano, dado que el genoma de ambos es idéntico en un 99,7 %.

La primera forma conocida del linaje de los homínidos es *Ardipithecus ramidus*, que vivió en Etiopía hace 4,5 m. a. en el interior de la selva. Se cree que llevaría una vida predominantemente arborícola. De él, por evolución, apareció hace de 4,2 a 3,9 m. a. el *Australopithecus anamensis* en Kenia, y hace de 3,6 a 3 m. a. el *Australopithecus afarensis* (300-400 $cm^3$) en Etiopía. Este último ya tenía unos pies como los nuestros y, por tanto, una marcha bípeda similar, como prueban las pisadas de Laetoli (Tanzania). A partir de esta especie, o tal vez antes, desde el *A. anamensis*, se originaron dos líneas evolutivas diferentes. Una de ellas encaminada hacia la alimentación omnívora, es decir, a aprovechar tanto los frutos carnosos y las hojas tiernas de la selva como los alimentos secos de la sabana. En ella se mantuvieron las formas gráciles y de pequeño tamaño (1,3 a 1,4 m), que dieron lugar al *Australopithecus africanus* (400-500 $cm^3$) en Sudáfrica, donde vivió desde hace 3,5 hasta hace 2,3 m. a., al *Australopithecus bahrelghazali* en el Chad, desde hace 3,5 hasta hace 3 m. a., y al *Homo habilis* en África oriental, desde hace 1,9 m. a. hasta hace 1,4 m. a.

**Cráneos de *Australopithecus*.**

La otra línea se encaminó hacia la especialización en la alimentación a partir de los alimentos secos que proporciona la sabana (semillas duras, legumbres, rizomas, tubérculos, bulbos, etc.). Ello comportó un progresivo aumento del tamaño de las mandíbulas, de las muelas, de la estatura, así como la aparición de cresta sagital para una mejor inserción de los músculos masticadores. En los inicios de esta línea está la especie *Australopithecus aethiopicus* en África oriental, donde vivió desde hace 2,5 hasta hace 2 m. a., de la que se cree derivaron el *Australophitecus boisei* en África del este y el *Australophitecus robustus* (1,6 a 1,7 m. a.) en África del sur, que vivieron desde hace 2,1 hasta hace 1,2 m. a.

Hace 2,8 m. a. se produjo el inicio de unas oscilaciones climáticas de gran longitud, que provocaron en el hemisferio norte, durante las épocas frías, la acumulación de hielo sobre las zonas continentales más septentrionales (glaciaciones), y consecuentemente la disminución de las precipitaciones en las zonas más meridionales. Debido a ello y a la orografía (Valle del Rift) de África, si bien en la parte occidental continuaron las selvas, pobladas de chimpancés y gorilas como en la actualidad, en la parte oriental estas disminuyeron en beneficio de una gran sabana. Tal vez esto provocó la extinción del *A. africanus*, que dependía en gran parte de las selvas, y favoreció la evolución hacia formas capaces de sobrevivir en la sabana (*A. boisei*, *A. robustus* y *Homo*).

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ACTIVIDADES

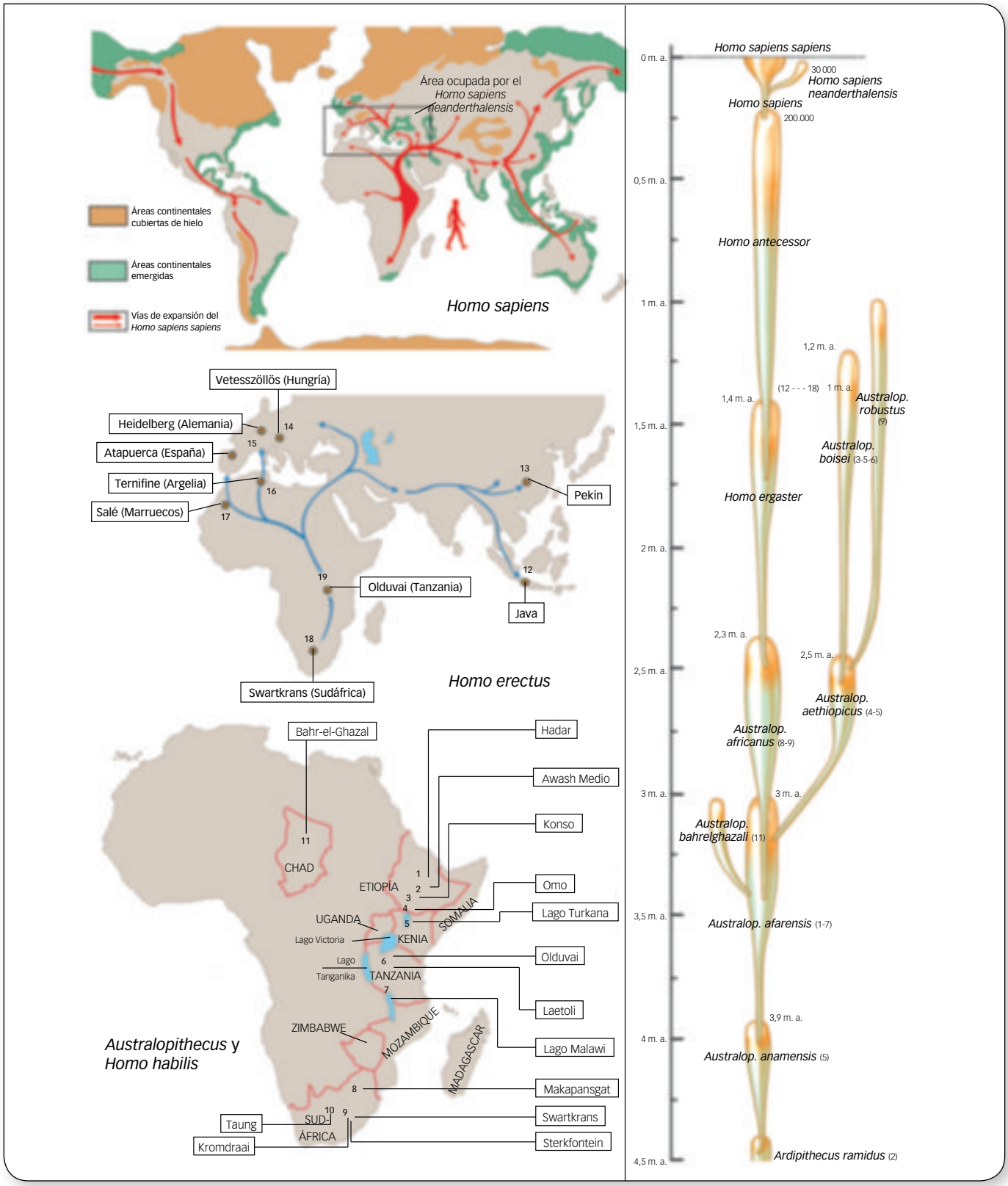
1. Las pisadas fósiles de Laetoli, mostradas en la fotografía de la derecha, ¿a qué tipo de homínido correspondían? Infórmate sobre el material en que dejaron su impronta dichas pisadas.

2. ¿Qué tipo de alimentación pudo condicionar la evolución humana?

3. ¿De qué manera el clima del hemisferio norte pudo influir en la evolución de los homínidos africanos?

**Pisadas fósiles de Laetoli (Tanzania).**

# La evolución de los homínidos



## ACTIVIDADES

**1** Observa los gráficos adjuntos y responde a las siguientes cuestiones.

a) ¿Cuándo aparece el primer *Homo* y cuál era su especie? ¿Por qué se caracterizaba?

b) ¿Cuál es la cuna de la humanidad?

c) ¿En qué fecha se localiza la aparición del *Homo sapiens*?

d) ¿Cómo llegaron los homínidos a América y cómo colonizaron dicho continente? ¿Qué circunstancia geológica favoreció la colonización de América por el *Homo sapiens*?

e) En el excepcional yacimiento de Atapuerca (Burgos) aparecen restos de tres especies de *Homo*: *H. antecessor*, *H. heidelbergensis* y *H. sapiens*. A partir de la escala de tiempo adjunta, deduce una posible antigüedad del yacimiento y busca información sobre los métodos de datación que se han empleado para ir determinando su antigüedad. ¿Coincide con tu predicción?

f) ¿Has oído hablar del hombre de Cromañón? Busca información sobre este tipo humano e indica a qué especie pertenecía y en que época vivió.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Las grandes crisis biológicas

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación acerca de las causas de las mayores crisis ambientales del pasado geológico.

**Otras investigaciones sugeridas**

¿Mediante qué mecanismos habría podido la tectónica de placas contribuir a la evolución de las especies y a las extinciones en masa? ¿Por qué el efecto del impacto de un asteroide ha sido comparado con el modelo (simulado) del «invierno nuclear»? Posibles hipótesis, causas internas y externas, para explicar la extinción simultánea de los dinosaurios («reyes» de los continentes) y de varios organismos marinos (cita el grupo principal). La extinción más famosa es la de los dinosaurios, pero otra la superó en magnitud. ¿Cuál? ¿Cómo se registra en el Gran Calendario?

**Fuentes de la investigación**

- Biblioteca de investigación. Palabras clave: *Las cinco extinciones en masa*.
- Diversos vídeos. Palabras clave: *las ocho extinciones masivas de la tierra*, *la sexta extinción*, *extinción K-T (de los dinosaurios)*.

**Realización.** Equipos de 3-5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 3 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital seguida de un debate de 45 minutos aproximadamente.

### TEN EN CUENTA QUE

El aumento de biodiversidad que ocurrió con la aparición de los organismos pluricelulares fue grandioso, pero no irreversible. El registro paleontológico pone en evidencia la aparición, en ocasiones explosiva, y la expansión de especies que ocupan mayor número de biotopos, y periodos de extinción a lo largo de los cuales muchas especies desaparecen y son sustituidas por otros grupos, si bien la biosfera nunca se ha extinguido totalmente en los últimos 4 000 m. a.

### LO QUE DEBES SABER

- **Extinción en masa:** extinción de tipo catastrófico, causada en tiempos geológicamente breves (de varios miles a un millón de años) por eventos a escala global, como la intensificación de la actividad geológica terrestre (periodos de supererupciones volcánicas y glaciaciones globales), o por fenómenos extraterrestres (impacto de asteroides, radiaciones emitidas por explosión de supernova, etc.), que, en última instancia, se tradujeron en variaciones climáticas bruscas que alteraron las cadenas tróficas. Durante estos episodios se extinguen un gran número de géneros y/o especies (del 50 al 90 %). Hubo cinco extinciones mayores y menores y, ahora, estamos asistiendo a la sexta, causada por nosotros, los seres humanos.
- **Extinción de fondo:** se calcula que el periodo de supervivencia de una especie es de 5-10 m. a. y que de los 900 millones de especies que han poblado la Tierra, prácticamente el 99 % se han extinguido gradualmente, a consecuencia de cambios geológicos lentos, como el desplazamiento de las placas litosféricas, transgresiones y regresiones, etc.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Antropoceno: ¿nueva época geológica?

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación para documentar el estado del debate sobre la creación del Antropoceno como una nueva época geológica, cuyo comienzo es objeto de controversia, dado que algunos autores lo sitúan a partir de impactos humanos sobre el planeta, como la «revolución agrícola» (Neolítico), la expansión de la actividad minera (3 000 años) o la Revolución Industrial (hacia 1750), y otros con el comienzo de la «era atómica» (años cincuenta del pasado siglo).

**Otras investigaciones sugeridas.** El símbolo más eficaz del impacto humano sobre la «economía» del planeta es la curva exponencial, que expresa la manera de crecer una determinada variable. Busca y analiza al menos cinco de estas curvas (por ejemplo, aumento de gases invernadero, consumo de suelo...).

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- National Geographic. Palabras clave: *la era del hombre national geographic*, *antropoceno national geographic*
- Agencia Efe. Palabras clave: *el antropoceno tiempo geológico del hombre.*

Referencias bibliográficas:

- *Can nuclear weapons fallout mark the beginning of the Anthropocene Epoch?* Varios autores. Bulletin of the Atomic Scientists 2015, vol. 71 (3) 46-57.

**Realización.** Equipo(s) de 3-5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 3 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital seguida de un debate.

### TEN EN CUENTA QUE

El término *Antropoceno* fue acuñado en el año 2000 por el ganador del Premio Nobel Paul Crutzen (un químico de la atmósfera) por analogía con la palabra *Holoceno* (últimos 11 700 años, desde el final de la última fase glacial). Él propuso llamar así a la parte más reciente del Holoceno para subrayar el enorme impacto de los seres humanos sobre el planeta a partir de la Revolución Industrial (últimos 250 años).

Los geólogos discuten el asunto en la Comisión Internacional de Estratigrafía, que sigue un criterio rígido: un límite de edad debe ser reconocible en el campo mediante algún tipo de evidencia. Además, en caso de ser aceptado, el Antropoceno no podría ser una era, ni un periodo, sino una época.

### LO QUE DEBES SABER

- **Eón:** división mayor del tiempo geológico. El límite entre eones debe ser un cambio fundamental en la historia de los organismos vivos.
- **Era:** subdivisión del eón, que, a su vez, se divide en periodos. El paso de una era a otra está definida por eventos de extinciones masivas, globales, que suponen una renovación significativa de las biotas del planeta, marina y terrestre.
- **Periodo:** subdivisión de las eras, que, a su vez, se divide en épocas. Suelen reflejar cambios mayores en las biotas de cada era o aspectos mayores de condiciones climáticas o geológicas.
- **Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS):** subcomité científico de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) que se ocupa de la estratigrafía, geología y geocronología a escala mundial.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 7 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Los siguientes criterios fueron utilizados en el siglo XIX para distinguir la eras geológicas, excepto uno. Indícalo.

- ☐ **a.** Paleontológico (asociaciones de fósiles, extinciones en masa, etc).
- ☐ **b.** Geométrico (discordancias).
- ☐ **c.** Radiométrico (datación «absoluta» de las rocas mediante elementos radioactivos).
- ☐ **d.** Tectónico (orogenias).

**2** ¿Cuál es el principal daño que el «calentamiento global» puede causar a los organismos marinos?

- ☐ **a.** Ninguno.
- ☐ **b.** Aumento de acidez del agua.
- ☐ **c.** Aumento del contenido en azufre.
- ☐ **d.** Menor aporte de nutrientes.

**3** La extinción en masa al final de la era mesozoica:

- ☐ **a.** Hizo desaparecer solamente los dinosaurios.
- ☐ **b.** Exterminó todos los reptiles.
- ☐ **c.** Afectó a varios grupos de organismos, tanto continentales como marinos.
- ☐ **d.** Fue la más grande y catastrófica de las extinciones conocidas.

**4** ¿Qué material se ha utilizado para determinar la edad de la Tierra (4,5 miles de millones de años)?

- ☐ **a.** Meteoritos.
- ☐ **b.** Rocas de la Luna (traídas por las misiones Apolo).
- ☐ **c.** Rocas terrestres en las partes más antiguas de los continentes.
- ☐ **d.** Rocas de los fondos oceánicos.

**5** ¿En qué consiste una «datación relativa»?

- ☐ **a.** Datar una roca respecto a una referencia convencional (como a. C. o d. C. por la Historia).
- ☐ **b.** Datar una roca utilizando la radioactividad.
- ☐ **c.** Establecer el orden de superposición de las capas (unidades estratigráficas) y su posición en relación con unas «líneas guía» (fósiles o niveles característicos).
- ☐ **d.** Contar el número de estratos y calcular su velocidad de sedimentación comparándolos con los ambientes y procesos actuales (principio del actualismo).

**6** Las grandes orogenias:

- ☐ **a.** Han aumentado la superficie de los continentes.
- ☐ **b.** Han hecho hundir partes de los continentes.
- ☐ **c.** Han causado trastornos biológicos.
- ☐ **d.** Han formado nuevos océanos.

**7** ¿Qué significa *correlacionar* en Geología?

- ☐ **a.** Comparar cortes diferentes.
- ☐ **b.** Comparar facies (ambientes) diferentes de la misma unidad estratigráfica.
- ☐ **c.** Demostrar la equivalencia de edad (relativa o absoluta) de superficies o estratos geográficamente separados.
- ☐ **d.** Comparar estratos marinos y continentales de la misma edad.

**8** La datación «absoluta» (radiométrica) de una roca se puede hacer y es fiable si:

- ☐ **a.** Contiene tanto elementos radioactivos como sus productos de desintegración.
- ☐ **b.** El material radioactivo no se ha alterado (meteorizado) y se ha conservado en su ambiente de origen.
- ☐ **c.** Tiene una antigüedad superior a 100 000 años.
- ☐ **d.** Es de origen químico.

**9** ¿Cuándo aparecieron por primera vez organismos pluricelulares comparables a los actuales?

- ☐ **a.** Hace unos 2 000 millones de años.
- ☐ **b.** Hace unos 600 millones de años.
- ☐ **c.** En la era paleozoica.
- ☐ **d.** En la era mesozoica.

**10** Los primeros organismos que conquistaron las tierras firmes eran:

- ☐ **a.** Plantas.
- ☐ **b.** Peces que desarrollaron pulmones.
- ☐ **c.** Anfibios.
- ☐ **d.** Reptiles.

SOLUCIONES

**1** c, **2** b, **3** c, **4** a, **5** c, **6** a, **7** c, **8** b, **9** a, **10** a

# 7 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Realiza un esquema en el que se muestre la división del tiempo durante el Precámbrico, indica las fechas correspondientes al comienzo de cada periodo. En dicho esquema sitúa de forma ordenada los siguientes acontecimientos:

a) Aparición de primeros seres vivos pluricelulares.

b) Grandes depósitos de hierro por oxidación a partir de oxígeno liberado por fotosíntesis de las cianobacterias.

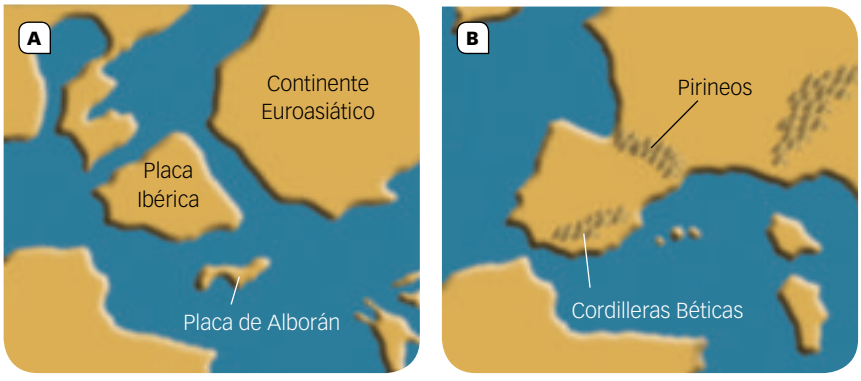
c) Origen de la Tierra.

d) Primeras evidencias de actividad biológica.

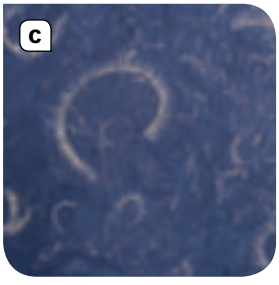
**2** Indica qué tipos vegetales y animales son característicos del Silúrico y del Devónico.

**3** Explica brevemente cómo era la fauna del Jurásico.

**4** Observa el siguiente dibujo y explica qué representa, qué cambios tuvieron lugar durante el proceso indicado y cuándo ocurrieron.




**5** Identifica los siguientes fósiles marinos, indica el nombre de cada uno de ellos y el periodo de tiempo al que caracterizan.



**6** a) ¿A qué denominamos fósil guía o fósil característico? Indica un ejemplo.

b) ¿Qué importancia tiene en geología la aparición de uno de estos tipos de fósiles característicos?

**7** Imagina que quieres averiguar la edad absoluta de una arena de playa. ¿Qué método utilizarías y por qué?

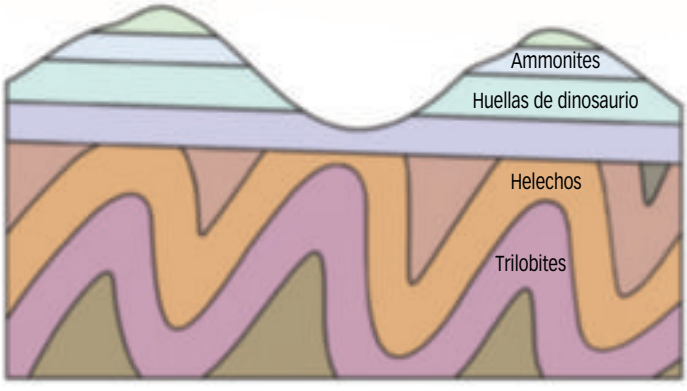
**8** a) ¿Cuál fue el antecesor del género *Homo*?

b) ¿Cuál es la primera especie conocida del género *Homo*? ¿Qué lo caracterizaba? ¿Cuál es su antigüedad?

**9** Completa la siguiente tabla.

| | Aparición | Diversificación | Extinción (en caso de haberse producido) |
|---|---|---|---|
| **Peces** | | | |
| **Reptiles** | | | |
| **Aves** | | | |
| **Ammonites** | | | |
| **Insectos sociales** | | | |
| **Angiospermas** | | | |

**10** Observa el corte geológico y responde a las siguientes cuestiones.




a) ¿Cuántas series estratigráficas aprecias? Indica la edad (era) de cada una de ellas.

b) ¿Son concordantes o discordantes entre sí? Señala la posible discordancia y de qué tipo es.

c) ¿En qué ambientes sedimentarios se habrían depositado los materiales de los estratos que contienen ammonites y huellas de dinosaurios así como helechos y trilobites? ¿Cuál será la litología más probable de dichas rocas?

d) Describe brevemente la historia geológica representada en el corte.

# 7 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿A qué se denomina *Proterozoico*, qué antigüedad tiene y cuáles fueron los principales acontecimientos ocurridos en él?

**2** ¿Qué procesos geológicos importantes ocurrieron en el Carbonífero? ¿Dónde se encontraba situada la península ibérica en aquel periodo?

**3** ¿Qué ocurrió en la actual península del Yucatán (México) durante el Cretácico? ¿Cuáles fueron las consecuencias de este suceso?

**4** Explica la orogenia alpina y sus consecuencias.

**5** a) ¿Qué tipo de información nos aporta el estudio de los fósiles guía o fósiles característicos?

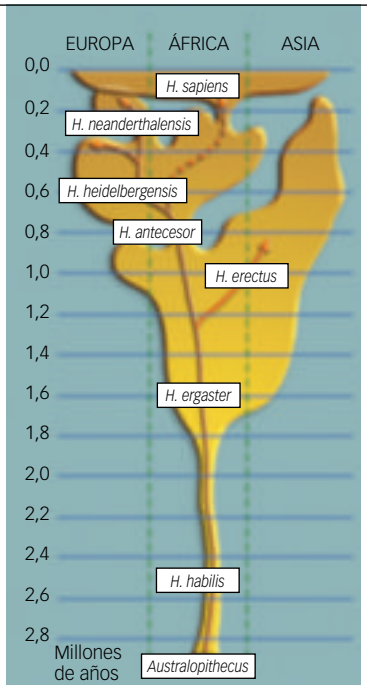
b) ¿Qué condiciones debe cumplir un fósil para ser considerado fósil guía o característico? Pon dos ejemplos.

**6** Indica el nombre de cada uno de los siguientes fósiles, su hábitat y de qué épocas son característicos.

A

B

C



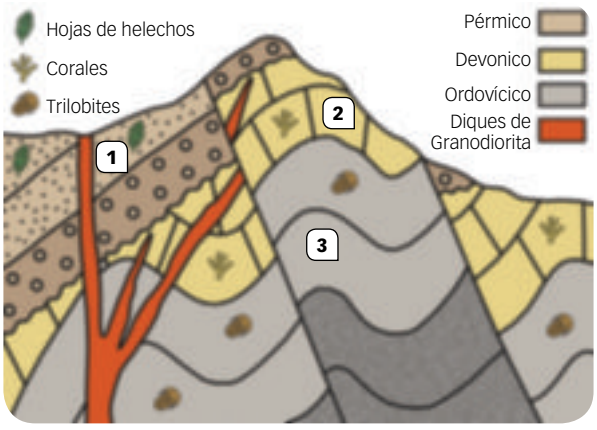

**7** Observa la representación de la derecha y explica, basándote en los datos que aporta, cómo se produjo la evolución del género *Homo* hasta llegar al *Homo sapiens*.

**8** Si al analizar una mica biotita contenida en un granito observas que contiene un 25 % de $^{40}K$ y un 75 % de $^{40}Ca$, ¿qué podrías deducir?

**9** Completa la siguiente tabla.

| | Aparición | Diversificación | Extinción (en caso de haberse producido) |
|---|---|---|---|
| **Anfibios** | | | |
| **Mamíferos** | | | |
| **Trilobites** | | | |
| **Plantas coníferas** | | | |
| **Praderas de gramíneas** | | | |

**10** Observa el corte geológico y responde a las siguientes cuestiones.




a) ¿Cuántas unidades estratigráficas hay? Señala las posibles discordancias

b) Indica si las fallas son directas o inversas, y si son anteriores o posteriores al Pérmico.

c) Atribuye a cada unidad un medio sedimentario, e indica qué periodos intermedios no están representados.

d) ¿Todos los estratos fueron plegados en una misma orogenia? Justifica tu respuesta.

e) Describe, breve y ordenadamente, la historia geológica representada en el corte.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B9-1.** Deducir a partir de mapas topográficos y cortes geológicos de una zona determinada la existencia de estructuras geológicas y su relación con el relieve. | **B9-1.1.** Interpreta y realiza mapas topográficos y cortes geológicos sencillos. | 4 y 10 | 4 y 10 |
| **B9-2.** Aplicar criterios cronológicos para la datación relativa de formaciones geológicas y deformaciones localizadas en un corte geológico. | **B9-2.1.** Interpreta cortes geológicos y determina la antigüedad de sus estratos, las discordancias y la historia geológica de la región. | 1, 7 y 10 | 1, 2, 8 y 10 |
| **B9-3.** Interpretar el proceso de fosilización y los cambios que se producen. | **B9-3.1.** Categoriza los principales fósiles guía, valorando su importancia para el establecimiento de la historia geológica de la Tierra. | 2, 3, 5, 6, 8 y 9 | 3, 5, 6, 7 y 9 |

## Control B

**1**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **FANEROZOICO** | 542 m. a. | | |
| **PRECÁMBRICO** | 2 500 m. a. | Proterozoico | b y a |
| | 4 000 m. a. | Arcaico | d |
| | 4 500 m. a. | Hádico | c |

**2** Durante el periodo Silúrico, los primeros vegetales con tejidos conductores colonizaron la tierra firme. Estos primeros vegetales eran pteridofitas, como los actuales helechos, que formaron extensos bosques durante el Devónico. También colonizaron los ambientes terrestres muchos invertebrados: moluscos, como los caracoles; artrópodos, como los insectos, arácnidos y miriápodos; anélidos y platelmintos.

En el Devónico aparecieron las primeras plantas con semillas desnudas, las coníferas. Los vertebrados colonizaron a su vez el medio terrestre y surgieron los anfibios, a partir de un grupo de peces de agua dulce.

**3** Los reptiles se diversificaron dando lugar a las tortugas, los lagartos, las serpientes, los cocodrilos, los dinosaurios, los reptiles marinos y los reptiles voladores. Aparecieron las aves, originadas a partir de un grupo de dinosaurios carnívoros que desarrollaron plumas y la capacidad de volar.

Los mamíferos se originaron a partir de los terápsidos, un grupo de reptiles del final del Paleozoico.

**4** Representa la orogenia alpina, que tuvo lugar durante el Terciario. Se produjeron varias colisiones de continentes en la zona entre África y Eurasia. La India, que se había separado de África en el Cretácico, derivó en dirección norte y colisionó contra el sur de Asia, levantando el relieve del Himalaya. La placa ibérica realizó un giro abriendo el mar Cantábrico y se incrustó contra el sur de Europa, levantando el relieve de los Pirineos y la cordillera cantábrica.
Una pequeña placa, la de Alborán, colisionó contra el sureste de la península ibérica y levantó las cordilleras béticas, produciendo también la elevación del Sistema Central y el Sistema Ibérico. La península de Arabia se separó también de África, abriendo el mar Rojo, y se desplazó hacia el norte, colisionando contra Asia y levantando los Montes Zagros y el Cáucaso. Como resultado de todas estas colisiones, el mar de Thetis se cerró por el este y quedó convertido en el actual Mediterráneo.

**5** A. Trilobites (artrópodo). Era primaria o Paleozoico, desde el Cámbrico al Pérmico.

B. Ammonites (molusco cefalópodo). Era secundaria o Mesozoico, del Jurásico y Cretácico.

C. Graptolitos. Era primaria o Paleozoico, del Cámbrico al Carbonífero.

**6** **a)** Se denomina fósil característico o fósil guía al que nos permite atribuir una edad absoluta y un ambiente sedimentario a la unidad que lo contiene. Por ejemplo, los ammonites son fósiles característicos de ambientes marinos del Mesozoico.

**b)** Se utilizan para determinar la edad de los sedimentos que forman las rocas que los contienen, o el medio ambiente en el que se depositaron tales sedimentos. También se emplean para comparar o relacionar rocas expuestas en lugares distintos (correlaciones estratigráficas). Además, su estudio nos sirve para determinar la historia de los seres vivos y la evolución geológica de la Tierra.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**7** El método del carbono 14 (relación $^{14}C/^{12}C$), porque se trata de un sedimento más o menos reciente (Holoceno, época del Cuaternario). Algunos de sus granos pueden ser heredados de rocas muy antiguas erosionadas, pero es posible que contenga pequeños fragmentos de conchas u otros organismos marinos triturados.

**8** **a)** El género *Autralopithecus*.

**b)** La primera especie conocida del género humano es el *Homo habilis* (2,6 m. a.), que era capaz de fabricar herramientas.

**9**

| | Aparición | Diversificación | Extinción (en caso de haberse producido) |
|---|---|---|---|
| **Peces** | Ordovícico (Paleozoico) | Hasta la actualidad | … |
| **Reptiles** | Pérmico (Paleozoico) | Mesozoico | … |
| **Aves** | Jurásico (Mesozoico) | Cenozoico | … |
| **Ammonites** | Jurásico (Mesozoico) | Jurásico-Cretácico | Cretácico (Límite KT) |
| **Insectos sociales** | Cretácico (Mesozoico) | Hasta la actualidad | … |
| **Angiospermas** | Cretácico (Mesozoico) | Hasta la actualidad | … |

**10** **a)** En este corte aparecen dos series, discordantes entre sí. La inferior pertenece al Paleozoico, y la superior, al Mesozoico.

**b)** Hay una discordancia angular entre ambas.

**c)** Los ammonites son cefalópodos nadadores marinos. En cuanto a las huellas de dinosaurios, los plesiosaurios eran dinosaurios marinos y el resto eran terrestres (incluidos los voladores), por lo que los ambientes de sedimentación pueden ser variados. En general suelen considerarse los dinosaurios terrestres cuyo hábitat se relaciona con medios de transición (lagunas costeras, deltas, etc.). El material litológico que mejor conserva sus huellas son las calizas, margas y limolitas.

Respecto al paquete inferior, los helechos son pteridofitas que colonizaron los continentes durante el Devónico y alcanzaron gran desarrollo durante el Carbonífero, donde helechos arborescentes formaban grandes bosques tropicales, origen de los actuales yacimientos de hulla (carbón). También se asocian a pizarras. Los trilobites eran artrópodos paleozoicos que vivían en el fondo del mar.

**d)** Sedimentación en los mares paleozoicos de los materiales de la unidad inferior, y posterior plegamiento de los estratos (orogenia) y posible emersión y erosión del conjunto. Subsidencia del conjunto anterior y depósito en los fondos marinos de los materiales mesozoicos; plegamiento posterior, emersión y erosión que da como resultado el relieve actual.

## Control A

**1** El Proterozoico es una de las divisiones del eón precámbrico, que comenzó hace 2 500 m. a. En lo biológico, tiene gran importancia porque la actividad fotosintética de las cianobacterias, que producía oxígeno molecular ($O_2$) como residuo, volvió oxidantes las aguas de los océanos. Este hecho causó la oxidación, precipitación y acumulación del hierro, que permanecía disuelto formando enormes depósitos de óxidos de hierro. Finalmente, el oxígeno saturó las aguas y se difundió a la atmósfera, que también se volvió oxidante. Además, hace 1 000 m. a. aparecieron las primeras evidencias de seres vivos pluricelulares similares a gusanos que vivían enterrados en sedimentos marinos.

En cuanto a acontecimientos geológicos, todas las placas litosféricas continentales quedaron unidas, formando un supercontinente conocido como Rodinia. Hace 800 m. a. Rodinia se fragmentó lentamente en diversos continentes. El planeta sufrió cuatro episodios de glaciación generalizada (glaciaciones «bola de nieve») entre 770 y 585 m. a. Posiblemente, más del 90 % de la superficie terrestre quedó cubierta de hielo.

**2** Tras la rotura de Rodinia, los continentes que se habían dispersado durante la primera parte del Paleozoico comenzaron a colisionar entre sí en el Carbonífero. El resultado de estas colisiones fue un levantamiento de montañas, que ha recibido el nombre de orogenia hercínica. Durante el Carbonífero, el territorio que actualmente forma la península ibérica se encontraba muy próximo al ecuador y tenía un clima tropical, como demuestran los grandes yacimientos de carbón (a partir de grandes bosques de helechos) que actualmente se explotan en la cuenca minera asturiana, León y Ciudad real.

**3** La extinción en masa al final del Mesozoico se relaciona con la colisión de un asteroide de unos diez kilómetros de diámetro en la plataforma continental atlántica, en la actual península de Yucatán (México). Este impacto causó incendios devastadores y el vertido de cenizas a la atmósfera, lo que produjo una oscuridad total durante años o miles de años. Esto desembocó en un larguísimo invierno, con temperaturas muy bajas, seguido de un periodo de calor sofocante por el efecto invernadero debido al vertido de $CO_2$ en la atmósfera, y una contaminación de mares y océanos a escala global, ocasionado por la lluvia ácida y las sustancias tóxicas producidas como consecuencia del impacto.

**4** La orogenia alpina, que tuvo lugar durante el Terciario, fue consecuencia de las colisiones entre continentes que se produjeron en la zona entre África y Eurasia. La India, que se había separado de África en el Cretácico, derivó en dirección norte y colisionó contra el sur de Asia, levantando el relieve del Himalaya; la placa ibérica realizó

un giro abriendo el mar Cantábrico y se incrustó contra el sur de Europa, levantando el relieve de los Pirineos y la cordillera Cantábrica. Una pequeña placa, la de Alborán, colisionó contra el sureste de la península ibérica y levantó las cordilleras Béticas, produciendo también la elevación del Sistema Central y el Sistema Ibérico. La península de Arabia se separó también de África, abriendo el mar Rojo, y se desplazó hacia el norte, colisionando contra Asia y levantando los montes Zagros y el Cáucaso. Como resultado de todas estas colisiones, el mar de Thetis se cerró por el este y quedó convertido en el actual Mediterráneo.

**5** **a)** Se utilizan para determinar la edad de los sedimentos que forman las rocas que los contienen, o el medio ambiente en el que se depositaron tales sedimentos. También se emplean para comparar o relacionar rocas expuestas en lugares distintos (correlaciones estratigráficas). Además, su estudio nos sirve para determinar la historia de los seres vivos y la evolución geológica de la Tierra. Por ejemplo, los trilobites del Paleozoico y los ammonites del Mesozoico (Jurásico y Cretácico) ambos propios de ambientes marinos.

**b)** A tal fin, deben cumplir los siguientes requisitos:

– Una gran expansión geográfica, de manera que se pueda encontrar en áreas muy distantes.

– Una existencia corta, es decir, un intervalo de tiempo breve desde su aparición hasta su extinción. Uno de los ejemplos más característicos en este caso, es el de los nummulites (fotografía en página 134 del libro del alumno), foraminíferos planctónicos que caracterizan la base del Cenozoico.

– Una gran abundancia, que se encuentre con facilidad en las rocas.

**6** A. Ammonites, cefalópodo marino del Mesozoico (Jurásico y Cretácico).

B. Helecho, pteridofita continental (bosques) del Paleozoico (a partir del Devónico, que es cuando las plantas conquistan tierra firme).

C. Ortocerátido, cefalópodo marino (grupo de los nautiloideos) del Paleozoico (Devónico).

**7** Hace unos tres millones y medio de años, el clima en el norte de África se hizo más seco y las selvas empezaron a retroceder para dar paso a amplias extensiones de sabana. En aquellas sabanas vivían los *Australopithecus*, un género de primates que caminaban erguidos, aunque probablemente trepaban a los árboles con facilidad. Este género es el que dio lugar al género *Homo*. El homínido *Homo habilis* era capaz de fabricar herramientas. Su descendiente, *Homo ergaster*, perfeccionó la fabricación de utensilios y, probablemente, fue el primero en aprovechar el fuego natural, aunque no era capaz de controlarlo. Hay dos especies descendientes de *Homo ergaster*: *Homo erectus*, que salió de África y colonizó Asia, donde se extinguió hace apenas 200 000 años, y *Homo antecessor*, que colonizó Europa. Este último dio lugar a dos nuevas especies: *Homo heidelbergensis* y *Homo neanderthalensis*, el llamado hombre de Neandertal. Tanto *H. antecessor* como *H. heidelbergensis* y *H. neanderthalensis* dejaron en Europa, y en nuestra península en concreto, huellas de su actividad. Pero aquellos primeros europeos no son nuestros antepasados. En África habían quedado poblaciones de *H. antecessor*, y de ellas surgió el *Homo rodhesiensis*, quien, a su vez, dio lugar en el mismo continente africano a la especie *Homo sapiens*, el ser humano actual. *H. sapiens* abandonó África hace menos de 200 000 años y colonizó Asia y Europa, donde convivió con los neandertales, quienes se extinguieron hace apenas 25 000 años, quedando únicamente nuestra especie.

**8** Se podría deducir que han transcurrido dos periodos de semidesintegración completos en la roca. El razonamiento sería el siguiente:

$$100\,\%\ {}^{40}K \rightarrow 50\,\%\ {}^{40}K\ 50\,\%\ {}^{40}Ca$$

$$\underline{50\,\%\ {}^{40}K \rightarrow 25\,\%\ {}^{40}Ca\ 25\,\%\ {}^{40}K}$$

$$75\,\%\ {}^{40}Ca\ 25\,\%\ {}^{40}K$$

**9**

| | Aparición | Diversificación | Extinción (en caso de haberse producido) |
|---|---|---|---|
| **Anfibios** | Devónico (Paleozoico) | Hasta la actualidad | … |
| **Mamíferos** | Jurásico (Mesozoico) | Cenozoico | … |
| **Trilobites** | Cámbrico (Paleozoico) | Durante el Paleozoico | Final del Paleozoico |
| **Plantas coníferas** | Devónico (Mesozoico) | Hasta la actualidad | … |
| **Praderas de gramíneas** | Paleógeno (Cenozoico) | Hasta la actualidad | … |

**10** **a)** Hay tres unidades estratigráficas: la inferior (3), formada por materiales del Ordovícico; la intermedia (2), formada por materiales del Devónico, y la superior (1), formada por los materiales del Pérmico. Las unidades 2 y 3 son concordantes desde el punto de vista geométrico; sin embargo, entre ellas existe una discontinuidad en la sedimentación (faltan los materiales del Silúrico, lo que recibe el nombre de laguna estratigráfica o hiato). Entre la unidad 1 y la unidad 2 existe una discordancia erosiva, es decir, que la unidad inferior emergió, quedando expuesta a la erosión subaérea, posteriormente fue sumergida y sobre ella se depositaron los materiales del Pérmico (en la columna estratigráfica faltarían también los materiales del Carbonífero).

**b)** Las fallas afectan a todas las unidades, luego son posteriores al Pérmico. La falla de la derecha es normal o directa (sobre el plano de falla se observan los materiales más modernos apoyados sobre los más antiguos), mientras que la falla de la izquierda es inversa (los materiales más antiguos se apoyan sobre los más modernos).

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**c)** Los fósiles nos indican lo siguiente:

– Materiales ordovícicos que contienen trilobites: ambiente marino.

– Materiales devónicos que contienen corales: ambiente marino de arrecife.

– Materiales pérmicos que contienen helechos: ambiente continental (palustre).

En la columna estratigráfica de esta zona no aparecen materiales del Silúrico ni del Carbonífero.

**d)** Las unidades 2 y 3 fueron plegadas por la orogenia hercínica o varisca que comenzó a desarrollarse en el Carbonífero. La unidad 1 del Pérmico habría sido plegada más tarde por la orogenia alpina.

**e)** La historia que podemos leer en las rocas del corte empieza con la unidad más baja de la serie, de edad ordovícica: en aquel tiempo se depositaron fangos de limo y arcilla en un mar somero donde vivían los trilobites. Con el Devónico sigue la sedimentación marina con arrecifes construidos por corales. Más tarde, las unidades 2 y 3 fueron plegadas, levantadas y erosionadas durante el Carbonífero (orogenia hercínica), como demuestra la falta de unidades estratigráficas de este periodo (laguna o hiato). Con el Pérmico volvieron la subsidencia y la sedimentación, esta vez en medio continental de energía decreciente (fluvial, lacustre, palustre). Hubo después una fase de vulcanismo filoniano, con diques que atraviesan las tres unidades (pero no las fallas), y por fin una fase tectónica –expresada por las fallas, de compresión en la parte de izquierda del corte– y distensivas en la parte de derecha.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Eduardo y Nora son dos compañeros de clase y amigos, muy aficionados a la geología. Siempre que van de excursión y ven un paisaje por vez primera vez, intentan imaginarse el aspecto de ese lugar hace un par de millones de años: cómo sería un determinado valle cuando por él se deslizaba la lengua de un glaciar en vez del actual río, cómo había entrado en erupción el volcán que ahora ven a lo lejos...

Para ellos dos millones son muchos años y les cuesta trabajo pensar en «tiempo geológico»; pero una diferencia de un millón de años no es significativa en geología.

Los dos amigos saben que, a la hora de datar un determinado acontecimiento geológico, no siempre se puede hacer directamente ni con exactitud. Existen muchos métodos para situar uno de estos acontecimientos en el tiempo, pero todos ellos se pueden clasificar en dos grandes grupos: los métodos que nos dan una datación absoluta y los que nos dan una datación relativa.

**1** Indica en cada caso si se trata de una datación absoluta o de una datación relativa.

| | Datación absoluta | Datación relativa |
|---|---|---|
| Principio de superposición de estratos. | | |
| Método $^{14}C$. | | |
| Principio de sucesión faunística. | | |
| El estrato A es más antiguo que el B. | | |
| El estrato B tiene 125 m. a. | | |

**2** A Eduardo le llama mucho la atención la utilidad de los fósiles en geología. Su presencia en un estrato puede ser de gran ayuda para datar el momento en que se produjo el depósito del sedimento que, posteriormente, dio lugar a ese estrato.

Son especialmente interesantes los fósiles que llamamos característicos, que son los correspondientes a aquellas especies que cumplían con ciertos requisitos durante su periodo de vida.

¿Qué requisitos debe cumplir un fósil para ser considerado característico de un determinado periodo geológico?

- ☐ **a.** Pertenecer a una especie con muy pocos individuos, que haya tenido una gran expansión geológica y vivido durante un largo periodo de tiempo.
- ☐ **b.** Pertenecer a una especie que haya sido muy abundante, tenido una existencia breve y una muy reducida expansión geográfica.
- ☐ **c.** Corresponder a un ser vivo que haya tenido una reducida expansión geográfica, sido muy abundante y existido durante poco tiempo.
- ☐ **d.** Corresponder a un ser vivo que haya sido muy abundante, tenido una existencia breve y una gran expansión geográfica.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**3** Nora, en cambio, está especialmente interesada en los métodos de datación radiométricos, uno de los más empleados para conocer la edad exacta de una determinada roca magmática. El primero que estudió fue el basado en el periodo de semidesintegración del uranio. Este se transforma en plomo con el paso del tiempo; exactamente 10 g de uranio tardan 4 500 m. a. en transformarse en 5 g de uranio más 5 g de plomo, es decir: el periodo de semidesintegración del U/Pb es de 4 500 m. a.

El periodo de semidesintegración o vida media del K/Ar es de 1 250 m. a. ¿Qué edad aproximada tendrá una roca en la que la proporción de K es del 25 %?

- ☐ **a.** 1 250 m. a.
- ☐ **b.** 2 500 m. a.
- ☐ **c.** 3 750 m. a.
- ☐ **d.** 5 200 m. a.

**4** Para Eduardo y Nora son demasiados los nombres que hay que manejar cuando uno quiere hablar del tiempo en geología: edades, eones, periodos, eras… Resulta un auténtico lío que tienen que desembrollar. Para empezar quieren situarse ellos mismos en el tiempo geológico.

¿A qué eón, era y periodo pertenecen los dos amigos?

- ☐ **a.** Fanerozoico, Mesozoico y Cuaternario.
- ☐ **b.** Proteozoico, Cenozoico y Neógeno.
- ☐ **c.** Fanerozoico, Mesozoico y Neógeno.
- ☐ **d.** Fanerozoico, Cenozoico y Cuaternario.

**5** Nora tiene un gecko leopardo como mascota desde hace unos meses. Bromeando con Eduardo, sitúan también a los antepasados de su lagarto en el tiempo geológico.

¿A qué eón, era y periodo pertenecen los primeros reptiles?

- ☐ **a.** Fanerozoico, Paleozoico y Pérmico.
- ☐ **b.** Fanerozoico, Mesozoico y Jurásico.
- ☐ **c.** Fanerozoico, Mesozoico y Neógeno.
- ☐ **d.** Fanerozoico, Paleozoico y Silúrico.

**6** Relaciona los siguientes acontecimientos con el inicio de los eones y eras.

| | Arcaico | Proterozoico | Paleozoico | Mesozoico | Cenozoico |
|---|---|---|---|---|---|
| Extinción masiva debida al impacto de un meteorito o asteroide. | | | | | |
| Cambio climático global por un exagerado efecto invernadero que provoca la mayor extinción masiva conocida. | | | | | |
| Origen de la vida con la aparición de las bacterias quimiosintéticas. | | | | | |
| Enriquecimiento de oxígeno por parte de la atmósfera por la acción de las bacterias fotosintéticas. | | | | | |
| Origen de los animales parecidos a los actuales. | | | | | |

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B9-2.** Aplicar criterios cronológicos para la datación relativa de formaciones geológicas y deformaciones localizadas en un corte geológico. | **B9-2.1.** Interpreta cortes geológicos y determina la antigüedad de sus estratos, las discordancias y la historia geológica de la región. | 1 y 3 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor** | **B9-3.** Interpretar el proceso de fosilización y los cambios que se producen. | **B9-3.1.** Categoriza los principales fósiles guía, valorando su importancia para el establecimiento de la historia geológica de la Tierra. | 2, 4, 5 y 6 |

**1**

| | Datación absoluta | Datación relativa |
|---|---|---|
| Principio de superposición de estratos. | | ✓ |
| Método $^{14}C$. | ✓ | |
| Principio de sucesión faunística. | | ✓ |
| El estrato A es más antiguo que el B. | | ✓ |
| El estrato B tiene 125 m. a. | ✓ | |

**2** **d.** Corresponder a un ser vivo que haya sido muy abundante, tenido una existencia breve y una gran expansión geográfica.

**3** **b.** 2 500 m. a.

**4** **d.** Fanerozoico, Cenozoico y Cuaternario.

**5** **a.** Fanerozoico, Paleozoico y Pérmico.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

**6**

| | Arcaico | Proterozoico | Paleozoico | Mesozoico | Cenozoico |
|---|---|---|---|---|---|
| Extinción masiva debida al impacto de un meteorito o asteroide. | | | | | ✓ |
| Cambio climático global por un exagerado efecto invernadero que provoca la mayor extinción masiva conocida. | | | | ✓ | |
| Origen de la vida con la aparición de las bacterias quimiosintéticas. | ✓ | | | | |
| Enriquecimiento de oxígeno por parte de la atmósfera por la acción de las bacterias fotosintéticas. | | ✓ | | | |
| Origen de los animales parecidos a los actuales. | | | ✓ | | |

# Solucionario

Pág. 121

**PARA COMENZAR**

**1** Tiene relación con el calentamiento del planeta, que reduce la circulación oceánica y favorece el estancamiento y la anoxia del agua profunda.

**2** Porque para su metabolismo estas bacterias utilizan oxígeno combinado con azufre (iones sulfato $SO_4$), en lugar de oxígeno libre, hidrógeno (que obtienen del agua) y materia orgánica (compuestos de C, H, O). Las reacciones químicas producen S, $H_2S$, $CH_4$ y $H^+$.

**3** El efecto invernadero calienta la atmósfera por la presencia de gases ($CO_2$, $CH_4$, CFC, etc.) que absorben y retienen la radiación infrarroja (térmica) emitida por la Tierra hacia el espacio externo. El incremento de este efecto invernadero se debe, fundamentalmente, a la quema de grandes cantidades de combustibles fósiles, talas masivas de selvas, etc.

**4** Los óxidos de azufre reaccionan con el agua en las gotas de las nubes formando ácido sulfúrico.

**5** Toda la circulación oceánica, vertical y horizontal, se modifica con el calentamiento global: los gradientes térmicos se reducen y con ellos las mezclas y los intercambios, tanto en sentido vertical (entre agua superficial y profunda) como horizontal (entre el agua ecuatorial y polar). Las masas de agua tienden así a estancarse y estratificarse, obstaculizando el intercambio de oxígeno con la atmósfera.

Pág. 122

**1** Entre los dos grupos de sedimentos hay una discordancia angular, que indica que antes de la deposición de los estratos cenozoicos, hubo deformación, levantamiento y erosión de los estratos mesozoicos por efecto de la orogenia alpina.

**2** En el Cenozoico, era en la que evolucionaron los mamíferos, incluido los homínidos.

**3** Todas, excepto la más reciente en el techo del corte de la derecha.

Pág. 124

**4** **a)** Hay dos discordancias.

**b)** Paleozoica la serie X, Mesozoica de S a P y Cenozoica las series A y B.

**c)** X (más antiguo), S, R, Q, P, B y A.

Pág. 125

**5** Los acontecimientos fueron: plegamiento de la serie E, la falla, la discordancia y, por último, la colada de lava. En la serie A-D, las capas se depositaron en el siguiente orden: D, C, B y A.

**SABER HACER**

**6** De más antigua a más moderna: E, D, C, B y A.

La serie A-E es concordante, pero está cortada por una discordancia en el techo.

**7** El estrato Q se correlaciona con los estratos 2 y 4 porque todos apoyan sobre la misma superficie de discordancia y contienen el mismo fósil guía. En consecuencia, P se puede correlacionar con 1 y 3.

**8** Es una discordancia erosiva que separa estratos más antiguos, inclinados tectónicamente, de estratos más jóvenes que todavía están horizontales (como estaban los estratos A-E).

**9** La falla corta el dique, pero es cortada por la discordancia, así que el orden de edad es: inyección del dique, falla (fase tectónica) y discordancia (levantamiento y erosión).

**10** E: continental; D: continental (fluvial); C: marino somero (arrecife); B: marino profundo (o pelágico), A: continental (fluvial), Q y P: continental (lacustre).

**11** La eras representadas son la mesozoica (serie A-E con restos de dinosaurios y ammonites) y la cenozoica (sobre la discordancia).

Pág. 126

**12** Los restos vegetales son más apropiados como testigos cronológicos porque tienen más o menos la misma edad que las construcciones, mientras que los materiales rocosos de construcción son muchísimo más antiguos.

Pág. 127

**13** Las cianobacterias han fosilizado en las calizas con estructura estromatolítica (se ven al microscopio).

Una prueba indirecta de la acción bacteriana son los yacimientos de hierro del Precámbrico.

Pág. 129

**14** La unión de los continentes en una única masa o Pangea extendió el dominio del clima continental y de la erosión, a costa de reducir los hábitats de mar someros y costeros, lo que favoreció la extinción de muchos grupos de organismos marinos.

**15** La orogenia hercínica deformó intensamente los materiales paleozoicos, mientras que los mesozoicos fueron menos afectados por la orogenia alpina, cuyos efectos de deformación más intensos se limitaron al Pirineo. Además, la orogenia alpina afectó también a las rocas paleozoicas.

Pág. 131

**16** El crecimiento de las dorsales oceánicas quita espacio al agua, que aumenta su nivel sobre los continentes, produciendo transgresiones. Esto ocurrió especialmente en el periodo Cretácico.

**17** Un efecto invernadero extremo que causó la desaparición de los glaciares, la reducción del gradiente térmico entre los polos y el ecuador, y de la velocidad de circulación oceánica.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Pág. 132

**18** Los reptiles carnívoros equivalentes en la actualidad serían, básicamente, los cocodrilos.

Entre los mamíferos de mayor tamaño que habrían ocupado los nichos de los antiguos dinosaurios estarían:

– Carnívoros: leones, tigres y leopardos en ambiente continental y las grandes orcas en el océano.

– Herbívoros: elefantes, rinocerontes, hipopótamos, bovinos y equinos.

El nicho de los grandes reptiles voladores habría sido ocupado por aves rapaces, como águilas, buitres y cóndores.

Pág. 133

**19** Hace unos 3-4 millones de años, una desecación de la zona tropical, consecuente al enfriamiento global, causó una reducción del área de las selvas y una extensión de las sabanas.

El clima que siguió se caracterizó por la variación de ciclos cálidos y fríos, que se acentuaron desde hace 2,6 millones de años hasta la actualidad, con la alternancia de fases glaciales e interglaciales.

Pág. 134

**20** **a)** Un ambiente marino.

**b)** Una regresión al comienzo del Cretácico y una transgresión después, durante el mismo periodo.

**c)** Cenozoica, porque con el Cretácico se acaba la era mesozoica.

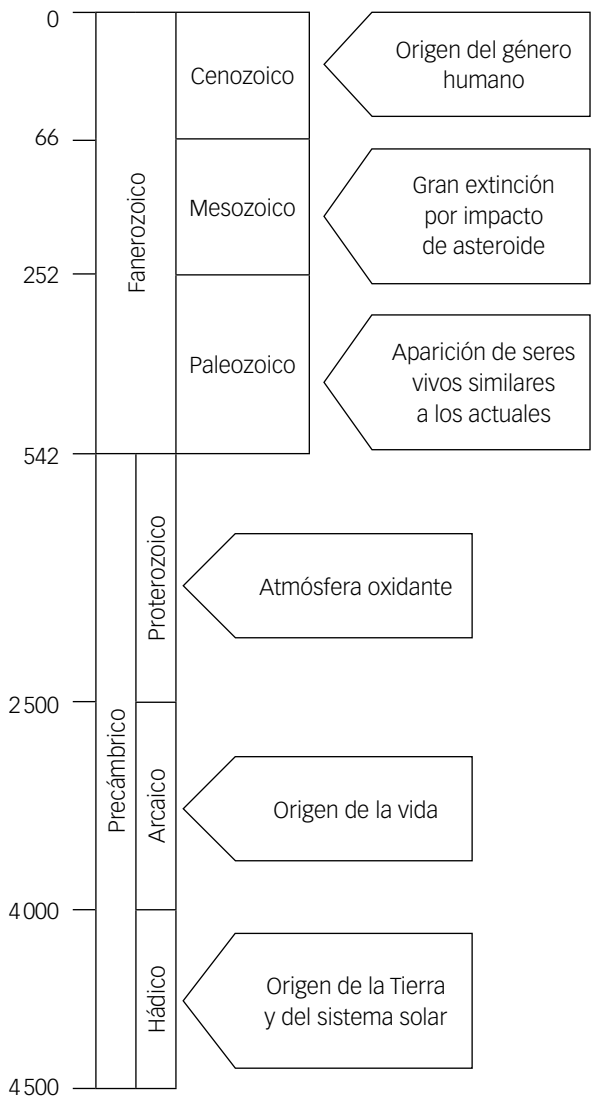
**d)** La discordancia indica deformación y erosión de las unidades mesozoicas, debidas a la orogenia alpina (que ocurrió entre las dos eras).

**e)** Es una falla directa, posterior a la unidad amarilla, cuya base está desplazada.

Pág. 135

**EN RESUMEN**

**21**



Pág. 136

**PARA REPASAR**

**22** **a)** Eras (paleozoica, mesozoica, cenozoica).

**b)** Fases de orogenia y erosión que afectaron a importantes regiones (en tiempos sucesivos, eventos reconocidos globalmente).

**c)** El eón Fanerozoico, o de la vida manifiesta (evidente), cuando aparecieron los mayores grupos de organismos pluricelulares, cuyo testimonio son los fósiles. Todo el tiempo anterior, mucho más largo (miles de millones de años) se nombra Precámbrico (el Cámbrico es el primer periodo del Paleozoico).

**23** En el eón Precámbrico. Los organismos unicelulares (bacterias acuáticas, única forma de vida en aquel tiempo) «aprendieron» el proceso de fotosíntesis, mediante el cual se produce oxígeno libre. Este gas, nocivo para los organismos, que eran anaerobios, era expulsado de su cuerpo y se dispersaba en el agua, donde encontraba hierro en solución ($Fe^{++}$), al que oxidaba. Los óxidos de hierro ($Fe^{+++}$) son insolubles y precipitaban como minerales.

**24** **a)** Sí, se puede correlacionar la unidad P del lado izquierdo con la C del lado derecho: ambas contienen fósiles de equinodermos.

**b)** La falla es inversa, porque la capa C que contiene equinodermos, se sobrepone a su equivalente P, que también los contiene; es el producto de un proceso de compresión.

**c)** El orden es H, E, D, C y P, B y U, J, F, A.

**d)** Helechos, como se ve en la U que se localiza sobre la unidad P, a la izquierda.

**25** **a)** Discordancia: entre el Jurásico y el Paleógeno. La falla (inversa) en la vertiente derecha del valle.

**b)** A la orogenia alpina.

**c)** No, es sucesiva porque desplaza la discordancia.

**d)** Falta el Cretácico.

**e)** Los símbolos de los ammonites indican ambiente marino franco (mar adentro).

**f)** Dos series, una mesozoica, la otra cenozoica.

**26** No se puede porque el «reloj geológico» del circón ha empezado a medir el tiempo desde su cristalización en las rocas, o sea millones, si no miles de millones, de años, como indica la vida media de U235 (700 m. a.).

**27** El $^{40}K$ se ha demediado 2 veces, el $^{40}Ar$ ha redoblado otras tantas. El porcentaje de $^{40}K$ será del 25 %, y el de $^{40}Ar$, del 75 %.

**28** R. G. Los fósiles característicos serían: trilobites en el Paleozoico, ammonites en el Mesozoico y dientes de mamíferos en el Cenozoico. El corte ha de ser similar al corte A de la actividad 29 en esta misma página, con la salvedad de que las series se dibujarían todas horizontales, una sobre otra, manteniendo sus plegamientos específicos.

**29** **a)** Trilobites: Paleozoico (marino); ammonites: Mesozoico (marino); dientes de mamíferos: Cenozoico (continental).

**b)** Ambas orogenias se ven representadas en el corte A, ninguna en el B y la alpina en el C.

**30** c) Proterozoico, f) Paleozoico: Ordovícico, a) Paleozoico: Devónico, g) Paleozoico: Carbonífero, h) Carbonífero: Pérmico, k) Pérmico, e) Triásico, l) Mesozoico: Jurásico, j) Mesozoico: Cretácico, i) Cenozoico: Paleógeno, d) Neógeno, b) Cuaternario.

**31** Porque son mucho más abundantes como biomasa y se extienden por todos los mares, por lo que son más fáciles de encontrar; fosilizan mejor en ambiente acuoso que los huesos de dinosaurios (ambiente continental); son de pequeño tamaño y fáciles de manipular y han evolucionado rápidamente.

Pág. 137

**PARA PROFUNDIZAR**

**32** **a)** El circón deriva de la meteorización de una roca magmática o metamórfica y ha sido incorporado más tarde, como un mineral heredado, a la roca sedimentaria. Por eso no puede representar la edad de esta, sino una más antigua.

**b)** Las anotaciones no pueden ser anteriores a la fecha de edición del periódico.

**c)** En ambos casos se puede establecer la edad máxima, pero no la mínima.

**33** **a)** El gráfico de la izquierda representa un ritmo de decaimiento constante, aunque no lineal: la cantidad de elemento que se desintegra en la unidad de tiempo varía, pero mantiene una relación constante con la cantidad previa, o sea se demedia en un intervalo de tiempo dado.

**b)** La gráfica de la izquierda refleja la forma real de la desintegración radioactiva.

**34** Porque conlleva un levantamiento de cadenas montañosas (por orogenia e isostasia) cuya respuesta, para restablecer el equilibrio, es el aumento de la erosión.

La formación de Pangea fue acompañada de la orogenia hercínica.

**35** Es evidente que el ammonites es un fósil mesozoico (murió y fue enterrado formando parte de una roca mesozoica). Si ahora forma parte de un sedimento cuaternario (actual), es porque aquella roca fue erosionada y uno de sus fragmentos ha sido transportado por el río junto con los otros cantos. Un fósil removido y desplazado no se puede utilizar para datar ni un sedimento, ni una roca, al que se ha incorporado tras su fosilización.

**36** La formación de un supercontinente es análoga a «tapar la cazuela», en el sentido de que impide u obstaculiza la evacuación del calor del manto en el océano y hace fundir una parte de la litosfera continental, que se dilata y asciende al bajar su densidad.

**37** En el caso (hipotético y todavía no comprobado) de una glaciación global, desde los polos hasta el ecuador, los océanos, sin contacto con la atmósfera, no podrían

funcionar como intercambiadores de calor, ni horizontal ni verticalmente. Esto reduciría o pararía la circulación, favoreciendo una estratificación del agua en relación con la temperatura y la densidad. Como consecuencia, todo el oxígeno se consumiría y se establecería una situación de anoxia generalizada.

**38** En cualquier caso, dicha línea es una discordancia.

– Hipótesis 1. Si las dos series están en posición normal, la posición de estratos replegados sobre los infrayacentes sería debida al deslizamiento de las capas superiores sobre las inferiores, o sea estaríamos ante la base de un *slump* (frecuentes en los fondos abisales a partir de deslizamientos o desplomes desde el borde de la plataforma continental); es decir, se trataría de un plegamiento de tipo «atectónico».

– Hipótesis 2. Si la posición se ha invertido por causas tectónicas (las capas más modernas abajo), se trataría de una discordancia «clásica» (erosiva) anterior a la fase tectónica que ha volcado toda la serie.

**39** Porque si el metamorfismo es mesozoico o sucesivo debe necesariamente afectar a la serie paleozoica, más antigua.

**40** Encontrar fósiles en conglomerados significa que han sido erosionados y transportados desde el lugar donde fueron enterrados originalmente, es decir, a partir de rocas mesozoicas. Por eso no son indicativos del Mesozoico, sino de un tiempo sucesivo, hasta el Cuaternario. (Ver respuesta 35).

**41** **a)** R. G. No es imprescindible dibujar un corte para saber hacia dónde buza la falla (el dibujo del corte ayuda a demostrarlo, pero no es necesario para el «ojo de geólogo»). La orientación de las uves, respecto a las curvas de nivel en el mapa, nos dice que la falla buza hacia abajo (sur).

**b)** Con esta posición, si los estratos más antiguos están en las cotas más altas, la falla es directa o distensiva (prescindiendo del buzamiento de las capas, las jurásicas se encontrarán siempre bajo las cretácicas). La orogenia debe ser postmesozoica, es decir alpina.

**42** **a)** R. G.

**b)** La discordancia está marcada por la línea horizontal que se correlaciona de una vertiente a la otra; la edad de las rocas sobre ella, indicada por los fósiles, es cenozoica.

**c)** La falla es inversa; si fuera directa, con el buzamiento indicado, deberíamos encontrar a su izquierda unidades más recientes que el Jurásico (es decir, cretácicas), y no triásicas, como las que están. La falla es anterior a la discordancia porque no la corta.

Pág. 139

**CIENCIA EN TU VIDA**

**43** Las líneas quebradas representan segmentos de dorsales submarinas cortadas por fallas transformantes; las flechas indican las direcciones de extensión de los océanos cuya corteza crece, alimentada por el magma que sale de las dorsales.

**44** En el Devónico, Avalonia ya estaba separada por un océano desde el continente de Gondwana y las asociaciones de polen podían ser diferentes. En el Pérmico, al contrario, Avalonia ya no era un continente separado, a la deriva, sino que se había unido a Iberia, así que formaban dos partes adyacentes del mismo pancontinente, probablemente con la misma vegetación.

**45** Las diferencias se explican con un movimiento de deriva y rotación antihoraria, que despegó las islas actuales desde el borde sur del continente Eurasia (hay varias pruebas de este desplazamiento; por ejemplo, la orientación magnética de las rocas en ambas islas). Detrás de Córcega y Cerdeña iba abriéndose, en el Neógeno, el mar Baleárico, con corteza oceánica en su fondo; prácticamente, un nuevo pequeño océano, como el mar Tirreno, que se abrió ante ellas un poco más tarde, al final del Neógeno.

En el Mediterráneo coexisten así, como en un mosaico, partes con corteza oceánica reciente (Alborán, Baleares, Tirreno) y partes con corteza oceánica antigua, residuales del gran océano paleomesozoico de Tethys.

# UNIDAD 8. LOS SERES VIVOS Y SU ORGANIZACIÓN


**Introducción y recursos** . . . . . **301**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 302
- Previsión de dificultades . . . . . 303
- Esquema conceptual . . . . . 303
- Te recomendamos . . . . . 304

**Enseñanza individualizada** . . . . . **305**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 306
    - Ficha 1. Identificación de biomoléculas atendiendo a su estructura química . . . . . 306
    - Ficha 2. Descripción de orgánulos celulares . . . . . 308
  - Trabaja con imágenes . . . . . 310
    - Ficha 3. Tipos de células . . . . . 310
    - Ficha 4. Mitosis y meiosis . . . . . 311
  - Trabajos de aula . . . . . 312
    - Ficha 5. Niveles de organización de la materia . . . . . 312
    - Ficha 6. Orgánulos celulares I . . . . . 314
    - Ficha 7. Orgánulos celulares II . . . . . 315
    - Ficha 8. Mitosis e índice mitótico . . . . . 316
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 317
    - Ficha 9. Oligoelementos: raros pero imprescindibles . . . . . 317
    - Ficha 10. La molécula más singular del universo . . . . . 318


 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **319**

- Autoevaluación . . . . . 321
- Evaluación de contenidos . . . . . 322
  - Controles . . . . . 322
    - Control B . . . . . 322
    - Control A . . . . . 324
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 326
- Evaluación por competencias . . . . . 330
  - Prueba . . . . . 330
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 332

**Solucionario** . . . . . **335**

# Introducción y recursos

# LOS SERES VIVOS Y SU ORGANIZACIÓN

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

La presente unidad constituye una introducción al estudio de la biología. Comenzamos estableciendo las funciones básicas de la vida, nutrición, relación y reproducción, para pasar enseguida a la estructura del conjunto de la vida sobre la Tierra. La estructura u organización nos lleva desde el nivel atómico hasta la suma global que es la biosfera, pasando por los niveles molecular, celular, tejido, órgano, sistema y aparato, individuo, población y comunidad.

Nos ocupamos a continuación de la composición química de los seres vivos, estableciendo que a nivel elemental no constituimos una singularidad, ya que nuestros elementos constituyentes se encuentran en cualquier lugar del universo. La base de nuestra composición y nuestra bioquímica es el carbono, que es capaz de formar cadenas que dan lugar a moléculas muy diversas; son las biomoléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). También forman parte de los seres vivos otras biomoléculas denominadas inorgánicas, formadas fundamentalmente por agua y sales minerales y que, en conjunto, constituyen las tres cuartas partes de la materia viva.

Las biomoléculas se ensamblan formando estructuras complejas como la célula: unidad anatómica, fisiológica y funcional. Todas las células proceden por división de otra célula y se agrupan en dos grandes clases: procariotas y eucariotas. La mitosis es el mecanismo de reproducción de una célula por el que se generan dos células idénticas. Las células sexuales presentan una variante reduccional de la mitosis, la meiosis, en la que a partir de una célula diploide (2n) se originan dos células haploides (n).

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Principales funciones y organización de los seres vivos.<br>• Las principales moléculas inorgánicas de los seres vivos y su función.<br>• Las principales moléculas orgánicas de los seres vivos y su función.<br>• La teoría celular.<br>• Estructura de la célula procariota y eucariota (vegetal y animal).<br>• Mitosis y meiosis. El significado biológico de la división celular. |
| SABER HACER | • ¿Cómo se estudian los virus? |
| SABER SER | • Reconocer la importancia de la biología como una ciencia básica cuyos avances son necesarios para la medicina.<br>• Reconocer que la microscopía ha sido y será una técnica insustituible e importantísima en la investigación científica y que los avances tecnológicos conducirán a su perfeccionamiento. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

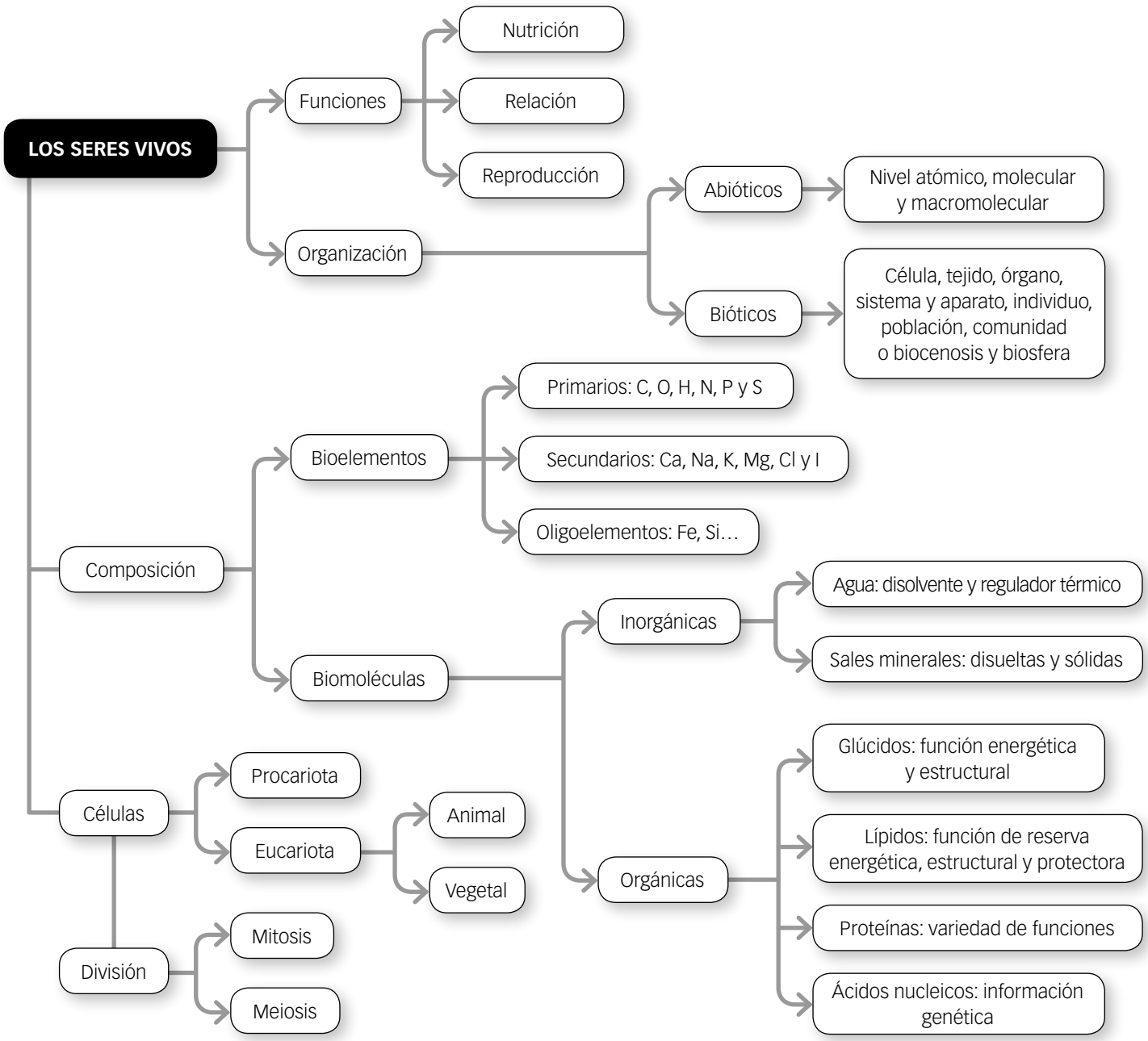
Esta unidad abarca toda la biología básica, por lo que es importante establecer las ideas eje que nos sitúan en el estudio de la misma:

- Todo ser vivo, orgánulo o biomolécula presenta estructura y función. Destacar su complementariedad es una estrategia básica que debemos seguir.
- Todo ser vivo, orgánulo o biomolécula tiene una historia evolutiva.
- Dos claves definitorias de la entidad biológica son el metabolismo y la autoperpetuación.
- Todo ser vivo, orgánulo o biomolécula se relaciona con su entorno modificándolo y siendo modificado por él.

A un nivel más concreto debemos evitar los errores de iconografía. Conlleva el riesgo de interpretar las estructuras biológicas como planas en lugar de tridimensionales.

Por último, el rigor en el tratamiento de algunos conceptos básicos (mitosis, meiosis, haploide, diploide, etc.) se hace aquí más necesario, pues se corre el riesgo de arrastrar indefiniciones durante el resto del estudio de la materia.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**El proyecto biológico**
Página de la Universidad de Arizona. Tiene diversos apartados relacionados con esta unidad: bioquímica, biología celular y biología molecular. Proporciona información y actividades.
Palabras clave: *proyecto biológico Arizona*.

**Biomodel**
Página de complemento al estudio de la bioquímica y la biología molecular en la que colaboran muchas universidades españolas, entre ellas la de Alcalá de Henares (Madrid). Contiene modelos moleculares interactivos, animaciones, vídeos, etc.
Palabras clave: *biomodel complementos bioquímica biología molecular.*

**Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM)**
Página de la SEBBM, muy amplia, pero con apartados de interés a este nivel. Dentro de la sección «Divulgación científica», hay que destacar dos apartados: «Rincón del profesor de ciencias» y «Viaje al planeta ciencia».
Palabras clave: *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular sebbm.*

**Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Proyecto Biosfera**
Página oficial del INTEF. Proyecto Biosfera.
Posibilidades de seleccionar diferentes contenidos del currículum de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *proyecto biosfera 1.º bachillerato*.

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**SoloCiencia** (Android). App sobre ciencia y tecnología con noticias actualizadas.

**Noticias Ciencia - NativeScience** (Android). Noticias de ciencia y tecnología en inglés que se actualiza diariamente.

## LIBROS Y REVISTAS

***Vida. La Ciencia de la Biología***
**D. Sadava, G. Orians, W. Purves, D. Hills y H. C. Heller.**
Editorial Médica Panamericana, 2009.
Es un libro de biología que recoge todo lo esencial y, al mismo tiempo, los últimos conocimientos, incluido lo referente al genoma humano, expuestos con una gran claridad. Trata de despertar el interés del alumno por esta ciencia y por la investigación.

***Biología***
**Curtis, Barnes, Schnek y Massarini.**
Editorial Médica Panamericana, 2008.
Libro que continúa la ya larga tradición de Curtis, muy bien presentado, con recursos para el profesor y el alumno y esquemas de una claridad excepcional, con textos que iluminan las ilustraciones. Muchas figuras son mixtas, fotografía e ilustración, lo que contribuye a aclarar, por ejemplo, la estructura celular. El texto lleva intercaladas con precisión las llamadas que referencian las figuras.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

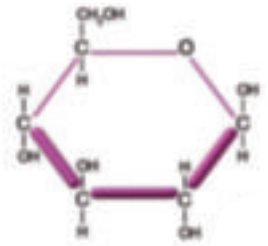
*Prácticas*

*Profundización*

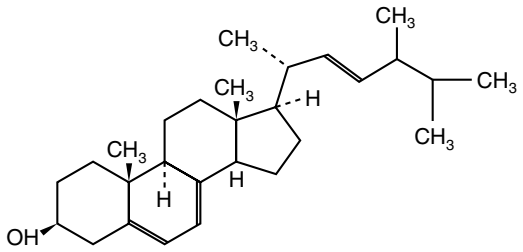
# Identificación de biomoléculas atendiendo a su estructura química

A continuación se representan cuatro biomoléculas que componen los seres vivos.

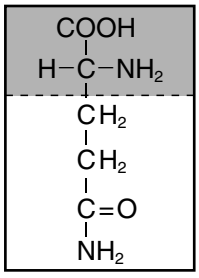
**a**



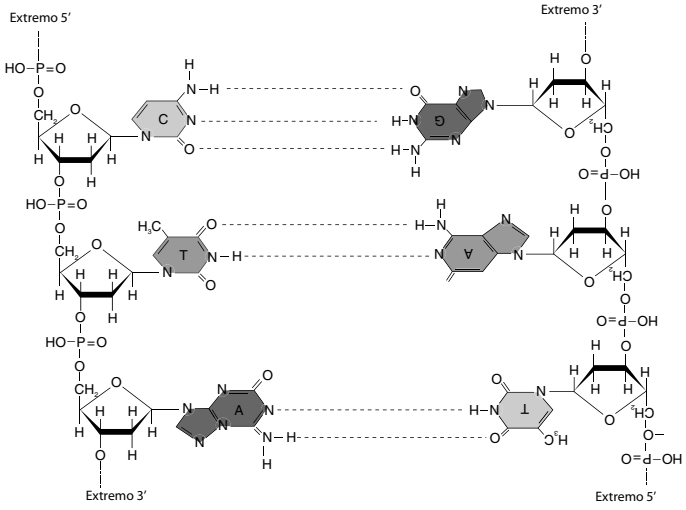
**b**




**c**




**d**




Observa cada compuesto.

a) Identifica el grupo de biomoléculas a las que pertenecen los compuestos representados e indica cuáles son monómeros.

b) Explica la función del compuesto D.

Las cuatro ilustraciones representan modelos químicos de biomoléculas. Se trata de que se identifiquen las características químicas más importantes reconocibles para poder incluirlos en el grupo correspondiente de biomoléculas. Recuerda que las biomoléculas son compuestos formados por los biolementos que, combinados de diversas formas, originan unos compuestos llamados genéricamente monómeros. Los monómeros se unen a través de enlaces químicos para originar compuestos de mayor peso molecular que pueden llegar a ser macromoléculas. Entre las imágenes aparecen monómeros y polímeros.

Piensa en las características químicas de cada uno de los grupos de biomoléculas y deduce a cuál de ellos pertenecerá cada ejemplo. Justifica siempre la inclusión de la molécula particular en dicho grupo.

**a)** La molécula que se representa en la viñeta a es una glucosa. Es un compuesto cíclico en disolución, una

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

hexosa (6 átomos de carbono). Pertenece al grupo de biomoléculas llamadas glúcidos.

La molécula b es un lípido que pertenece al grupo de los esteroides, considerados lípidos complejos. La imagen representa una vitamina. La estructura química está formada por una serie de anillos de carbono unidos entre sí, que recibe el nombre de ciclopentanoperhidrofenantreno, característico del grupo de lípidos llamados esteroides.

La molécula c representa la estructura química de un aminoácido, constituyente de las proteínas. Cualquiera que sea el aminoácido debe tener el grupo funcional carboxilo –COOH y el grupo amino $–NH_2$ unidos a través de un carbono. Las biomoléculas relacionadas con los aminoácidos son las proteínas.

La molécula d representa un fragmento de ADN. Las bases nitrogenadas y el esqueleto formado por la alternancia de monosacáridos y ácidos fosfóricos permiten identificar a este grupo de biomoléculas como el de los ácidos nucleicos.

Los monómeros están representados por las moléculas a (glucosa), cuyos polímeros forman los polisacáridos, y c (aminoácidos), que forman los polímeros llamados polipéptidos y proteínas. El único polímero que aparece en las imágenes es la molécula d (ácido desoxirribonucleico).

**b)** El ADN es la molécula que almacena la información genética.

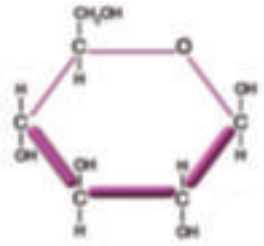
## PRACTICA

**1** Observa la siguiente representación de una biomolécula y contesta:

a) Indica, al menos, dos compuestos que se formarían por polimerización de la molécula representada.

b) ¿Qué tipo de bioelementos forman la molécula representada?

c) Indica la función que tiene dicho compuesto en los seres vivos.



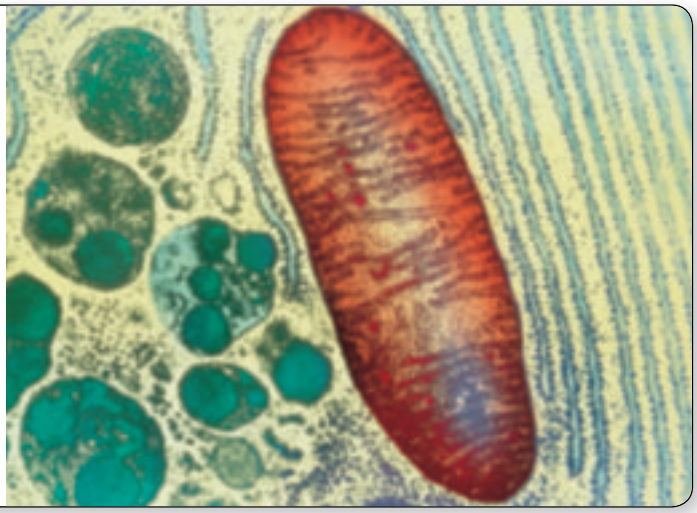
# Descripción de orgánulos celulares

Observa la fotografía de la derecha. Corresponde a un orgánulo celular visto con un microscopio electrónico.

a) Realiza una descripción del orgánulo celular.

b) Cita las funciones más importantes que realiza.

c) ¿En qué tipo de células podemos ver este orgánulo: vegetales, animales o en ambas?



Para realizar una descripción correcta de un orgánulo celular hay que desarrollar los siguientes apartados:

- Tamaño aproximado (generalmente en micras).
- Forma y tipos si existen.
- Número (abundante o no, número concreto).
- Distribución en la célula (cerca del núcleo, homogéneamente, en una zona concreta).
- Origen o génesis.
- Estructura y partes de que consta. Orgánulos con membrana o sin membrana. Constituidos por elementos independientes o no.
- Composición química de las partes.
- Función general y funciones de cada estructura.
- Conviene realizar un dibujo esquemático interpretativo de la fotografía, señalando las partes.

**a)** Se trata de una mitocondria, distinguible en el corte transversal por su doble membrana limitante y unas membranas transversales (crestas mitocondriales).

El tamaño varía entre 0,2 y 5 micras. La forma suele ser entre redondeada y alargada.

El número depende de la función de la célula y las necesidades energéticas. Un número medio podría ser unas 2 000 por célula.

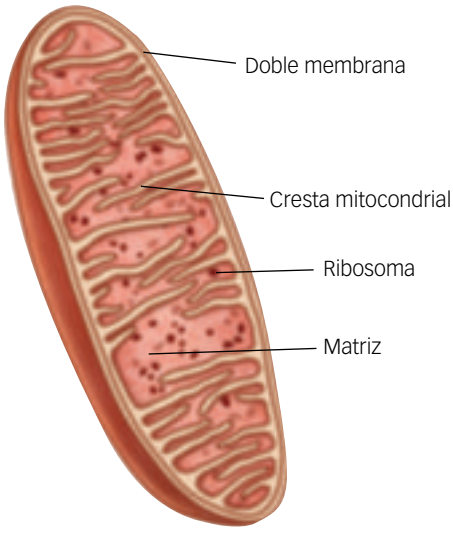
Por lo general se distribuyen homogéneamente en el citoplasma, donde se pueden mover libremente.

Las mitocondrias se dividen mediante tabiques o estrangulación por la parte media, originando mitocondrias hijas de forma más o menos globosa.

Tienen doble membrana, una membrana externa, un espacio intermembranoso y una membrana interna que se prolonga hacia el interior en las crestas mitocondriales. El espacio interno es la matriz. La estructura y composición de las membranas es de una bicapa lipídica asociada a proteínas.

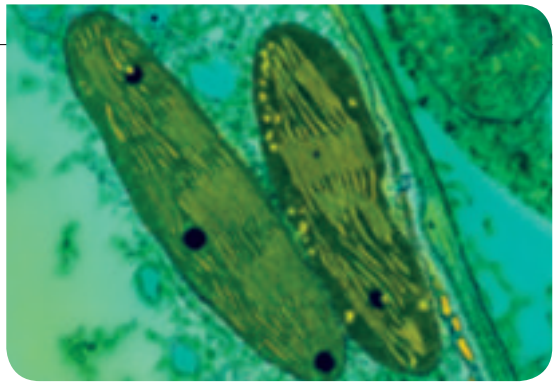
**b)** La función de las mitocondrias es proporcionar energía a la célula mediante la respiración celular.

**c)** Está presente tanto en células animales como vegetales.




 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PRACTICA

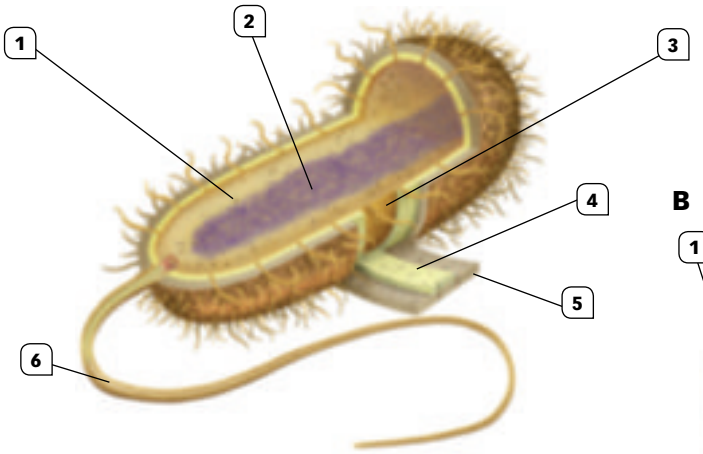


1. Describe el orgánulo de la fotografía y nombra sus estructuras.
2. Indica la función que realiza este orgánulo.
3. Señala si se encuentra en una célula vegetal, animal o en ambas.
4. Dibuja de manera esquemática el núcleo de una célula vegetal. Señala las partes de que consta, su composición y la función que realiza.

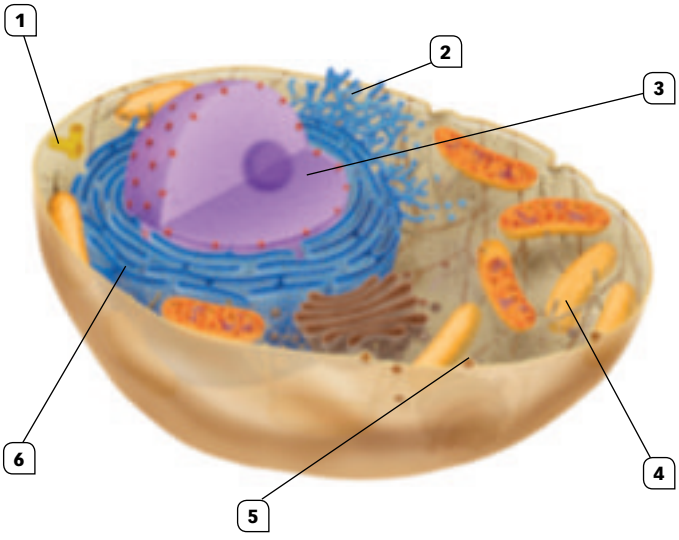
# Trabaja con imágenes

## Tipos de células

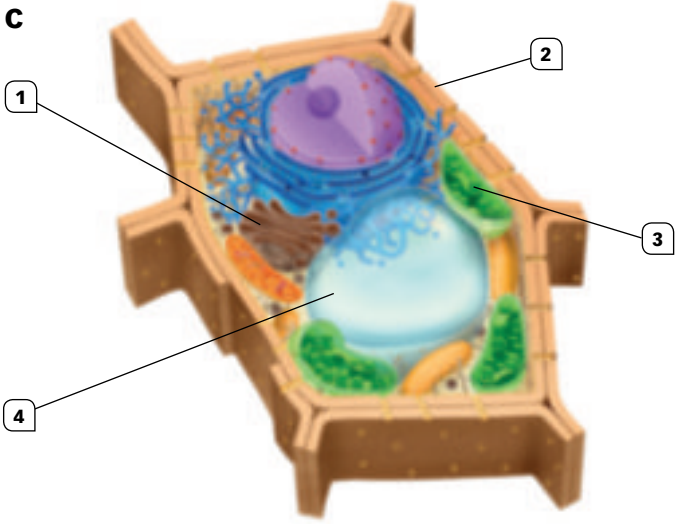
A




B




C




### ACTIVIDADES

**1** En las figuras se representan tres tipos de células. Identifica cada una de ellas.

**2** Indica qué tipo de célula podemos encontrar en los siguientes seres vivos: caballo, coliflor, ser humano, rana, araña, mantis religiosa, bacilo de Koch, patata, meningococo, ballena azul, laminaria y ameba.

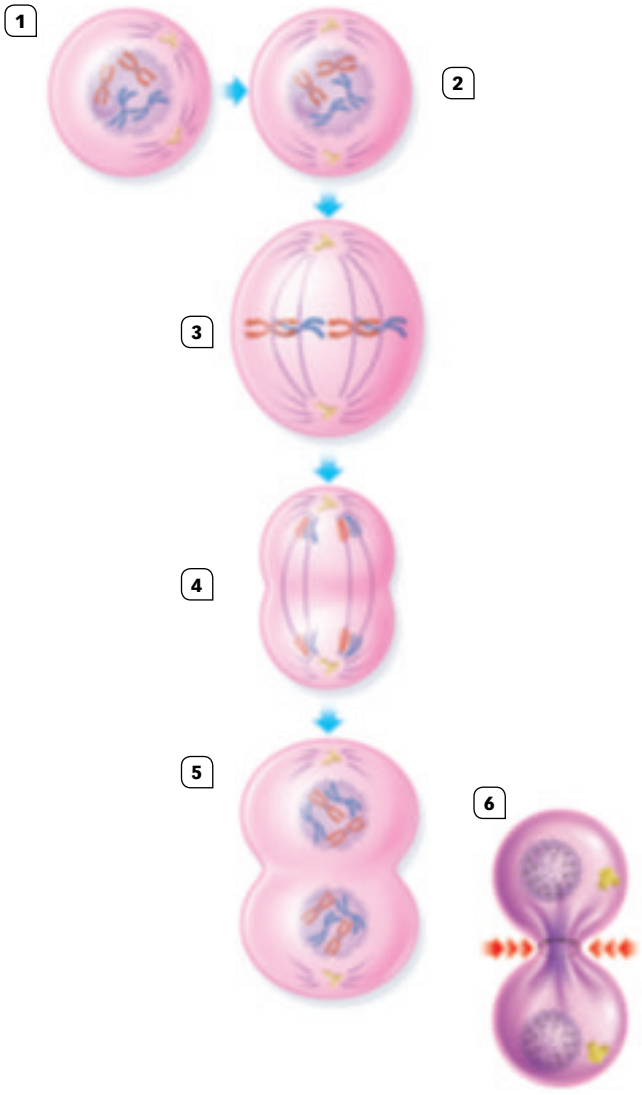
**3** Pon nombre a los diferentes orgánulos señalados por números.

**4** Haz una tabla en la que indiques qué orgánulos son específicos de cada tipo de célula.

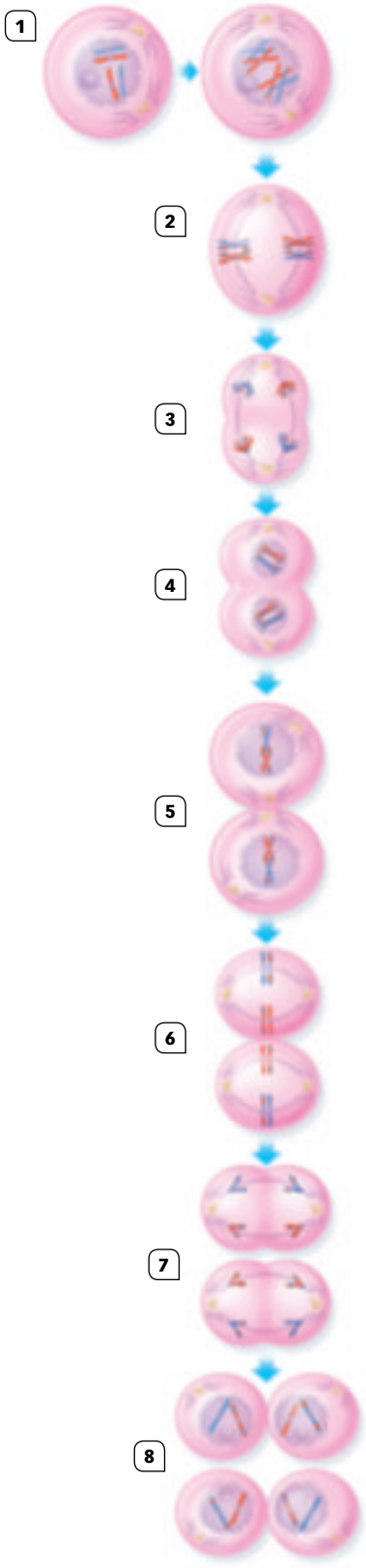
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Mitosis y meoisis

**A**




**B**




## ACTIVIDADES

**1** Identifica ambos procesos, A y B, y escribe el nombre de las fases correspondientes a cada número en cada uno de ellos.

**2** Compara los procesos de mitosis y meiosis y describe las semejanzas y diferencias entre ambos.

**3** Indica las células que se dividen por mitosis y las que lo hacen por meiosis.

**4** ¿En qué organismos y en qué momento de su ciclo vital se realiza la meiosis?

**5** Explica la necesidad de la meiosis.

# Niveles de organización de la materia

Al observar la materia se pueden distinguir varios grados de complejidad estructural; son los niveles de organización. Cada uno proporciona unas propiedades a la materia que no se encuentran en los niveles inferiores. Los siete niveles de organización son: el subatómico, el atómico, el molecular, el celular, el pluricelular, el de población y el de ecosistema. Los niveles subatómico, atómico y molecular son niveles de organización abióticos; es decir, niveles de organización que también existen en los seres no vivos. Los restantes niveles son bióticos; es decir, son exclusivos de los seres vivos.

1. El **nivel subatómico**. Lo integran las **partículas** más pequeñas de la materia: protones, neutrones y electrones.
2. El **nivel atómico**. Lo componen los átomos, que son la parte más pequeña de un elemento químico o sustancia simple, es decir, de una sustancia que no se puede descomponer en otras más sencillas; por ejemplo, un átomo de hierro (Fe), un átomo de oxígeno (O), etc.
3. El **nivel molecular**. Está constituido por las moléculas, que se definen como unidades materiales formadas por la unión de dos o más átomos. Las uniones se denominan enlaces químicos. Ejemplos de moléculas son una molécula de oxígeno ($O_2$), una molécula de carbonato de calcio ($CaCO_3$), una molécula de glucosa ($C_6H_{12}O_6$), etc. Dentro del nivel molecular se diferencian varios subniveles de complejidad creciente: el subnivel de **macromolécula,** el subnivel de **complejo supramolecular** y el nivel de **orgánulo celular**.
4. **El nivel celular**. Comprende las células, que pueden ser procariotas o eucariotas. Dentro del nivel celular se puede diferenciar el subnivel de **colonias celulares**.
5. El **nivel pluricelular**. Abarca las estructuras constituidas por más de una célula. En este nivel también pueden distinguirse grados de complejidad o subniveles: el subnivel de **talo**, el de **tejido**, el de **órgano**, el de **sistema** y el de **aparato**. Los organismos que tienen aparatos son el grado más alto de complejidad de este nivel.
6. El **nivel de población**. Abarca a las poblaciones. Una **población** es el conjunto de individuos de la misma especie que viven en una misma zona y en un mismo tiempo.
7. El **nivel de ecosistema**. Un **ecosistema** es el conjunto de poblaciones de diferentes especies que viven juntas (la **comunidad** o **biocenosis**) y que se interrelacionan con las condiciones fisicoquímicas de un determinado lugar (el biotopo). El conjunto de ecosistemas de toda la Tierra se denomina **biosfera**. Algunos autores consideran la biosfera como un solo ecosistema, que es el nivel más complejo de organización de los seres vivos.

**1. NIVEL SUBATÓMICO.**
Protones, neutrones, electrones.

**2. NIVEL ATÓMICO.**
Átomos.

**3. NIVEL MOLECULAR.**
**Moléculas y macromoléculas.** Capacidad de llevar a cabo actividades químicas simples.

**Orgánulos celulares.** Capacidad de llevar a cabo actividades químicas complejas.

**4. NIVEL CELULAR.**
**Célula.** Parte más pequeña de materia viva capaz de nutrirse, reproducirse y relacionarse.

**5. NIVEL PLURICELULAR.**
Tejidos, órganos, aparatos y sistemas. Propiedades biológicas complejas: inteligencia, olfato, vista, etc.

**6. NIVEL DE POBLACIÓN.**
**Población.** Evolución, organización social.
**Comunidad.** Poblaciones de seres vivos diferentes que habitan en el mismo medio. Hay interacciones entre especies: depredación, parasitismo, simbiosis, etc.

**7. NIVEL DE ECOSISTEMA.**
Interacción entre la comunidad y los factores abióticos del biotopo.

**Biosfera.** Seres vivos y superficie terrestre.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ACTIVIDADES

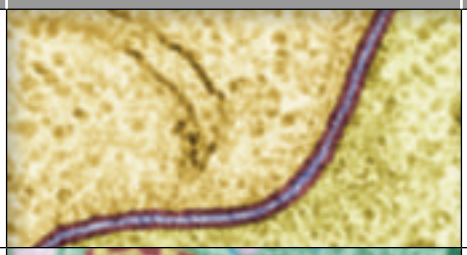
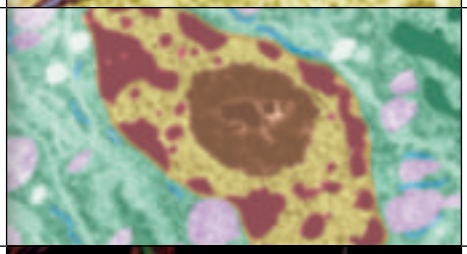
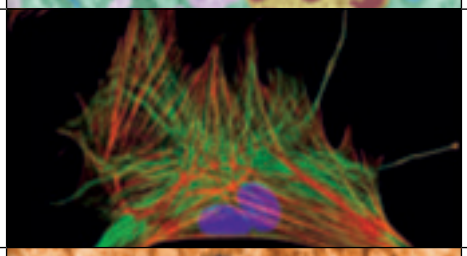
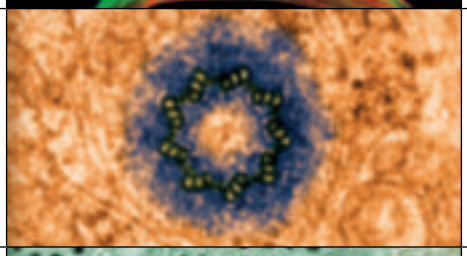
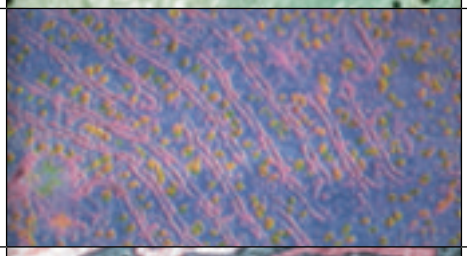
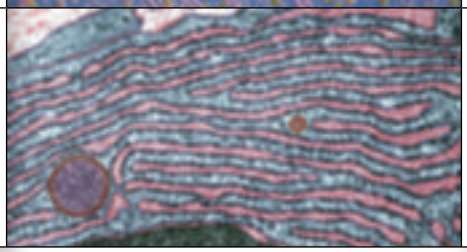
1. ¿Qué criterio se utiliza para calificar los distintos niveles de organización en abióticos o bióticos?

2. Indica el nivel de organización de: un glóbulo sanguíneo, un águila, una molécula de urea, el hígado, el esqueleto, un equipo de fútbol, un neutrino, el Coto de Doñana.

3. Los orgánulos celulares son capaces de realizar funciones vitales. Por ejemplo, las mitocondrias realizan la respiración celular. ¿Significa eso que los orgánulos son seres vivos? Explícalo.

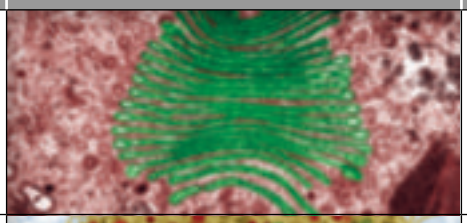
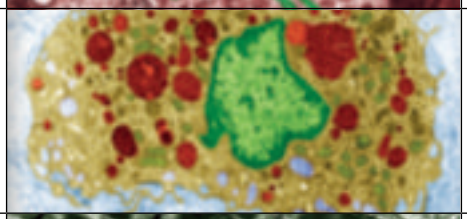
4. ¿Cuántas biosferas hay en el planeta Tierra? ¿Podría haber más?

# Orgánulos celulares I

| Orgánulo celular | Imagen microscopio electrónico | Función |
|---|---|---|
| **Membrana plasmática**<br>Fina envoltura formada por lípidos y proteínas. La mayor parte de los orgánulos están formados o envueltos por membranas. |  | Regula el intercambio de sustancias entre la célula y el exterior. |
| **Núcleo y nucléolo**<br>Formados por ácidos nucleicos y proteínas. El núcleo está envuelto por una doble membrana con poros que permiten el intercambio de sustancias con el citoplasma. |  | El núcleo lleva casi toda la información genética de la célula. El nucléolo es el orgánulo donde se forman los ribosomas. |
| **Citoesqueleto**<br>Red diversa de filamentos formados por proteínas que se disponen bajo la membrana plasmática, reforzándola, y por todo el citoplasma, formando una especie de armazón. |  | Controla la forma y el movimiento de la célula, así como la posición de los orgánulos. |
| **Centrosoma**<br>Estructura formada por dos cilindros huecos hechos de proteínas, denominados centríolos, que se duplican en la interfase, antes de la división celular. |  | Controla el movimiento de los cromosomas durante la división celular. |
| **Mitocondria**<br>Orgánulo energético con el tamaño y la forma de una célula procariota y una doble membrana. Contiene ribosomas y ADN, además de lípidos y proteínas. | | Realiza la respiración celular, por la que se obtiene energía mediante la oxidación de materia orgánica. |
| **Ribosomas**<br>Formados por ARN y proteínas, son los orgánulos más pequeños de la célula. No tienen envoltura membranosa. Pueden estar libres en el citoplasma o unidos al retículo endoplasmático. |  | Fabrican todas las proteínas de la célula. |
| **Retículo endoplasmático (RE)**<br>Sistema de conductos de la célula en forma de túbulos o sacos aplanados por los que se transportan y almacenan lípidos y proteínas. Puede ser liso (REL) o, si tiene ribosomas, rugoso (RER). |  | Conduce y distribuye por la célula lípidos y proteínas. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

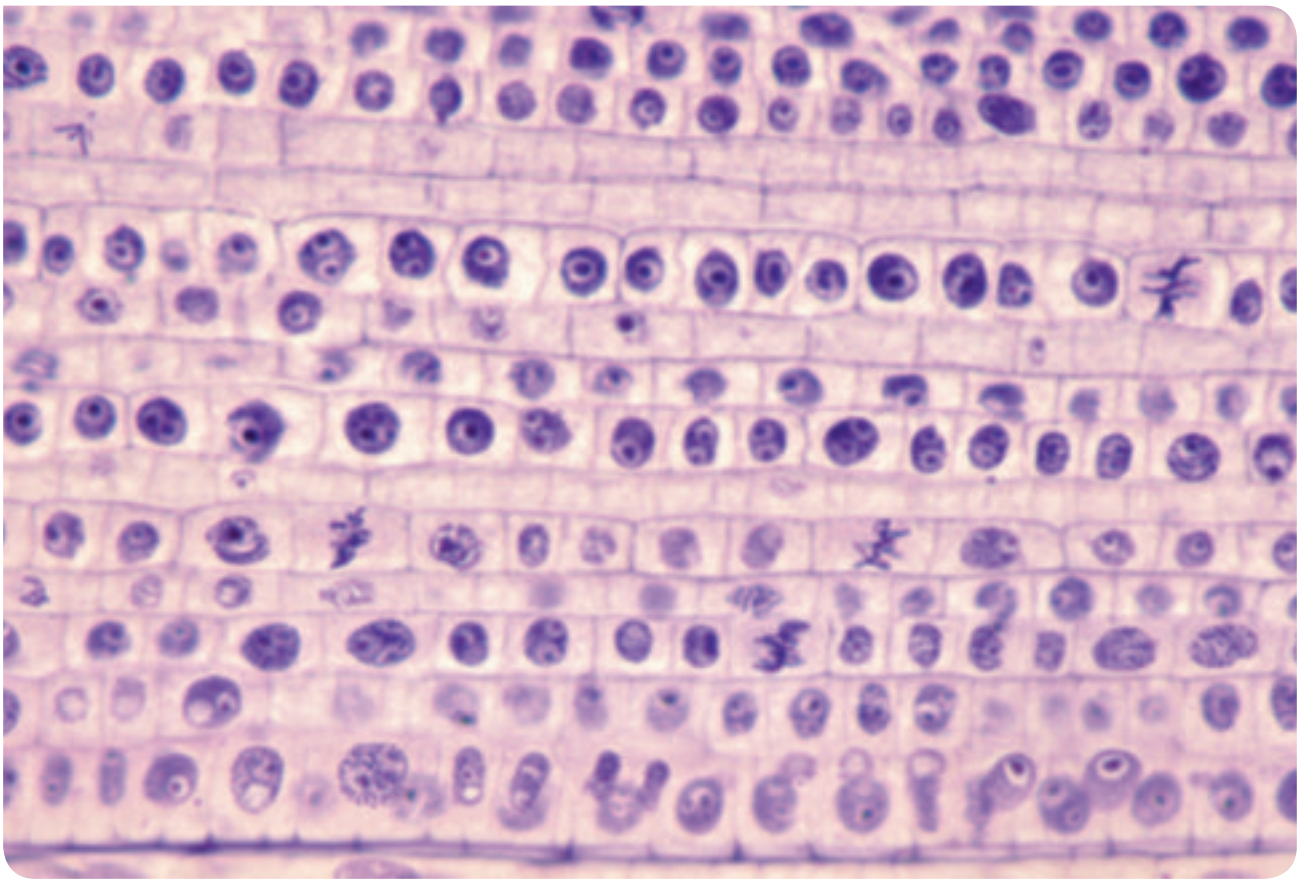
# Orgánulos celulares II

| Orgánulo celular | Imagen microscopio electrónico | Función |
|---|---|---|
| **Aparato de Golgi (AG)**<br>Llamado así en honor de su descubridor. Es un conjunto de saquitos rodeados de pequeñas vesículas, todos ellos hechos de lípidos y proteínas. |  | Almacena y transporta al exterior lípidos y proteínas. |
| **Lisosomas**<br>Bolsas llenas de enzimas digestivas. |  | Descomponen las sustancias más complejas, como pequeños estómagos celulares, en otras más sencillas. |
| **Pared celular**<br>No está presente en todas las células. Envuelve a la célula y está formado por celulosa y otros polisacáridos. Tiene finos conductos que ponen en contacto los citoplasmas de las células vecinas. | | Protege y da forma a las células que la tienen. |
| **Cloroplasto**<br>Orgánulo energético rodeado por una doble membrana. Al igual que la mitocondria, presenta ribosomas y ADN. Contiene también clorofila y otros pigmentos fotosintéticos necesarios para la absorción de la energía de la luz. | | Fabrica nutrientes a partir de $CO_2$ y $H_2O$, utilizando la energía de la luz. |
| **Vacuola**<br>«Grandes» bolsas que contienen tanto sustancias nutritivas como productos de desecho, pigmentos, etc. | | Regula el contenido en agua de algunas células y almacena sustancias. |

## ACTIVIDADES

1. Indica a qué tipo de célula pertenecen los orgánulos representados (procariota, eucariota animal o eucariota vegetal).
2. Asocia cada orgánulo a una de las funciones básicas de la vida (nutrición, relación o reproducción).
3. Señala los orgánulos que no estén formados en todo o en parte de proteínas.
4. Indica los orgánulos que intervienen en la división celular, señalando el papel que desempeñan.
5. ¿Qué orgánulos no tienen membrana?
6. ¿Qué orgánulos tienen dos membranas? ¿Tienen alguna otra característica en común? Señálalas.
7. ¿Qué orgánulos se encargan de producir energía en la célula? ¿Se encuentran en todas las células?
8. Dibuja una mitocondria, el aparato de Golgi y el centrosoma a partir de las microfotografías electrónicas de la ficha.
9. ¿Te parece que las proteínas son un componente importante de las células? Explícalo.

# Mitosis e índice mitótico



**Interfase.** El núcleo aparece muy difuso o no se ve.

**Profase.** La cromatina empieza a condensarse y, finalmente, se hacen visibles los cromosomas. El núcleo comienza a hacerse visible y al final de la fase desaparece la membrana nuclear, quedando los cromosomas libres en el citoplasma.

**Metafase.** Todos los cromosomas se disponen en un plano (en una línea en dos dimensiones).

**Anafase.** Los cromosomas empiezan a dirigirse hacia polos opuestos de la célula.

**Telofase.** Reaparecen los núcleos en dos células más pequeñas, a punto de separarse. Se produce la separación física de las células hijas.

## ACTIVIDADES

**1** Indica si las células de la microfotografía son animales o vegetales y explica por qué.

**2** Localiza células en interfase y cuenta cuántas hay. Haz lo mismo con células en profase, metafase, anafase y telofase.

**3** Calcula los siguientes índices mitóticos:

a) Células en mitosis/células totales.

b) Células en cada una de las fases mitóticas/total células en mitosis. Tienes que obtener 4 valores.

**4** Si el valor del índice corresponde a la duración del proceso (a mayor índice mayor tiempo), indica qué fase de la mitosis dura más y cuál dura menos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Oligoelementos: raros pero imprescindibles

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga el papel de los oligoelementos en los seres vivos.

**Contenidos sugeridos.** ¿Qué entendemos por oligoelementos? Descubrimiento de los mismos. ¿Qué es la química bioinorgánica? La química bioinorgánica del hierro: proteínas hemo (hemoglobina, mioglobinas, citocromos) y proteínas de hierro no hemo (catalasa y peroxidasas). Química bioinorgánica del cobalto: vitamina B12. Metaloenzimas del zinc y del cobre. Las nitrogenasas y el molibdeno.

**Fuentes de la investigación**

- *Introducción a la química bioinorgánica.* M. Vallet; J. Faus; E. García-España y J. Moratal. Editorial Síntesis, 2003.
- *Química inorgánica básica*. F. Albert Cotton y G. Wilkinson. Editorial Limusa, 1996.

**Realización.** Equipos de 3 a 5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

**Presentación.** Diapositivas e informe.

### TEN EN CUENTA QUE

Los oligoelementos forman menos del 0,1 % de la materia viva, pero sin ellos la vida no sería posible.

No todos los oligoelementos forman parte de todos los seres vivos. En la tabla se muestran aquellos que son comunes a todas o a un gran número de especies.

Muchos de ellos son cofactores enzimáticos, y otros forman parte de proteínas fundamentales para la vida.

### LO QUE DEBES SABER

- **Oligo:** prefijo de origen griego que significa pequeño, escaso.
- **Oligoelementos:** elementos químicos que se encuentran en una proporción muy pequeña en el conjunto de los bioelementos.
- **Química bioinorgánica:** rama de la química inorgánica que estudia el papel de algunos elementos químicos, generalmente metálicos, en la composición y reactividad de algunos compuestos biológicos.
- **Cofactor:** átomo metálico que forma parte de la estructura de una enzima y que es esencial para su actividad.
- **Enzima:** proteína con actividad catalítica.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## La molécula más singular del universo

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga la relación entre la estructura molecular del agua y sus propiedades.

**Contenidos sugeridos.** Orbitales moleculares del agua: tipos y disposición en el espacio. La forma de la molécula del agua. Momento dipolar. Densidad. Calor específico, de vaporización y de fusión. Cohesión y tensión superficial. Capacidad como disolvente. Disociación.

**Fuentes de la investigación**

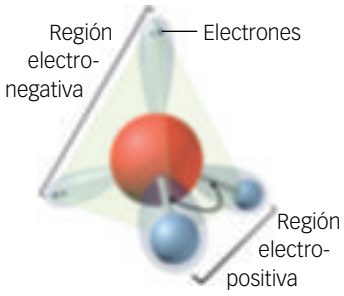
- *Vida, la ciencia de la Biología*. Purves; Sadava; Orians; Heller y Hillis. Editorial Médica Panamericana, 2009.
- *Química general*. R. H. Petrucci. Editorial Pearson, 2011.

**Realización.** Equipos de 3 a 5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

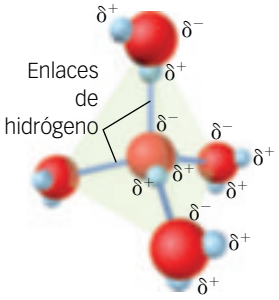
**Presentación.** Cartel para exponer en clase e informe.

### TEN EN CUENTA QUE

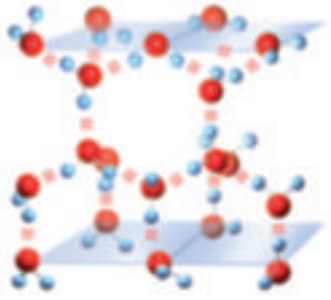



El átomo de oxígeno tiene dos pares de electrones no enlazantes que se repelen entre ellos. Es además muy electronegativo, por lo que atrae los electrones compartidos con el hidrógeno.

Aunque la molécula de agua es **plana**, los pares de electrones (enlazados y no enlazados) de la molécula se disponen en el espacio formando un **tetraedro**.




La desigual distribución de carga genera en el hidrógeno una densidad de carga positiva ($\delta^+$) y en el oxígeno una densidad de carga negativa ($\delta^-$), formando un **dipolo permanente**. Por ello decimos que el agua es una sustancia **polar** en la que el oxígeno de una molécula ($\delta^-$) interacciona con el hidrógeno de otra ($\delta^+$), estableciendo un enlace o **puente de hidrógeno**.



En estado sólido cada molécula de agua forma cuatro puentes de hidrógeno con otras tantas moléculas de agua, que mantienen **posiciones fijas** en una estructura cristalina tridimensional más expandida y, por lo tanto, menos densa.

En estado líquido, se forman y destruyen continuamente los puentes de hidrógeno. Estos enlaces confieren al agua una estructura de red **dinámica** empaquetada, sin posiciones fijas en las moléculas (el empaquetamiento es máximo a 4 °C).

### LO QUE DEBES SABER

- **Dipolo:** campo eléctrico creado por dos cargas opuestas separadas.
- **Momento dipolar:** mide la fuerza de un dipolo; es el producto del valor de las cargas por la distancia que las separa.
- **Sustancia polar:** sustancia cuya molécula presenta un dipolo.
- **Puente de hidrógeno:** enlace débil entre un átomo de hidrógeno y un átomo electronegativo, como oxígeno o azufre.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 8 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Los bioelementos principales son:

- ☐ **a.** C, H, O, N, P y S.
- ☐ **b.** C, H, F, Cl, Br y I.
- ☐ **c.** O, Si, Al, Fe, Ca y Na.
- ☐ **d.** C, H, O, N, Fe y S.

**2** Las biomoléculas orgánicas son:

- ☐ **a.** Glúcidos, lípidos, aldehídos y cetonas.
- ☐ **b.** Glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- ☐ **c.** Proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos y almidón.
- ☐ **d.** Glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos oleicos.

**3** La hidrólisis del almidón produce:

- ☐ **a.** Aminoácidos.
- ☐ **b.** Lípidos.
- ☐ **c.** Celulosa.
- ☐ **d.** Monosacáridos.

**4** Los triglicéridos resultan de la unión de:

- ☐ **a.** Tres moléculas de glicerina y una molécula de ácido graso.
- ☐ **b.** Tres moléculas de glicerina y tres moléculas de ácidos grasos.
- ☐ **c.** Una molécula de glicerina y tres moléculas de ácidos grasos.
- ☐ **d.** Tres moléculas de glicerina y tres aminoácidos.

**5** El enlace peptídico se forma al unirse:

- ☐ **a.** El grupo carboxilo de un aminoácido con el grupo amino de otro.
- ☐ **b.** El grupo carboxilo de un aminoácido con el grupo carboxilo de otro.
- ☐ **c.** El grupo amino de un aminoácido con el grupo amino de otro.
- ☐ **d.** Depende del pH de la disolución donde se encuentren los aminoácidos.

**6** Los nucleótidos están formados por:

- ☐ **a.** Aminoácidos, lípidos y proteínas.
- ☐ **b.** Ácido fosfórico, lípidos y proteínas.
- ☐ **c.** Ácido fosfórico, un azúcar y una base nitrogenada.
- ☐ **d.** Ácido fosfórico, un aminoácido y una base nitrogenada.

**7** Las células eucariotas se caracterizan por tener:

- ☐ **a.** Una gruesa envoltura denominada pared celular.
- ☐ **b.** Flagelos en toda la membrana celular.
- ☐ **c.** El material genético libre en el citoplasma.
- ☐ **d.** El material genético dentro de un núcleo con envoltura propia.

**8** Los lisosomas son orgánulos de las células eucarióticas que:

- ☐ **a.** Realizan la respiración celular y contienen ADN.
- ☐ **b.** Realizan la fotosíntesis y contienen ADN.
- ☐ **c.** Contienen enzimas digestivas y descomponen nutrientes y restos celulares.
- ☐ **d.** Son los responsables del movimiento celular.

**9** Una célula con 46 cromosomas realiza una mitosis. Se obtiene:

- ☐ **a.** Dos células con 23 cromosomas cada una.
- ☐ **b.** Una célula con 46 y la otra que «muere» sin cromosomas.
- ☐ **c.** Dos o cuatro células con 46 cromosomas, depende de si se trata de una planta o de un animal.
- ☐ **d.** Dos células con 46 cromosomas cada una.

**10** Una célula con 46 cromosomas experimenta una meiosis. Se obtiene:

- ☐ **a.** Dos células con 46 cromosomas.
- ☐ **b.** Cuatro células con 23 cromosomas.
- ☐ **c.** Cuatro células con 46 cromosomas.
- ☐ **d.** Cuatro células, 2 de ellas con 23 y otras con 46 cromosomas.

SOLUCIONES

**1** a, **2** b, **3** d, **4** c, **5** a, **6** c, **7** d, **8** c, **9** d, **10** b

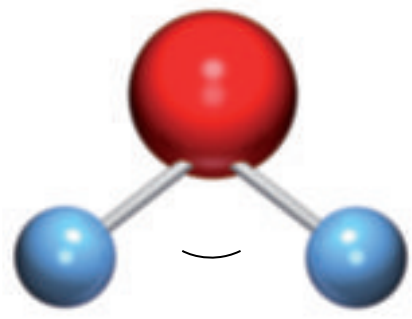
# 8 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Explica en qué consiste la función de reproducción de los seres vivos y qué modalidades conoces.

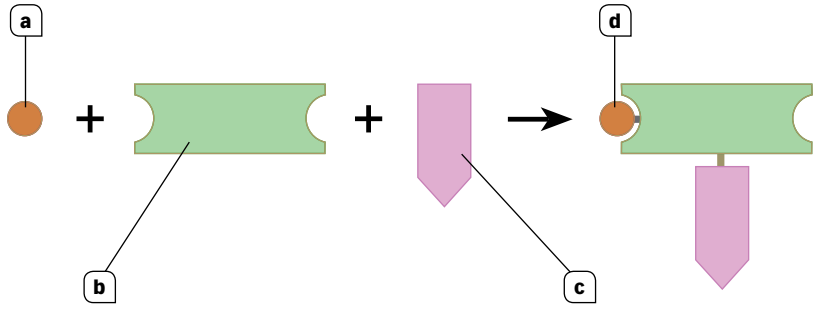
**2** ¿Qué quiere decir que los seres vivos se organizan en niveles jerárquicos? Cita dos niveles abióticos y dos niveles bióticos.

**3** El modelo adjunto representa una molécula que forma parte de la materia viva. Identifícala y explica cuáles son sus principales propiedades.



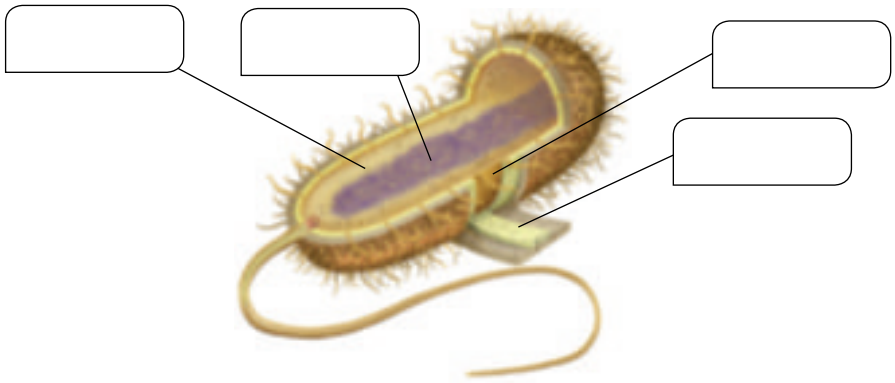
**4** Muchos monómeros del mismo tipo forman el almidón, el glucógeno y la celulosa. ¿Cuál es la diferencia entre estas tres sustancias?

**5** Los ácidos nucleicos son polímeros formados por nucleótidos. En la siguiente figura indica qué representan a, b, c y d.



**6** Cita cinco funciones de las proteínas y pon ejemplos.

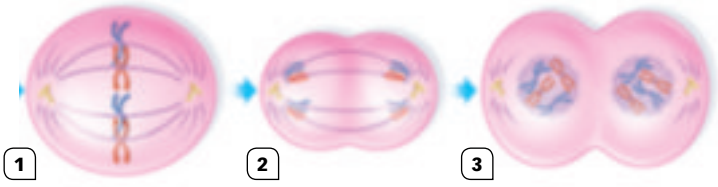
**7** Identifica esta célula. Explica a qué tipo de organismos pertenece y pon nombre a las diferentes partes.



**8** Relaciona entre sí las dos columnas.

| | |
|---|---|
| a) Lisosoma | 1. Respiración celular. |
| b) Aparato de Golgi | 2. Fotosíntesis. |
| c) Mitocondria | 3. Digestión celular. |
| d) Núcleo | 4. Transporte de sustancias al exterior. |
| e) Cloroplasto | 5. Contiene la información genética. |

**9** Identifica el proceso del modelo adjunto y las fases representadas. ¿Qué ocurrirá al final de la fase 3?




**10** Completa la tabla siguiente indicando los resultados obtenidos en cada proceso si se parte de una célula con 32 cromosomas.

| Resultado final | Células | Cromosomas por célula |
|---|---|---|
| **Mitosis** | | |
| **Meiosis** | | |

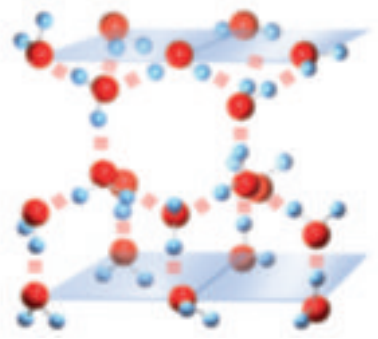
# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Explica en qué consiste la reproducción sexual y define los términos *haploide* y *diploide*.

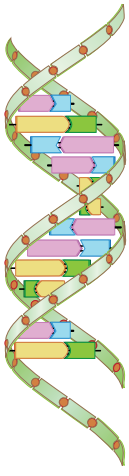
**2** La organización de los seres vivos en niveles conlleva la aparición de propiedades emergentes. Explica qué es un nivel de organización y qué es una propiedad emergente en un sistema.

**3** El dibujo adjunto representa un conjunto de moléculas de una sustancia que se encuentra en la materia viva. Identifícala e indica qué representan las bolas grandes y qué las pequeñas. Explica qué tipo de interacción se representa en la figura.



**4** Escribe la reacción química de formación de un triglicérido. Indica el nombre de los compuestos que intervienen en el proceso.

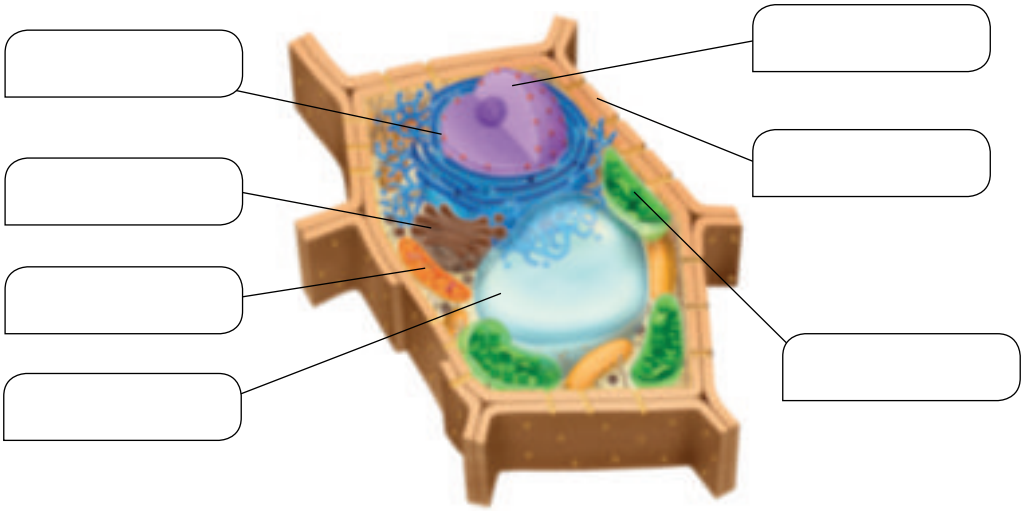
**5** Explica la estructura de la siguiente molécula. ¿Por qué monómeros está formada? ¿Qué función desempeña?



 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** La mayoría de las sustancias que forman los seres vivos cuando se ponen en contacto en condiciones de laboratorio no reaccionan. Sin embargo, en los seres vivos las reacciones químicas entre esas sustancias se realizan con gran rapidez. ¿A qué se debe?

**7** Identifica esta célula. Explica a qué tipo de organismo pertenece y pon nombre a las diferentes partes.



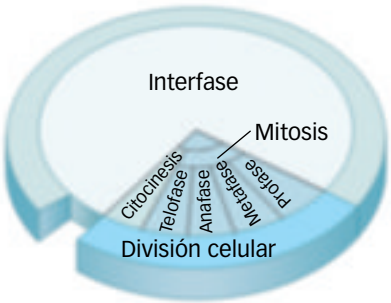
**8** Indica qué orgánulos celulares tienen que ver con:

a) El almacenamiento de la información genética.

b) El transporte de sustancias.

c) La obtención de energía.

**9** Explica el esquema adjunto indicando qué ocurre en cada una de las fases. No es necesario que especifiques lo que ocurre en las diferentes fases de la mitosis.




**10** Completa la tabla siguiente.

| Inicio de la meiosis | Final de 1.ª división meiótica | Final de 2.ª división meiótica |
|---|---|---|
| Una célula con 46 cromosomas | | |
| | Dos células con 10 cromosomas | |
| | | Cuatro células con 24 cromosomas |

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B1-1.** Especificar las características que definen a los seres vivos. | **B1-1.1.** Describe las características que definen a los seres vivos: funciones de nutrición, relación y reproducción. | 1 y 2 | 1 y 2 |
| **B1-3.** Diferenciar y clasificar los diferentes tipos de biomoléculas que constituyen la materia viva y relacionarlas con sus respectivas funciones biológicas en la célula. | **B1-3.1.** Distingue las características fisicoquímicas y propiedades de las moléculas básicas que configuran la estructura celular, destacando la uniformidad molecular de los seres vivos. | 3, 4 y 6 | 3, 4 y 6 |
| **B1-4.** Diferenciar cada uno de los monómeros constituyentes de las macromoléculas orgánicas. | **B1-4.1.** Identifica cada uno de los monómeros constituyentes de las macromoléculas orgánicas. | 5 | 5 |
| **B2-1.** Distinguir una célula procariota de una eucariota y una célula animal de una vegetal, analizando sus semejanzas y diferencias. | **B2-1.2.** Perfila células procariotas y eucariotas y nombra sus estructuras. | 7 | 7 |
| **B2-2.** Identificar los orgánulos celulares, describiendo su estructura y función. | **B2-2.1.** Representa esquemáticamente los orgánulos celulares, asociando cada orgánulo con su función o funciones. | 8 | 8 |
| **B2-3.** Reconocer las fases de la mitosis y meiosis argumentando su importancia biológica. | **B2-3.1.** Describe los acontecimientos fundamentales en cada una de las fases de la mitosis y meiosis. | 9 y 10 | 9 y 10 |

## Control B

**1** La reproducción es una de las funciones vitales de los seres vivos y consiste en producir réplicas de sí mismos, iguales o muy parecidas a los progenitores, que permite la continuidad de la especie. Por tanto, todos los organismos, desde los unicelulares más sencillos, como un paramecio, hasta los pluricelulares más complejos, como los vertebrados, surgen a partir de otros gracias al proceso de reproducción. Hay dos modalidades de reproducción, asexual y sexual, aunque muchos organismos alternan en sus ciclos de vida los dos tipos.

**2** Los seres vivos se organizan en niveles de diferente complejidad. En primer lugar podemos distinguir dos niveles de organización: el abiótico, formado por los constituyentes químicos que conforman tanto la materia viva como la inerte, y el biótico, constituido exclusivamente por seres vivos, desde las formas más sencillas a las más complejas.

Dentro de cada uno de esos niveles hay diferentes categorías de complejidad.

Ejemplos de niveles de organización abióticos son el nivel molecular y el macromolecular, y de niveles bióticos, el celular y el de población.

**3** La molécula representada es el agua ($H_2O$), la más abundante en los seres vivos. Está constituida por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), unidos mediante enlaces covalentes. Gracias a su estructura, el agua posee propiedades como las siguientes:

– Buen disolvente, al reducir la atracción entre partículas con cargas opuestas. Es un idóneo vehículo de transporte de nutrientes.

– Eficaz regulador térmico, por su alto calor específico. Hace posible que la temperatura del organismo permanezca relativamente constante a pesar de los cambios de la temperatura ambiente.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** El almidón, el glucógeno y la celulosa son polímeros de la glucosa. Las diferencias entre ellos son: por su estructura, el almidón y el glucógeno son polisacáridos muy ramificados mientras que la celulosa es lineal; por su función, el almidón y el glucógeno sirven de reserva energética y la celulosa forma la pared celular de las células vegetales; por su localización, el glucógeno en los animales y el almidón y la celulosa, en las plantas.

**5** a) representa la molécula de ácido fosfórico; b) un azúcar, ribosa o desoxirribosa; c) una base nitrogenada, púrica o pirimidínica, y d) es un nucleótido completo.

**6** Funciones de las proteínas:

– Estructural, como el colágeno de la piel y los huesos.

– Transporte de moléculas, como la hemoglobina, encargada de llevar oxígeno a todas las células de los tejidos y de recoger el dióxido de carbono.

– Regulación hormonal, como en el caso de la insulina, implicada en la regulación de glucosa en sangre.

– Inmunológica, constituyendo la estructura de los anticuerpos.

– Reserva, por ejemplo, la ovoalbúmina del huevo.

**7** Es una célula procariota. Es característica de los organismos unicelulares del reino Moneras (bacterias, arqueobacterias, etc.).

R. G. Ver figura de la página 152 del libro del alumno.

**8** a) 3; b) 4; c) 1; d) 5; e) 2.

**9** Representa fases de la mitosis. Son las siguientes: 1. Metafase, 2. Anafase y 3. Telofase.

Al final de la telofase, última fase de la división del núcleo, se produce la división del citoplasma. En las células animales se produce un estrangulamiento a nivel del ecuador que divide en dos a la célula madre. El resultado es la formación de dos células hijas con la misma información genética que tenía la madre. En las células vegetales no se produce estrangulamiento, sino que se forma un tabique o fragmoplasto que separa a las dos células hijas.

**10**

| Resultado final | Células | Cromosomas por célula |
|---|---|---|
| **Mitosis** | 2 | 32 |
| **Meiosis** | 4 | 16 |

## Control A

**1** La reproducción sexual se realiza mediante el intercambio genético entre dos individuos distintos, macho y hembra, al fusionarse dos células o gametos haploides (n), una de cada individuo. Tras la fusión se forma un cigoto (2n) a partir del cual se desarrolla un nuevo individuo. Los descendientes poseen caracteres procedentes de ambos progenitores.

Haploide: célula o individuo cuya dotación cromosómica está formada por un único juego de cromosomas. Se representa por n.

Diploide: célula o individuo cuya dotación cromosómica es doble, formada por dos copias de cada cromosoma, una de cada progenitor. Se representa por 2n.

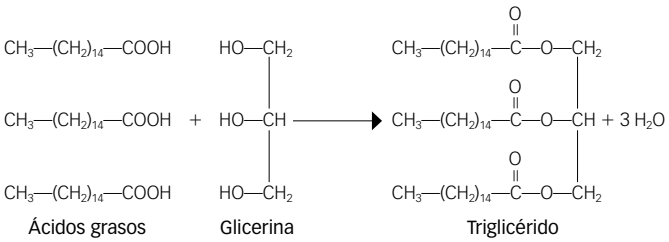
**2** Los niveles de organización son los diferentes grados de complejidad que podemos diferenciar al estudiar la vida.

Los niveles de organización son jerárquicos, de manera que cada categoría tiene un mayor grado de complicación que el precedente. Cada nivel presenta unas propiedades emergentes que no se dan en los niveles precedentes o en los que le siguen. Por tanto, las propiedades emergentes son características nuevas que surgen a partir de la combinación de componentes más sencillos, según aumenta el nivel de complejidad de un sistema.

**3** La figura representa la unión de moléculas de agua ($H_2O$). Las bolas grandes representan el oxígeno y las pequeñas, el hidrógeno.

En la figura se representan las moléculas de agua unidas mediante interacciones débiles denominadas enlaces o puentes de hidrógeno. Estas uniones se generan debido a la alta electronegatividad del átomo de oxígeno, que atrae con mayor intensidad al par de electrones del enlace covalente, generando en el oxígeno un exceso de carga negativa y en el átomo de hidrógeno, un exceso de carga positiva. Este dipolo generado facilita la unión de un átomo de oxígeno de una molécula de agua con un átomo de hidrógeno de otra molécula vecina mediante un enlace o puente de hidrógeno.

**4** En el proceso intervienen: 3 moléculas de ácidos grasos y una molécula de glicerina, que reaccionan y dan lugar a un triglicérido más 3 moléculas de agua.




**5** La molécula representada es el ácido desoxirribonucleico (ADN), una macromolécula formada por muchos monómeros denominados nucleótidos. Estos nucleótidos están constituidos a su vez por una molécula de ácido fosfórico, un azúcar (desoxirribosa) y una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina o timina). Su estructura son dos cadenas complementarias unidas formando una doble hélice. Las pentosas y los grupos fosfatos configuran el esqueleto exterior, mientras que las bases nitrogenadas se disponen hacia el interior. La estructura se mantiene mediante enlaces de hidrógeno entre las bases nitrogenadas, de forma que la adenina se une siempre con la timina de la otra cadena y la guanina con la citosina.

El ADN es el portador de la información genética que se transmite a la descendencia y contiene las instrucciones necesarias para formar todas las proteínas de un ser vivo.

**6** Se debe a la acción de unas proteínas, las enzimas, que son biocatalizadores muy eficaces. Disminuyen la energía de activación necesaria para el comienzo de la reacción, aumentando la velocidad de la misma.

**7** Es una célula eucariota vegetal propia de algas y plantas.

R. G. Ver figura de la página 153 del libro del alumno.

**8** **a)** El núcleo.

**b)** El retículo endoplasmático y el aparato de Golgi.

**c)** La mitocondria y el cloroplasto.

**9** La figura representa las distintas etapas del ciclo celular. El ciclo de vida de una célula es el conjunto de procesos que experimenta en el periodo de tiempo comprendido entre su formación y su división. Se distinguen dos fases:

– Interfase. Etapa muy activa en la que se produce el crecimiento celular, se sintetizan todas las sustancias propias de la célula, se duplica el centrosoma (cada uno con dos centríolos en las células animales) y se produce la duplicación del ADN y su compactación hasta formar cromosomas.

– División celular o fase M. En las células eucariotas comprende dos procesos: la división del núcleo o cariocinesis y la división del citoplasma o citocinesis.

**10**

| Inicio de la meiosis | Final de 1.ª división meiótica | Final de 2.ª división meiótica |
|---|---|---|
| Una célula con 46 cromosomas | Dos células con 23 cromosomas | Cuatro células con 23 cromosomas |
| Una célula con 20 cromosomas | Dos células con 10 cromosomas | Cuatro células con 10 cromosomas |
| Una célula con 48 cromosomas | Dos células con 24 cromosomas | Cuatro células con 24 cromosomas |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

La materia viva está formada por los mismos elementos químicos de la tabla periódica que forman parte de la materia inerte; sin embargo, la proporción de cada uno de esos elementos es muy diferente en ambos casos. Así, el elemento químico más abundante (en % de número de átomos) en el burro de la imagen, como en toda la materia viva, es el hidrógeno, escaso en la materia inerte; mientras que el elemento más abundante en el risco de la fotografía, como en toda la materia inerte, es el silicio. El segundo en abundancia en ambos casos es el oxígeno.

En los dos tipos de materia esos elementos químicos se combinan formando moléculas y macromoléculas.

**1** ¿Cuál o cuáles son las moléculas más abundantes en la materia viva?

- ☐ **a.** El ADN.
- ☐ **b.** El agua.
- ☐ **c.** Las proteínas.
- ☐ **d.** Los glúcidos.

**2** Tanto en la materia viva como en la inerte, las grandes moléculas se forman por repetición de moléculas más sencillas.

Las grandes moléculas así formadas reciben el nombre de *polímeros* y las moléculas-unidad, que se repiten muchas veces para formar las grandes moléculas, se denominan *monómeros*.

Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas.

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| El monómero correspondiente al polímero almidón es la sacarosa. | |
| El ADN es una biomolécula formada por ácidos nucleicos. | |
| El monómero correspondiente al polímero celulosa es la glucosa. | |
| Los monómeros que se unen para dar lugar a las proteínas son los aminoácidos. | |

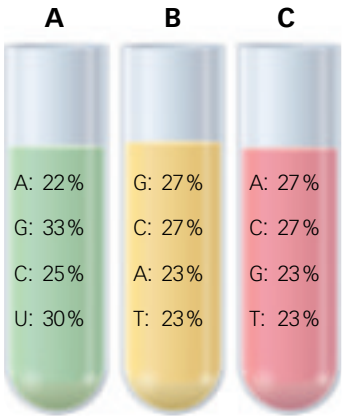
**3** ¿Cuáles son las principales funciones de los lípidos?

- ☐ **a.** Estructural, protectora y de reserva energética.
- ☐ **b.** Estructural, inmunológica y de reserva energética.
- ☐ **c.** Estructural, protectora, inmunológica y de reserva energética.
- ☐ **d.** Estructural, protectora y de regulación hormonal.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** El doctorando Gutiérrez estaba a punto de etiquetar unas muestras de ácidos nucleicos en un laboratorio de biología molecular, cuando una fuerte corriente de aire hizo volar tres de las etiquetas. Gutiérrez sabe que una de las muestras contiene un ácido nucleico bicatenario mientras que las otras dos corresponden a monocatenarios.

Completa la tabla en función del gráfico.




| Muestra | Etiqueta |
|---|---|
| Muestra A | |
| Muestra B | |
| Muestra C | |

Etiqueta 1. **ADN bicatenario**

Etiqueta 2. **ADN monocatenario**

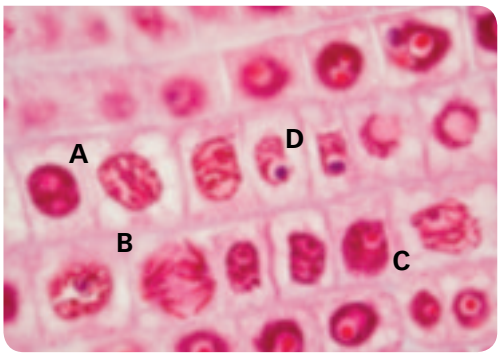
Etiqueta 3. **ADN monocatenario**

**5** Para que las células que resultan de una división celular por mitosis tengan la misma información genética que la célula madre, es evidente que en algún momento tienen que duplicarse las moléculas de ADN, porque es en ellas donde reside esa información.

¿En qué momento se produce la duplicación del ADN?

- ☐ **a.** Durante la interfase.
- ☐ **b.** Durante la profase.
- ☐ **c.** Durante la metafase.
- ☐ **d.** Durante la anafase.

**6** La fotografía muestra lo que se puede observar con el microscopio óptico en un corte de meristemo apical de una determinada especie; se trata de un tejido vegetal donde las células se están reproduciendo por mitosis de una manera muy activa.




¿En qué fase está cada una de las células A, B, C y D?

- ☐ **a.** A en profase, B en metafase, C en anafase y D en telofase.
- ☐ **b.** A en metafase, B en telofase, C en anafase y D en profase.
- ☐ **c.** A en metafase, B en anafase, C en profase y D en telofase.
- ☐ **d.** A en anafase, B en metafase, C en profase y D en telofase.

**7** Se sabe que cada una de las cromátidas está formada por una sola molécula de ADN que, durante la interfase y profase, se asocia a diferentes proteínas para formar el cromosoma.

Si estas células de la fotografía pertenecieran a una especie $2n = 12$, ¿cuántas moléculas de ADN podríamos encontrar en cada una de las dos células que resultan de una mitosis? ¿Cuántas en cada una de las cuatro células que resultan de una meiosis?

- ☐ **a.** 12 moléculas de ADN en cada célula procedente tanto de mitosis como de meiosis.
- ☐ **b.** 6 moléculas de ADN en las células procedentes de mitosis y 3 en las procedentes de meiosis.
- ☐ **c.** 6 moléculas de ADN en cada célula procedente tanto de mitosis como de meiosis.
- ☐ **d.** 12 moléculas de ADN en las células procedentes de mitosis y 6 en las procedentes de meiosis.

**8** Los centríolos son tan pequeños, que no pueden verse con el microscopio óptico.

Al observar las células de la fotografía anterior con un microscopio electrónico, ¿podríamos ver los centríolos con detalle?

- ☐ **a.** Sí, el microscopio electrónico permite ver los centríolos con todo detalle.
- ☐ **b.** No, son demasiado pequeños para verlos incluso con el microscopio electrónico.
- ☐ **c.** No, las células vegetales no tienen centríolos.
- ☐ **d.** No, durante la mitosis no son visibles los centríolos.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B1-3.** Diferenciar y clasificar los diferentes tipos de biomoléculas que constituyen la materia viva y relacionarlas con sus respectivas funciones biológicas en la célula. | **B1-3.1.** Distingue las características fisicoquímicas y propiedades de las moléculas básicas que configuran la estructura celular, destacando la uniformidad molecular de los seres vivos. | 1 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor** | **B1-4.** Diferenciar cada uno de los monómeros constituyentes de las macromoléculas orgánicas reconociendo los tipos de enlaces que se establecen entre ellos para constituirlas. | **B1-4.1.** Identifica los enlaces químicos que permiten la síntesis de las macromoléculas: enlaces O-glucosídico, enlace éster, enlace peptídico, O-nucleósido. | 2 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B1-5.** Reconocer algunas macromoléculas cuya conformación está directamente relacionada con la función que desempeñan. | **B1-5.1.** Asocia biomoléculas con su función biológica de acuerdo con su estructura tridimensional. | 3 y 4 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B2-3.** Reconocer las fases de la mitosis y meiosis argumentando su importancia biológica. | **B2-3.1.** Describe los acontecimientos fundamentales en cada una de las fases de la mitosis y meiosis. | 5, 6, 7 y 8 |

**1** **b.** El agua.

**2**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| El monómero correspondiente al polímero almidón es la sacarosa. | Falso |
| El ADN es una biomolécula formada por ácidos nucleicos. | Verdadero |
| El monómero correspondiente al polímero celulosa es la glucosa. | Verdadero |
| Los monómeros que se unen para dar lugar a las proteínas son los aminoácidos. | Verdadero |

**3** **a.** Estructural, protectora y de reserva energética.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4**

| Muestra | Etiqueta |
|---|---|
| Muestra A | 3 |
| Muestra B | 1 |
| Muestra C | 2 |

**5** **a.** Durante la interfase.

**6** **c.** A en metafase, B en anafase, C en profase y D en telofase.

**7** **d.** 12 moléculas de ADN en las células procedentes de mitosis y 6 en las procedentes de meiosis.

**8** **c.** No, las células vegetales no tienen centríolos.

# Solucionario

Pág. 143

**PARA COMENZAR**

**1** Todos los seres vivos, a diferencia de la materia inerte, llevan a cabo las denominadas funciones vitales: nutrición (intercambian materia y energía con el medio que les rodea), relación (detectan cambios en el medio y responden ante ellos) y reproducción (generan individuos iguales o semejantes a ellos).

**2** En cuanto a las sustancias simples (elementos químicos), tenemos los mismos pero en diferente proporción. Compartimos muchas moléculas, agua y sales minerales, también en diferente proporción, pero los seres vivos están formados por biomoléculas orgánicas que son exclusivas de ellos.

**3** Necesitan materia y energía para conservar y renovar sus estructuras y para realizar sus funciones vitales.

**4** Porque todos los seres vivos necesitan materia y energía para llevar a cabo su metabolismo y sus funciones vitales. Además, las complejas moléculas orgánicas que constituyen la materia viva, como los ácidos nucleicos y las proteínas, necesitan energía para formarse.

**5** Las células procariotas son las más sencillas, su material genético no está rodeado por una membrana y carecen de orgánulos especializados. Las células eucariotas son más complejas, tienen núcleo rodeado de una membrana que contiene el material genético y diversos orgánulos especializados en el citoplasma.

**6** Desde un punto de vista estricto, sí, porque es imposible reproducir las condiciones y no se puede volver atrás en el tiempo; pero no es descartable que en un futuro, en planetas semejantes al nuestro, pudiéramos presenciar las etapas iniciales de la vida.

**7** Porque cualquier información de ese tipo ayudará a comprender el origen de la vida en la Tierra.

Pág. 144

**1** No, porque en estas colonias los organismos unicelulares que se agrupan, aunque lo hacen para mejorar su eficacia y en ocasiones existe un cierto reparto del trabajo, no se diferencian ni se especializan, por lo que cada uno de ellos realiza todas sus funciones vitales, pudiendo tras la asociación volver a llevar una vida completamente independiente.

**2** Los seres vivos están formados por los mismos elementos químicos que la materia inerte, aunque se encuentran en distinta proporción, y también comparten las moléculas inorgánicas, como el agua y las sales minerales.

Pág. 146

**3** A que los seres vivos han seleccionado aquellos elementos que son más adecuados para su estructura y funciones. El carbono, uniéndose consigo mismo, puede formar cadenas tan largas como podamos imaginar, formando los biopolímeros que necesita la vida. El silicio, uniéndose consigo mismo no puede formar cadenas de mucho más de 10 átomos.

**4** Son los bioelementos. Los más abundantes son: carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), que constituyen el 96 % de la materia viva. Otros bioelementos, como calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), cloro (Cl) y yodo (I), se encuentran en menor proporción (3,9 %) y el resto, hasta unos 20, solo constituyen un 0,1 %.

**5** No. Una biomolécula es cualquier sustancia química que forma parte de la materia viva (agua, glucosa, ácido graso, etc.) y un polímero es una macromolécula que se forma por la unión de muchas moléculas similares o idénticas, llamadas monómeros.

En los seres vivos muchas biomoléculas orgánicas, como las proteínas y los ácidos nucleicos, son polímeros.

Pág. 147

**6** El agua ($H_2O$) es la molécula más abundante en los seres vivos y, gracias a su estructura, desempeña funciones muy importantes, entre ellas:

– El agua es un buen disolvente y en su seno se realizan la mayor parte de las reacciones químicas que tienen lugar en las células; además, transporta las sustancias disueltas.

– Por su elevado calor específico es un buen regulador térmico y amortigua los cambios bruscos de temperatura en los seres vivos.

**7** La sangre en los animales y la savia en las plantas.

Pág. 148

**8** Porque químicamente son polialcoholes con un grupo aldehído o cetona. La denominación de hidratos de carbono hace referencia a su fórmula empírica, pero puede inducir a error, ya que no son compuestos de agua y carbono.

Pág. 149

**9** En primer lugar proporciona membranas celulares insolubles en agua y, por otra parte, al recubrir las superficies externas de algunos órganos (pelo, plumas, tallos, frutos, hojas, etc.), los impermeabiliza para que puedan desarrollar su función de protección.

Pág. 150

**10** **a)** Se rompen los enlaces débiles que mantienen la estructura tridimensional y como consecuencia se produce la pérdida de las propiedades y función de la proteína.

**b)** No, porque son enlaces covalentes fuertes.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Pág. 151

**11** Los «peldaños» corresponderían a los pares de bases complementarias que se disponen hacia el interior, y los «reposamanos» a las pentosas y a los grupos fosfatos que forman el esqueleto exterior.

Pág. 152

**12** En primer lugar, por el tamaño: las células procariotas tienen un tamaño medio de unas 2 μ y las células eucariotas de 10 a 200 μ. Otra diferencia que se puede apreciar en el microscopio es la presencia de núcleo en las células eucariotas.

**13** Todos los organismos procariotas son unicelulares, pero los eucariotas pueden ser unicelulares o pluricelulares.

Pág. 155

**14** Durante la división celular el ADN se encuentra compactado formando los cromosomas y durante la interfase constituye la cromatina, en forma de hilos. La cromatina está formada por ADN y proteínas y es en este estado cuando la información genética puede duplicarse y transcribirse. Cuando la célula va a dividirse la cromatina se condensa formando los cromosomas, filamentos mucho más cortos y gruesos, lo que permite que la información genética se pueda repartir por igual entre las células hijas.

**15** Porque tras la primera división de la meiosis se separan los cromosomas homólogos que están formados por dos cromátidas y, por tanto, su material genético (ADN) ya está duplicado.

Pág. 156

**16** En la meiosis la variabilidad genética se genera en la primera división, debido al intercambio de información genética que se produce entre cromosomas homólogos en la profase I y, a continuación, por el reparto al azar de los cromosomas homólogos paternos y maternos. En la mitosis no se genera variabilidad, ya que las células hijas que se originan son genéticamente idénticas a la célula madre.

**17** Promover la variabilidad genética. En la especie humana, cada progenitor puede dar lugar a $2^{23}$ gametos genéticamente diferentes (más de ocho millones). Por tanto, la posibilidad de que se originen dos individuos iguales resulta prácticamente imposible.

**18** En los organismos con reproducción sexual tiene que producirse necesariamente la meiosis para que los gametos sean haploides. Así, en el momento de la fecundación los gametos masculino y femenino, ambos haploides, fusionan sus núcleos iniciando el desarrollo de un nuevo individuo diploide, igual que sus progenitores, y de esta manera se mantiene constante el número de cromosomas de los individuos de una especie.

Si se formasen células diploides, es decir, si los gametos fuesen diploides, los individuos de la siguiente generación tendrían el doble de cromosomas que sus progenitores.

**19** La mitosis se produce en todas las células somáticas, que están en todas las partes del cuerpo, y la meiosis solo en las células germinales que dan lugar a los gametos (células reproductoras) en los órganos sexuales (ovarios y testículos).

Pág. 157

**EN RESUMEN**

**20** Las principales funciones de los glúcidos son energética y estructural. Las de los lípidos son actuar como reserva energética y formar parte de las membranas biológicas.

**21**

| | ARN | ADN |
|---|---|---|
| **Composición química** | Azúcar: ribosa<br>Bases nitrogenadas: A, G, C y U | Azúcar: desoxirribosa<br>Bases nitrogenadas: A, G, C y T |
| **Tamaño** | Cadenas más cortas | Cadenas más largas |
| **Estructura** | Cadena sencilla | Cadena doble |
| **Localización celular** | En el núcleo y en el citoplasma | En el núcleo |
| **Función** | Ejecuta las órdenes del ADN:<br>– ARN mensajero transporta la información del ADN hasta los ribosomas.<br>– ARN ribosómico se asocia a proteínas y forma los ribosomas.<br>– ARN transferente está encargado de transportar aminoácidos hasta los ribosomas para constituir las proteínas. | Es el portador de la información genética.<br>Contiene las instrucciones para formar las proteínas de un ser vivo. |

**22** La unión de monosacáridos se da gracias al enlace glucosídico que se forma al reaccionar dos grupos hidroxilo (2–OH) de dos monosacáridos diferentes con liberación de una molécula de agua. Se forman así los disacáridos, los oligosacáridos y los polisacáridos.

Las proteínas se forman por la unión de aminoácidos mediante el enlace peptídico, al reaccionar el grupo carboxilo (–COOH) de un aminoácido con el grupo amino ($–NH_2$) de otro liberándose una molécula de agua. Se forman así los péptidos y las proteínas. Las proteínas pueden adoptar una estructura tridimensional compleja mantenida

por interacciones iónicas, atracciones electrostáticas y puentes de hidrógeno que se dan entre los aminoácidos.

La unión de nucleótidos se da gracias al enlace fosfodiéster que se forma entre el grupo fosfato de un nucleótido y el grupo hidroxilo (–OH) que se encuentra en el carbono 3' de la pentosa de otro nucleótido, con liberación de una molécula de agua. Se forman así los polinucleótidos, como el ARN y el ADN.

**23**

| Orgánulos células eucariotas | Función | Analogías y diferencias<br>A = Presente en célula animal<br>V = Presente en célula vegetal |
|---|---|---|
| **Retículo endoplasmático** | Almacenamiento y transporte de lípidos y proteínas | A y V |
| **Ribosomas** | Síntesis de proteínas | A y V |
| **Aparato de Golgi** | Almacenamiento y transporte | A y V |
| **Mitocondrias** | Respiración celular | A y V |
| **Lisosomas** | Digestión intracelular | A y V |
| **Vacuolas** | Almacenar sustancias y regular la cantidad de agua | Pequeñas en animales y grandes en vegetales |
| **Centrosoma** | Formación del huso acromático | A |
| **Cloroplastos** | Fotosíntesis | V |
| **Núcleo** | Contiene la información genética | A y V |

**24** La mitosis es un proceso que garantiza que las células hijas tengan la misma información genética que la célula madre. Esto es una ventaja para los organismos pluricelulares, ya que durante su crecimiento y desarrollo las nuevas células que se forman tienen la misma información genética; de igual forma, estos organismos utilizan la mitosis para reponer las células muertas y renovar las dañadas, puesto que las nuevas células deben ser iguales a las que reemplazan. En la reproducción asexual, los hijos son idénticos a los padres puesto que se forman como resultado de la división celular por mitosis; esto puede ser un inconveniente si las condiciones del medio cambian y ningún individuo se adapta, con lo que todos pueden desaparecer.

La meiosis es necesaria en los organismos con reproducción sexual, pues permite que el número de cromosomas de la especie se mantenga constante de generación en generación. Produce células haploides permitiendo la fecundación y, por tanto, la combinación de genes de los dos padres. Además, promueve la variabilidad genética de la descendencia. La variabilidad puede permitir que en un individuo se genere una mezcla de caracteres más favorables que la que tenían sus progenitores.

Pág. 158

**PARA REPASAR**

**25** Un órgano es una parte del cuerpo formada por varios tejidos que realiza una función determinada, como el estómago y el hígado. Un organismo es un ser vivo que realiza las funciones vitales, nutrición, relación y reproducción, como un gato y una bacteria. Un orgánulo es una estructura de la célula que realiza una función determinada, como el ribosoma y el lisosoma.

**26** Es falsa. Los individuos pueden ser pluricelulares y unicelulares, como los procariotas y muchos protoctistas. Un individuo es un ser vivo que puede realizar todas las funciones vitales por sí mismo.

**27** Sí, las bacterias son células procariotas.

**28** Los oligoelementos son aquellos bioelementos que se encuentran en proporciones muy bajas en la materia viva, inferiores a 0,1 %, y que son imprescindibles para los seres vivos. Por ejemplo, el hierro que forma parte de la hemoglobina, cuya función es transportar oxígeno.

**29** Porque es el líquido que más sustancias disuelve (polares e incluso no polares). Debido a ello, el agua ($H_2O$) desempeña funciones muy importantes en los seres vivos: en su seno se realizan la mayor parte de las reacciones químicas que tienen lugar en la célula y, además, transporta las sustancias disueltas de una parte a otra del organismo (tanto nutritivas como de desecho).

**30** Las sales minerales sólidas desempeñan funciones de protección y de sostén, como por ejemplo las que forman las conchas y los esqueletos. Las disueltas mantienen el grado de salinidad del organismo e intervienen en funciones muy específicas, por ejemplo, la transmisión del impulso nervioso.

**31** Es un glúcido formado por muchos monosacáridos unidos mediante enlaces O-glucosídicos. Un ejemplo de polisacárido vegetal con función estructural es la celulosa y uno con función de reserva, el almidón.

**32** Semejanzas: los tres son polisacáridos formados por la unión de muchas moléculas de glucosa.

Diferencias por su estructura: el almidón y el glucógeno son polisacáridos muy ramificados mientras que la celulosa es lineal; por su función: el almidón y el glucógeno sirven de reserva energética, y la celulosa forma la pared celular de las células vegetales; por su localización: el glucógeno en los animales, y el almidón y la celulosa en las plantas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**33** **a)** ADN. Contiene timina.

**b)** ADN. Contiene timina.

**c)** ARN. Contiene uracilo.

**d)** ARN y ADN. Este fragmento podría corresponder a ambos ácidos nucleicos porque las bases nitrogenadas del segmento dado pueden estar presentes en ambas moléculas.

**34** **a)** Grasa de origen animal (triglicérido).

**b)** Almidón (polisacárido).

**c)** Grasa de origen vegetal (lípido).

**d)** Sacarosa (disacárido).

**e)** Albumina (proteína).

**35** 1. f); 2. a); 3. g); 4. c); 5. b); 6. d); 7. e).

**36** **a)** Celulosa.

**b)** Fosfolípidos y proteínas.

**c)** ADN y proteínas.

**d)** Sales minerales.

**37** Procariota: a) y c).

Eucariota: b) y g).

Ambas: d), e) y f).

**38** El orden del proceso sería:

B. Profase: el nucléolo y la membrana nuclear desaparecen y los cromosomas se van condensando haciéndose cada vez más cortos y gruesos. En las células animales cada par de centríolos se dirige hacia un polo celular y entre ambos se forma el huso acromático.

C. Metafase: los cromosomas se disponen en el centro de la célula formando la placa ecuatorial. Cada cromosoma está constituido por dos cromátidas hermanas idénticas entre sí unidas por el centrómero. Las fibras del huso acromático se adhieren a cada cromosoma a través de dicho centrómero.

D. Anafase: las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan y cada una se dirige hacia un polo de la célula.

A. Telofase: una vez que las cromátidas llegan a los respectivos polos, comienzan a descondensarse para constituir la nueva cromatina. Reaparece el nucléolo y empieza a formarse la membrana nuclear.

**39** R. G. Se trata de un organismo con 2n = 6 cromosomas. En una anafase mitótica se separan las cromátidas hermanas, 6 a cada polo. En una anafase I meiótica se separan los cromosomas homólogos, 3 a cada polo. En una anafase II meiótica se separan las cromátidas, 3 a cada polo. Es importante que se dibujen también los centrosomas y el huso acromático.

**40** **a)** Verdadera. Las células somáticas se dividen por mitosis y las células germinales por meiosis dando lugar a los gametos.

**b)** Verdadera.

**c)** Verdadera.

**d)** Verdadera.

**e)** Falsa. Cada persona tiene 23 pares de cromosomas y 46 cromosomas.

**41** La célula madre duplica su material genético, ADN, antes de comenzar la división y, cuando comienza la mitosis, ya se observa que cada cromosoma es doble y está formado por dos cromáticas hermanas idénticas. En la metafase los cromosomas dobles se disponen en el plano ecuatorial y en la anafase se separan las cromátidas de cada cromosoma, que se dirigen a polos opuestos de la célula (se separan así dos lotes idénticos de cromosomas). En la telofase se reconstruyen los núcleos de las células hijas y, finalmente, se divide el citoplasma, dando lugar a dos células hijas genéticamente idénticas entre sí e idénticas a la célula madre.

**42** Que se duplicaría de generación en generación.

**43** Al final de la mitosis, dos células con 56 cromosomas y al final de la meiosis, 4 células con 28 cromosomas.

**44** En la meiosis la variabilidad genética se genera por el intercambio de información que se produce entre cromosomas homólogos en la profase I, y por el reparto al azar de los cromosomas homólogos paternos y maternos.

Pág. 159

**PARA PROFUNDIZAR**

**45** Las grasas tienen un valor energético superior al de los glúcidos, por eso los animales almacenan la energía en forma de grasas; consiguen así almacenar la máxima energía con el mínimo peso, lo cual facilita su movilidad. Los vegetales, como viven fijos al suelo, pueden almacenar la energía en forma de glúcidos.

**46** A que las bacterias lácticas utilizan la lactosa como fuente de energía y, por tanto, después de la fermentación láctica, que transforma la leche en yogur, ya no hay lactosa.

**47** Para tener una reserva de glucógeno en los músculos.

El almidón es un polisacárido formado por muchas moléculas de glucosa y, tras su digestión o hidrólisis, se rompe en moléculas de glucosa que pasan a la sangre. Luego los animales almacenan la glucosa en forma de glucógeno en el hígado y en los músculos, y el exceso en forma de grasa en el tejido adiposo. El glucógeno hepático constituye una reserva de glucosa para todo el organismo y el glucógeno muscular es una reserva de glucosa para el propio músculo, necesaria si se realiza un ejercicio intenso.

**48** Muchos organismos no digieren la celulosa por carecer de enzimas digestivos para romper los enlaces β que unen las moléculas de glucosa de esta molécula. Sin embargo, los rumiantes tienen en su tubo digestivo bacterias o protozoos que poseen la enzima celulasa que sí rompe dicho enlace.

Los alimentos ricos en celulosa son ricos en fibra y esta es importante para evitar el estreñimiento, ya que facilita la evacuación de las heces.

**49** En animales ectodérmicos, una bajada de temperatura provoca un aumento en la insaturación de los ácidos grasos de sus membranas celulares. En animales endodérmicos, que regulan su temperatura, las grasas saturadas se acumulan más fácilmente.

**50** Utilizan los triglicéridos o grasas.

**51** Sí, porque tienen todo lo que se necesita para ello: el mensaje genético contenido en el ADN a partir del cual se formará el ARN y los ribosomas, que son los orgánulos donde se realiza la síntesis de proteínas.

**52** La especificidad en biología no es un mérito, sino una necesidad. La célula es un *pool* de sustancias químicas que, si bien se encuentran encerradas en algunos casos en orgánulos, en otros forman parte de la disolución citoplasmática. En cualquier caso, las enzimas tienen que actuar sobre un sustrato específico y solo sobre él si se quiere evitar el caos metabólico.

**53** 46 moléculas de ADN; 46 moléculas de cromatina; 46 cromosomas. Son distintas formas de compactación del ADN.

**54** Las cromátidas hermanas son idénticas porque son el resultado de la duplicación del ADN, que tiene lugar durante la interfase del ciclo celular, antes de que una célula vaya a dividirse. Forman parte del mismo cromosoma y están unidas por el centrómero.

Las cromátidas homólogas no son genéticamente idénticas y no forman parte del mismo cromosoma, sino que cada una de ellas forma parte de uno de los cromosomas de una pareja de homólogos. Los cromosomas homólogos proceden uno del padre y otro de la madre.

**55** Sí, porque todas proceden de mitosis sucesivas de la célula huevo o cigoto (primera célula del individuo) y la mitosis asegura que las células hijas que se originan sean genéticamente idénticas a la célula madre.

**56** No, porque son células procariotas (sin núcleo) con un único cromosoma y para dividirse no necesitan un proceso tan complicado como la mitosis típica de las células eucariotas, que tienen núcleo y más de un cromosoma.

**57** La diferencia es que el huso acromático se forma en las células animales a partir de los centríolos, y en las células vegetales a partir del centro organizador de microtúbulos.

**58** La colchicina inhibe los procesos celulares que dependen de los microtúbulos, incluyendo la mitosis, ya que no se formaría el huso mitótico.

**59** Metafase I: 47 cromosomas formados por dos cromátidas (94 cromátidas). Anafase I: 23 cromosomas dobles en un polo de la célula y 24 en el otro polo. Metafase II: en una célula 23 cromosomas dobles y en la otra 24. Anafase II: en una célula 23 cromátidas en un polo y 23 en el otro polo, y en la otra, 24 cromátidas en un polo y 24 en el otro. Resultado final: dos células con 23 cromátidas o cromosomas sencillos y dos células con 24 cromátidas o cromosomas sencillos.

**60** Meiosis, metafase II. Si el individuo es diploide tiene que tener un número par de cromosomas, que será $2n = 10$. Por tanto, la célula que observan es una célula haploide, $n = 5$, y está en la segunda división de la meiosis. Como los cromosomas tienen dos cromátidas y están situados en el plano ecuatorial, se trata de la metafase II.

La primera división de la meiosis es reduccional, parte de una célula diploide (en este caso $2n = 10$) y se obtienen dos haploides ($n = 5$).

**61** Como la adenina es complementaria de la guanina, el ADN tendrá otro 40 % de guanina, un 60 % de citosina y un 60 % de timina, entre las dos cadenas del ADN.

**62** Un individuo con 12 cromosomas (número haploide $n = 6$) formará $2^6 = 128$ gametos. Se calcula teniendo en cuenta que serían variaciones de dos elementos (los cromosomas homólogos que forman pareja) tomados de 6 en 6.

Si el individuo tiene 46 cromosomas ($n = 23$) formará $2^{23}$ gametos diferentes.

**63** La reproducción sexual promueve la variabilidad entre los miembros de una especie, ya que en ella intervienen dos progenitores y los descendientes reciben información genética de ambos.

De un modo general, los mecanismos de variabilidad, además de los citados, son la mutación, la deriva genética y la selección.

**64** Las bacterias son células procariotas que únicamente tienen un cromosoma y no se dividen ni por mitosis ni por meiosis, procesos que son típicos de las células eucariotas, que tienen núcleo y varios cromosomas.

**65** Abundan por igual, ya que el ADN tiene dos cadenas complementarias que se enfrentan y se unen por sus bases, y siempre se enfrenta una base púrica a una pirimidínica.

**66** Los anticuerpos son proteínas producidas por los linfocitos B y cuya función es neutralizar a los antígenos.

El colesterol es un esteroide (lípido) que se encuentra en la membrana plasmática de las células animales y en el plasma sanguíneo unido a proteínas.

La lecitina es un fosfolípido componente de la membrana plasmática de las células.

La vitamina D es un esteroide (lípido) que regula el metabolismo del calcio y del fósforo.

La testosterona es un esteroide (lípido) y es la hormona sexual masculina.

El colágeno es una proteína que desempeña una función estructural (en el tejido conjuntivo de los animales).

La insulina es una proteína reguladora, hormona producida por el páncreas, que regula el nivel de glucosa en sangre.

**67** Hidrólisis del aceite de oliva: se rompen enlaces éster y se obtiene glicerina y ácidos grasos. Hidrólisis de la lactosa: se rompe el enlace glucosídico y se obtiene glucosa y galactosa. Hidrólisis de la insulina: se rompen enlaces peptídicos y se obtienen aminoácidos. Hidrólisis del ADN: se rompen enlaces fosfodiéster y se obtienen nucleótidos.

Pág. 161

### CIENCIA EN TU VIDA

**68** R. M. Sí, porque los virus, aunque son parásitos intracelulares obligados, comparten una propiedad característica de los seres vivos: la reproducción o capacidad de generar copias de sí mismos en un proceso que requiere mucha información física.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**69** En un nivel subcelular, intermedio entre el macromolecular y el celular.

**70** En el MET la imagen se forma con los electrones que atraviesan la muestra, mostrándola en una pantalla fluorescente. Las zonas de la muestra que permiten el paso de electrones se ven claras y las que no lo permiten se ven oscuras. Se consigue una imagen plana en blanco y negro, aunque es posible colorearla artificialmente.
En el MEB la imagen se forma con los electrones que rebotan en la superficie de la preparación.
El material que se quiere observar ha de ser metalizado, es decir, recubierto de una superficie metálica sobre la que reboten los electrones; generalmente, se realiza con un baño muy fino de oro. Se consigue una imagen tridimensional en blanco y negro.

**71** R. L.

**72** R. L. El alumno podrá considerar que la microscopía ha revolucionado la biología y la medicina, aunque sus usos se han extendido a la mayoría de las ciencias. La microscopía se ha desarrollado durante muchos años, logrando cada vez mayor resolución y contraste. El objetivo actual es el perfeccionamiento del estudio microscópico de células vivas, aunque también se ha avanzado mucho últimamente en este terreno.

# UNIDAD 9. DIFERENCIACIÓN Y ESPECIALIZACIÓN CELULAR


**Introducción y recursos** . . . . . **345**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 346
- Previsión de dificultades . . . . . 347
- Esquema conceptual . . . . . 347
- Te recomendamos . . . . . 348

**Enseñanza individualizada** . . . . . **349**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 350
    - Ficha 1. Identificación e interpretación de los niveles de organización . . 350
    - Ficha 2. Composición de la sangre . . . . . 352
  - Trabaja con imágenes . . . . . 353
    - Ficha 3. Tipos de tejido óseo . . . . . 353
    - Ficha 4. Meristemos de una planta . . . . . 354
  - Trabajos de aula . . . . . 355
    - Ficha 5. Organización tipo talo . . . . . 355
    - Ficha 6. Los sistemas del cuerpo humano . . . . . 356
    - Ficha 7. Los aparatos del cuerpo humano . . . . . 357
    - Ficha 8. Identificación de tejidos . . . . . 358
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 359
    - Ficha 9. La coagulación de la sangre . . . . . 359
    - Ficha 10. Los parénquimas aeríferos: una adaptación de las plantas acuáticas . . . . . 360

**Recursos para la evaluación** . . . . . **361**

- Autoevaluación . . . . . 363
- Evaluación de contenidos . . . . . 364
  - Controles . . . . . 364
    - Control B . . . . . 364
    - Control A . . . . . 366
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 368
- Evaluación por competencias . . . . . 374
  - Prueba . . . . . 374
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 376

**Solucionario** . . . . . **377**

# Introducción y recursos

# DIFERENCIACIÓN Y ESPECIALIZACIÓN CELULAR

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

Los seres pluricelulares no son simplemente unos organismos compuestos por muchas células. Existe, además, un reparto de funciones entre las células que los componen y una coordinación entre dichas funciones tales que se puede decir que se trata de un solo organismo y no de una suma de organismos celulares.

Pero esta situación ideal de reparto de funciones y coordinación no se alcanzó desde el principio, desde la aparición de los seres pluricelulares, sino que parece haber tenido lugar un progresivo perfeccionamiento en el reparto y coordinación de funciones. Una señal de esta progresión es la variedad de situaciones que nos podemos encontrar hoy: pluricelulares en los que se da una ligera especialización de funciones, sin apenas coordinación; pluricelulares en los que se distinguen tejidos pero aún no órganos; y pluricelulares con tejidos, órganos y aparatos.

En la presente unidad se abarca el estudio de todos estos modelos de organización de los seres pluricelulares, a la vez que se intenta delimitar el concepto de *ser pluricelular*. La identificación de los diferentes tejidos animales tiene también mucha importancia en el diagnóstico de enfermedades, por lo que la presente unidad tiene asimismo una gran utilidad para despertar y afianzar los intereses por las profesiones sanitarias.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Modelos de organización en los seres vivos.<br>• El tejido epitelial.<br>• Los tejidos conectivos.<br>• El tejido muscular.<br>• El tejido nervioso.<br>• Los tejidos vegetales. |
| SABER HACER | • Preparar una muestra de tejido epitelial.<br>• Identificar tejidos animales a partir de imágenes del microscopio óptico. |
| SABER SER | • Comprender el aumento de complejidad de los organismos como un proceso progresivo de especialización de las células de los seres pluricelulares. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

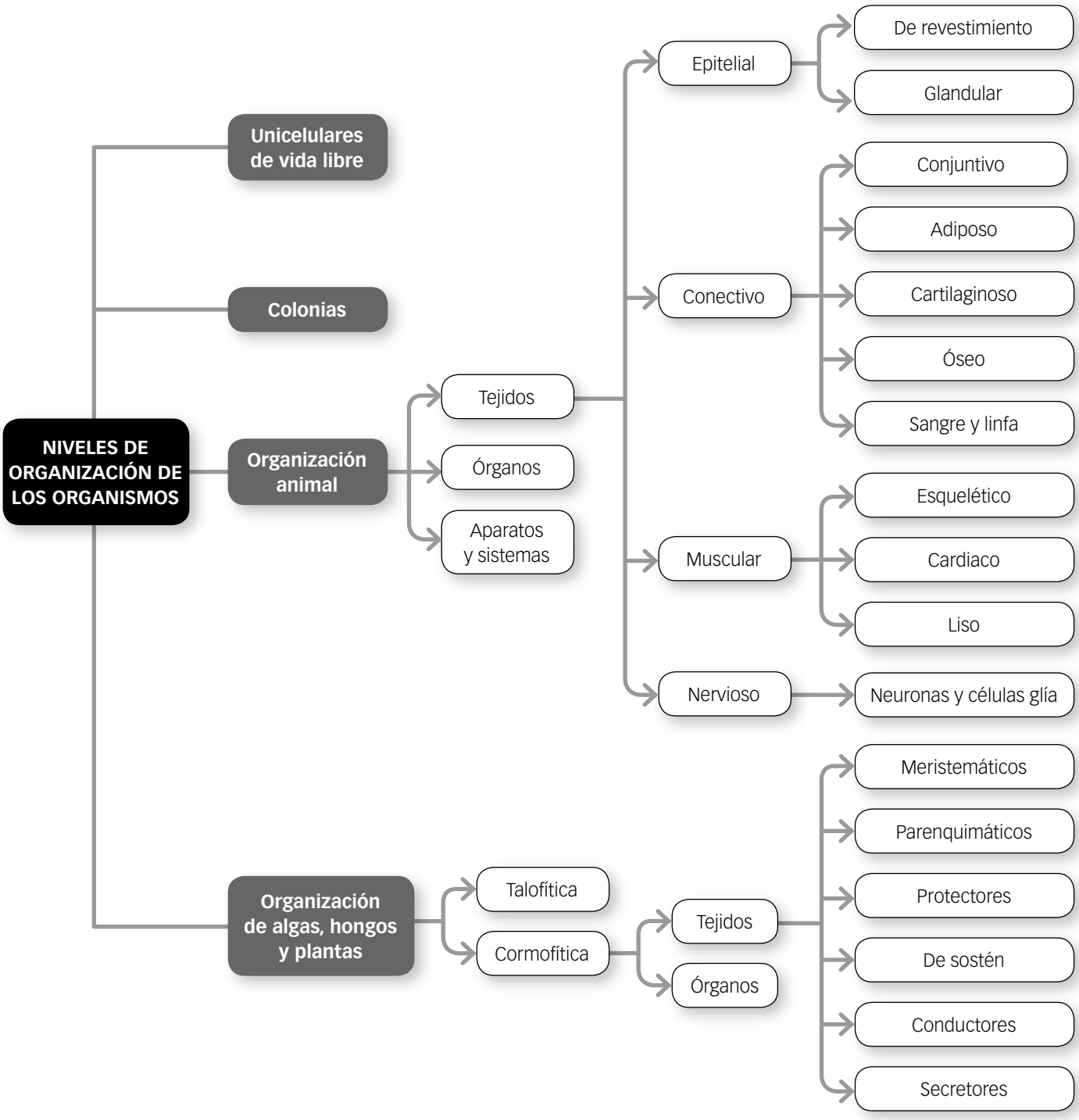
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Para un alumnado poco habituado a ver imágenes microscópicas, es importante combinar las fotografías con los dibujos tridimensionales y realizar prácticas de observación de tejidos.

La diversidad de tejidos estudiados puede hacer perder de vista la unidad del organismo pluricelular; de ahí la importancia de los apartados sobre los modelos de organización de plantas, algas, hongos y animales, que pueden situar al alumnado frente al tejido como un punto intermedio entre la célula y la complejidad del organismo pluricelular completo.

El estudio de los tejidos se verá facilitado si se insiste en la relación entre la morfología y la función, pues la multiplicidad de estructuras obedece a diferentes estrategias para solucionar los problemas de supervivencia del organismo.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

**Proyecto Biosfera. Recursos INTEF**
Página web del Ministerio de Educación con abundantes recursos didácticos.
Palabras clave: *recursos intef biosfera histología animal vegetal.*

**Proyecto Biosfera. Recursos TIC**
Página web del Ministerio de Educación con detallados guiones de prácticas de histología.
Palabras clave: *recursostic biosfera histología prácticas.*

**Atlas de Histología en Imágenes**
Colección de vídeos sobre prácticas de histología de la Universidad de Navarra.
Palabras clave: *universidad Navarra atlas histología.*

**Histología: prácticas microscópicas**
Recurso con 12 prácticas de histología en la página web de la Universidad de Valencia.
Palabras clave: *universidad Valencia prácticas histología.*

## LIBROS Y REVISTAS

***Histología básica***
**L. Gartner; J. Hiatt.** Editorial Eselvier España, 2012.
Obra de referencia con abundantes ilustraciones y texto conciso, útil para resolver dudas y obtener una visión completa de esta ciencia.

***Biología celular e histología***
**L. S. Constanzo.** Editorial Wolters Kluwer Health, 2015.
Forma parte de una colección de textos para estudiantes, con estilo conciso y bien estructurado.

***Manual de histología vegetal***
**José Ramón Alonso Peña.** Editorial Mundi-Prensa Libros, 2011.
La obra va más allá de la descripción de los tejidos vegetales para ofrecer una visión práctica del mundo vegetal en disciplinas de biotecnología e investigación de combustibles alternativos.

***Manual de prácticas de histología humana para estudiantes de diplomaturas en ciencias de la salud***
**Mercedes Salido Peracaula.** Universidad de Cádiz, Servicio de Publicaciones, 2001.
Manual práctico para estudiantes interesados en esta área.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

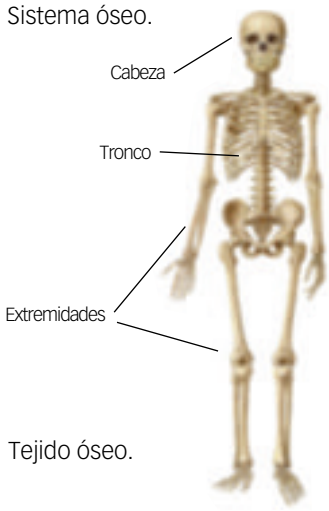
*Prácticas*

*Profundización*

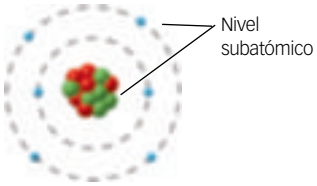
# Identificación e interpretación de los niveles de organización

Observa las siguientes ilustraciones atentamente y contesta a las cuestiones que se plantean a continuación.

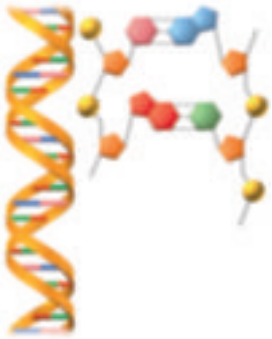
**1.** Sistema óseo.



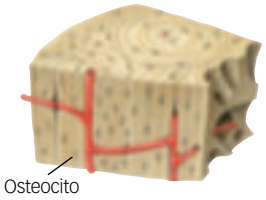

**2.** Estructura de un átomo.




**3.** Fragmento de ADN.



**4.** Tejido óseo.




**5.** Tibia.

**6.** Estructura de una molécula de fosfato cálcico.

$Ca_3 (PO_4)_2$

a) Indica, para cada imagen, el nivel de organización de la materia que se representa.
b) ¿Qué relación puede existir entre las imágenes aquí representadas teniendo en cuenta los niveles de organización?
c) Indica y explica los niveles de organización superiores que existen a los aquí representados.

Los seres vivos son estructuras complejas en su organización, formada por sistemas de elementos que interactúan y que, con complejidad creciente, se incluyen unos a otros. Dado que te preguntan sobre los niveles de organización, sería interesante que realizaras un listado o secuencia ordenada de todos los niveles que conozcas de la forma más completa. Son los siguientes de menor a mayor grado de complejidad: Subatómico, atómico, molecular, macromolecular, complejos moleculares, orgánulo celular, celular, tejido, órgano, sistema, aparatos, individuo u organismo, población, comunidad o biocenosis, ecosistema y ecosfera.

**a)** Sería mucho más completa tu respuesta si además de identificar cada imagen justificaras el porqué de esa elección. Desde la imagen superior izquierda hasta la imagen inferior derecha, se representan los siguientes niveles de organización: 1. Sistema (conjunto de órganos similares formados por el mismo tejido); 2. Atómico (átomo como porción más pequeña de elemento químico); 3. Macromolecular (moléculas grandes resultado de la unión de monómeros para formar un polímero); 4. Tejido (conjunto de células especializadas y similares con origen común); 5. Órgano (estructura formada por distintos tejidos que actúan de forma coordinada realizando un acto); 6. Molecular (las moléculas resultan de la combinación y unión de átomos mediante enlaces químicos).

**b)** El tejido óseo, un hueso determinado y el fosfato cálcico son niveles de organización que se incluyen unos a los otros y están relacionados con el sistema óseo del que forman parte. Átomo y ADN no pertenecen al sistema óseo, sino que pueden ser de cualquier otro nivel que los incluya.

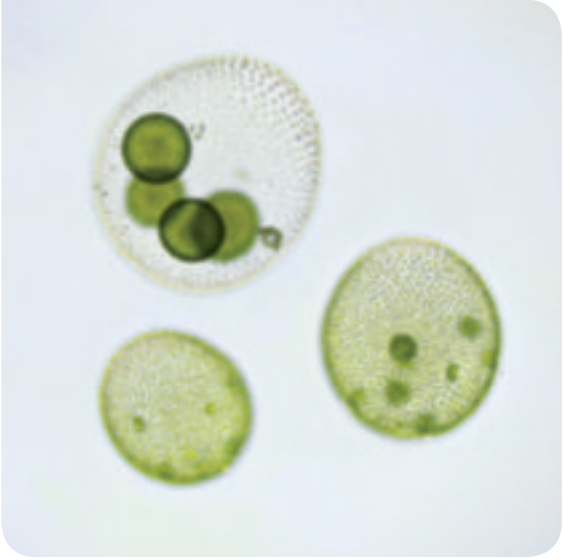
**c)** Los niveles superiores a los que se representan aquí son: individuo u organismo, población, comunidad o biocenosis, ecosistema y ecosfera.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PRACTICA

**1** Indica todos los niveles de organización que se podrían encontrar en una bacteria. Ordénalos de menor a mayor atendiendo a su complejidad.

**2** Algunas especies de organismos unicelulares se asocian en colonias para aumentar la eficacia. Se ha comprobado que los individuos que pertenecen a dicha asociación presentan un bajo grado de coordinación y de reparto de trabajo. Realiza una valoración justificando los niveles de organización que pueden darse en este tipo de colonias.



Volovox.

Bacterias.

# Orientaciones para un examen

## Composición de la sangre

Observa la figura relativa a la composición de la sangre y responde a las siguientes cuestiones:

a) Indica la función que desempeña cada uno de los tipos celulares que aparecen en la figura.

b) Agrupa los tipos celulares sanguíneos en varios grupos atendiendo a sus características morfológicas y estructurales.

**a)** Los eritrocitos o glóbulos rojos, o hematíes, contienen en su interior un pigmento rojo llamado hemoglobina, encargado de transportar el oxígeno por la sangre.

Los neutrófilos son glóbulos blancos, o leucocitos, que se encargan de fagocitar partículas extrañas y bacterias. Sus restos dan lugar al pus.

Los basófilos son glóbulos blancos que poseen muchos gránulos de heparina (sustancia anticoagulante) y de histamina (que es un vasodilatador). Intervienen en las reacciones inflamatorias y alérgicas.

Los eosinófilos son glóbulos blancos que poseen gránulos con sustancias que intervienen en las reacciones alérgicas y en la lucha contra los parásitos.

Los linfocitos son glóbulos blancos con importantes funciones defensivas del organismo. Hay dos variedades: los linfocitos B, que producen anticuerpos contra microorganismos y células extrañas, y los linfocitos T, que intervienen en la lucha contra los virus y contra las células tumorales.

Los monocitos son glóbulos blancos que crecen entre los tejidos y se transforman en macrófagos, células que fagocitan cuerpos y células extraños.

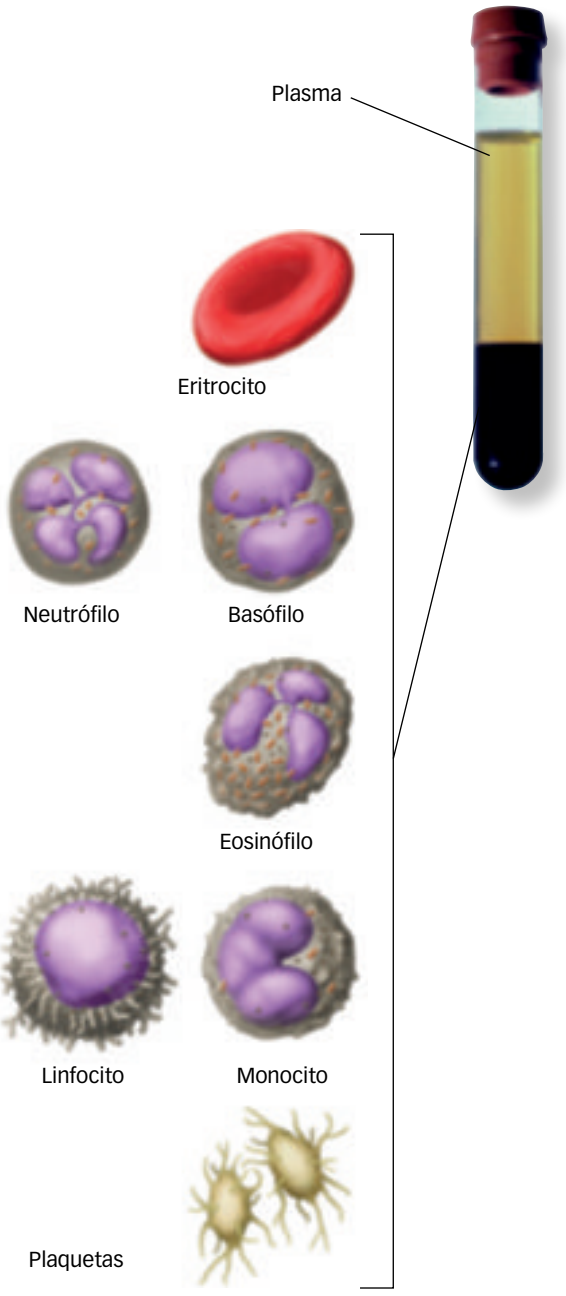
Las plaquetas son fragmentos celulares sin núcleo y actúan en la coagulación de la sangre y en el taponamiento de los vasos sanguíneos para evitar hemorragias.

**b)** Los eritrocitos son células en forma de disco y sin núcleo. Las plaquetas son fragmentos celulares también sin núcleo. Los glóbulos blancos o leucocitos tienen todos forma globular, presentan núcleo y son deformables, de manera que pueden atravesar los vasos sanguíneos.

Dentro de los leucocitos se pueden distinguir dos grandes grupos: los granulocitos y los agranulocitos.

Los granulocitos tienen grandes núcleos lobulados y el citoplasma lleno de gránulos con diferentes sustancias según su función. Son los neutrófilos, basófilos y eosinófilos.

Los agranulocitos carecen de gránulos en el citoplasma. Son los linfocitos, de gran núcleo esférico, y los monocitos, de gran núcleo en forma de riñón.



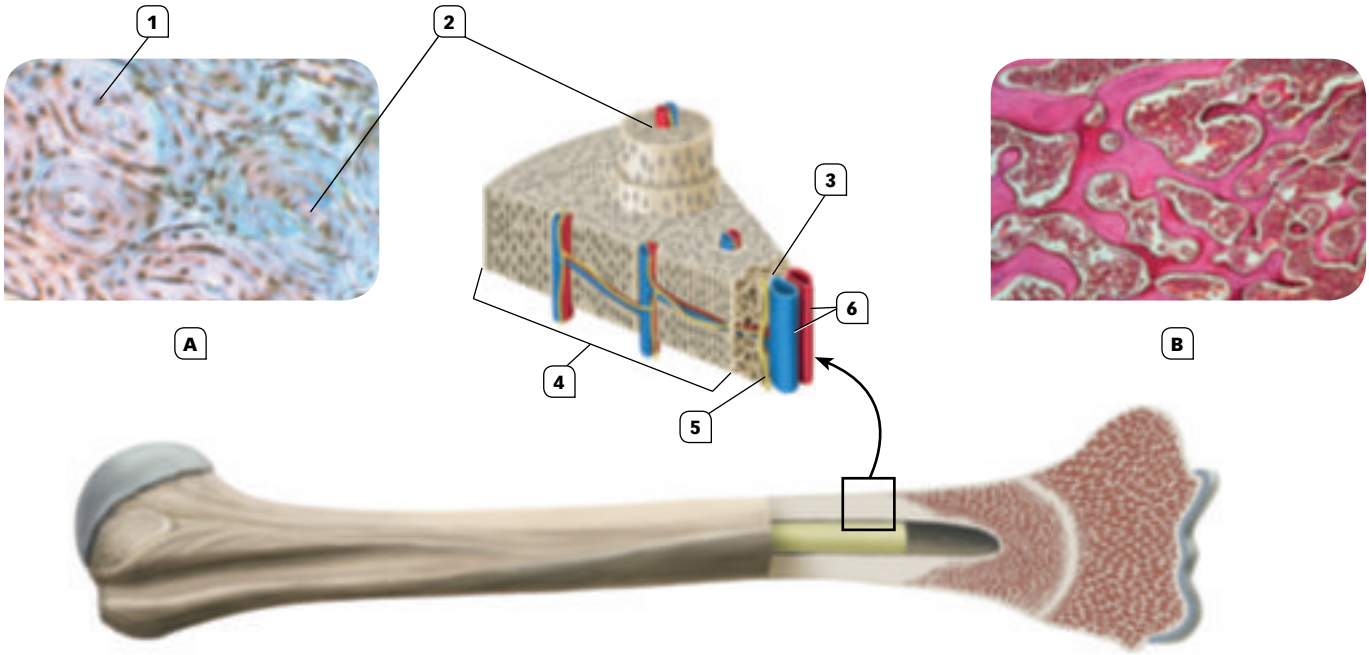

### PRACTICA

**1** ¿De dónde proceden las células de la sangre?

**2** ¿Cuál es la composición del plasma sanguíneo?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

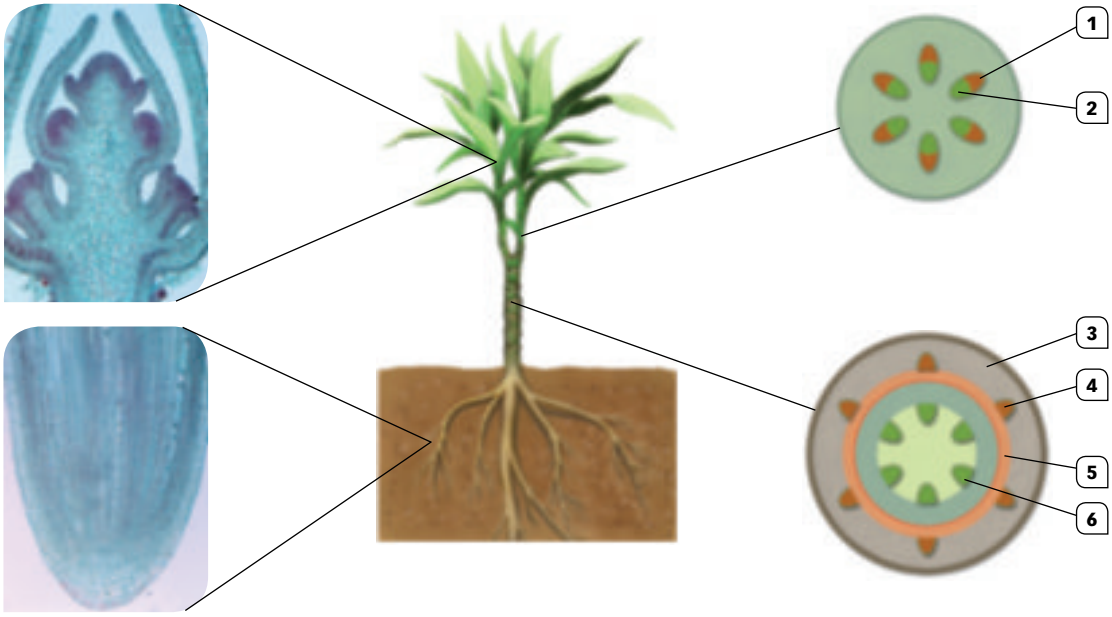
# Tipos de tejido óseo




## ACTIVIDADES

1. ¿Qué representa la imagen en su conjunto?
2. Escribe qué representan cada uno de los números de la imagen.
3. Escribe el tipo de tejido que corresponda a cada imagen, A y B.
4. ¿Cómo se llaman las células que forman parte del tejido óseo? Algunas tienen una función importante: señala de qué células se trata y cuál es su función.
5. Además de células, ¿qué otros elementos componen los huesos?
6. ¿Qué es la médula ósea roja? ¿En qué parte de las que has señalado en la imagen se sitúa? ¿Cuál es su función en el organismo?
7. ¿En qué tipo de tejido animal se agrupa el tejido óseo? ¿Qué característica estructural es común a todos los tejidos de dicho grupo?

# Meristemos de una planta




## ACTIVIDADES

**1** ¿Qué representa la imagen en su conjunto?

**2** Indica qué representan los números de la imagen y escribe el texto necesario para completarla.

**3** En la imagen se han señalado al menos tres tipos de tejidos vegetales diferentes, y hay otro tejido que no se señala pero que también aparece representado. Indica cuáles son los tipos de tejidos señalados y el tipo de tejido que no está señalado.

**4** ¿A qué se debe la diferencia de estructura entre los dos cortes transversales de tallo que aparecen en la parte derecha de la imagen?

**5** ¿Presentan tejidos todas las plantas? ¿Presentan tejidos todos los seres pluricelulares? Pon ejemplos de plantas o de otros seres pluricelulares que no posean tejidos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Organización tipo talo

Según la organización de las células en el organismo, los seres pluricelulares fotosintéticos y los hongos se clasifican en dos grupos: **cormofitas** o de organización **tipo cormo**, que son los que presentan tejidos conductores, y **talofitas** o de organización **tipo talo**, que no tienen estos tejidos.

En las **talofitas**, aunque existe la especialización celular y la división del trabajo entre las células (como la diferenciación de las células reproductoras de las restantes), no hay una gran variedad de tipos celulares organizados en tejidos con una función común.

La organización tipo talo es la única que presentan las algas y los hongos. También aparece en los musgos y en los gametofitos de las cormofitas.

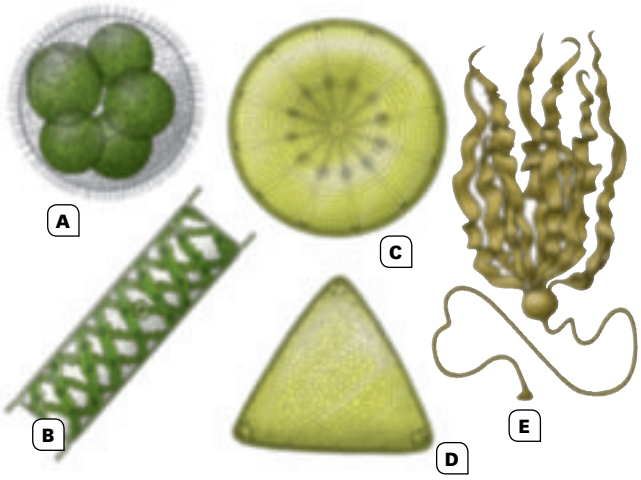
Las **algas** están formadas por células típicamente vegetales, provistas de cloroplastos y con paredes celulares de **celulosa**. Las algas pueden ser unicelulares, tener unas pocas células formando filamentos, colonias o pequeñas estructuras en forma de saco; o tener un gran número de células, organizadas en filamentos que, a su vez, se unen entre sí entrecruzándose, de manera que constituyen una estructura similar a un tejido.

Las algas superiores, como las laminarias y los fucus, parecen plantas porque poseen falsas hojas, falsos tallos y falsas raíces, estructuras no formadas por agrupación de tejidos distintos, como en las plantas.

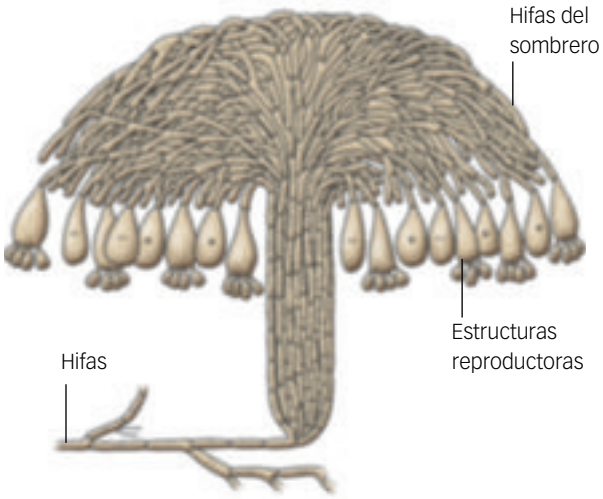
Los **hongos** no tienen células vegetales, ni cloroplastos (son organismos heterótrofos), y sus paredes celulares están compuestas por el polisacárido **quitina**.

Las células de los hongos forman filamentos llamados **hifas**. En las hifas, las células pueden estar separadas por tabiques, completos o incompletos, o bien estar unidas, formando filamentos plurinucleados. Las hifas de un hongo forman el **micelio**. En las **setas**, estructuras reproductoras de algunos hongos, las hifas están tan apretadas que forman un falso tejido.

Las algas, al carecer de un tejido epidérmico impermeable, no pueden vivir fuera del agua. En cambio, los hongos superiores, gracias a que la quitina es impermeable y bastante rígida, han conseguido colonizar los ecosistemas terrestres relativamente húmedos y alcanzar un cierto tamaño.




**Diversos ejemplos de algas.** A: *Volvox*, un alga colonial. B: célula de *Spyrogira*, un alga filamentosa. C y D: dos diatomeas, ejemplos de algas unicelulares. E: *Laminaria*, una de las algas más grandes y con estructura más compleja.




**Esquema de la estructura celular de una seta.**

## ACTIVIDADES

**1** Si las talofitas son seres pluricelulares, ¿por qué se dice que no tienen tejidos?

**2** ¿Qué orgánulo tienen las células de las algas que no está presente en los hongos? ¿Qué importancia tiene este orgánulo?

**3** Las algas no pueden vivir en el medio aéreo, pero los hongos sí. ¿Qué detalle de la estructura celular determina esta diferente capacidad?

# Los sistemas del cuerpo humano

En la mayoría de los casos, para desempeñar una actividad concreta, varios tejidos se asocian entre sí para formar estructuras llamadas órganos, como el hígado, constituido por tejido epitelial y conjuntivo. Algunos órganos, no obstante, están formados casi exclusivamente por solo un tejido, como el cerebro o el cerebelo, que se componen de tejido nervioso.

Un órgano, por tanto, podría definirse como una estructura compuesta por uno o varios tipos de tejidos que trabajan coordinados para realizar una actividad particular. El conjunto de todos los órganos que están constituidos por un mismo tipo de tejido recibe el nombre de sistema. En los animales vertebrados se distinguen seis sistemas.

1 El **sistema tegumentario** está constituido por la piel y formaciones tegumentarias, escamas, pelos, glándulas… Tiene como principales misiones la defensa contra la entrada de microorganismos, la protección contra agresiones del medio externo y la deshidratación, la recepción de ciertos estímulos externos y el control de la temperatura corporal.

2 El **sistema muscular** está formado por el tejido muscular.

3 El **sistema esquelético** está constituido por el tejido cartilaginoso y óseo.

4 El **sistema nervioso** está integrado por los centros nerviosos encefálicos, la médula espinal y los nervios. Su función es la captación de estímulos externos e internos, su interpretación y la emisión de respuestas.

5 El **sistema endocrino** está formado por las glándulas de secreción interna o endocrinas. Se encarga del control hormonal del funcionamiento del cuerpo.

6 El **sistema linfático** o inmunitario se compone de los vasos y capilares linfáticos, y también del medio circulatorio llamado linfa. Su principal misión es el retorno del plasma sanguíneo y de otros fluidos intercelulares a la circulación sanguínea, así como la respuesta defensiva inmunológica contra los agentes invasores.

## ACTIVIDADES

**1** ¿En qué tipo de tejido podemos incluir las estructuras del sistema endocrino?

**2** En el sistema linfático podemos considerar dos componentes: las paredes de los vasos y capilares linfáticos y la linfa. ¿En qué tipo de tejido incluirías cada uno de dichos componentes?

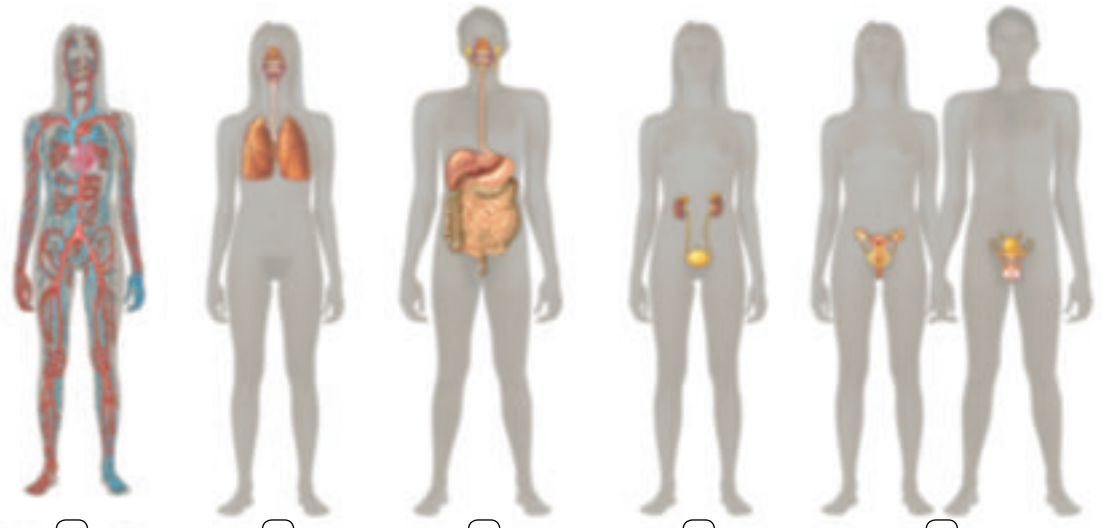
**3** Las células de algunos tejidos reciben nombres especiales. Indica cómo se denominan las células de los tejidos muscular, óseo, cartilaginoso, nervioso y las de la linfa.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Los aparatos del cuerpo humano

En la gran mayoría de las casi dos millones de especies animales que se conocen, varios órganos actúan coordinadamente para desempeñar una determinada función; por ejemplo, la digestión de los alimentos. Se dice que todos los órganos que intervienen forman el aparato digestivo.

Un aparato se puede definir como un conjunto de órganos histológicamente diferentes que cooperan entre sí para realizar una determinada función. Los diferentes aparatos del cuerpo humano aparecen en la siguiente figura.



1 2 3 4 5

1 El **aparato circulatorio** está formado por el corazón, las arterias, las venas y los capilares sanguíneos, así como por la sangre. Su misión es transportar nutrientes, $O_2$ y $CO_2$, y colaborar en el mantenimiento de la temperatura corporal y el pH interno.

2 El **aparato respiratorio** se compone de los pulmones y las vías respiratorias (laringe, tráquea, bronquios y bronquiolos). Su misión es la captación de oxígeno del medio externo y la eliminación al exterior del dióxido de carbono.

3 El **aparato digestivo** se compone del tubo digestivo (boca, faringe, esófago, estómago, intestino y ano), el hígado y el páncreas. Tiene como función la captación de alimento, su digestión y absorción, y la eliminación de los desechos no digeribles.

4 El **aparato excretor** está compuesto básicamente por los riñones, la vejiga, los uréteres y la uretra. Interviene en la eliminación de moléculas de desecho metabólico y el mantenimiento del volumen y composición del fluido extracelular.

5 El **aparato reproductor** se compone de los testículos, conductos deferentes y pene, en el sexo masculino; y de ovarios, trompas de Falopio, útero y vagina, en el sexo femenino. Su misión principal es la producción de células germinales, espermatozoides en el sexo masculino y óvulos en el femenino.

## ACTIVIDADES

**1** Señala dos tipos de tejidos que se puedan encontrar en cada uno de los aparatos representados.

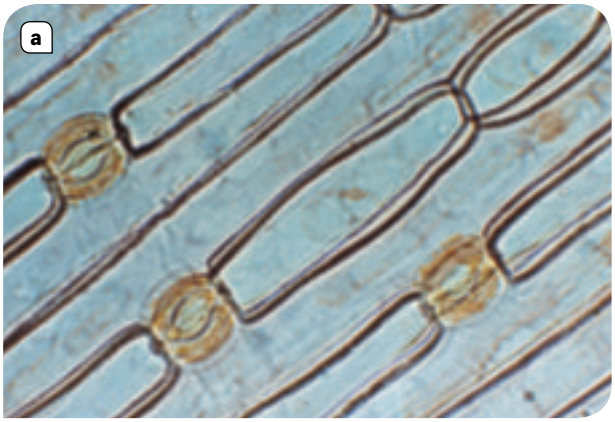
**2** Señala en qué silueta de la imagen superior podrías encontrar: tejido adiposo, tejido muscular de fibra lisa y tejido epitelial.

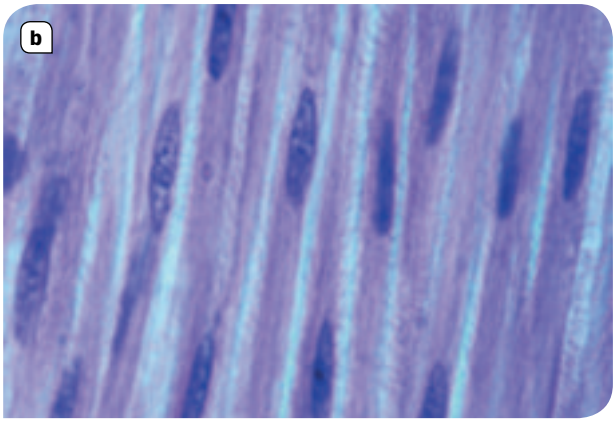
**3** ¿En qué dos aparatos la división celular es más intensa?

**4** En el conjunto superior de imágenes no aparecen huesos ni nervios ni músculos. Se trata de una omisión involuntaria. ¿A qué puede deberse?

**5** Indica en qué imagen de las superiores colocarías las siguientes células: espermatozoide, linfocito, célula epitelial secretora de *mucus*, óvulo, hepatocito, célula del epitelio y célula epitelial con microvellosidades.

# Identificación de tejidos




Las dos fotografías son imágenes de tejidos vistos en un microscopio óptico.

## ACTIVIDADES

**1** En primer lugar, hay que diferenciar si se trata de tejidos animales o vegetales. Para ello habrás de tener en cuenta las siguientes diferencias:

- Los tejidos vegetales no tienen sustancias intercelulares. Algunos tejidos animales tampoco, como los epiteliales, pero es más común la presencia de sustancias intercelulares.
- Las células vegetales tienen pared celular y, por tanto, se distingue claramente el contorno de la célula. Las células animales no tienen pared celular y por eso, en muchos casos, resulta difícil distinguir el contorno celular; en algunos casos, es la presencia del núcleo lo que nos ayuda a distinguir la existencia de una o muchas células.

Atendiendo a estas indicaciones, determina cuál de los tejidos es el animal y cuál el vegetal.

**2** Ahora céntrate en los tejidos vegetales. Determina qué tipo de tejido está representado.

- Los tejidos meristemáticos están formados por células pequeñas, sin vacuolas, con grandes núcleos frecuentemente en mitosis.
- Los tejidos parenquimáticos están formados por células redondeadas y, en el caso de los parénquimas en empalizada, son células alargadas y con muchos cloroplastos.
- Los tejidos protectores están formados por células aplanadas sin cloroplastos y sin espacios entre las células. En algunos casos, como en la epidermis, se distinguen unas formaciones especiales, los estomas, formados por dos células con cloroplastos que delimitan un orificio por donde se realiza el intercambio gaseoso con el medio.
- Los tejidos de sostén están formados por células con las paredes muy gruesas.
- Los tejidos conductores y secretores presentan células en forma de tubo.

Atendiendo a estas indicaciones, determina qué tipo de tejido vegetal está representado en una de las dos fotografías.

**3** Determina ahora el tipo de tejido animal.

- Los tejidos epiteliales tienen las células muy juntas, sin espacios intercelulares.
- Los tejidos conectivos tienen mucha sustancia intercelular.
- Los tejidos musculares son de células alargadas y con los núcleos muy visibles, con poca sustancia intercelular.
- El tejido nervioso es de células estrelladas y con muchas prolongaciones celulares.

Atendiendo a estas indicaciones, determina el tipo de tejido animal representado en una de las dos fotografías.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## La coagulación de la sangre

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Conoce los mecanismos que desencadenan la formación de coágulos:

- ¿Por qué normalmente la sangre no coagula en el interior de los vasos sanguíneos y sí cuando sale al exterior?
- ¿Por qué en ocasiones sí que coagula en el interior de los vasos sanguíneos?

**Otras investigaciones sugeridas**

Enfermedades congénitas que impiden o dificultan la coagulación de la sangre. Alteraciones del organismo que pueden ocasionar la formación de trombos o coágulos en el interior de los vasos sanguíneos.

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- MedlinePlus en español. Página web de la Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU. Puede consultarse, por ejemplo, el apartado «Problemas de coagulación».

Referencias bibliográficas:

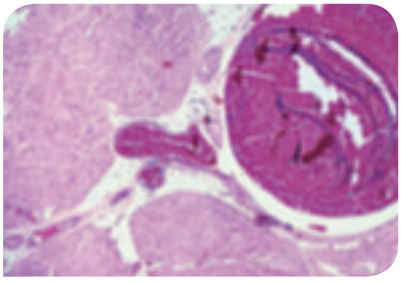
- *Sangrado, Transfusión y Alternativas a la Transfusión en el Paciente Crítico.* Santiago Ramón Leal Noval. Editorial Edika-Med, 2006. Obra práctica sobre diversas cuestiones de hematología.

**Realización.** Equipo de tres alumnos.

**Duración de la elaboración.** Cuatro sesiones.

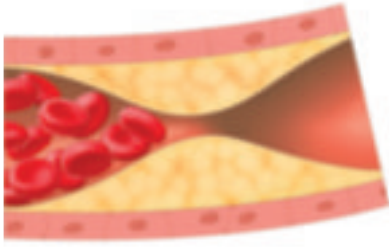
**Presentación.** Presentación digital.

### TEN EN CUENTA QUE



En la coagulación de la sangre interviene una cascada de reacciones químicas entre numerosos factores de coagulación y anticoagulantes.

Los factores de coagulación se liberan normalmente ante una lesión del vaso sanguíneo, para evitar la salida de la sangre.



Los depósitos de materia grasa en las paredes de los vasos sanguíneos pueden ocasionar la formación de coágulos sin que se abra una herida.

### LO QUE DEBES SABER

- **Coagulación:** proceso por el que la sangre pierde su fluidez transformándose en un gel en primera instancia, para llegar a hacerse sólida. Intervienen muchas proteínas: factores de la coagulación, como la trombina.
- **Anticoagulante:** sustancia que interfiere o impide el proceso de coagulación. Puede ser de origen endógeno, producido por el organismo, como la antitrombina, o exógeno, es decir, un fármaco como el acenocumarol (comercialmente «sintrom»), que inhibe la producción de factores de la coagulación.
- **Trombosis:** formación de coágulos en el interior de los vasos sanguíneos, que pueden ocluirlos, por ejemplo, por aterosclerosis o por cambios bruscos en la concentración de factores de coagulación o de anticoagulantes en la sangre (como tras una intervención quirúrgica).

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Los parénquimas aeríferos: una adaptación de las plantas acuáticas

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Conoce la estructura y la localización de los parénquimas aeríferos y las ventajas que proporcionan estos tejidos a las plantas.

**Otras investigaciones sugeridas.** Otras adaptaciones que pueden presentar las plantas acuáticas y las que crecen sobre suelos anegados.

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- Botánica morfológica.
  Palabras clave: *biología edu botánica*.
- Parénquima aerífero. Atlas de histología vegetal y animal.
  Palabras clave: *parénquima aerífero histología*.

Referencias bibliográficas:

- *Manual de histología vegetal*. José Ramón Alonso Peña. Editorial Mundi-Prensa Libros, 2011.

**Duración de la elaboración.** Tres sesiones.

**Realización.** Equipo de dos alumnos.

**Presentación.** Mural con fotografías de plantas y tejidos.

### TEN EN CUENTA QUE

Para facilitar la creación de espacios con aire, a veces las células parenquimáticas pierden su forma esférica y se transforman en células estrelladas.

En las plantas de hojas flotantes, como los nenúfares, los parénquimas aeríferos actúan como flotadores.

Hay plantas acuáticas de gran importancia económica, como el arroz. El oxígeno llega a sus raíces gracias al parénquima aerífero de sus tallos.

### LO QUE DEBES SABER

- **Aerénquima:** tejido vegetal parenquimático con grandes espacios entre las células llenos de aire. Es propio de plantas acuáticas y palustres, rellena los tallos y raíces, acercando el aire a las regiones que tienen poco contacto con el medio aéreo o haciendo de flotador para las plantas flotantes y para las que carecen de otro tejido de sostén.
- **Plantas acuáticas:** plantas cormofitas adaptadas a vivir en el medio acuático, bien parcialmente, como las plantas palustres, bien flotando sobre el agua o cubiertas de agua y enraizadas en el fondo. A diferencia de las algas, presentan tejidos protectores y adaptaciones para que estos no dificulten el acceso al oxígeno (como aerénquimas).
- **Plantas palustres:** también llamadas plantas anfibias; viven en las orillas de los ríos o lagos, con las raíces y partes bajas del tallo cubiertas por el agua, y las hojas y partes altas del tallo por encima del nivel del agua.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 9 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Los organismos coloniales:

- ☐ **a.** Son seres pluricelulares que no han desarrollado verdaderos tejidos.
- ☐ **b.** Son seres unicelulares que han desarrollado verdaderos tejidos.
- ☐ **c.** Son seres unicelulares que se asocian de forma cooperativa.
- ☐ **d.** Son seres pluricelulares que han perdido la capacidad de asociarse.

**2** Los animales pluricelulares:

- ☐ **a.** Presentan todos tejidos formados por células especializadas en alguna función.
- ☐ **b.** Presentan todos órganos formados por numerosos tejidos especializados en alguna función.
- ☐ **c.** Presentan todos sistemas formados por numerosos tejidos especializados en alguna función.
- ☐ **d.** Presentan todos aparatos formados por uno o dos tejidos especializados en alguna función.

**3** La organización talofítica:

- ☐ **a.** Se da solamente en plantas, nunca en animales.
- ☐ **b.** Se da en algas y hongos pluricelulares y en los líquenes.
- ☐ **c.** Es la propia de los organismos coloniales.
- ☐ **d.** Es la propia de las plantas briofitas.

**4** El tejido epitelial de revestimiento de los animales:

- ☐ **a.** Se divide en epitelios de células vivas y en epitelios de células muertas.
- ☐ **b.** Se divide en epitelios con sustancia intercelular y en epitelios sin sustancia intercelular.
- ☐ **c.** Se divide en epitelios de células esféricas y en epitelios de células pavimentosas.
- ☐ **d.** Se divide en epitelios simples y en epitelios estratificados.

**5** Las células de los tejidos conectivos se clasifican en dos tipos:

- ☐ **a.** Células de tejido laxo y células de tejido denso.
- ☐ **b.** Células fijas y células migrantes.
- ☐ **c.** Células proteicas y células fundamentales.
- ☐ **d.** Fibrocitos y adipocitos.

**6** El músculo cardiaco:

- ☐ **a.** Está formado por fibras de tejido muscular estriado con muchos núcleos.
- ☐ **b.** Está formado por fibras de tejido muscular estriado con un solo núcleo.
- ☐ **c.** Está formado por fibras de tejido muscular liso de contracción involuntaria.
- ☐ **d.** Está formado por fibras de tejido muscular esquelético perfectamente coordinadas.

**7** Las neuronas se caracterizan por:

- ☐ **a.** Servir de alimento a las células de la glía.
- ☐ **b.** Presentar numerosas prolongaciones llamadas axones.
- ☐ **c.** Presentar numerosas dendritas y axones.
- ☐ **d.** Producir y transmitir impulsos nerviosos.

**8** Los tejidos meristemáticos:

- ☐ **a.** Son los encargados de proteger las plantas contra la desecación y los cambios de temperatura.
- ☐ **b.** Son los encargados de mantener las plantas erguidas.
- ☐ **c.** Son los encargados del crecimiento y desarrollo de las plantas.
- ☐ **d.** Son los encargados de transportar la savia bruta y la savia elaborada.

**9** Los tejidos parenquimáticos:

- ☐ **a.** Son también llamados tejidos de relleno.
- ☐ **b.** Están formados por células de paredes muy gruesas y endurecidas.
- ☐ **c.** Son todos de color verde por su riqueza en cloroplastos.
- ☐ **d.** Están formados por células muertas.

**10** Los tejidos vegetales secretores:

- ☐ **a.** Si almacenan sustancias aromáticas se llaman vasos laticíferos.
- ☐ **b.** Si almacenan néctar se llaman bolsas excretoras.
- ☐ **c.** Si almacenan resinas se llaman tubos resiníferos.
- ☐ **d.** Si tienen forma de pelo se llaman tubos laticíferos.

SOLUCIONES

**1** c, **2** a, **3** b, **4** d, **5** b, **6** b, **7** d, **8** c, **9** a, **10** c

# 9 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué diferencias hay entre los organismos unicelulares coloniales y los organismos pluricelulares? Escribe algunos ejemplos de los dos tipos.

**2** Explica qué características sirven para clasificar la siguiente imagen como un tejido animal epitelial de revestimiento; indica si se trata de un epitelio simple o de un epitelio estratificado y comenta en qué parte del organismo podemos encontrar este tejido.

**3** Completa la siguiente tabla sobre los tejidos animales conectivos con los nombres de los tipos celulares más característicos del tejido y las características de la sustancia intercelular.

| Tejido | Células | Sustancia intercelular |
|---|---|---|
| **Conjuntivo** | | |
| **Adiposo** | | |
| **Cartilaginoso** | | |
| **Óseo** | | |

**4** Completa la siguiente tabla relativa a las células sanguíneas.

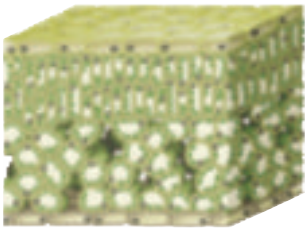
| Tipo celular | Características del núcleo | Características del citoplasma | Funciones |
|---|---|---|---|
| Eritrocitos | | | |
| Neutrófilos | | | |
| | Lobulado | | |
| Eosinófilos | | | Participan en reacciones alérgicas y eliminación de parásitos. |
| | | Son los más grandes. Carecen de gránulos. | |
| Linfocitos | | | |
| Plaquetas | | Son fragmentos celulares. | |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** Describe y compara el tejido muscular estriado y el tejido muscular liso.

**6** ¿Qué son los meristemos primarios y los meristemos secundarios? ¿En qué partes de la planta se sitúan?

**7** Explica las características generales del tejido vegetal parenquimático e indica qué dos tipos de parénquima están representados en la imagen.



**8** Define los siguientes conceptos relativos a los tejidos vegetales protectores: cutícula, estoma, ostiolo, suberina y lenticela.

**9** Completa la siguiente tabla relativa a los tejidos vegetales conductores.

| Tejido | Clase de células | Qué transporta | Dirección de transporte |
|---|---|---|---|
| **Xilema** | | | |
| **Floema** | | | |

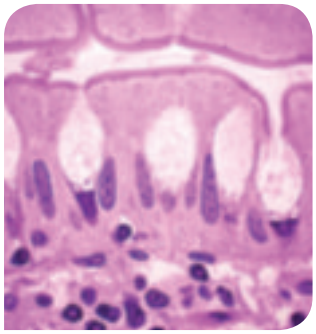
**10** ¿Qué es la organización talofítica y la organización cormofítica? ¿Existen animales con alguno de estos tipos de organización?

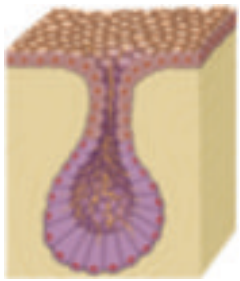
# 9 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué niveles de organización o grados de complejidad por encima de los tejidos se dan en los animales? Explícalos y escribe algunos ejemplos de cada nivel o grado.

**2** Las siguientes imágenes representan una glándula exocrina. Explica su estructura y su función e indica de qué tipo de tejido está formada y qué otros tipos de glándulas se conocen.





**3** ¿Qué son los tejidos conectivos? ¿Cuál es su estructura y función en general? Explica las diversas sustancias que podemos encontrar en la matriz extracelular y las principales células que podemos encontrar en estos tejidos.

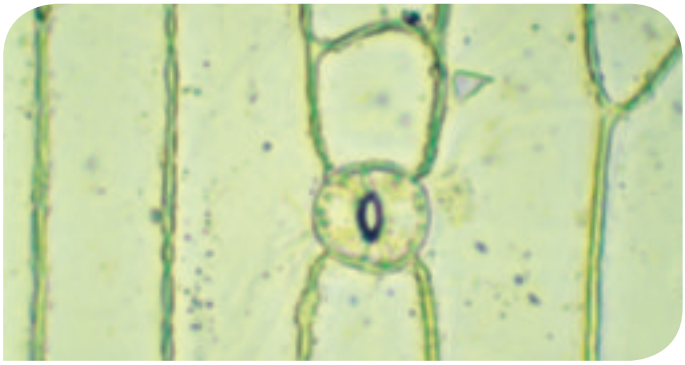
**4** ¿Qué es el plasma sanguíneo? ¿Cuál es su composición? ¿Qué relación tiene con el plasma linfático y con el plasma intersticial?

**5** ¿Cómo se llaman las células que componen el tejido nervioso? Indica la función principal de cada uno de los tipos. Dibuja una neurona y señala sus partes principales.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** Describe la morfología de las células y las principales funciones de los tejidos vegetales meristemáticos. ¿Qué son el cámbium y el felógeno? ¿Los presentan todas las plantas? Explícalo.

**7** La siguiente imagen presenta en el centro un estoma. Explica qué son los estomas, cómo están constituidos, cuál es su función y en qué tipo de tejidos vegetales se presentan.



**8** Define los siguientes conceptos relativos a tejidos vegetales: colénquima, esclerénquima, vaso laticífero y conducto resinífero.

**9** Define los siguientes conceptos relativos a tejidos animales: tejido óseo compacto, tejido óseo trabecular, fibra muscular, miofibrilla y sarcómero.

**10** Se dice que para que las plantas pudieran poblar el medio aéreo, tuvo que aparecer y perfeccionarse la organización cormofítica. ¿Qué aporta dicha organización a las plantas para que puedan vivir fuera del medio acuático? ¿Existen plantas sin organización cormofítica? Escribe algún ejemplo de estas últimas.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B3-1.** Diferenciar los distintos niveles de organización celular interpretando cómo se llega al nivel tisular. | **B3-1.1.** Identifica los distintos niveles de organización celular y determina sus ventajas para los seres pluricelulares. | 1 y 10 | 1 y 10 |
| **B3-2.** Reconocer la estructura y composición de los tejidos animales y vegetales relacionándolos con las funciones que realizan. | **B3-2.1.** Relaciona tejidos animales y/o vegetales con sus células características, asociando a cada una de ellas la función que realiza. | 3, 4, 5, 6, 8 y 9 | 3, 4, 5, 6, 8 y 9 |
| **B3-3.** Asociar imágenes microscópicas con el tejido al que pertenecen. | **B3-3.1.** Relaciona imágenes microscópicas con el tejido al que pertenecen. | 2 y 7 | 2 y 7 |

## Control B

**1** En los organismos unicelulares, a veces las células se asocian en colonias o cenobios para mejorar la eficacia de sus funciones vitales; incluso, en ocasiones, las células de la colonia se reparten las funciones. Pero no hay una auténtica especialización de las células según sus funciones, pues todas las células pueden realizarlas todas. Además, las células de una colonia no son necesariamente descendientes de una misma célula madre.

En los organismos pluricelulares, todas las células proceden de una misma célula madre, un huevo o una espora, y presentan una especialización, en mayor o menor grado, para realizar unas determinadas funciones.

Son ejemplos de organismos coloniales las algas unicelulares del género *Volvox* o las cianobacterias, que son procariotas fotosintéticos como, por ejemplo, las del género *Anabaena*.

Son ejemplos de organismos pluricelulares muchas algas, como las laminarias; muchos hongos, como las setas; los líquenes; los animales, como las esponjas o los peces; y las plantas, como los pinos o los rosales.

**2** Se trata de un tejido epitelial porque sus células están juntas sin dejar espacios intercelulares. Se trata de un epitelio simple porque se aprecia una sola capa de células prismáticas en contacto con la superficie. El contacto con la superficie externa presenta una especie de vellosidades o pelos. Así que podría tratarse del epitelio que tapiza el intestino, que es simple, de células prismáticas y con microvellosidades en la superficie para facilitar la absorción de nutrientes.

**3**

| Tejido | Células | Sustancia intercelular |
|---|---|---|
| **Conjuntivo** | Fibroblastos | En el tejido laxo, la matriz es abundante y gelatinosa, con pocas fibras.<br>En el tejido denso, la matriz es abundante y fibrosa, con muchas fibras de colágeno, de elastina y de reticulina. |
| **Adiposo** | Adipocitos | Es escasa, con abundancia de fibras de reticulina. |
| **Cartilaginoso** | Condroblastos y condrocitos | En el cartílago hialino, la matriz es abundante y con numerosas fibras de colágeno.<br>En el cartílago elástico, la matriz es abundante y con numerosas fibras elásticas.<br>En el cartílago fibroso, la matriz es escasa y con abundantes fibras de colágeno. |
| **Óseo** | Osteoblastos, osteocitos y osteoclastos | Abundante y sólida, rica en fibras de colágeno y sales minerales, como el fosfato y el carbonato cálcicos. |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

**4**

| Tipo celular | Características del núcleo | Características del citoplasma | Funciones |
|---|---|---|---|
| **Eritrocitos** | No tienen | Tienen forma de disco, con hemoglobina. | Transportan oxígeno. |
| **Neutrófilos** | Lobulado | Contienen muchos gránulos, que son lisosomas. | Fagocitan partículas extrañas y bacterias. |
| **Basófilos** | Lobulado | Tienen muchos gránulos de heparina e histamina. | Actúan en procesos inflamatorios y alérgicos. |
| **Eosinófilos** | Lobulado | Contienen muchos gránulos. | Participan en reacciones alérgicas y eliminación de parásitos. |
| **Monocitos** | Grande, con forma de riñón | Son los más grandes. Carecen de gránulos. | En los tejidos se transforman en macrófagos, que fagocitan células y partículas extrañas. |
| **Linfocitos** | Grande y esférico | Carecen de gránulos. | Los linfocitos B producen anticuerpos contra microbios y sustancias extrañas. Los linfocitos T intervienen en la lucha contra virus y células tumorales. |
| **Plaquetas** | Sin núcleo | Son fragmentos celulares. | Actúan en la coagulación de la sangre y el taponamiento de las roturas en vasos. |

**5** Los tejidos musculares están formados por células alargadas llamadas fibras musculares. Las fibras del músculo estriado son más largas, polinucleadas y de aspecto estriado; las del músculo liso son más cortas, mononucleadas y de aspecto liso.

El citoplasma de las fibras musculares está repleto de fibrillas contráctiles llamadas miofibrillas, compuestas de dos proteínas principales: actina y miosina. En el músculo estriado las fibrillas se disponen paralelas entre sí en bandas perpendiculares al eje mayor, proporcionando el aspecto estriado, mientras que en el liso las fibrillas se disponen paralelas al eje mayor sin formar bandas.

Las fibras estriadas dan lugar a los músculos esqueléticos, de contracción rápida y voluntaria, mientras que las fibras lisas dan lugar a los músculos lisos, de contracción lenta e involuntaria. El músculo cardiaco está formado por fibras estriadas pero mononucleadas y se caracteriza por su contracción coordinada y automática.

**6** Los meristemos son regiones de la planta formadas por tejido meristemático, o sea, especializado en el crecimiento y diferenciación celular, formado por células de gran núcleo y paredes finas que están continuamente multiplicándose por mitosis.

Los meristemos primarios tienen su origen en las células embrionarias de la semilla, se sitúan en los extremos de la planta (extremos de brotes, tallos y raíces), y son responsables del crecimiento en longitud de la planta.

Los meristemos secundarios proceden de células adultas que recuperan su capacidad de división, se sitúan en posiciones laterales de ramas, tallos y raíces, y son responsables del crecimiento en grosor de la planta.

Hay dos tipos principales de meristemos secundarios: el cámbium, de posición más interna, que origina hacia fuera los vasos liberianos o floema, y hacia dentro, los vasos leñosos o xilema; y el felógeno, de posición más externa, que origina hacia fuera el súber o corcho, y hacia dentro, el parénquima cortical.

**7** El tejido parenquimático, también llamado de relleno, está formado por células vivas grandes, poligonales, con vacuolas grandes y paredes finas, y con capacidad de dividirse.

En la imagen aparecen dos tipos de tejido parenquimático, denominado clorofílico porque las células poseen muchos cloroplastos y tienen como función realizar la fotosíntesis para la nutrición de la planta.

En el dibujo se distingue: la parte superior, con células alargadas y muy unidas, que constituye el parénquima en empalizada propio del haz de las hojas; y la parte inferior, con células más redondeadas que dejan muchos huecos entre ellas (los meatos), que constituye el parénquima lagunar propio del envés de las hojas.

**8** Cutícula. Es el recubrimiento externo, ceroso, impermeable, que cubre externamente el tejido epidérmico.

Estoma. Es una estructura que se repite muchas veces en el tejido epidérmico, especialmente en el envés de las hojas, formada por dos células arriñonadas, con cloroplastos, que envuelven un orificio llamado ostiolo, de apertura regulable, a través del cual se realiza el intercambio de gases entre el interior de la planta y el medio aéreo.

Ostiolo. Es el orificio de apertura regulable que hay en el centro de los estomas. El orificio se abre o se cierra según las células se hinchen o se deshinchen.

Suberina. Es la sustancia impermeable que impregna las paredes de las células del tejido suberoso.

Lenticela. Es una estructura que se repite muchas veces en el tejido suberoso, que consiste en una grieta a través de la cual se realiza el intercambio de gases en las partes de la planta cubiertas de súber o tejido suberoso.

**9**

| Tejido | Clase de células | Qué transporta | Dirección de transporte |
|---|---|---|---|
| **Xilema** | Células muertas, con paredes reforzadas de lignina denominadas traqueidas. | Savia bruta, es decir, agua y sales minerales. | Desde la raíz hasta las hojas. |
| **Floema** | Células vivas superpuestas, cuyos tabiques de separación están perforados por poros. | Savia elaborada, es decir, agua y glúcidos. | Desde los lugares en que se realiza la fotosíntesis hasta todas las regiones de la planta. |

**10** La organización talofítica es propia de los seres pluricelulares que carecen de auténticos tejidos; las células están poco diferenciadas entre sí, aunque se puede dar cierta especialización y división del trabajo. Es propia de las algas y hongos pluricelulares y de los líquenes.

La organización cormofítica presenta auténticos tejidos, con células bien diferenciadas y especializadas en diferentes funciones; a su vez, los tejidos se agrupan formando órganos especializados en funciones determinadas: raíces, tallos, hojas... Es propia de las plantas pteridofitas (helechos) y espermatofitas (plantas con flores y semillas).

Los animales no se incluyen en ninguno de estos tipos de organización; todos los animales tienen tejidos verdaderos y, a excepción de las esponjas, todos presentan órganos formados por uno o varios tejidos que desempeñan funciones determinadas, órganos que se asocian en sistemas o aparatos que ejercen funciones más amplias en el organismo.

## Control A

**1** Varios tejidos se pueden agrupar formando órganos, que desempeñan funciones concretas. Por ejemplo, el estómago reúne tejido epitelial de revestimiento (mucosa gástrica), tejido glandular (glándulas gástricas), tejido muscular liso (las paredes del estómago, que realizan movimientos para mezclar el alimento y los jugos gástricos), tejido conjuntivo fibroso (que da consistencia a las paredes del estómago) y vasos sanguíneos (que proporcionan nutrientes a las paredes del estómago). La función del estómago es la digestión ácida de los alimentos.

También sirve de ejemplo el corazón, formado por tejido epitelial de revestimiento (el endocardio o capa interna del corazón), por tejido muscular (el miocardio o pared muscular del corazón) y por tejido conjuntivo fibroso (el pericardio, que envuelve el corazón y lo mantiene envuelto de líquido nutritivo). Su función es impulsar la sangre para que se mueva por los vasos sanguíneos de todo el organismo.

Otro ejemplo es un hueso, formado básicamente por tejido óseo, pero envuelto por una membrana de tejido conjuntivo fibroso (el periostio) y que contiene médula amarilla (tejido adiposo) en el centro de la parte alargada, de tejido óseo compacto, y médula ósea roja (células madre de las células sanguíneas) en los huecos del tejido óseo trabecular. Los huesos son la parte pasiva del aparato locomotor.

Varios órganos se pueden agrupar para formar unidades superiores que ejercen funciones más generales en el organismo.

Si los órganos asociados son de uno o dos tejidos, se forman sistemas. Por ejemplo, el sistema muscular, formado por los músculos, o el sistema nervioso, formado por el encéfalo, la médula espinal y los nervios, o el sistema tegumentario, formado por la piel (recubrimiento externo) y las mucosas (recubrimiento de las cavidades externas, como la boca).

Si los órganos asociados son de varios tejidos, se forman aparatos. Por ejemplo, el aparato digestivo, constituido por boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso; el aparato circulatorio, formado por el corazón y los vasos sanguíneos; o el aparato locomotor, formado por los huesos, músculos, tendones, ligamentos y articulaciones.

**2** Las glándulas exocrinas están formadas por tejido epitelial glandular, es decir, rico en células secretoras, que se disponen formando una bolsa con un conducto; la bolsa acumula las secreciones de las células secretoras y el conducto las vierte al medio externo directamente (como las glándulas sudoríparas) o indirectamente (como las glándulas salivares que vierten a la boca). El tejido glandular está rodeado de un tejido intersticial con capilares sanguíneos y conexiones nerviosas que regulan su actividad.

Además de las glándulas exocrinas, existen las glándulas endocrinas, en las cuales el tejido glandular no forma ningún conducto porque las secreciones de las células se vierten directamente a los capilares sanguíneos del tejido intersticial. Los productos de las glándulas endocrinas son las hormonas.

**3** Los tejidos conectivos son un grupo de tejidos encargados del sostén y protección del resto de las estructuras del cuerpo del animal. Se caracterizan porque sus células están rodeadas de abundante sustancia intercelular o matriz extracelular, sintetizada por las propias células.

La composición de la matriz es variada, según el tipo de tejido y la función que ha de desempeñar, pero en general se distingue:

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

– Una sustancia fundamental compuesta por agua, sales minerales y polisacáridos complejos.

– Unas fibras proteicas, como las de colágeno, flexibles y resistentes, las de elastina, delgadas y elásticas, y las de reticulina, que forman redes de función esquelética.

Entre los tipos celulares, se nombran con la terminación -blasto cuando son capaces de multiplicarse, y con la terminación -cito cuando son maduras y ya no se dividen. Se pueden destacar:

– Los fibroblastos y fibrocitos de los tejidos conjuntivos, que organizan las fibras de la matriz.

– Los adipocitos del tejido adiposo, que se cargan de grasas.

– Los condroblastos y condrocitos del tejido cartilaginoso, que organizan la matriz elástica.

– Los osteoblastos y osteocitos del tejido óseo, que organizan la matriz sólida, y los osteoclastos, que la destruyen para remodelarla.

– Las células de la sangre y de la linfa, que se consideran tejidos conectivos de matriz líquida.

**4** El plasma sanguíneo es como la matriz líquida de la sangre, un líquido de color ambarino compuesto por agua, sales minerales, proteínas plasmáticas (albúmina, fibrinógeno y globulinas), nutrientes y pequeñas cantidades de oxígeno y dióxido de carbono; en su seno se encuentran las células sanguíneas, que proceden de la médula ósea roja.

El plasma sanguíneo tiene la misma composición que el plasma linfático y que el plasma intersticial, ya que el plasma intersticial es el mismo plasma sanguíneo que se filtra por los capilares sanguíneos y se reparte por el espacio intercelular para tomar contacto con las células, y el plasma linfático se forma a partir del plasma intersticial que se filtra por los capilares linfáticos. Puede haber ligeras diferencias en la concentración de nutrientes entre las distintas regiones del organismo.

**5** En el tejido nervioso hay dos tipos principales de células: las neuronas y las células de la glía.

Las neuronas son las células responsables de la formación y transmisión de los impulsos nerviosos. Tienen forma estrellada con muchas ramificaciones, mediante las cuales se comunican unas con otras para transmitir el impulso nervioso.

Las células de la glía realizan funciones de sostén, nutrición, relleno, aislamiento y protección de las neuronas. Existen varios tipos: los astrocitos, de aspecto estrellado y con numerosas ramificaciones; las células de Schwann, que envuelven los axones de las neuronas del sistema nervioso periférico; los oligodendrocitos, más pequeñas y menos ramificadas que los astrocitos, que envuelven de mielina los axones de las neuronas del sistema nervioso central; y las células de microglía, con muchas ramificaciones, que tienen capacidad para fagocitar microorganismos y protegen a las neuronas.

R. G. En el dibujo de las neuronas hay que señalar al menos las dendritas, el cuerpo celular, con el núcleo, y el axón, con su extremo ramificado.

**6** Las células de los tejidos meristemáticos son vivas, pequeñas, de pared celular fina, sin vacuolas y con grandes núcleos, que se encuentran generalmente en división por mitosis. Son las encargadas del crecimiento y desarrollo de la planta.

El cámbium y el felógeno son los meristemos secundarios de las plantas. Así como los meristemos primarios derivan directamente de las células embrionarias de la semilla, los meristemos secundarios se forman por desdiferenciación de células adultas, que recuperan su capacidad de multiplicación. Mientras que los meristemos primarios se encuentran en los extremos de la planta y son responsables de su crecimiento en longitud, los meristemos secundarios se ocupan del crecimiento en grosor de la planta: el cámbium, de posición más interna, origina hacia fuera vasos liberianos o floema y, hacia dentro, vasos leñosos o xilema; el felógeno, de posición más externa, origina hacia fuera el súber o corcho y, hacia dentro, parénquima cortical.

No todas las plantas presentan cámbium y felógeno, solo aquellas que presentan crecimiento en grosor, que son generalmente las que viven más de un año.

**7** Los estomas son estructuras que se repiten en el tejido protector epidérmico, formados por dos células de forma arriñonada, que contienen cloroplastos y delimitan un orificio central denominado ostiolo, a través del cual se realiza el intercambio de gases de la planta con el medio aéreo: oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua. La apertura del ostiolo se regula mediante el hinchamiento o deshinchamiento de las células que lo rodean, y se regula así la pérdida de vapor de agua según la humedad del ambiente.

**8** Colénquima. Tejido de sostén de las partes jóvenes de la planta, formado por células vivas, de forma alargada y de paredes desigualmente engrosadas.

Esclerénquima. Tejido de sostén de las partes más desarrolladas de la planta, formado por células muertas de paredes muy gruesas e impregnadas de una sustancia dura llamada lignina.

Vaso laticífero. Células alargadas que recorren todos los órganos de la planta y contienen un líquido lechoso llamado látex. Forman parte de los tejidos secretores de la planta.

Conducto resinífero. Canales que recorren la planta y acumulan resina, que sirve para cicatrizar heridas de la planta y proteger de la invasión de insectos o de hongos. Es otra formación de los tejidos secretores de las plantas.

**9** Tejido óseo compacto. Tejido óseo que se encuentra en la parte externa de los huesos cortos y planos, y en la diáfisis (la caña) de los huesos largos. Está formado por la repetición de unas unidades llamadas osteonas, que constan de varias capas concéntricas de matriz ósea que rodean unos tubos llamados conductos de Havers, por donde pasan los vasos sanguíneos y nervios que nutren y dan sensibilidad al hueso. En las capas de la matriz hay excavadas unas cavidades llamadas lagunas óseas, en cuyo interior se encuentran los osteocitos.

Tejido óseo trabecular. También llamado tejido óseo esponjoso; las capas de matriz ósea se disponen en varias direcciones, formando las trabéculas, y dejan entre sí huecos ocupados por la médula ósea roja, donde se forman las células sanguíneas. Se sitúa en el interior de los huesos cortos y planos, y en las epífisis (extremos) de los huesos largos.

Fibra muscular. Nombre que se da a las células de los tejidos musculares que son alargadas y especializadas en la contracción y tienen el citoplasma repleto de filamentos de proteínas contráctiles.

Miofibrilla. Nombre que se da a los numerosos filamentos proteicos contráctiles que hay en el citoplasma de las fibras musculares. Las proteínas principales que las componen son la actina y la miosina.

Sarcómero. Estructura que se repite muchas veces en las fibras musculares del tejido muscular estriado; consiste en que las miofibrillas gruesas de miosina y las finas de actina se van alternando y se sitúan varias de forma paralela, de manera que dan la imagen de unas bandas claras (actina) y unas bandas oscuras (miosina) que se alternan de forma repetitiva.

**10** La organización cormofítica se caracteriza por la especialización de las células en diferentes tejidos:

– Los tejidos protectores impiden que la planta se deseque en el medio aéreo, ya que son impermeables al vapor de agua.
– Los tejidos de sostén mantienen la planta erguida en el medio aéreo.
– Los tejidos conductores llevan los nutrientes inorgánicos absorbidos por las raíces a las partes de la planta donde se realiza la fotosíntesis, a través del xilema, y los vasos liberianos del floema llevan los nutrientes orgánicos formados en la fotosíntesis a las partes subterráneas de la planta, donde las células no pueden hacer la fotosíntesis.

Sin estos tejidos, las plantas no podrían sobrevivir fuera del agua.

Las plantas briofitas (los musgos, por ejemplo) carecen de tejidos conductores y los demás tejidos no están muy especializados, por eso viven siempre en lugares muy húmedos con gran abundancia de agua en el suelo y nunca forman estructuras muy erguidas sobre el mismo. Se dice que estas plantas presentan una organización protocormofítica.

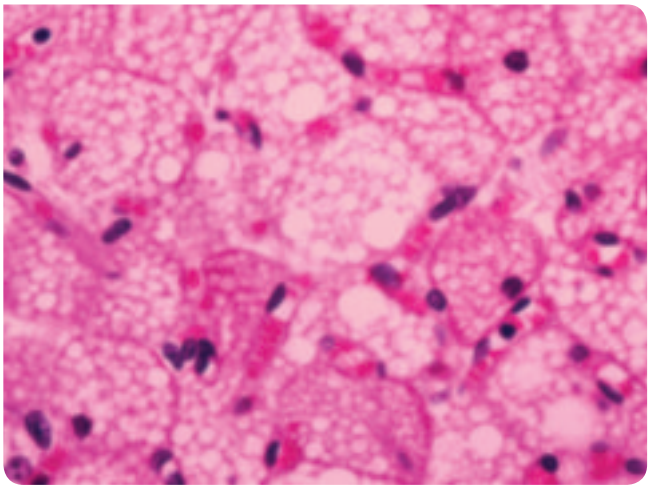
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Carlos es un buen deportista que cuida sus comidas y se preocupa de estar en forma en todo momento. Últimamente se ha dado cuenta de que en muchas revistas y charlas de divulgación científica se está hablando mucho de la grasa parda. Tras investigar sobre este tipo de grasa, que desconocía totalmente, comprendió por qué para un buen deportista es importante disponer de reservas de grasa parda en su organismo.

La grasa parda se acumula en el tejido adiposo pardo, que se diferencia del adiposo blanco en que está rodeado de vasos sanguíneos, no causa problemas de obesidad y está especializado en la producción de calor, especialmente en los animales que hibernan y en los recién nacidos.



**1** ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas cuando hablamos de la grasa parda?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Se almacena en forma de múltiples gotitas lipídicas en adipocitos específicos. | |
| En los adipocitos pardos apenas hay mitocondrias. | |
| Se almacena en adipocitos esféricos formando una gran gota que ocupa casi todo el citoplasma. | |
| Se acumula en grandes cantidades en las personas con sobrepeso. | |

**2** Carlos ha tenido algunos problemas, que afortunadamente ya ha superado, con el menisco de la rodilla derecha. Desde entonces sabe que los meniscos están formados por tejido fibrocartilaginoso y que son importantes para asegurar una buena estabilidad de las rodillas.

Cartílago fibroso como el de los meniscos también se encuentra formando parte de los discos intervertebrales. ¿Cuál el su principal característica?

- ☐ **a.** Posee abundantes fibras de colágeno y mucha matriz o sustancia separando los condrocitos, sus células constituyentes.
- ☐ **b.** Contiene abundantes fibras elásticas y pocas de colágeno.
- ☐ **c.** Posee muy poca matriz y muchas fibras de colágeno separando sus condrocitos constituyentes.
- ☐ **d.** Carece tanto de matriz extracelular como de fibras de colágeno.

**3** Para ser un buen deportista hay que disponer de un buen sistema nervioso que permita dar órdenes a nuestros músculos a toda velocidad, de forma que estos respondan rápida y eficazmente. Una de las sustancias más importantes a la hora de determinar la velocidad a la que viaja el impulso nervioso es la mielina. En realidad esta sustancia funciona como una cinta aislante; está formada por varias capas de membrana plasmática de ciertas células, que se enrollan alrededor de los nervios haciendo que la información nerviosa viaje más rápidamente y sin pérdida de intensidad.

¿Qué nombre reciben las células productoras de mielina?

- ☐ **a.** Astrocitos.
- ☐ **b.** Células de Schwann.
- ☐ **c.** Microglía.
- ☐ **d.** Axones.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** Para no dañar demasiado las rodillas, Carlos suele ir a correr por caminos. Además, le gusta observar la vegetación que se va encontrando. Ha leído que todas las plantas superiores tienen sus células organizadas en tejidos, al igual que los animales.

Aunque existen ciertas similitudes entre los tejidos animales y vegetales, también existen muchas diferencias. ¿Qué frases son verdaderas y cuáles falsas cuando hablamos de los tejidos vegetales?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Las células que forman el floema han eliminado los tabiques que las separaban y forman auténticos tubos. | |
| Los estomas permiten el intercambio gaseoso a través del tejido suberoso. | |
| Los plasmodesmos permiten que las células de los tejidos vegetales estén comunicadas a pesar de la pared de celulosa. | |
| En los tejidos vegetales no hay sustancia intercelular. | |

**5** En otoño, Carlos se encuentra con muchos hongos formando pequeños grupos. Sabe que hay muchas personas que siguen pensando que las especies pertenecientes a este reino son plantas.
Pero él ha aprendido que las plantas superiores, las algas y los hongos se pueden diferenciar, entre otras cosas, según el tipo de organización de sus células (según formen o no tejidos).

¿Cuál de las siguientes frases es la correcta?

- ☐ **a.** En algas y hongos las células no se organizan en tejidos; decimos que tienen organización cormofítica.
- ☐ **b.** Las plantas tienen organización talofítica y sus células se organizan en tejidos especializados.
- ☐ **c.** Plantas, algas y hongos tienen auténticos tejidos especializados.
- ☐ **d.** Los líquenes, simbiosis de alga y hongo, no tienen auténticos tejidos y presentan organización talofítica.

**6** Los meristemos son unos tejidos vegetales constituidos por células vivas caracterizadas por tener una pared celular muy fina, ser de pequeño tamaño, carecer de vacuolas y poseer un gran núcleo; todas estas características favorecen las mitosis.

El cámbium y el felógeno son dos variedades de este tipo de tejido. Pertenecen al grupo de los meristemos secundarios o laterales, que se encargan del engrosamiento de las plantas, produciendo todos los años tejidos conductores, parénquimas y tejidos protectores, como el suberoso.

¿Cuál de las siguientes frases es la correcta?

- ☐ **a.** El felógeno origina xilema hacia el interior y tejido suberoso hacia el exterior.
- ☐ **b.** El cámbium origina xilema hacia el interior y floema hacia el exterior.
- ☐ **c.** El felógeno origina parénquima hacia el interior y floema hacia el exterior.
- ☐ **d.** El felógeno origina súber hacia el interior y parénquima hacia el exterior.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B3-1.** Diferenciar los distintos niveles de organización celular interpretando cómo se llega al nivel tisular. | **B3-1.1.** Identifica los distintos niveles de organización celular y determina sus ventajas para los seres pluricelulares. | 5 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B3-2.** Reconocer la estructura y composición de los tejidos animales y vegetales relacionándolos con las funciones que realizan. | **B3-2.1.** Relaciona tejidos animales y/o vegetales con sus células características, asociando a cada una de ellas la función que realiza. | 1, 2, 3, 4 y 6 |

**1**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Se almacena en forma de múltiples gotitas lipídicas en adipocitos específicos. | Verdadero |
| En los adipocitos pardos apenas hay mitocondrias. | Falso |
| Se almacena en adipocitos esféricos formando una gran gota que ocupa casi todo el citoplasma. | Falso |
| Se acumula en grandes cantidades en las personas con sobrepeso. | Falso |

**2** **c.** Posee muy poca matriz y muchas fibras de colágeno separando sus condrocitos constituyentes.

**3** **b.** Células de Schwann.

**4**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Las células que forman el floema han eliminado los tabiques que las separaban y forman auténticos tubos. | Falso |
| Los estomas permiten el intercambio gaseoso a través del tejido suberoso. | Falso |
| Los plasmodesmos permiten que las células de los tejidos vegetales estén comunicadas a pesar de la pared de celulosa. | Verdadero |
| En los tejidos vegetales no hay sustancia intercelular. | Verdadero |

**5** **d.** Los líquenes, simbiosis de alga y hongo, no tienen auténticos tejidos y presentan organización talofítica.

**6** **b.** El cámbium origina xilema hacia el interior y floema hacia el exterior.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Solucionario

Pág. 163

**PARA COMENZAR**

1 Un tejido es una estructura formada por el conjunto de células que realizan una misma función. Los tienen todos los organismos pluricelulares a excepción de los que presentan organización talofítica: algas y hongos pluricelulares y líquenes.

2 Sí, las colonias que forman algunas algas unicelulares y algunas cianobacterias.

3 Histología. Anatomía.

4 Del huevo o cigoto, si presenta reproducción sexual, o de una espora, si presenta reproducción asexual.

5 R. M. Animales: epiteliales, conectivos, musculares y nervioso. Vegetales: meristemáticos, parenquimáticos, protectores, de sostén, conductores y secretores.

6 Sí, se considera un tipo de tejido conjuntivo cuya matriz es líquida. Se considera así porque sus células se agrupan y ejercen unas funciones concretas en el organismo: transporte de sustancias, defensa del organismo y mantenimiento del equilibrio en la composición del organismo.

7 La coordinación y el equilibrio entre las diferentes partes del organismo.

8 Los tejidos epiteliales en los animales y los tejidos protectores en las plantas.

9 El tejido muscular y el tejido óseo.

Pág. 164

1 Una colonia es una agrupación de organismos unicelulares en la que la especialización de las células en diferentes funciones es muy pequeña. En los organismos pluricelulares, las células tienen una mayor especialización en diferentes funciones, formando tejidos, de manera que las células pierden la capacidad de vivir independientemente y, además, todas las células del organismo pluricelular derivan de una sola célula: el huevo o la espora.

La mayor especialización de las células les permite realizar funciones más complejas.

Pág. 165

2 Porque carecen de tejidos protectores que les protejan de la desecación; carecen de tejidos de sostén que les mantengan erguidos; carecen de tejidos conductores que lleven los nutrientes inorgánicos del suelo a los lugares donde se realiza la fotosíntesis, y los nutrientes orgánicos de los lugares donde se realiza la fotosíntesis al resto de la planta.

3 Porque los órganos que lo componen están formados por tejidos muy variados: tanto el corazón como los vasos sanguíneos están formados por tejidos epiteliales de revestimiento, tejidos musculares y tejidos conjuntivos, y en su interior transportan sangre, que es otro tejido.

Pág. 166

4 Es un epitelio de revestimiento simple, es decir, sus células son planas, pegadas entre ellas como un suelo de pavimento, y forman una sola capa de células.

5 Los tejidos epiteliales de revestimiento han de cubrir la superficie del cuerpo y las cavidades internas; si hubiera huecos entre las células, el revestimiento sería imperfecto: los microorganismos podrían penetrar en nuestro organismo por los espacios entre las células, y el organismo perdería agua por dichos espacios; además, en el caso del recubrimiento de cavidades, el contenido de las cavidades, como el estómago, podría pasar a los espacios entre las células sin estar aún preparado para ser asimilado por estas.

Pág. 167

**SABER HACER**

6 Son células planas poliédricas, forma conveniente a su función de recubrimiento de la cavidad bucal.

7 Las células de la mucosa bucal son incoloras; el colorante permite visualizar los núcleos y los contornos de las células.

Pág. 168

8 La matriz extracelular es aquello que rodea a las células del tejido conectivo proporcionándoles sostén y consistencia. La sintetizan las propias células y está compuesta de una sustancia fundamental (agua, sales minerales y polisacáridos) y fibras proteicas (colágeno, elastina o reticulina).

9 En el tejido conjuntivo laxo, los fibroblastos se encuentran en gran número y están inmersos en una sustancia gelatinosa intercelular. Podemos encontrarlo principalmente bajo la piel y rellenando los espacios entre los órganos.

En el tejido conjuntivo denso, la matriz extracelular contiene más fibras que células, por lo que será un tejido más resistente. Se encuentra en las cuerdas vocales, los tendones y los ligamentos.

Pág. 169

10 Acumulan gran cantidad de tejido adiposo porque son animales que viven en climas muy fríos y la capa de grasa les sirve como aislante térmico y como reserva energética.

11 Se debe a que la matriz es de consistencia elástica y las piezas son aplastadas por el peso del cuerpo y por la fricción con las vértebras. Se produce una disminución de la estatura y pueden producirse problemas de inflamación de los nervios que nacen entre las vértebras.

Pág. 170

12 Las células del tejido óseo son los fibroblastos y fibrocitos, formadores de la matriz intercelular, y los osteoclastos, que

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

destruyen la matriz celular para que los osteoblastos formen matriz nueva. Son células de aspecto estrellado.

Las células del tejido cartilaginoso son los condroblastos y condrocitos, formadores de la matriz extracelular. Son células redondeadas.

Las células del tejido adiposo son los adipocitos, que almacenan lípidos. Son esféricas y voluminosas y casi todo el espacio celular está ocupado por una gran vacuola de grasa.

Las células fijas del tejido conjuntivo son los fibroblastos, formadores de la matriz extracelular. Tienen forma estrellada.

**13** Están formados por tejido óseo, dentro del cual distinguimos el tejido compacto y el trabecular o esponjoso. Además, están recubiertos de una lámina de tejido conjuntivo llamada periostio. También están recorridos internamente por vasos sanguíneos. En los huecos del tejido trabecular se encuentra la médula ósea roja, donde se forman las células sanguíneas, y en el hueco central de la diáfisis o parte larga de los huesos largos se encuentra la médula amarilla, de tejido adiposo.

Pág. 171

**14** En el coágulo podremos encontrar glóbulos rojos, plaquetas y glóbulos blancos (neutrófilos, basófilos, eosinófilos, monocitos, linfocitos).

Pág. 172

**15**

| | Músculo esquelético | Músculo cardiaco | Músculo liso |
|---|---|---|---|
| **Aspecto del citoplasma** | Estriado | Estriado | Liso |
| **Núcleo** | Poli-nucleadas | Mono-nucleadas | Mono-nucleadas |
| **Forma y longitud** | Cilíndrica, varios centímetros | Redondeadas, décimas de milímetro | Alargadas, décimas de milímetro |
| **Tipo de contracción** | Rápida y voluntaria | Rápida, involuntaria y coordinada | Lenta e involuntaria |

Pág. 173

**16** Supone que no podrán multiplicarse.

**17** Los astrocitos están dibujados como células azules estrelladas con ramificaciones que se dirigen a los axones de las neuronas.

Las células de Schwann son las vainas azules que hay a lo largo de los axones de las neuronas.

Los oligodendrocitos son las células verdes, más pequeñas que los astrocitos, estrelladas, con ramificaciones que se dirigen a las neuronas y a los vasos sanguíneos.

Las células de microglía son moradas, alargadas y con muchas ramificaciones.

Pág. 174

**18** El crecimiento en longitud se debe a los meristemos apicales o primarios. Se sitúan en los extremos de la planta como, por ejemplo, en los brotes de las ramas y raíces.

Pág. 175

**19** Para evitar que la luz del sol incida directamente sobre ellos, lo que aceleraría la transpiración o pérdida de vapor de agua.

Pág. 176

**20** El xilema transporta la savia bruta (agua y sales minerales) desde la raíz hasta las hojas. Está constituido por células muertas con paredes reforzadas de lignina.

El floema transporta la sabia elaborada (agua y glúcidos) desde los centros en los que se realiza la fotosíntesis a toda la planta. Está formado por células vivas superpuestas.

**21** El colénquima. Si una planta no tuviese tejidos de sostén no podría mantenerse erguida, por lo que se dificultaría el aprovechamiento de la luz para realizar la fotosíntesis.

**22** Sí, dado que si no los tuviesen no habría transporte de nutrientes desde las raíces o centros desde los que se realiza la fotosíntesis al resto de células. Las plantas briofitas carecen de tejidos conductores, por lo que apenas se yerguen sobre el suelo y viven en lugares muy húmedos con mucha agua disponible.

**23** No, la excreción es la eliminación de productos de desecho y la secreción es el vertido de sustancias elaboradas para cumplir una determinada función. En ocasiones, es difícil determinar si un tejido está realizando excreción o secreción; por ejemplo, aunque las resinas se consideran como un producto de excreción de las plantas, lo cierto es que tienen utilidad para cicatrizar heridas de la planta y defenderla del ataque de parásitos.

Pág. 177

**EN RESUMEN**

**24** La talofítica es una organización de los organismos pluricelulares en la que las células no forman auténticos tejidos, mientras que la cormofítica se trata de una organización en la que las células sí que forman auténticos tejidos.

La organización talofítica no permite el mismo grado de adaptación al medio aéreo que la cormofítica, pues los tejidos protectores son necesarios para evitar la desecación de la planta, los tejidos conductores permiten llevar los nutrientes desde el suelo a las partes aéreas y viceversa, y los tejidos de sostén son necesarios para mantener la planta erguida fuera del agua. De los organismos talofíticos, solamente los líquenes pueden prosperar en ambientes con poca humedad, ya que se trata de estructuras que crecen sobre el sustrato (suelo, piedras, corteza de los árboles, etc.) sin desarrollo vertical.

**25**

| Tejido | Localización | Función | Características celulares |
|---|---|---|---|
| **Epitelial** | Recubre el cuerpo y las cavidades internas de los animales y forma glándulas. | De revestimiento y glandulares. | Las células están muy juntas, sin dejar espacios intercelulares. |
| **Conectivo** | Están entre los distintos órganos, debajo de la piel. | De protección y sostén. | Sus células están rodeadas de abundante matriz extracelular. |
| **Muscular** | Forma los músculos esqueléticos y las paredes de órganos con movimiento propio. | Mover los huesos (músculo esquelético) y producir movimientos involuntarios en los órganos internos (músculo cardiaco y músculo liso). | Las células presentan poca matriz extracelular, son alargadas y con numerosas fibrillas contráctiles. |
| **Nervioso** | Conduce información y produce impulsos nerviosos. | Por todo el cuerpo, formando el sistema nervioso. | Las células tienen formas estrelladas, presentan muchas ramificaciones y están muy especializadas. Hay poca matriz extracelular. |

**26** Las semejanzas derivan del hecho de tratarse todos de tejidos conectivos, por tanto, con abundante matriz extracelular.

Las diferencias provienen de la distinta naturaleza de la matriz extracelular:

– La matriz del tejido conjuntivo es gelatinosa, más o menos fibrosa, pues se trata de un tejido de relleno y sostén repartido entre los órganos.

– En el tejido adiposo, la matriz es escasa, pues la principal función del tejido es la reserva de grasas que llevan a cabo los adipocitos.

– En el tejido cartilaginoso, la matriz es sólida pero elástica, pues su función es formar piezas esqueléticas con cierto grado de elasticidad y colocarse entre los huesos de las articulaciones, disminuyendo la fricción entre los huesos.

– La matriz del tejido óseo es sólida y dura, pues su función es formar piezas esqueléticas.

**27** R. G. Hay que señalar el cuerpo celular, el núcleo, las dendritas y el axón.

**28**

| Células | Características |
|---|---|
| **Meristemáticas** | Pequeñas, redondas, con pocas vacuolas, pared celular fina, núcleo grande y en continua división. |
| **Parenquimáticas** | Células grandes con paredes finas. Alargadas en los parénquimas en empalizada, redondeadas en los otros casos. Con muchos cloroplastos en los parénquimas clorofílicos, sin cloroplastos en los otros casos. Mantienen la capacidad de dividirse. |
| **Epidérmicas** | Aplanadas, con grandes vacuolas, sin cloroplastos, con las paredes impregnadas de sustancias impermeables y transparentes. Destacan entre ellas las células arriñonadas y con cloroplastos de los estomas. |
| **Suberosas** | Células muertas, huecas, redondeadas, con paredes impregnadas de suberina, que es impermeable. |
| **De colénquima** | Vivas, alargadas, con las paredes desigualmente gruesas. |
| **De esclerénquima** | Muertas, redondeadas o alargadas, con las paredes muy engrosadas e impregnadas de lignina. |
| **Vasos liberianos o floema** | Células vivas cilíndricas superpuestas, con los tabiques de separación perforados. |
| **Vasos leñosos, traqueidas o xilema** | Células muertas en forma de tubo, con las paredes reforzadas con lignina y con tabiques de separación perforados o sin tabiques. |
| **Secretoras** | Con grandes vacuolas que almacenan sustancias. Pueden ser pelos glandulares, como los urticantes o aromáticos, o largos tubos, como los vasos laticíferos. |

Pág. 178

**PARA REPASAR**

**29** Una colonia es una agrupación cooperativa de organismos unicelulares; las células no están diferenciadas, todas ellas pueden realizar cualquier función de forma individual, aunque exista un cierto reparto de trabajo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**30** La diferenciación celular es la especialización que adquieren las células de los organismos pluricelulares para realizar una función específica, de manera que ya son incapaces de vivir de forma independiente.

**31** La ventaja es que admite una mayor complejidad de los organismos, porque al especializarse ya no es necesario que todas las células realicen todas las tareas, lo que energéticamente sería muy costoso. El inconveniente es que la supervivencia de algunas va a depender de la acción de otras; por tanto, si falla algún tejido en concreto, puede provocar la muerte del resto de células.

**32** El respiratorio es un aparato, ya que es una asociación de órganos, compuestos a su vez por varios tejidos, que actúan de forma coordinada para realizar una función general: el intercambio de gases.

**33** No poseen tejidos porque algunas de sus células mantienen la capacidad de vivir de forma independiente; es decir, no están totalmente especializadas. Deberían perder algunas de sus funciones y desarrollar otras para realizarlas de forma más eficaz.

**34** Es una especialización de las células que revisten el intestino delgado que permite aumentar la superficie de absorción de los nutrientes presentes en el mismo; son como digitaciones finas que sobresalen de la membrana plasmática. Se encuentran en el epitelio simple prismático. Realizan la absorción de alimentos a través de las invaginaciones de la membrana.

**35** Se clasifican mediante dos criterios:

1. Según el número de capas de células: simples o estratificados.
2. Según la forma de las células: pavimentosos o prismáticos.

**36** Le confiere cierta rigidez y dureza; desempeña una función protectora.

**37** El aparato de Golgi, que es el orgánulo celular encargado de la secreción; también el retículo endoplásmico rugoso, porque las sustancias que transforma el aparato de Golgi derivan del retículo.

**38** Glándulas exocrinas: leche, saliva, sudor, líquido seminal, jugo gástrico y secreción lacrimal.

Glándulas endocrinas: tiroxina, progesterona y testosterona.

**39** Realiza una función de protección mecánica de los órganos.

**40** Simplemente, que están formados por células animales.

**41** Los osteoclastos destruyen la matriz extracelular, originando lagunas óseas que son ocupadas por los osteoblastos, que producen nueva matriz extracelular.

**42** La médula ósea roja se encarga de la producción de células sanguíneas. Se encuentra en la epífisis de los huesos largos y en el interior de los cortos y planos; en los dos casos, se sitúa en los huecos del tejido óseo trabecular o esponjoso.

**43** Se debe al acortamiento de los sarcómeros, que son las unidades estructurales de miofibrillas que se repiten a lo largo de la fibra. El acortamiento se produce por el deslizamiento de los filamentos de actina sobre los de miosina.

**44** **a)** Liso.

**b)** Estriado.

**c)** Liso.

**d)** Liso pero de células mononucleadas.

**e)** Liso.

**f)** Liso.

**45** Parénquimas de reserva. Son células redondeadas, de paredes finas, con pocos espacios intercelulares, repletos de orgánulos de reserva alimenticia, como los amiloplastos o las inclusiones.

**46** Absorber el agua y las sales minerales del suelo.

**47** **a)** Tejido vegetal protector epidérmico.

**b)** Se observan los estomas, orificios rodeados de dos células arriñonadas que regulan la apertura del orificio.

**c)** A través de ellas se realiza el intercambio de gases de la planta con el medio aéreo: oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua.

**48** El súber está interrumpido por pequeñas grietas llamadas lenticelas y, a través de ellas, se realiza el intercambio de gases.

**49** Se recubren de tejidos protectores, como la epidermis y el súber, formados por células que no dejan huecos entre ellas y cuyas paredes están impregnadas de sustancias impermeables. Las células del tejido epidérmico se recubren además de una cutícula de sustancia cérea y el súber está formado por varias capas de células. Estos tejidos están interrumpidos por orificios para realizar el intercambio de gases, pero en el caso de los estomas, la apertura de estos orificios se regula en función de la humedad del ambiente: si el ambiente es seco, no se abren o se abren muy poco.

**50** El tejido suberoso, con paredes impermeables (impregnadas de suberina) y el interior lleno de aire. De esta manera cumplen su función de proteger la planta contra la desecación, los golpes físicos e, incluso, contra el fuego.

El esclerénquima, con paredes gruesas impregnadas de lignina. Son las paredes del esclerénquima las que cumplen su función de conferir dureza y resistencia mecánica a algunas partes de la planta.

El xilema, con células en forma de tubo, cuyas paredes están impregnadas de lignina. Realizan el transporte de savia bruta sin el obstáculo del contenido celular, y la dureza de las paredes contribuye al sostén de la planta.

Algunas formaciones secretoras, como los tubos resiníferos o las bolsas secretoras, están formadas por células que se cargan de sustancias de desecho y mueren.

**51** La cutícula será mínima en las plantas acuáticas y será muy abundante en las plantas de lugares muy secos y calurosos, ya que en el primer caso no hay que proteger a la planta de la desecación y en el segundo sí.

**52** **a)** Tejidos secretores.
**b)** Floema.
**c)** Xilema.
**d)** Colénquima.
**e)** Esclerénquima.
**f)** Parénquima acuífero.

Pág. 179

**PARA PROFUNDIZAR**

**53** Son capaces de una mayor complejidad, porque las diferentes células se especializan en funciones diferentes, ejerciéndolas con mayor eficacia, y el organismo coordina todas las funciones. Esto supone la posibilidad de aumentar de tamaño formando estructuras más eficaces sin perder la unidad de funcionamiento.

**54** Los hongos pueden agrupar sus filamentos en haces y formar estructuras visibles, como las setas, porque sus paredes celulares están impregnadas de quitina, un polisacárido más impermeable que la celulosa de algas y plantas; y por eso pueden resistir hasta cierto límite la desecación, pero nunca tanto como un tejido protector especializado. Por este motivo los hongos han de vivir en ambientes húmedos.

**55** En las colonias de volvox, las células externas suelen ocuparse más de la locomoción, con sus flagelos dirigidos hacia el exterior, y las células centrales suelen ocuparse más de la reproducción. Pero todas las células pueden vivir de forma independiente realizando todas las funciones. Por tanto, la formación de la colonia supone una ventaja sobre el crecimiento de sus células por separado, pero la asociación no es imprescindible para la supervivencia. Por eso no puede ser considerado como un organismo pluricelular.

**56** Las células de las partes externas de la piel se mueren y son sustituidas por otras nuevas producidas en la capa basal de la epidermis, donde las células se encuentran en continua multiplicación.

**57** Son las células de las capas más externas de la piel, cargadas de queratina, que mueren y se desprenden, pues son empujadas por las nuevas que se van formando en la base de la piel.

**58** R. M. Hay que hacer referencia a que los adipocitos del tejido pardo tienen abundantes mitocondrias, que metabolizan las reservas de grasa y producen calor, y por eso este tipo de tejido abunda más en los animales que habitan en lugares muy fríos.

**59** En el tejido óseo hay células especializadas en la regeneración del tejido, como son los osteoclastos y osteoblastos, y en el tejido muscular, junto a las fibras musculares, hay células que conservan su capacidad de división y diferenciación. Pero en el tejido cartilaginoso no abundan las células con capacidad de regeneración. Además, tanto el tejido óseo como el tejido muscular están recorridos por vasos sanguíneos o por tejido conjuntivo que acerca los capilares sanguíneos a todas las regiones del tejido, mientras que en los cartílagos, el tejido conjuntivo se encuentra solo en la superficie, en el pericondrio, por lo que los nutrientes llegan con más dificultad al seno del tejido.

**60** Con la edad, aumenta el contenido en sales minerales del hueso y disminuye su contenido en fibras proteicas. Esto hace que los huesos vayan haciéndose más quebradizos. Por tanto, será la abuela quien con más probabilidad se rompa un hueso en una caída.

**61** Con la cocción se va disolviendo en el caldo el colágeno del tejido conjuntivo que envuelve las fibras musculares y los haces de fibras musculares, con lo que las fibras van quedando sueltas y el caldo va aumentando en consistencia gelatinosa.

**62** Depende de si se han roto la piel y los vasos sanguíneos de la dermis o capa de tejido conjuntivo que hay debajo de la piel. Si se rompen la piel y los vasos sanguíneos, hay sangrado; si no se rompe la piel pero sí los vasos sanguíneos, se producen cardenales, porque la sangre que escapa de los vasos queda retenida bajo la piel. Si se rompe la piel pero solamente se rompen capilares muy finos, se produce un exudado de plasma intersticial sin que llegue a sangrar.

**63** El tejido epitelial será pavimentoso pluriestrificado pero sin queratina, lo que se denomina la mucosa. Esto es así porque ha de constituir un revestimiento protector, pero, como es humedecido constantemente por la saliva, no se necesita la protección de la queratina.

El tejido muscular es estriado, pues la lengua ha de realizar contracciones rápidas y voluntarias, tanto para el proceso de formación del bolo alimenticio durante la comida como para el proceso de articular sonidos y formar palabras.

**64** Cuando se consuma el oxígeno almacenado en los espacios intercelulares del parénquima de la raíz, las células ya no tendrán acceso al oxígeno, porque el suelo está inundado, y morirán de asfixia. Las células de la raíz obtienen energía de la respiración celular, ya que, siendo la raíz un órgano que crece sin luz, sus células no pueden realizar la fotosíntesis.

**65** Han de facilitar la llegada de la luz a las células del parénquima clorofílico, encargadas de realizar la fotosíntesis.

**66** Las plantas de lugares muy secos solamente tendrán estomas en el envés, así, la región de intercambio de gases está protegida de la insolación; en cambio, las plantas que crecen en lugares húmedos pueden presentar también estomas en el haz, pues no necesitan tanta protección contra la desecación.

**67** Las células del corcho están muertas, con las paredes impregnadas de suberina y el interior hueco, lleno de aire; por eso es un tejido ligero, comprimible y aislante.

**68** Porque las células de los parénquimas de las hojas contienen poca agua en esas circunstancias y, por tanto, tendrán poca presión de turgencia.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**69** R. M. Se ha de hacer referencia a la actividad del cámbium, que va haciendo anillos de vasos leñosos cada año en la estación de crecimiento, dejando de hacerlo en la estación invernal.

**70** Estas plantas, denominadas plantas palustres, resuelven el problema de aireación de las raíces con parénquimas aeríferos, tanto en las raíces como en los tallos. El aire circula por los meatos, o espacios llenos de aire, desde los tallos hasta las raíces.

**71** El algodón es una fibra de celulosa elaborada por la planta del algodón. Son células fibrosas, alargadas, con paredes de celulosa que se corresponderían con el tejido de sostén de tipo colénquima. La planta lo elabora como una protección para sus frutos.

**72** En los animales, los huesos; en las plantas, la madera y el corcho. Los huesos están enriquecidos en sustancias minerales que les dan consistencia y son difíciles de digerir; la madera está impregnada de lignina, una sustancia consistente y de difícil digestión; y lo mismo ocurre con la suberina del corcho.

**73** Para matar a la planta, habría que cortar sus vasos leñosos, que llevan la savia bruta de la raíz a las hojas, y cortar sus vasos liberianos, que llevan la savia elaborada de las hojas a toda la planta, incluida la raíz. En un corte transversal quedarían sin cortar muchos vasos leñosos y liberianos, con lo que la planta podría sobrevivir. Pero si la vaciamos por dentro, solamente podría sobrevivir si el vaciado afectara al parénquima medular, como en los árboles viejos que están huecos por dentro; pero si el vaciado afecta a los vasos conductores, la planta morirá.

Pág. 181

**CIENCIA EN TU VIDA**

**74** R. L.

**75** R. L.

**76** R. L.

**77** R. L.

# UNIDAD 10. LA IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD


**Introducción y recursos** . . . . . **387**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 388
- Previsión de dificultades . . . . . 389
- Esquema conceptual . . . . . 389
- Te recomendamos . . . . . 390

**Enseñanza individualizada** . . . . . **391**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 392
    - Ficha 1. Análisis e interpretación de datos de una población . . . . . 392
    - Ficha 2. Análisis de tablas. Realización e interpretación de gráficas . . . . 393
  - Trabaja con imágenes . . . . . 394
    - Ficha 3. Puntos calientes de biodiversidad . . . . . 394
    - Ficha 4. Distribución de los biomas terrestres . . . . . 395
  - Trabajos de aula . . . . . 396
    - Ficha 5. El mar de Aral. Un ejemplo de la disminución de la biodiversidad por causas antrópicas . . . . . 396
    - Ficha 6. La biodiversidad conocida y la que nos queda por conocer . . . . 397
    - Ficha 7. El valor de la biodiversidad . . . . . 398
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 400
    - Ficha 8. Extinciones de animales como consecuencia de la expansión humana . . . . . 400
    - Ficha 9. Extinciones masivas de seres vivos por procesos naturales . . . . . 401


 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **403**

- Autoevaluación . . . . . 405
- Evaluación de contenidos . . . . . 406
  - Controles . . . . . 406
    - Control B . . . . . 406
    - Control A . . . . . 408
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 410
- Evaluación por competencias . . . . . 414
  - Prueba . . . . . 414
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 416

**Solucionario** . . . . . **419**

# Introducción y recursos

# LA IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

La diversidad es una característica de la vida que se muestra continuamente a nuestro alrededor. A lo largo de la unidad estudiaremos la biodiversidad a tres niveles, genético, taxonómico y de los ecosistemas. Valoraremos y analizaremos su importancia para nuestra supervivencia y de qué forma están afectándola algunas actividades humanas. Introduciremos el concepto de *puntos calientes de la biodiversidad* y plantearemos diferentes tipos de acciones necesarios para gestionar su mantenimiento o, en cualquier caso, evitar su pérdida.

La situación actual no está exenta de gravedad, pues a lo largo de la historia de la vida en nuestro planeta, desde que apareció hace 3800 millones de años, han sucedido cinco grandes extinciones originadas por causas naturales. En la quinta extinción, que tuvo lugar hace 60 millones de años, ocasionada por la caída de un gran meteorito, desaparecieron, entre otras muchas especies, los dinosaurios. En la actualidad, la comunidad científica alerta de que estamos en la sexta extinción. Esta, a diferencia de las anteriores, no está ocasionada por causas naturales; está producida por las diferentes actividades humanas. Además, se ha visto agravada en las últimas décadas por el aumento de población y su expansión.

Analizaremos la importancia que tiene España en lo que respecta a la biodiversidad. Podemos estar orgullosos de presentar una elevada diversidad de animales y plantas. Somos el país europeo que presenta mayor biodiversidad, destacando el archipiélago canario. Este hecho es debido a la confluencia de distintos factores geográficos y climáticos, que han originado diferentes ambientes y ecosistemas en los que se ha podido desarrollar esta gran biodiversidad.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Cómo se define la biodiversidad y cuál es su importancia.<br>• Las principales causas de pérdida de biodiversidad y cómo gestionarla de forma adecuada.<br>• Qué se entiende por biosfera y conocer los diferentes biomas que la constituyen.<br>• La importancia de España en cuanto a su biodiversidad. |
| SABER HACER | • Realizar cálculos sobre la biodiversidad en una zona.<br>• Interpretar mapas. |
| SABER SER | • Valorar la importancia de la biodiversidad.<br>• Admirar la gran biodiversidad de nuestro planeta y de España. |

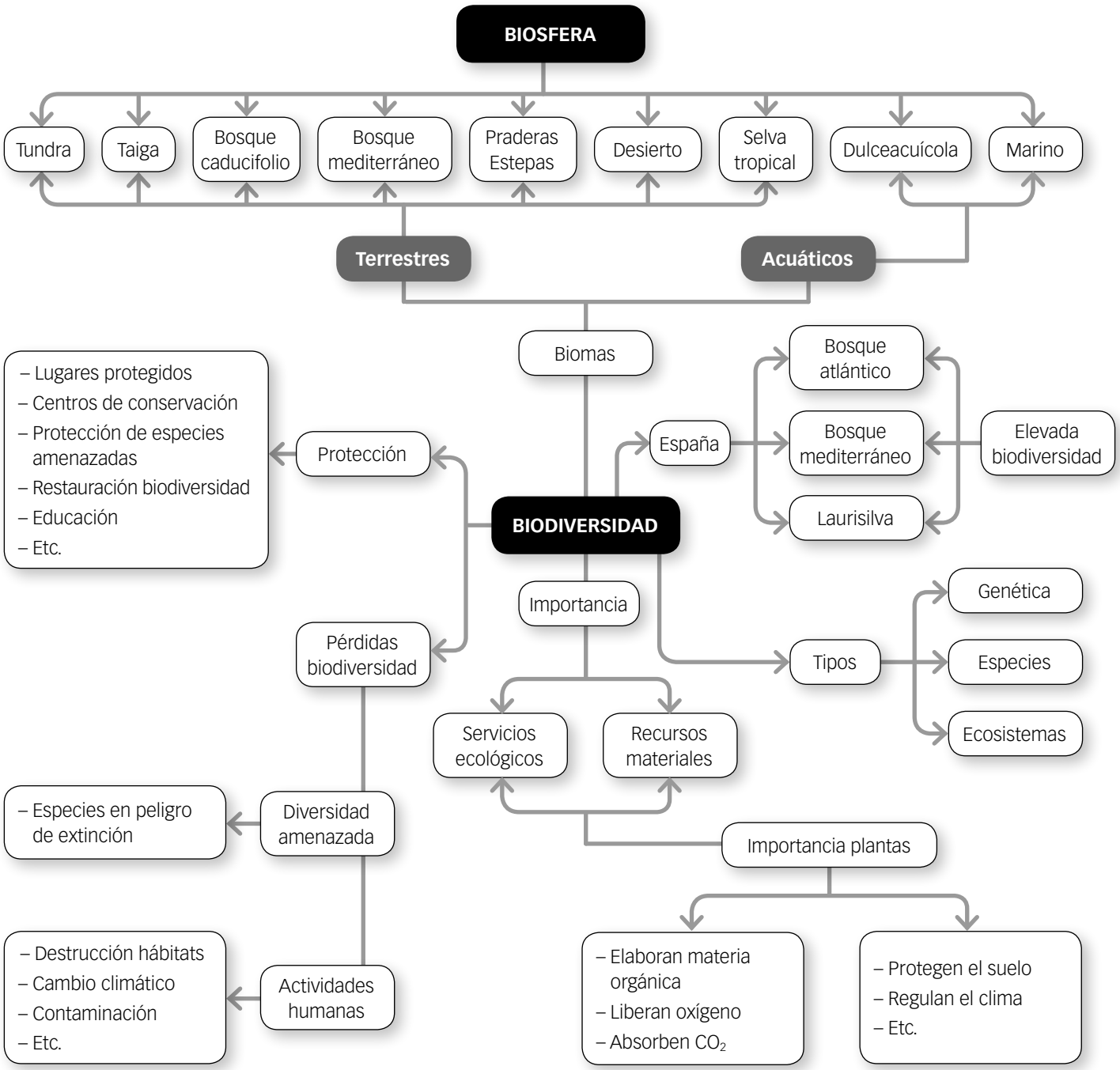
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Aunque los conceptos de *biodiversidad* y de *especie* son intuitivos, cuando se quiere profundizar más y diferenciar unas especies de otras a veces no es tan fácil. Se tendrá, por tanto, que incidir en el concepto de *especie* y en las características que se deben tener en cuenta para poder diferenciar una especie de otra.

Otro aspecto que también puede resultar complicado de asimilar es el número de especies que desaparecen al año como consecuencia de las actividades humanas. Comunicarles que cerca de 30 000 especies se extinguen al año por factores antrópicos puede generar sorpresa e incluso incredulidad. Es un número muy elevado. Se tendrán que explicar y argumentar las causas que llevan a este desastre, sobre todo la más importante: la destrucción y fragmentación de los hábitats donde viven estas especies.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Proyecto Biosfera**
Página oficial del INTEF. Proyecto Biosfera. Posibilidades de seleccionar diferentes contenidos del currículo de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *proyecto biosfera 1.º bachillerato.*

**Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Biodiversidad**
El portal del Ministerio posee una sección de biodiversidad con noticias de interés, además de un amplio catálogo de especies.
Palabras clave: *MAGRAMA biodiversidad.*

**Asociación Española de Ecología Terrestre**
Página web de la Asociación Española de Ecología Terrestre. De carácter eminentemente científico, muestra artículos y documentos de la revista *Ecosistemas*, así como diversas noticias, anuncios de actividades y una tribuna de denuncia.
Palabras clave: *Asociación española ecología.*

**Red de parques nacionales**
Portal del Ministerio de Medio Ambiente, en que se puede acceder a todos los parques nacionales con facilidad; se pueden buscar tanto su ubicación como las características que han permitido a esa zona tener su grado de protección.
Palabras clave: *Red parques nacionales MAGRAMA.*

## LIBROS Y REVISTAS

**«Biodiversidad»**
**Temas *Investigación y Ciencia*, n.º 35.** Editorial Prensa Científica.
Este monográfico de la revista *Investigación y Ciencia* trata la biodiversidad desde muchos aspectos, como el número de especies que viven en la Tierra o los biotopos de algunos ecosistemas representativos.

***La sexta extinción***
**Fernando Jiménez López.** Editorial Planeta, 2008.
La vida en la Tierra ha sufrido 5 extinciones masivas de especies por causas naturales. En la actualidad, la comunidad científica argumenta que estamos sufriendo la sexta extinción masiva como consecuencia de la actividad humana sobre el medio ambiente y las especies que en él viven. Una serie de actuaciones humanas como son la destrucción de sus hábitats naturales, el cambio climático, la deforestación masiva, el agujero de la capa de ozono, la excesiva presión del consumo humano… inciden negativamente sobre los seres vivos provocando su extinción.

***50 cosas sencillas que tú puedes hacer para salvar la Tierra***
**VV. AA.** Editorial Blume, 2006.
Recomendaciones sencillas centradas en la modificación de algunos hábitos cotidianos que contribuyen a degradar el medio que nos rodea.

***La venganza de la Tierra. La teoría de Gaia y el futuro de la humanidad***
**James Lovelock.** Editorial Planeta, 2008.
Este científico, conocido por su hipótesis Gaia, trata sobre los problemas medioambientales que afectan al planeta y sus posibles soluciones.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Análisis e interpretación de datos de una población

El lince ibérico es un felino que solo vive en el sur de la península ibérica. Su población ha disminuido drásticamente; el censo realizado en 1990 era de un valor cercano a 1 000 individuos, mientras que el de 2002 proporcionaba un tamaño poblacional de 200 individuos. Contesta:

a) ¿Crees que esta especie tiene o debería tener alguna categoría de protección legal? ¿En qué consiste dicha categoría?

b) Observa la tabla de causas de muerte del lince de un estudio realizado en 1992. Elabora una hipótesis acerca de otras causas que expliquen su reducción en el número de ejemplares. ¿Crees que tendrán la misma repercusión los trampeos ilegales y atropellos hoy en día?

**Causas de mortalidad del lince ibérico**

| | |
|---|---|
| Trampeo ilegal | 33 % |
| Atropellos | 21 % |
| Otros | 46 % |

(Fuente: Ferreras, P. *et al*., 1992)

Como explica el enunciado de las preguntas que debes resolver, el lince (*Lynx pardinus*) tiene una población muy reducida en la actualidad. Habrás oído o leído sobre la importancia de recuperar la especie, que se considera el felino más amenazado del mundo.

**a)** Debes explicar que se trata de una especie catalogada como «en peligro de extinción» según el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011). Al explicar en qué consiste la categoría, indica que la inclusión de una especie requiere la elaboración de planes específicos de recuperación de acuerdo con la ley vigente. Completarías mucho más tu respuesta si conocieras que tiene, además, una protección a nivel internacional (IUCN) como «en riesgo crítico de extinción» y que figura en los catálogos autonómicos como «en peligro de extinción» (Ley 8/2003 de la Flora y la Fauna Silvestre de Andalucía; Decreto 33/1998 en Castilla-La Mancha y Decreto 37/2001 en Extremadura).

**b)** Respecto de las causas que hoy contribuyen a la reducción del número de ejemplares debes incluir las que se daban en 1992, dado que siguen siendo causas generales para animales terrestres y territoriales. El conjunto de causas serían los atropellos, la caza furtiva, la disminución de las poblaciones de conejos, la alteración del hábitat natural y la endogamia. Las dos causas de mortalidad identificables que se daban antes se mantienen hoy en día, pero con una repercusión distinta.

Explica cada una de las causas justificando en la medida que sea posible. Los atropellos han aumentado tanto que pueden explicar incluso el 80 % de la mortalidad. Piensa en el aumento de tráfico rodado y su correlación con el número de atropellos. El incremento del número de carreteras ha tenido, además, una repercusión muy negativa para su conservación al destruir y parcelar el territorio y hábitat natural de esta especie depredadora. El nivel de protección para esta especie «en peligro de extinción» tiene como objetivo principal su conservación, que incluye medidas y dispositivos de vigilancia y control pertenecientes a un plan de recuperación que ha hecho posible el descenso del porcentaje del trampeo y de la caza ilegal. El 90 % de la dieta del lince lo constituyen los conejos, por tanto, cualquier repercusión en el descenso del número de conejos trae consigo una disminución de la población del felino. La mixomatosis y, en los últimos años, la enfermedad hemorrágica vírica han hecho mermar, de manera significativa, la población de conejos en los lugares donde vive el lince. El bajo número de individuos y el aislamiento de sus territorios por vallas y carreteras no permite que exista una diversidad genética adecuada. El apareamiento de individuos emparentados conlleva problemas de consanguinidad.

## PRACTICA

**1** La tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*) o tortuga de Florida es muy utilizada como mascota doméstica. Muchos ejemplares son liberados en nuestros lagos, pantanos y ríos, siendo cada vez más numerosa su presencia. Originalmente se encuentra en el sur de Estados Unidos y en el norte de México, pero hoy en día se pueden observar en sistemas acuáticos dulces de muchos países.

¿Se trata de un fenómeno de introducción de especies? ¿Qué consecuencias directas tiene sobre los ecosistemas autóctonos y sobre su diversidad? Diseña un plan para minimizar su repercusión.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Análisis de tablas. Realización e interpretación de gráficas

En la siguiente tabla se ofrecen datos, por años, sobre el número de parejas de águila imperial en algunas Comunidades Autónomas de España.

Realiza una gráfica con los datos de la tabla e indica si la población de águila imperial está o no recuperándose.

¿Qué diferencias encuentras entre Comunidades Autónomas? ¿A qué pueden deberse dichas diferencias?

| Comunidad Autónoma | 1998 | 2000 | 2002 | 2004 |
|---|---|---|---|---|
| Castilla-La Mancha | 36 | 40 | 46 | 48 |
| Extremadura | 32 | 35 | 38 | 38 |
| Andalucía | 25 | 29 | 32 | 54 |
| Madrid | 24 | 23 | 24 | 27 |
| Castilla y León | 15 | 17 | 18 | 19 |

En primer lugar debemos analizar la tabla de datos para decidir qué tipo de gráfica es el más adecuado para representarlos. Para ello observamos su estructura, el tipo de datos que nos proporciona y sobre qué variables nos informa.

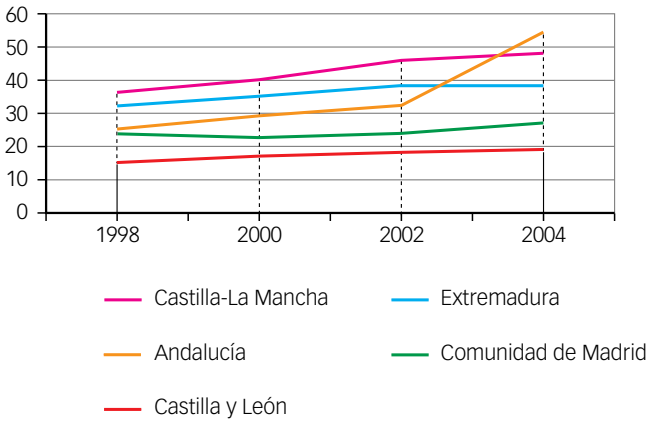
Para representar la evolución de unos datos numéricos, lo mejor es representarlos en una gráfica lineal, con la variable temporal en el eje de abscisas. Los datos numéricos de las parejas de aves irán en el eje de ordenadas.

Con la gráfica ya realizada, podemos observar diferencias entre Comunidades Autónomas.

– Unas tienen mayor número de parejas, diferencia que se mantiene salvo en Andalucía.
– Castilla-La Mancha ha sido la Comunidad con mayor número de parejas de águilas hasta el año 2004, en el que ha sido superada por Andalucía.
– La evolución ha sido de un ascenso general.
– Destaca el crecimiento del número de parejas en Andalucía desde 2002 hasta 2004.

La explicación de este aumento general puede deberse a la aplicación de programas de protección de estas aves.

El aumento final en Andalucía puede ser el efecto de una campaña más eficaz o de la introducción de aves criadas en cautividad o traídas de otras áreas.




## PRACTICA

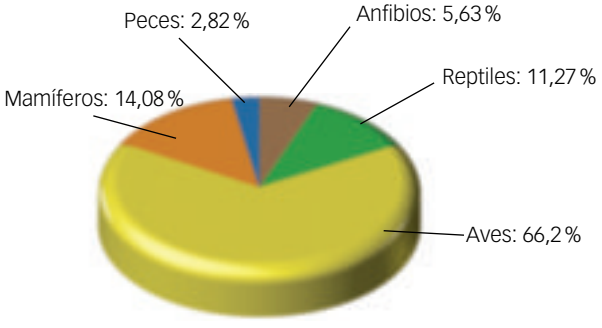
**1** En una zona costera se ha realizado un estudio de la cantidad de cada tipo de macroalgas en función de la profundidad. Los datos se dan en la siguiente tabla:

| | Cantidad de biomasa por m² | | |
|---|---|---|---|
| | De 0 a 50 m | De 50 a 100 m | Más de 100 m |
| **Clorofitas** | 398 g | 203 g | 20 g |
| **Feofitas** | 95 g | 297 g | 119 g |
| **Rodofitas** | 46 g | 89 g | 184 g |

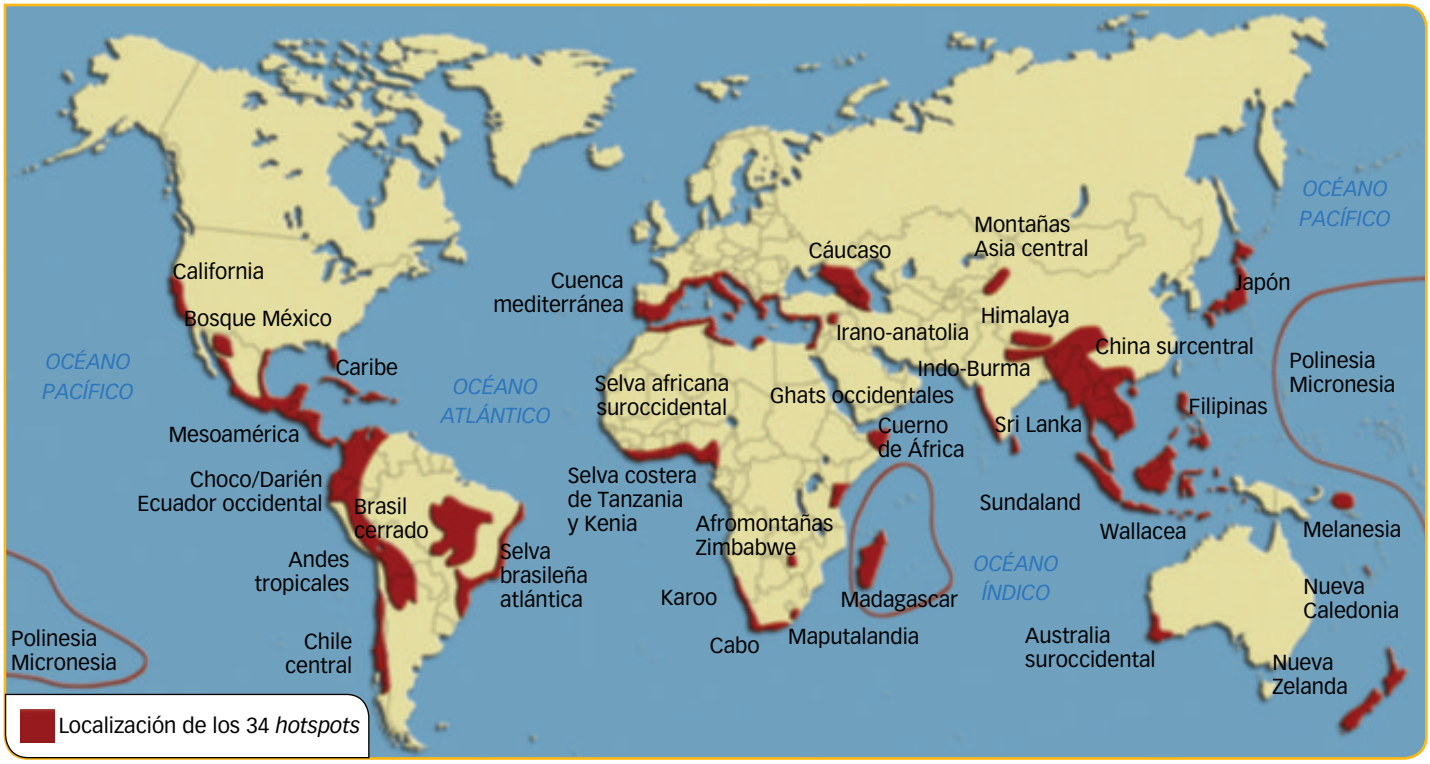
**a)** Representa los datos en forma de gráfica.
**b)** ¿Qué tipo de gráfica has utilizado y por qué?
**c)** Explica la relación entre las variaciones en las cantidades de cada tipo de algas y la profundidad.

**2** En la gráfica se representa el porcentaje de especies de vertebrados amenazadas en España en el año 2004.

**a)** Realiza una tabla con los datos de la gráfica.
**b)** ¿Qué conclusiones puedes obtener a la vista de la gráfica?



# Puntos calientes de biodiversidad




## ACTIVIDADES

**1** ¿Qué características ha de cumplir una zona para ser considerada un punto caliente de la biodiversidad o *hotspot*?

**2** Si te fijas en el mapa, podrás observar que una buena parte de los *hotspots* son islas. Da una explicación razonada de este hecho.

**3** La gran mayoría de los puntos calientes de biodiversidad están bordeando los continentes. ¿Puede tener esto algo que ver con el aumento de población en dichas zonas? Investígalo.

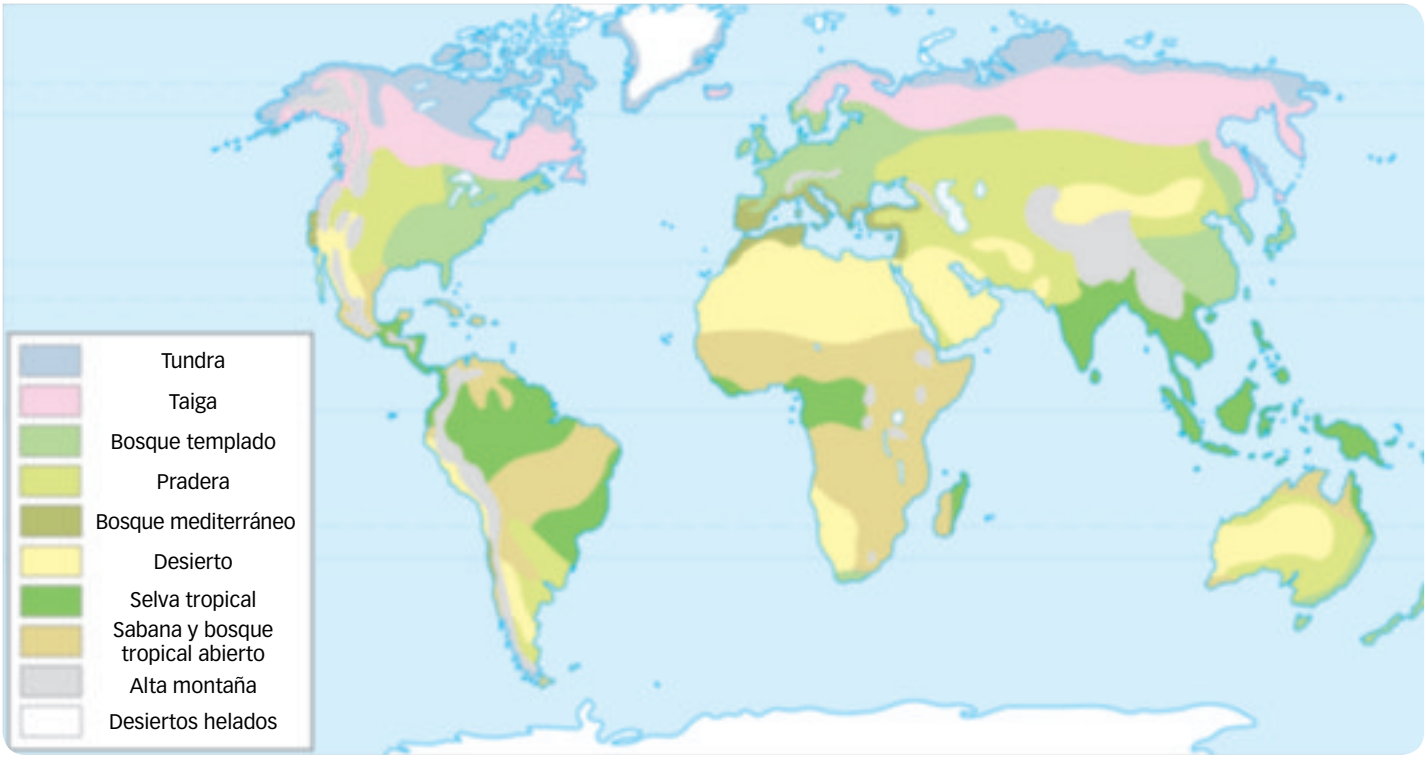
**4** **a)** En el mapa podemos ver que los *hotspots* están en zonas templadas y tropicales. ¿A qué es debido?

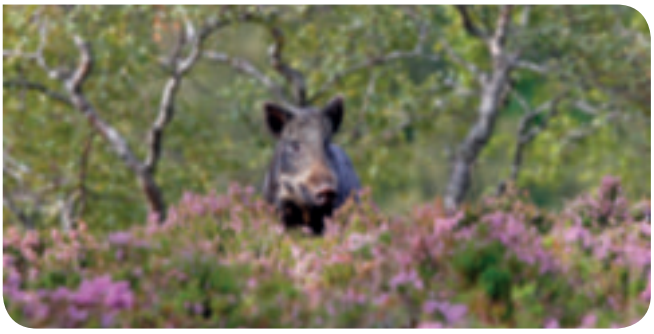
**b)** ¿Por qué no existen estas zonas en Siberia, Groenlandia, Alaska o la Antártida?

**c)** ¿Cómo influye la latitud en la presencia o ausencia de estas zonas?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Distribución de los biomas terrestres



## ACTIVIDADES

**1** ¿Cómo influye la latitud en la distribución de los diferentes biomas terrestres?

**2** La tundra se caracteriza por presentar un clima muy frío, lo que la relega principalmente a zonas próximas a los polos. ¿A qué otras zonas podemos ir si queremos ver un paisaje de tundra? ¿Por qué?

**3** En la fotografía de la izquierda se aprecia un paisaje formado por carrascas y arbustos como el romero, el lentisco… en el que podemos ver un jabalí. ¿En qué tipo de bioma terrestre estaremos? Explica las características climáticas que presenta.

**4** Explica las diferencias climáticas y de vegetación que presentan la taiga y el bosque caducifolio.

**5** La fotografía de la derecha está tomada en una región intertropical con una estación seca (invierno) y otra húmeda (verano). ¿Qué tipo de bioma terrestre representa? ¿A qué continente tendremos que ir si queremos ver dicho paisaje? ¿Qué tipo de vegetación y fauna presenta?

# El mar de Aral. Un ejemplo de la disminución de la biodiversidad por causas antrópicas

El mar de Aral, situado en un territorio que abarca varias repúblicas asiáticas, fue el cuarto lago más grande del mundo; en la actualidad es el sexto debido a que gran parte del agua que lo alimentaba ha sido desviada para el riego.

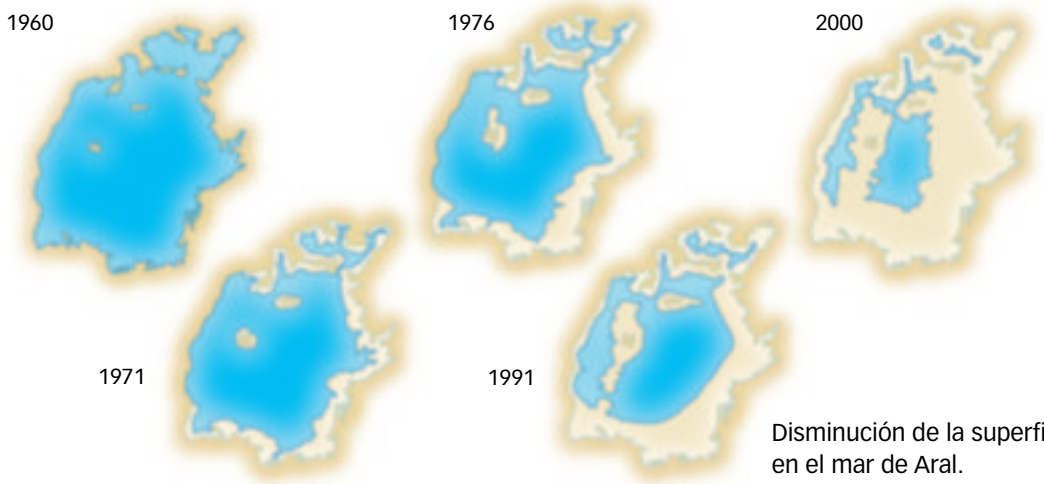
Hay dos ríos principales que abastecen este lago: uno no aportó caudal entre 1974 y 1986, y el otro se secó cinco veces entre 1982 y 1986. El nivel del agua, por consiguiente, descendió 13 m desde 1960.

Entre las consecuencias, muy negativas, se encuentran:

- Se ha triplicado el nivel de salinidad, convirtiéndose en un peligroso contaminante.
- Se cree que han desaparecido 24 especies piscícolas que se pescaban con fines comerciales y, por tanto, los beneficios de las 44 000 toneladas anuales de peces.
- El naufragio económico es palpable también, por ejemplo, en las ciudades fantasmas en que se han convertido los pueblos de pescadores que bordeaban este lago.
- Se ha degradado el medio ambiente: el agua potable es de mala calidad, hay un alto contenido de sal en el aire y unos altos niveles de plaguicidas.
- Todo esto ha tenido una repercusión directa en la salud humana, pues la morbilidad (proporción de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado) y la mortalidad infantil se han incrementado considerablemente.

Progresiva sequía del mar de Aral.

Desecación progresiva de las orillas.




Disminución de la superficie de agua en el mar de Aral.

## ACTIVIDADES

1. ¿Crees que esto puede ocurrir en algún lugar de la Península?
2. ¿Qué medidas se pueden adoptar para evitar esta desecación?
3. ¿Qué consecuencias negativas para la salud humana tiene la desecación del mar de Aral?
4. Explica cómo ha afectado este problema a la actividad económica de los pueblos colindantes al lago.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# La biodiversidad conocida y la que nos queda por conocer

## 1. Tipos de biodiversidad

Se distinguen tres clases de biodiversidad que se corresponden con distintos niveles de organización: **genética**, **específica** y **ecosistémica**.

- **La diversidad genética** se debe a las diferencias existentes entre organismos por sus secuencias de ADN, por la cantidad de ADN celular y por la estructura y número de cromosomas.
- **La diversidad específica**, o riqueza de especies, expresa el número de ellas existente en un lugar o hábitat determinado. Aunque se han descrito 1,7 millones de especies, el número de las existentes se estima en unos 12,5 millones.
- **La variedad de ecosistemas** es más difícil de evaluar. En su clasificación hay que considerar las especies presentes, las reservas genéticas que ellas representan y también los factores abióticos.

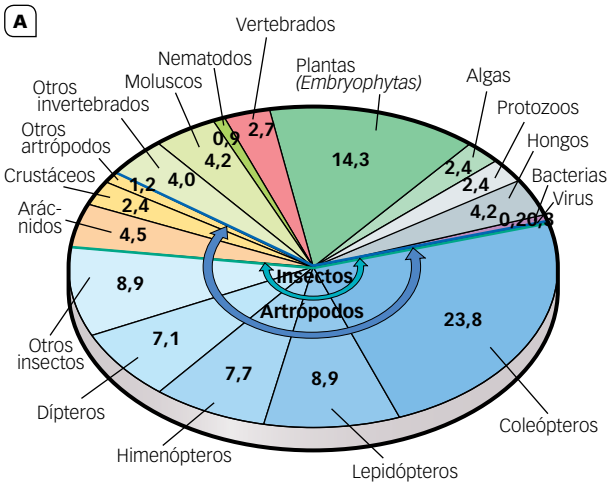
A pesar de que plantea muchos problemas, dos parámetros que pueden ser útiles para diferenciar la biodiversidad de distintos lugares son la riqueza de especies y los endemismos presentes.

## 2. Variación de la biodiversidad en el tiempo y en el espacio

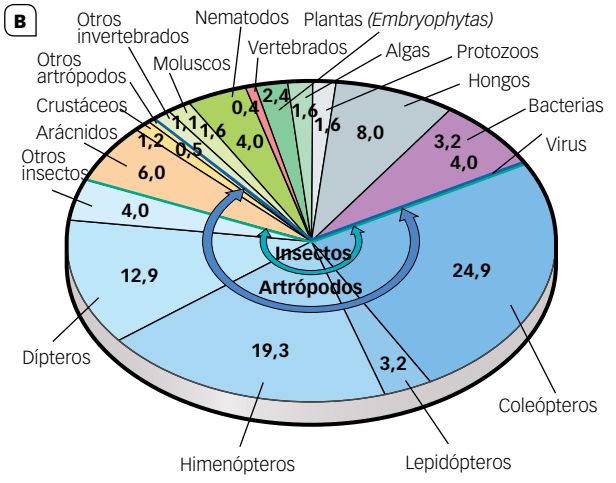
Según observaciones de organismos fósiles, la duración de la existencia de las especies sería de alrededor de cuatro millones de años, por lo que cada año debería producirse la desaparición de cuatro de ellas. Sin embargo existen suficientes indicios para pensar que a lo largo de la historia de la Tierra se han sucedido una serie de extinciones masivas.

Los registros fósiles incompletos solo indican que el 60 % de las extinciones han tenido lugar durante momentos concretos. El primer periodo del que se tienen evidencias fósiles de extinciones es durante el Precámbrico, hace 700 millones de años, pero como los registros son incompletos, no resulta posible sacar conclusiones. A partir del Cámbrico, el registro fósil es más completo y se tienen datadas cinco extinciones importantes. Durante el Pérmico, hace 245 millones de años, desaparecieron el 54 % de las familias de animales marinos conocidas. En el Ordovícico, hace 440 millones de años, se produjo una pérdida del 22 % de pobladores del mar. A finales del Devónico y del Triásico, los porcentajes de pérdida de los mismos taxones son del 21 y 20 %, respectivamente. Y a finales del Cretácico la pérdida es de un 15 %.

A




B




## ACTIVIDADES

**1** ¿Cuántas extinciones ha habido en el Cámbrico? ¿Al final de qué era desaparecieron los dinosaurios?

**2** En la tabla A, se representan las proporciones de las especies conocidas en la actualidad. ¿Qué proporción de insectos se conocen con respecto al total? ¿Cuántos insectos se conocen sobre un total de 1,7 millones de seres vivos descritos?

**3** Haz los mismos cálculos para la tabla B, teniendo en cuenta que la previsión de especies que existen es de 10 millones.

# El valor de la biodiversidad

Las evaluaciones económicas de los ecosistemas estudian los usos de sus recursos biológicos, que pueden ser consumidos de distintas formas, directa o indirecta, por el ser humano. Ejemplos de usos directos son la utilización de especies como alimento, combustible, ropa o medicina, el comercio de la madera, la agricultura, la pesca, la caza y la silvicultura.

Los recursos biológicos también pueden contribuir indirectamente al bienestar social reciclando elementos tan importantes como el carbón, el oxígeno y el nitrógeno o suavizando las variaciones excesivas del clima y otros elementos naturales causadas por la acción de las personas. Estos usos indirectos y los posibles usos futuros todavía no están siendo tomados en cuenta en los estudios de evaluación. Incluso, en el caso de que un recurso sea evaluado como no útil, puede convertirse en aprovechable en un futuro, ya que el resultado de la evaluación varía en función del conocimiento que se tiene sobre el mismo. Por ejemplo, tras fuertes programas de investigación se han identificado especies como la *Periwinkle rosada,* útil para el tratamiento de diversos tipos de cáncer que antes eran incurables, incluidas la enfermedad de Hodgkin y la leucemia. También es cierto que descubrimientos futuros pueden actuar negativamente en la biodiversidad al sustituir recursos actuales en lugar de proporcionar nuevos usos.

Desde la Antigüedad las personas han modificado los recursos naturales en formas más productivas. Por ejemplo, el hierro es más productivo en forma de máquina que como depósito minero, al igual que una plantación de tabaco es más productiva que un matorral silvestre. Las especies más solicitadas por los humanos, con mayores índices de crecimiento y menores costes de cosecha, han ido desplazando al resto, por lo que la biodiversidad se ha visto menguada. Resulta más económico producir miles de unidades de un mismo producto que pequeñas cantidades de distintos productos.

Cultivo hidropónico de cebada en una granja experimental de Vitoria.

La uniformidad genética a nivel de especie supone un incremento de la productividad, que se manifiesta en el aumento de la cosecha media, pero también implica un decrecimiento del número de actividades productivas diversas, suponiendo un aumento de la inseguridad porque la producción extensiva es más vulnerable a un determinado impacto externo, como una plaga u otra enfermedad. Cuantas menos especies y variedades de estas especies se cultiven, menos posibilidades habrá de que exista alguna resistente al impacto y se consiga frenar el descenso de la producción.

Existen abundantes ejemplos de cómo la uniformidad genética puede influir negativamente en la producción. En 1970 tuvo lugar una gran reducción de la producción de maíz en los Estado Unidos de América. En aquella época el 80% del maíz de EE. UU. tenía citoplasma T, el cual es particularmente susceptible a un hongo que produce la marchitez de las hojas. El rápido esparcimiento de este hongo por todo el este de la nación, propiciado por un anormal verano húmedo que favoreció la germinación y diseminación de sus esporas, acabó con gran parte de las cosechas que presentaban dicho tipo de citoplasma.

Desde la década de 1960 se ha producido un gran aumento en la producción mundial de alimentos como resultado de la homogeneización de los cultivos, las granjas, la especialización de la maquinaria, los productos químicos y demás. Los cuatro productores de carbohidratos más cultivados son el trigo, el maíz, el arroz y las patatas, y los animales que gozan de un mayor incremento de su población son los criados por el ser humano para su posterior consumo, como las ovejas, los cerdos, las cabras, las vacas, etc. La «Revolución Verde» es el término utilizado para hacer referencia al rápido incremento en la producción de trigo y arroz que ha tenido lugar en los países subdesarrollados gracias al uso de mejores variedades de semillas, fertilizantes y otros productos químicos. Dichas variedades, obtenidas muchas de ellas por ingeniería genética, han sustituido a especies de cereales y otros vegetales tradicionales, disminuyendo la diversidad pero consiguiendo menguar el hambre que sufren estos países.

La ingeniería genética trabaja para proporcionar variedades de especies mejor acondicionadas al medio ambiente, resistentes a pestes y enfermedades, adaptables a nuevas técnicas de cultivo, más productivas y con características de mayor calidad.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Desde hace miles de años las personas han aprovechado el poder medicinal de determinadas plantas. La biodiversidad facilita que se descubran nuevos medicamentos que contienen extractos crudos de plantas, mezclas semipurificadas de principios activos, principios activos simples o principios activos modificados químicamente.

Los productos naturales de las plantas también pueden servir como modelos para la síntesis de compuestos activos artificiales farmacológicos, en el caso de que el material natural sea demasiado caro. Un ejemplo lo constituye la aspirina, que se produce ahora sintéticamente, pero su fuente original era la corteza del sauce.

La mayoría de los medicamentos modernos se obtienen mediante biotecnología e ingeniería genética. A pesar de ello, todavía existen muchas enfermedades incurables con los conocimientos actuales, y las plantas y animales suponen una solución potencial.

Un ejemplo del valor potencial de los productos vegetales es el desarrollo de un medicamento llamado taxol y sus derivados. Se ha comprobado clínicamente que este compuesto, extraído de la corteza del *Taxus brevifolia,* comúnmente llamado tejo del Pacífico, es efectivo en el tratamiento de los cánceres de ovarios y mama. Desafortunadamente, este árbol es extremadamente escaso y son necesarias muchas cortezas para poder obtener suficiente taxol para tratar al paciente. Se están estudiando técnicas para sintetizar químicamente este compuesto y se están plantando grandes cantidades de estos árboles en bosques comerciales. Un avance prometedor ha sido el aislamiento de taxol de las hojas de este mismo árbol, lo que permite extraer el compuesto sin necesidad de matar el árbol.

En el periodo comprendido entre 1959 y 1973 el 25% de los medicamentos prescritos en EE. UU. basaba su composición en elementos vegetales. De las 5 000 especies vegetales examinadas por la industria farmacéutica, 40 resultaron ser útiles para la producción de medicamentos. Por tanto, estadísticamente, por cada 1 000 especies vegetales que se extingan se perderán ocho especies potencialmente aprovechables en el campo de la medicina.

*Digitalis purpurea*. De esta planta se extrae un alcaloide, la digitalina, utilizada para regular el ritmo cardiaco y contra las úlceras de estómago.

## ACTIVIDADES

**1** Cita las ventajas y los inconvenientes de la uniformidad genética a nivel de especies en los cultivos. ¿Qué aplicaciones tiene la ingeniería genética en la agricultura? ¿Estás a favor de la aplicación de la ingeniería genética en animales desarrollada en las industrias alimenticias y farmacéuticas? ¿Comerías productos tratados genéticamente? ¿En qué otros organismos, además de en vegetales y animales, se aplica la biotecnología?

**2** Existe la hipótesis, basada en el número total de especies y en su distribución, de que es probable que una cuarta parte de la biodiversidad mundial total se extinga en los próximos 20 o 30 años. ¿Por qué esta hipótesis tiene un gran margen de error?

**3** Responde a las siguientes preguntas:

**a)** ¿Por qué la biodiversidad supone un atributo de los humedales, directo, indirecto y potencial a la vez?

**b)** Nombra los humedales protegidos existentes en tu provincia. ¿Por qué se ha considerado conveniente declararlos espacios protegidos? ¿Los consideras un patrimonio cultural de tu región? ¿Por qué?

**4** ¿Qué son los usos indirectos de los recursos biológicos? Pon ejemplos.

**5** ¿Qué es la Revolución Verde? Explica la relación de este hecho con la ingeniería genética.

**6** ¿Qué beneficios aporta la biodiversidad a la medicina?

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Extinciones de animales como consecuencia de la expansión humana

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación acerca de los motivos que ocasionaron la desaparición de los pingüinos del hemisferio norte o alca gigante.

**Otras investigaciones sugeridas**

La extinción del tilacino o tigre de Tasmania. El león del Cabo. El bucardo (subespecie de la cabra montesa pirenaica). El delfín del río chino o baiji. El dodo de la isla Mauricio.

**Fuentes de la investigación**

- Ecologistas en Acción.
  Palabras clave: *alca gigante ecologistas acción.*
- The IUCN Red List of Threatened Species.
  Palabras clave: *IUCN red list.*

**Realización.** Equipos de 3 a 5 alumnos.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

**Presentación de los resultados.** Cartel para exponer en clase e informe.

### TEN EN CUENTA QUE

Los dientes de sable son felinos extintos del género *Smilodon*. Poblaron buena parte de los continentes pero se extinguieron hace aproximadamente 12 000 años. Varias pueden ser las causas de su extinción: la pérdida de su hábitat, la disminución de sus presas, la expansión del ser humano por los continentes…

Los mamuts son un grupo de especies pertenecientes a la familia *Elephantidae* que poblaron la mayor parte de los continentes. Su desaparición coincidió con el fin de la última glaciación y la expansión del ser humano sobre la Tierra. La mayoría desapareció hace 10 000 años, aunque algunas especies aguantaron un poco más.

El dodo era un ave no voladora de un metro de altura, aproximadamente, con un peso de entre 10 y 15 kg. Habitaba en isla Mauricio, situada en el océano Índico. Al no volar era una presa fácil, y desapareció un siglo después de su descubrimiento. El último avistado fue en 1662.

### LO QUE DEBES SABER

- **Extinción:** cuando se refiere a seres vivos, una especie se considera extinguida, bien por causas naturales, bien por la actividad humana, cuando muere el último individuo y no se tiene constancia durante años de ningún otro individuo de esa especie.
- **Lista roja:** se refiere a las especies que, debido a su escasa población, por la acción del ser humano sobre ellas o por causas naturales, están en peligro de extinción. La IUCN elabora esta lista, que renueva cada cierto tiempo.
- **Antrópica:** es la acción que realiza el ser humano sobre el medio ambiente. En muchos casos estas acciones inciden negativamente sobre las especies que lo habitan, llegando a situarlas en peligro de extinción.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Extinciones masivas de seres vivos por procesos naturales

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación sobre los motivos que provocaron la desaparición de los dinosaurios, entre otras muchas especies, hace 65 millones de años.

**Otras investigaciones sugeridas**

La gran extinción del Ordovícico-Silúrico. La gran extinción del Devónico. La gran extinción del Pérmico-Triásico. La gran extinción del Cretácico-Jurásico.

**Fuentes de la investigación**

- National Geographic. Palabras clave: *dinosaurios extinción National Geographic*.
- *Dinosaurios: la guía imprescindible para comprender a los dinosaurios.* Michael Brett-Surman. Ed. Omega, 2008.

**Realización.** Equipos de 3 a 5 alumnos.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

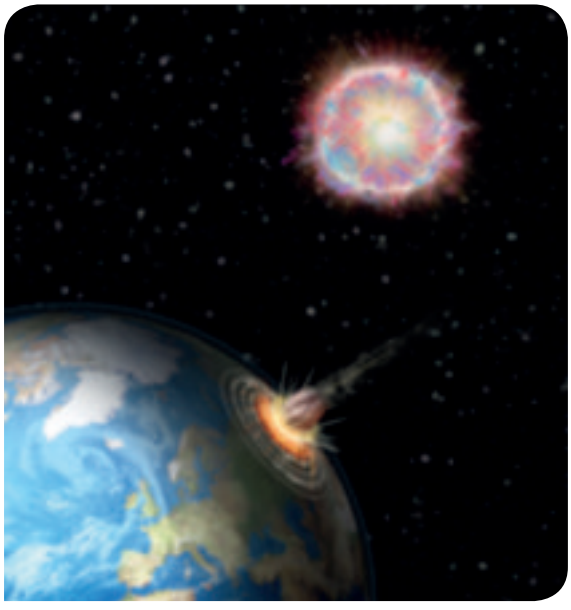
**Presentación de los resultados.** Cartel para exponer en clase e informe.

### TEN EN CUENTA QUE

La extinción masiva del Triásico-Jurásico hace 210 millones de años causó la desaparición del 75 % de las especies que poblaban la Tierra. Las posibles causas de esta extinción según la comunidad científica fueron la fragmentación del Pangea, con numerosas erupciones volcánicas, y el cambio climático.

La extinción masiva del Pérmico-Triásico hace 250 millones de años tuvo como consecuencia la desaparición del 95 % de las especies marinas y el 70 % de las especies de vertebrados terrestres. Ha sido la más letal. Sus posibles causas fueron la caída de un meteorito de gran tamaño, el gran vulcanismo o la explosión de una supernova cercana.

La extinción del Devónico-Carbonífero hace 360 millones de años produjo la desaparición del 80 % de las especies. Tampoco están claras las causas, aunque se propone como responsable el impacto de un meteorito de gran tamaño, un vulcanismo desproporcionado o un calentamiento global del planeta.



### LO QUE DEBES SABER

- **Extinción masiva:** es cuando desaparecen del Planeta al menos el 10 % de las especies en un periodo corto de tiempo, a lo largo de un año, o cuando desaparecen al menos el 50 % de las especies en un periodo de tiempo mayor, entre uno y tres millones de años.
- **Meteorito:** es un fragmento de materia de tamaño y forma variable que, situado en el espacio interplanetario, es atraído por el campo gravitatorio de la Tierra cayendo sobre su superficie.
- **Límite K/T:** es un fino estrato depositado hace aproximadamente 65 millones de años entre el periodo Cretácico y Terciario, que le da su nombre. Este límite correspondería al impacto de un meteorito de gran tamaño contra la Tierra.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 10 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** El número de especies que puede registrarse en un lugar concreto o el total de especies descritas se llama:

- ☐ **a.** Diversidad de los ecosistemas.
- ☐ **b.** Diversidad genética.
- ☐ **c.** Acervo genético.
- ☐ **d.** Diversidad de especies.

**2** Se define especie como:

- ☐ **a.** Un conjunto de organismos que comparten un patrimonio genético y solo pueden tener descendencia fértil si no se cruzan entre ellos.
- ☐ **b.** Un conjunto de organismo, con distinto patrimonio genético que solo pueden tener descendencia fértil si no se cruzan entre ellos.
- ☐ **c.** Un conjunto de organismos que comparten un patrimonio genético y solo pueden tener descendencia fértil si se cruzan entre ellos.
- ☐ **d.** Un conjunto de organismos con distinto patrimonio genético y solo pueden tener descendencia fértil si se cruzan entre ellos.

**3** Las especies que son exclusivas de una zona o área geográfica concreta y no se encuentran en otro lugar del mundo se llaman:

- ☐ **a.** Especies endémicas.
- ☐ **b.** Especies biológicas.
- ☐ **c.** Especies en peligro de extinción.
- ☐ **d.** Especies raras.

**4** ¿Qué servicio ecológico no realizan las plantas?

- ☐ **a.** Liberan oxígeno a la atmósfera.
- ☐ **b.** Captan energía solar y elaboran materia orgánica.
- ☐ **c.** Protegen el suelo contra la erosión.
- ☐ **d.** Captan energía solar y elaboran materia inorgánica.

**5** De los siguientes fenómenos indica cuál no ayuda al calentamiento global:

- ☐ **a.** El incremento del fitoplancton en los océanos.
- ☐ **b.** El aumento de partículas en suspensión, como las cenizas y el hollín procedentes de la actividad volcánica, de los incendios forestales o de emisiones industriales.
- ☐ **c.** La variación de los niveles de radiación procedente del sol.
- ☐ **d.** El incremento de la concentración de gases como el metano, el dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno…

**6** La biodiversidad aumenta a medida que:

- ☐ **a.** La latitud aumenta y nos acercamos a los polos.
- ☐ **b.** La altitud se hace mayor.
- ☐ **c.** La latitud disminuye y nos aproximamos al ecuador.
- ☐ **d.** Las precipitaciones disminuyen.

**7** Si nos encontramos en una región templada, caracterizada por inviernos templados y poco lluviosos y veranos cálidos y secos, donde predominan los árboles de hoja perenne como las encinas, estaremos en:

- ☐ **a.** Un bosque mediterráneo.
- ☐ **b.** La tundra.
- ☐ **c.** La sabana.
- ☐ **d.** El bosque caducifolio.

**8** Si nos encontramos en la taiga observaremos:

- ☐ **a.** Bosques de hoja caducifolia (hayas, robles…) con osos pardos y lobos.
- ☐ **b.** Bosques de coníferas (pinos, abetos y cedros) con alces, liebres y zorros.
- ☐ **c.** Grandes llanuras de hierbas de gran altura y árboles habitados por cebras, gacelas, leones…
- ☐ **d.** Una vegetación muy densa formada por grandes árboles con monos, gorilas, insectos…

**9** La zona nerítica pertenece a:

- ☐ **a.** La tundra.
- ☐ **b.** El bioma dulceacuícola.
- ☐ **c.** La selva tropical.
- ☐ **d.** El bioma marino.

**10** En España tenemos tres grandes zonas climáticas que determinan la formación de tres grandes ecosistemas, que son:

- ☐ **a.** El bosque mediterráneo, el bosque continental y el bosque atlántico.
- ☐ **b.** El bosque continental, el bosque mediterráneo y la laurisilva.
- ☐ **c.** El bosque mediterráneo, la pradera y el bosque continental.
- ☐ **d.** El bosque atlántico, la laurisilva y el bosque mediterráneo.

SOLUCIONES

**1** d, **2** c, **3** a, **4** d, **5** a, **6** a, **7** a, **8** b, **9** d, **10** d

# 10 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Define el término *biodiversidad* y explica los tres niveles a los que se refiere en la actualidad.

**2** ¿Qué es un endemismo? Cita un ejemplo de endemismo en España y su área de distribución.

**3** Explica tres razones por las cuales la biodiversidad es un importante recurso para la humanidad.

**4** Escribe cuatro razones por las cuales las plantas y las algas realizan un servicio ecológico imprescindible.

**5** Indica cuatro factores antrópicos que afecten negativamente a la biodiversidad.

**6** Indica las causas y las consecuencias del calentamiento global.

Causas

Consecuencias

a. Desertización

b. Subida del nivel del mar

c. Incremento de los gases de efecto invernadero

d. Pérdida de ecosistemas completos

e. Aumento de las partículas en suspensión procedentes de los incendios

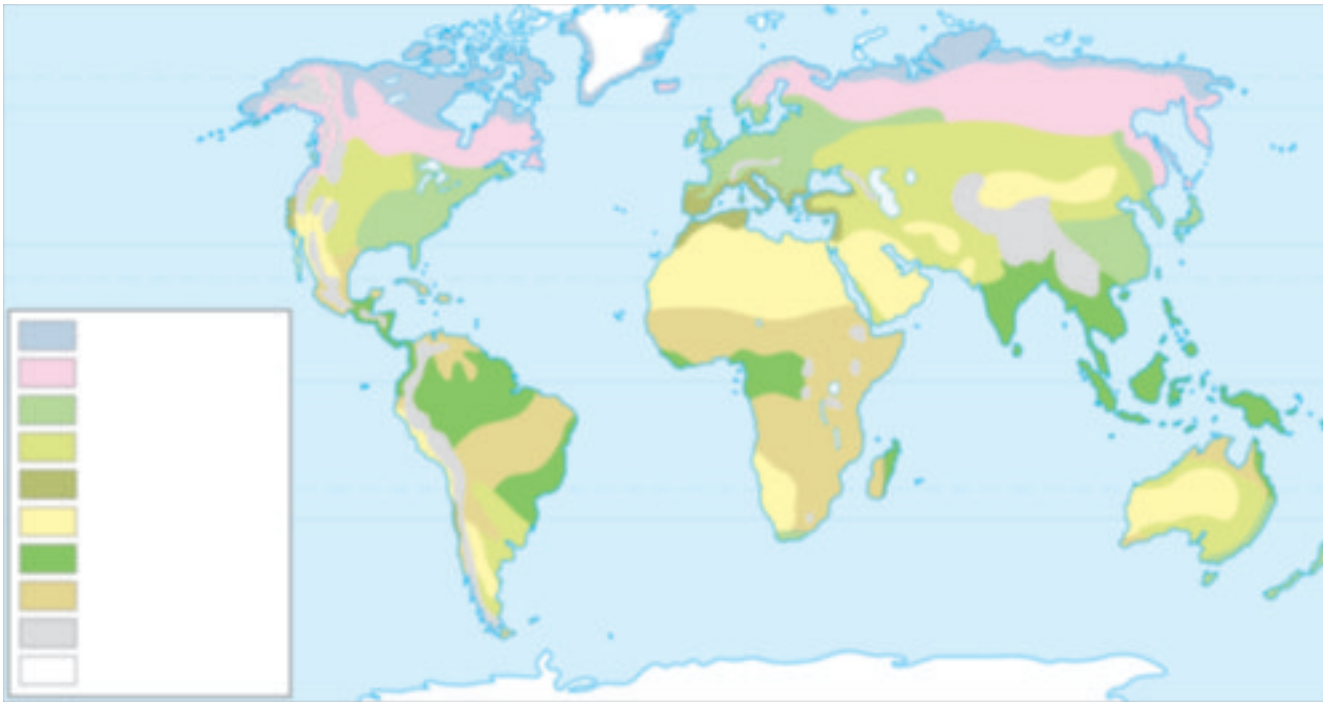
f. Incremento de gases como el metano y el $CO_2$

g. Disminución de los casquetes polares

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**7** ¿Cómo influyen la latitud y las precipitaciones en la existencia de mayor o menor biodiversidad?

**8** Señala sobre la figura los siguientes biomas: tundra, desierto, bosque mediterráneo y selva tropical. A continuación, explica las características climáticas del desierto e indica los seres vivos que habitan en él.



**9** La siguiente fotografía representa un paisaje de taiga. Indica sus características climáticas y los seres vivos que la habitan.

**10** En España se encuentran tres grandes zonas climáticas que dan lugar a la formación de tres grandes ecosistemas. Nómbralos y explica uno de ellos.

# 10 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Define el concepto de *especie*. ¿Es adecuado utilizar este concepto para organismos que se reproducen asexualmente? Razona la respuesta.

**2** ¿Qué es un endemismo? ¿Por qué gran cantidad de endemismos se encuentran en islas como las Canarias o Madagascar?

**3** ¿Qué es la red trófica? ¿Por qué la desaparición de una especie puede ocasionar la extinción de otras?

**4** En la fotosíntesis, las plantas y las algas transforman la materia inorgánica en orgánica utilizando la energía solar. En este proceso absorben dióxido de carbono y liberan oxígeno. Explica la importancia biológica de este proceso.

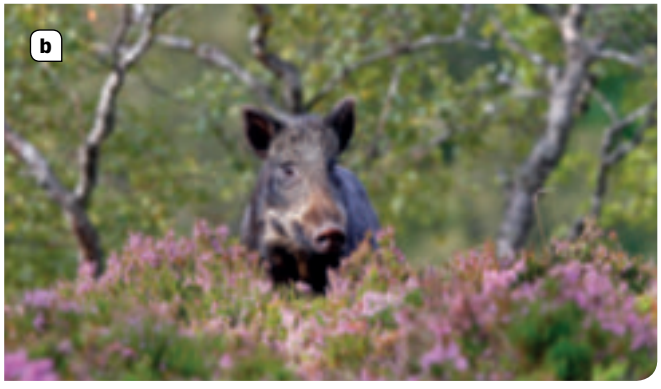
**5** Explica las causas y las consecuencias del calentamiento global.

**6** ¿Cómo influyen la latitud y la altitud en la presencia de mayor o menor biodiversidad? Razona la respuesta.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**7** Sobre la figura señala los siguientes biomas: taiga, desierto, bosque templado y selva tropical y desiertos helados. Explica las características climáticas de la selva tropical y los seres vivos que habitan en ella.

**8** En las fotografías se representa el bosque mediterráneo y el bosque caducifolio. Indica cuál es cuál y desarrolla una breve explicación de tu respuesta.




**9** Indica las características del bioma marino.

**10** En España se encuentran tres grandes zonas climáticas que dan lugar a la formación de tres grandes ecosistemas. Nómbralos y explica el que se encuentra en el archipiélago canario.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B4-1.** Conocer los grandes grupos taxonómicos de seres vivos. | **B4-1.2.** Aprecia el reino vegetal como desencadenante de la biodiversidad. | 4 | 4 |
| **B4-3.** Definir el concepto de *biodiversidad* y conocer los principales índices de cálculo de diversidad biológica. | **B4-3.1.** Conoce el concepto de *biodiversidad* y relaciona este concepto con la variedad y abundancia de especies. | 1 y 4 | — |
| **B4-4.** Conocer las características de los tres dominios y los cinco reinos en los que se clasifican los seres vivos. | **B4-4.1.** Reconoce los tres dominios y los cinco reinos en los que se agrupan los seres vivos | 3 | — |
| **B4-5.** Situar las grandes zonas biogeográficas y los principales biomas. | **B4-5.1.** Identifica los grandes biomas y sitúa sobre el mapa las principales zonas biogeográficas. | 8 | 7 |
| | **B4-5.2.** Diferencia los principales biomas y ecosistemas terrestres y marinos. | 8 y 9 | 7, 8 y 9 |
| **B4-6.** Relacionar las zonas biogeográficas con las principales variables climáticas. | **B4-6.1.** Reconoce y explica la influencia del clima en la distribución de biomas, ecosistemas y especies. | 8 y 9 | 8 y 9 |
| **B4-8.** Valorar la importancia de la latitud, la altitud y otros factores geográficos en la distribución de las especies. | **B4-8.1.** Relaciona la latitud, la altitud, la continentalidad, la insularidad y las barreras orogénicas y marinas con la distribución de las especies. | 7 | 6 |
| **B4-10.** Describir el proceso de especiación y enumerar los factores que lo condicionan. | **B4-10.1.** Enumera las fases de la especiación. | — | 1 |
| **B4-11.** Reconocer la importancia biogeográfica de la península ibérica en el mantenimiento de la biodiversidad. | **B4-11.1.** Sitúa la península ibérica y reconoce su ubicación entre dos áreas biogeográficas diferentes. | 10 | 10 |
| | **B4-11.2.** Reconoce la importancia de la península ibérica como mosaico de ecosistemas. | | |
| | **B4-11.3.** Enumera los principales ecosistemas de la península ibérica y sus especies más representativas. | | |
| **B4-13**. Definir el concepto de endemismo y conocer los principales endemismos de la flora y la fauna españolas. | **B4-13.1.** Define el concepto de *endemismo* o *especie endémica*. | 2 | 2 |
| | **B4-13.2.** Identifica los principales endemismos de plantas y animales en España. | | |
| **B4-15.** Conocer las principales causas de pérdida de biodiversidad, así como las amenazas más importantes para la extinción de especies. | **B4-15.1.** Enumera las principales causas de pérdida de biodiversidad. | 6 | 3 y 5 |
| | **B4-15.2.** Conoce y explica las principales amenazas que se ciernen sobre las especies y que fomentan su extinción. | | |
| **B4-16.** Enumerar las principales causas de origen antrópico que alteran la biodiversidad. | **B4-16.1.** Enumera las principales causas de pérdida de biodiversidad derivadas de las actividades humanas. | 5 | — |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Control B**

**1** La biodiversidad se puede definir en los siguientes niveles:

– Diversidad genética. Es la variabilidad genética existente entre los individuos de una misma población o especie.

– Diversidad de especies. Es el número de especies que puede registrarse en un lugar concreto o el total de las especies descritas.

– Diversidad de los ecosistemas. Es la diversidad de especies que constituyen la biocenosis o comunidad de un ecosistema concreto.

**2** Un endemismo es una especie que ocupa exclusivamente un área geográfica concreta y no se encuentra en ningún otro lugar del mundo. Son muchos los endemismos que presenta nuestro país, como el drago canario o el lagarto gigante de La Palma.

**3** La biodiversidad es un importante recurso para la humanidad, ya que la variedad de especies que la conforman:

– Son fuente de alimento.

– Sirven de abono y fertilizantes para la agricultura.

– Se utilizan como materia prima para la industria química y textil.

– Son la base de muchos productos farmacéuticos.

– Los utilizamos como recursos energéticos.

**4** Las plantas y las algas realizan muchas funciones imprescindibles para la vida en el planeta, entre las que podemos destacar:

– Transformar materia inorgánica en orgánica con la que pueden alimentarse los seres heterótrofos.

– Liberar oxígeno a la atmósfera, imprescindible para los seres aerobios.

– Absorber y almacenar el dióxido de carbono, reduciendo el existente en la atmósfera.

– Regular el clima y amortiguan los cambios térmicos.

– Participar en el ciclo del agua.

– Proteger el suelo contra la erosión.

– Proporcionar multitud de hábitats distintos a los que pueden adaptarse otros seres vivos.

**5** Los factores antrópicos son las actividades humanas que afectan al medio ambiente y a los seres vivos que en él viven. Son varias las actividades humanas que afectan negativamente al medio ambiente, entre las que están:

– La destrucción y fragmentación de los hábitats en los que viven los seres vivos.

– La emisión de gases que aumentan el efecto invernadero y, por tanto, inciden sobre el cambio climático.

– La emisión de sustancias tóxicas, sólidas, líquidas o gaseosas que contaminan el medio ambiente.

– La introducción de especies exóticas que por diversas razones pueden desplazar a las autóctonas, que incluso llegan a extinguirse.

– La sobreexplotación de especies como consecuencia de actividades como la caza y la pesca incontroladas.

**6** Causas (c, e y f); Consecuencias (a, b, d y g).

**7** En latitudes cercanas al ecuador aumenta la biodiversidad porque la temperatura acelera la actividad biológica de los seres vivos y, por tanto, la capacidad de crecer, reproducirse y evolucionar, generando la posibilidad de nuevas especies y mayor diversidad.

Por lo que respecta a las precipitaciones, estas aumentan la humedad y la presencia de agua, lo que favorece la actividad biológica de los seres vivos y, por tanto, su evolución a nuevas especies y el aumento de la diversidad…

**8** R. G. El desierto se caracteriza por tener escasas precipitaciones y temperaturas que presentan grandes variaciones entre el día y la noche.

Tanto los animales como las plantas que habitan en los desiertos están adaptadas a la falta de agua. Predominan los cactus, las palmeras o las chumberas. En cuanto a los animales, se pueden encontrar camellos, dromedarios, pumas y coyotes.

**9** La taiga se caracteriza por tener un clima templado-frío, con inviernos fríos y veranos templados y húmedos. Los bosques son de coníferas (pinos, abetos, cedros) y la diversidad animal es reducida, destacando el alce, el lince, la liebre y el zorro.

**10** Los tres grandes ecosistemas que se encuentran en España son: el bosque atlántico, el bosque mediterráneo y la laurisilva. El alumno tendrá que explicar uno de los tres.

– Bosque atlántico. Se extiende por el norte de la Península, desde Galicia hasta la costa catalana. Presenta un clima templado, con inviernos fríos, veranos templados y abundantes precipitaciones repartidas regularmente a lo largo del año. La vegetación arbórea es mayoritariamente de hoja caduca (hayas, robles, castaños…) acompañada por arbustos como los acebos, brezos… Por lo que respecta a la fauna, podemos encontrar el oso pardo, la nutria, el urogallo, el lobo, el jabalí, el zorro y el corzo.

– Bosque mediterráneo. Ocupa el resto de la península ibérica y Baleares. Se caracteriza por un clima templado, con inviernos húmedos y veranos cálidos y secos. La vegetación predominante es de tipo perennifolia y esclerófila, formada por árboles como encinas, alcornoques, quejigos, pinos… y arbustos como el lentisco, la jara, el madroño, la lavanda… La fauna está formada por linces, corzos, conejos, liebres, jabalíes, águila imperial y buitre negro.

– La laurisilva. Es el bosque subtropical propio del archipiélago canario. Se caracteriza por una elevada humedad y temperatura estable y suave a lo largo del año. Las especies arbóreas son perennifolias y se caracterizan por tener las hojas anchas y alargadas, como el laurel, el viñátigo o el tilo. La fauna es rica y con numerosos endemismos. Presenta un gran número de artrópodos, aves, murciélagos…

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

**Control A**

**1** Es el conjunto de organismos que comparten un patrimonio genético y solo pueden tener descendencia fértil si se cruzan entre ellos.

En animales que se reproducen asexualmente esta definición no sirve, ya que se basa en la reproducción sexual y la descendencia fértil.

**2** Un endemismo es una especie que es exclusiva de una zona o área geográfica concreta y no se encuentra en otro lugar del mundo.

Las islas como las Canarias o Madagascar presentan muchos endemismos porque están separadas de los continentes hace muchos millones de años (el archipiélago canario desde que se formó ha estado aislado). Este aislamiento geográfico, junto con unas determinadas condiciones ambientales, ha provocado que determinadas especies evolucionen de manera única y den lugar a especies endémicas.

**3** La red trófica es un conjunto de relaciones tróficas que existen entre los seres vivos que habitan un lugar concreto y que se alimentan unos de otros.

Al estar relacionadas todas las especies que habitan un lugar concreto, si una especie desaparece, afectará a aquellas que dependían de ella, pudiendo llegar a desaparecer también.

**4** Al transformar la materia inorgánica en orgánica, los animales (y en general todos los organismos heterótrofos) se pueden alimentar de ellas y sobrevivir, ya que no tienen la capacidad de realizar esta transformación y han de tomar la materia orgánica ya elaborada directamente de las plantas (herbívoros) o de otros animales (carnívoros).

Gracias al desprendimiento del oxígeno en la fotosíntesis apareció el metabolismo aerobio, con lo que los organismos heterótrofos pudieron ser más eficaces y evolucionar.

La fijación del dióxido de carbono por las plantas y las algas hace que disminuya en la atmósfera, reduciendo el efecto invernadero.

**5** Las causas del calentamiento global son:

– El incremento de los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno, CFC…).
– El aumento de las partículas en suspensión como consecuencia de los incendios y de las erupciones volcánicas.
– La variación de los niveles de radiación procedentes del sol.

Las consecuencias del calentamiento global son:

– La desertización.
– La pérdida de ecosistemas completos.
– El desplazamiento de las especies de sus hábitats originales.
– La subida del nivel del mar.
– La disminución de los casquetes polares, la banquisa y los glaciares.
– El incremento de catástrofes naturales debidas a fenómenos atmosféricos.

**6** En latitudes cercanas al ecuador aumenta la biodiversidad porque la temperatura acelera la actividad biológica de los seres vivos y, por tanto, la capacidad de crecer, reproducirse y evolucionar generando la posibilidad de nuevas especies.

Por lo que respecta a la altitud, el efecto es al contrario: a mayor altitud, la temperatura desciende, con lo que la actividad biológica se ralentiza y la posibilidad de evolucionar es menor. Además, la adaptación a climas de baja temperatura es más complicada, por lo que muchas especies emigran a zonas de clima más favorable.

**7** R. G. En la selva tropical el clima es cálido con temperaturas elevadas a lo largo del año y abundantes precipitaciones. La vegetación es muy densa, con árboles de hoja perenne, plantas epífitas y trepadoras. Presenta gran biodiversidad, destacando los insectos, los monos, el jaguar, el gorila, el chimpancé, el tigre…

**8** La fotografía A corresponde al bosque caducifolio; la B al bosque mediterráneo.

El bosque caducifolio se caracteriza por un clima templado y lluvioso, con veranos cálidos e inviernos fríos con frecuentes nevadas. La vegetación está constituida por hayas, robles, álamos y castaños, entre los que crecen arbustos como la zarza. La fauna más representativa está formada por el oso pardo, el lobo y grandes herbívoros como ciervos o corzos.

**9** El bioma marino se caracteriza por la salinidad del agua. Presenta dos grandes zonas:

– La zona nerítica, que comprende las áreas costeras que están sobre la plataforma continental. Son aguas poco profundas, iluminadas y ricas en nutrientes donde se desarrolla el fitoplancton, que es la base de las cadenas tróficas.
– La zona pelágica u oceánica, que comprende la zona de alta mar situada a continuación de la nerítica. Se distingue la zona fótica (hasta donde penetra la luz) y la zona afótica (donde reina la oscuridad).

Los animales que habitan en el medio marino se clasifican en tres grupos: plancton, bentos y necton.

**10** Los tres grandes ecosistemas que se encuentran en España son: el bosque atlántico, el bosque mediterráneo y la laurisilva.

La laurisilva es el bosque subtropical típico del archipiélago canario. Se caracteriza por una elevada humedad y temperatura estable y suave a lo largo del año. Las especies arbóreas son perennifolias y se caracterizan por tener las hojas anchas y alargadas como el laurel, el viñátigo o el tilo. La fauna es rica y con numerosos endemismos. Presentan un gran número de artrópodos, aves, murciélagos…

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Algunas personas son morenas, otras son rubias, algunas altas y otras bajas, con nariz recta o con nariz respingona… Son muchas las características que hacen que cada uno de nosotros seamos únicos, irrepetibles.

Nuestros hijos e hijas tendrán alguna de nuestras características mientras que otras serán de nuestra pareja, de los abuelos y abuelas, o el resultado de una combinación exclusiva de sus 23 pares de cromosomas.

**1** ¿A qué tipo de biodiversidad se refiera el texto?

- ☐ **a.** Diversidad de especies.
- ☐ **b.** Diversidad taxonómica.
- ☐ **c.** Diversidad de la biocenosis o comunidad.
- ☐ **d.** Diversidad genética.

**2** Esa gran diversidad que existe entre los individuos de una misma especie es debida a las mutaciones de los genes y a la recombinación entre cromosomas homólogos.

¿En qué momento ocurre la recombinación genética entre los cromosomas homólogos?

- ☐ **a.** Durante la profase de la mitosis.
- ☐ **b.** Durante la anafase II de la meiosis.
- ☐ **c.** Durante la profase I de la meiosis.
- ☐ **d.** Durante la interfase.

**3** España comprende varias zonas geográficas muy ricas en biodiversidad y en endemismos. Son muchos los ecosistemas que conviven en la península ibérica y en las islas que constituyen el territorio español.

Señala qué frases son ciertas y cuáles falsas.

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Decimos que una especie es endémica cuando solamente la encontramos en un área geográfica muy determinada. | |
| Para considerar que una especie es endémica esta debe estar en peligro de extinción. | |
| Entendemos por biodiversidad el número de animales y vegetales que viven en un determinado lugar. | |
| En la Tierra existen muchas más plantas diferentes que animales. | |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** La biodiversidad asegura el buen mantenimiento de los ecosistemas.

A pesar de que son muchas las funciones ecológicas que plantas y algas ofrecen a los ecosistemas en general, una de las siguientes no forma parte de ellas.

- ☐ **a.** Elaboran nueva materia orgánica aprovechando la energía solar.
- ☐ **b.** Aumentan la biodiversidad de un ecosistema al introducir en él especies vegetales propias de otros.
- ☐ **c.** Favorecen la formación del suelo y evitan su erosión.
- ☐ **d.** Ayudan en la lucha contra el cambio climático absorbiendo el $CO_2$ liberado por industrias y automóviles.

**5** La biodiversidad no se distribuye por igual en todos los lugares de la Tierra, sino que hay zonas donde, de manera natural, es mucho mayor que en otras. Es decir, existen factores de biodiversidad que aumentan o disminuyen de manera natural el número de especies diferentes que pueden vivir en una determinada zona.

¿Cuáles de las siguientes frases referidas a los factores de biodiversidad son verdaderas y cuales son falsas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| La biodiversidad disminuye a medida que nos alejamos del ecuador. | |
| La biodiversidad es directamente proporcional a la variedad de los relieves. | |
| La biodiversidad es indirectamente proporcional a la altitud. | |
| La biodiversidad, en general, disminuye con el grado de pluviosidad. | |

**6** La fotografía muestra un bosque típico de una región de clima templado y lluvioso, con veranos cálidos y frecuentes nevadas en invierno; vegetación fomada por hayas, robles, álamos y castaños, con un sotobosque colonizado por zarzas, helechos de pequeño porte y diversos arbustos; y donde viven, entre otros, animales como los osos, lobos, ciervos y zorros.

¿De qué bioma es característico este bosque?

- ☐ **a.** De la tundra.
- ☐ **b.** De la taiga.
- ☐ **c.** Del bosque caducifolio.
- ☐ **d.** Del bosque mediterráneo.

**7** Los animales como el de la fotografía, *Melanocetus johnsonii*, son característicos de las zonas más profundas de los océanos, donde la presión puede llegar a las 200 atmósferas y reina la oscuridad más absoluta. El filamento que se aprecia sobre su cabeza sirve para llamar la atención de sus presas, que caerán con facilidad en su desproporcionada boca. A pesar de su terrible aspecto, las hembras apenas miden unos 20 cm y los machos, que en la práctica son parásitos de las hembras, apenas llegan a los 3 cm.

¿En qué bioma podemos encontrar al *Melanocetus johnsonii*?

- ☐ **a.** En la zona nerítica del bioma marino.
- ☐ **b.** En la zona fótica del bioma marino pelágico.
- ☐ **c.** En la zona afótica del bioma marino pelágico.
- ☐ **d.** En la zona nectónica del bioma marino.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B2-3.** Reconocer las fases de la mitosis y meiosis argumentando su importancia biológica. | **B2-3.1.** Describe los acontecimientos fundamentales en cada una de las fases de la mitosis y de la meiosis. | 2 |
| **Competencias sociales y cívicas**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-1.** Conocer los grandes grupos taxonómicos de seres vivos. | **B4-1.2.** Aprecia el reino vegetal como desencadenante de la biodiversidad. | 4 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-3.** Definir el concepto de biodiversidad y conocer los principales índices de cálculo de diversidad biológica. | **B4-3.1.** Conoce el concepto de biodiversidad y relaciona este concepto con la variedad y abundancia de especies. | 1 y 3 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-5.** Situar las grandes zonas biogeográficas y los principales biomas. | **B4-5.1.** Identifica los grandes biomas y sitúa sobre el mapa las principales zonas biogeográficas. | 6 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-5.** Situar las grandes zonas biogeográficas y los principales biomas. | **B4-5.2.** Diferencia los principales biomas y ecosistemas terrestres y marinos. | 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-7.** Interpretar mapas biogeográficos y determinar las formaciones vegetales correspondientes. | **B4-7.2.** Asocia y relaciona las principales formaciones vegetales con los biomas correspondientes. | 6 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-8.** Valorar la importancia de la latitud, la altitud y otros factores geográficos en la distribución de las especies. | **B4-8.1.** Relaciona la latitud, la altitud, la continentalidad, la insularidad y las barreras orogénicas y marinas con la distribución de las especies. | 5 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-13.** Definir el concepto de endemismo y conocer los principales endemismos de la flora y la fauna españolas. | **B4-13.1.** Define el concepto de endemismo o especie endémica. | 3 |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

1 **d.** Diversidad genética.

2 **c.** Durante la profase I de la meiosis.

3

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Decimos que una especie es endémica cuando solamente la encontramos en un área geográfica muy determinada. | Verdadero |
| Para considerar que una especie es endémica esta debe estar en peligro de extinción. | Falso |
| Entendemos por biodiversidad el número de animales y vegetales que viven en un determinado lugar. | Falso |
| En la Tierra existen muchas más plantas diferentes que animales. | Falso |

4 **b.** Aumentan la biodiversidad de un ecosistema al introducir en él especies vegetales propias de otros.

5

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| La biodiversidad disminuye a medida que nos alejamos del ecuador. | Verdadero |
| La biodiversidad es directamente proporcional a la variedad de los relieves. | Verdadero |
| La biodiversidad es indirectamente proporcional a la altitud. | Verdadero |
| La biodiversidad, en general, disminuye con el grado de pluviosidad. | Falso |

6 **c.** Del bosque caducifolio.

7 **c.** En la zona afótica del bioma marino pelágico.

# Solucionario

Pág. 183

**PARA COMENZAR**

1 La concepción más habitual de biodiversidad es la que se refiere a la diversidad de especies que pueblan una zona en concreto o las que habitan en la Tierra. No obstante, también se puede aplicar la biodiversidad a la variabilidad genética que existe entre los individuos de una misma población; o aplicar este término a la diversidad de ecosistemas.

2 Sí que hay una relación entre estos tres conceptos. La biodiversidad es una consecuencia de la adaptación de los organismos a los diferentes ambientes de la biosfera. Como consecuencia de esta adaptación, las especies evolucionan de diferentes maneras, dando lugar a nuevas especies y, por lo tanto, a una mayor diversidad.

3 Varias son las causas que han influido para que España sea el país de Europa con mayor diversidad, entre las que destacan las geográficas. La posición geográfica de España hace posible la existencia de diferentes climas: mediterráneo, continental, e incluso árido. Esto, unido a su variada orografía, ha proporcionado numerosos ambientes diferentes a los que se han adaptado y evolucionado los organismos, dando lugar a una gran biodiversidad. Además, están las islas, sobre todo las Canarias, que presentan especies muy diferentes a las de la Península, muchas de ellas endémicas.

4 En los últimos años ha aumentado el número de especies en peligro de extinción porque la población humana ha crecido mucho y, por tanto, también han crecido sus necesidades. Esto ha traído como consecuencia el aumento de las actividades humanas sobre el medio ambiente y los seres vivos que lo habitan, provocando graves consecuencias. El resultado ha sido la desaparición de muchas especies y el aumento de especies en peligro de extinción.

Si se quiere reducir el problema se tendrán que tomar medidas para proteger a las especies en peligro de extinción antes de que desaparezcan. Aunque nosotros a nivel individual podemos hacer algo, las verdaderas medidas han de partir de los legisladores, elaborando leyes y normas que garanticen la protección de estas y otras especies. Algunas de estas medidas pueden ser:

– Establecer lugares protegidos en zonas de interés ecológico como son los parques nacionales, las reservas nacionales, el monumento natural o el paisaje protegido.
– Crear centros de conservación de especies en zoológicos, jardines botánicos y bancos de genes y semillas.
– Elaborar listas de especies amenazadas o en peligro de extinción para evitar su caza o comercio.
– Fomentar la educación medioambiental.
– Restaurar la biodiversidad en las zonas rurales no protegidas.
– Restaurar los hábitats marinos.
– Limitar y controlar las emisiones de sustancias contaminantes y las emisiones de gases de efecto invernadero.
– Fomentar la investigación.

5 Se trata de estimaciones aproximadas que tienen como base un máximo, que es el número de extinciones en aquellos *hotspots* donde la acción del ser humano es más aguda, y un mínimo, que es el número de extinciones que se calculan o detectan en zonas en donde no existe poblamiento humano, como selvas vírgenes, desiertos, tundra, etc. Este mínimo se asimila a la situación que podría darse antes de la existencia del ser humano.

Pág. 184

**SABER MÁS**

El concepto de *especie biológica* no se puede utilizar para los organismos con reproducción asexual porque se basa, precisamente, en la reproducción sexual de los seres vivos y en su descendencia fértil.

Pág. 185

1 Seguramente son dos las razones. En primer lugar, los ecosistemas terrestres son de acceso más fácil para ser estudiados que los ecosistemas marinos, por eso se conoce mejor las especies que lo habitan. En segundo lugar, el agua, como es sabido, es un termorregulador, con lo que la variación de la temperatura en los mares no es grande. En cambio, en los ecosistemas terrestres la diferencia de temperatura entre las zonas tropicales y ecuatoriales con respecto a las zonas polares puede llegar a los 100 °C. Esto hace que en los ecosistemas terrestres se pueda generar mayor diversidad de ambientes, que dará lugar a mayor diversidad de especies que se adapten a ellos.

2 Una especie endémica es aquella que habita en una zona o área geográfica concreta y no se encuentra en ningún otro lugar del mundo.

3 Si las islas están separadas de los continentes desde hace millones de años, como Madagascar, o no han estado nunca en contacto con continentes, como el archipiélago canario, las condiciones ambientales existentes pueden dar lugar a especies diferentes de los continentes. Estas especies solo vivirán en estas islas, es decir, serán endémicas.

4 Con las altas montañas pasa lo mismo que con las islas: al ser lugares específicos, con condiciones ambientales determinadas y diferentes de la zona que las rodea, los seres vivos que se han adaptado a dichas condiciones se diferencian del resto. En el transcurso de la evolución de miles o millones de años, los organismos que se han adaptado a dichas condiciones específicas son diferentes a los de las zonas de su alrededor y son exclusivos de dichas zonas, es decir, son endémicos.

Pág. 186

5 Es importante mantener la biodiversidad porque, de esta gran diversidad de seres vivos, la humanidad se aprovecha de diferentes maneras, como con la alimentación, la industria farmacéutica, la industria química y textil, la obtención energética… Si se disminuye la biodiversidad, todas estas utilidades se pueden ver afectadas y reducidas.

6 Son muchos los productos farmacéuticos que se basan en sustancias químicas extraídas de plantas, como el ácido

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

acetilsalicílico (comercializado como aspirina) que es un antiinflamatorio, analgésico, antipirético y antiagregante plaquetario que se extrajo del sauce blanco (*Salix alba*). Otra sustancia importante es el taxol y sus derivados, que se extraen de la corteza del tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*) y que son sustancias efectivas en el tratamiento del cáncer de ovario y de mama.

**7** **a)** El oleaje, al oxigenar el agua del océano, favorece la habitabilidad de los organismos heterótrofos que viven en los mares, como los peces, moluscos, equinodermos… Se podría considerar un recurso material, ya que incide sobre el aumento de estas especies, que forman parte de la dieta habitual de los humanos.

**b)** La descomposición de los residuos acumulados en un vertedero es un servicio ecológico, ya que elimina del medio una serie de sustancias contaminantes que pueden incidir negativamente sobre los seres vivos.

**8** Todas las especies que ocupan un área están relacionadas formando una red trófica. Unas especies dependen de otras. Si desaparece una especie afectará directamente a las que estén relacionadas con ella, llegando incluso a provocar su extinción.

Pág. 187

**9** Las plantas absorben agua por las raíces y expulsan el excedente por transpiración en las hojas, devolviendo a la atmósfera buena parte del agua absorbida. Al aumentar la humedad ambiental, favorece la habitabilidad de la zona.

**10** Si una zona, sobre todo si tiene pendiente, está cubierta por vegetación, sujeta el terreno e impide, o al menos dificulta, que las aguas de precipitación arrastren el suelo. Esto favorece la conservación del suelo. En los fondos marinos no sucede igual porque no hay precipitación sobre el fondo marino ni aguas de escorrentía superficiales, ni hay suelo.

Pág. 188

**11** La introducción de una especie foránea en una zona puede acarrear varias consecuencias negativas para las especies autóctonas:

– Esta nueva especie puede introducir alguna enfermedad, que a ella le afecte poco, pero que a las especies autóctonas les afecte mucho, lo que puede diezmarlas e incluso eliminarlas de la zona.

– La nueva especie puede ser más voraz y tener mayor tasa de reproducción que las especies similares autóctonas, con lo que acaba desplazándolas.

Pág. 190

**12** **a)** Habrá mayor biodiversidad en un bosque lluvioso. La diferencia que va a justificar esta afirmación es la diferencia de agua en una zona y en otra. El agua es indispensable para la vida, ya que es el medio donde se desarrollan las reacciones químicas. Una zona con abundante agua favorecerá la actividad química, por lo tanto, el desarrollo de los organismos, su adaptación al medio y también su evolución a nuevas especies, lo que dará lugar a una mayor diversidad. En una zona desértica, con poca agua, la actividad biológica se verá reducida, lo que dificulta la adaptación al medio. El resultado es que muchos organismos emigrarán a zonas más favorables, lo que también reducirá la biodiversidad.

**b)** En una zona de umbría habrá más humedad, lo que favorecerá la actividad biológica y la adaptación de las especies. Por las razones explicadas anteriormente, en esta zona se desarrollará mayor diversidad biológica que en la ladera de solana.

**13** En general, en España la biodiversidad es muy importante, aunque en la Península las zonas de mayor diversidad suelen estar en la mitad sur y este de España: destaca sobre todo el archipiélago canario.

Varias son las causas que han influido para que estas zonas en particular, y España en general, tengan una gran biodiversidad, entre las que destacan las geográficas. La posición geográfica de España hace posible la existencia de diferentes climas: mediterráneo, continental e, incluso, árido. Esto, unido a su variada orografía, ha proporcionado numerosos ambientes diferentes a los que se han adaptado y evolucionado los organismos, dando lugar a una gran biodiversidad. Además, están las islas, sobre todo las Canarias, que presentan especies muy diferentes a las de la Península, muchas de ellas endémicas.

**14** Son muchos los países, como se ve en el mapa, en los que se presentan estos puntos calientes: España, Italia, Francia, México, Brasil, India, China, Australia... Si nos fijamos, estos lugares donde la biodiversidad es importante están situados en zonas donde la temperatura es adecuada para la actividad biológica, lo que favorece la diversidad. Además, en muchos casos, el grado de humedad también es suficiente para favorecer esta variedad.

**15** Si nos fijamos, la mayoría de estas zonas, que a la vez que presentan una gran diversidad biológica se encuentran especialmente amenazadas, están en los litorales de los continentes. Es a los litorales donde ha emigrado gran parte de la población en las últimas décadas, es decir, son al mismo tiempo áreas densamente pobladas. El aumento de población incrementa las actividades que inciden negativamente sobre el medio ambiente y los seres vivos que en él habitan. Podemos decir, en general, que esta es la principal causa de la destrucción de estos hábitats por el ser humano.

Pág. 191

**16** R. L. En la respuesta a esta actividad interviene el sentido común y la responsabilidad. Las medidas que uno mismo ha de tomar para no perjudicar a la biodiversidad pueden ser diversas e imaginativas. Desde luego, la primera medida que hay que tomar es la de cumplir las distintas normas y leyes legisladas que tengan que ver sobre la conservación de la biodiversidad. También intentar tener un comportamiento

cívico con el medio ambiente, ya que ello repercutirá positivamente sobre los seres vivos que lo habiten. Así, deberíamos cumplir la regla de las tres erres: reducir, reutilizar y reciclar, sobre todo la primera y la segunda. Además tendríamos que contribuir a la reducción en la emisión de sustancias contaminantes y a la reducción de los residuos sólidos urbanos. En definitiva, deberíamos tener un comportamiento lo más respetuoso posible hacia el medio ambiente.

Pág. 192

**17** La distribución de los biomas terrestres es el resultado de la interacción dinámica entre los procesos naturales como el relieve, el clima y los seres vivos.

Pág. 193

**18** Teniendo en cuenta el clima, los árboles adaptados al clima mediterráneo han de desarrollar estrategias para conservar y evitar la pérdida de agua durante el verano. Es en esta época cuando las plantas pasan por su peor momento, ya que la temperatura es elevada y la precipitación es muy escasa. Los árboles del clima mediterráneo presentan hojas pequeñas, con poca superficie foliar para no perder mucha agua por transpiración. Además, las hojas suelen ser coriáceas, es decir, se recubren de una capa que las endurece y disminuye la pérdida de agua. Otra adaptación es la presencia de un recubrimiento de sustancias impermeables como ceras o presentar pilosidad en el envés, que es donde suelen estar los estomas, para retener la mayor cantidad de agua transpirada.

Pág. 194

**19** Aunque la respuesta puede ser muy compleja, lo cierto es que estas regiones están ocupadas por enormes manadas de herbívoros que arrasan con todo lo que encuentran. Esto hace difícil que los árboles puedan crecer.

**20** Las adaptaciones que han tenido que desarrollar los seres vivos para habitar la tundra han estado orientadas a la supervivencia, a temperaturas muy bajas y a que el suelo permanece helado. Así, la vegetación tiene poca altura al no poder desarrollar raíces profundas, como los musgos, los líquenes y algunas hierbas. Por lo que respecta a los animales, suelen tener un pelaje denso.

Las adaptaciones que han tenido que desarrollar los seres vivos para habitar los desiertos han estado orientadas a soportar temperaturas extremas entre el día y la noche, pero sobre todo a la escasa disposición de agua. La vegetación se ha adaptado a recoger la poca agua de precipitación y a no transpirarla, como los cactus, las chumberas o las palmeras. Por lo que respecta a la fauna, podemos encontrar camellos, dromedarios, algunos reptiles, algunos insectos…

**21** La floración depende de la luz que le llega a la planta, por eso muchas plantas de pequeño porte en las selvas son epífitas o trepadoras.

Pág. 195

**22** La plataforma continental, al tener poca profundidad, está repleta de nutrientes y de luz, condiciones indispensables para que se generen enormes cantidades de fitoplancton, que es la base de la nutrición en los mares. A partir del fitoplancton crecen el zooplancton y las demás especies marinas que abastecerán a las pesquerías.

**23** El bioma acuático que presentará mayores cambios de temperatura es el dulceacuícola fluvial, ya que al tener poca profundidad el agua podrá variar de temperatura con mayor facilidad.

**24** Los organismos del plancton marino desarrollan estructuras que los hacen menos densos y, por lo tanto, facilitan su flotación.

Los organismos de bentos, que viven en el fondo por debajo de los 200 metros, han de estar adaptados a la ausencia de luz, por lo tanto, han de ser heterótrofos y alimentarse de otros seres vivos; o si son autótrofos, han de ser quimiosintéticos.

Pág. 196

**25** La dehesa es un paraje formado, principalmente, por un bosque claro de encinas y alcornoques, con un bosque bajo de matorrales y pastizales en los que la actividad del ser humano es intensa. A parte de su importancia medioambiental, también presenta una importancia económica, ya que en dichos parajes, además de ser utilizados para la actividad cinegética, se crían cerdos. De esta manera se ha conseguido reducir el flujo migratorio que presentan estas zonas.

**26** La encina presenta diferentes adaptaciones al bosque mediterráneo, es decir, adaptaciones para sobrevivir en una estación cálida con mínimas precipitaciones: el verano. Sus características son:

– Presenta una reducción foliar para disminuir la superficie de transpiración.
– Las hojas son coriáceas, es decir, son duras y están recubiertas de sustancias impermeabilizantes para evitar la pérdida de agua.
– En el envés, que es donde están la mayoría de los estomas, presenta una gran pilosidad para dificultar la transpiración de agua por dichas estructuras.
– El tronco y las ramas presentan una gruesa capa de súber (corcho) para hacerlas más impermeables.

Pág. 197

**27** El primero representa un ecosistema de sabana y el segundo un ecosistema marino. Aparentemente presenta mayor diversidad de seres vivos el ecosistema terrestre, ya que los factores ambientales de temperatura, humedad, composición química… parecen ser más diferentes que en el acuático. Esto da lugar a una mayor biodiversidad por cuestiones de adaptación y evolución.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Pág. 198

**SABER HACER**

**28** **a)**, **b)**, **c)**, **d)**. A partir de los resultados que obtengan los alumnos en el apartado a, se trabajarán los apartados b, c y d.

Pág. 199

**EN RESUMEN**

**29** La biodiversidad se puede definir en los siguientes niveles:

– Diversidad genética. Es la variabilidad genética existente entre los individuos de una misma población o especie.

– Diversidad de especies. Es el número de especies que puede registrarse en un lugar concreto o el total de las especies descritas.

– Diversidad de los ecosistemas. Es la diversidad de especies que constituyen la biocenosis o comunidad de un ecosistema concreto.

**30** Especie biológica es el conjunto de organismos que comparten un patrimonio genético y solo pueden tener descendencia fértil si se cruzan entre ellos.

La ventaja es que se puede determinar muy bien si dos individuos son de la misma especie si se reproducen y su descendencia es fértil. El inconveniente es que esta definición no es muy adecuada para las especies que se reproducen habitualmente de forma asexual.

**31** Las plantas y las algas realizan muchas funciones imprescindibles para la vida en el planeta, entre las que podemos destacar:

– Transforman materia inorgánica en orgánica con la que pueden subsistir los seres heterótrofos.

– Liberan oxígeno a la atmósfera, imprescindible para los seres aerobios.

– Absorben y almacenan el dióxido de carbono, reduciendo el existente en la atmósfera.

– Las plantas regulan el clima y amortiguan los cambios térmicos.

– Las plantas participan en el ciclo del agua.

– Las plantas protegen el suelo contra la erosión.

– Proporcionan multitud de hábitats distintos a los que pueden adaptarse otros seres vivos.

**32** Las principales causas de la pérdida de la biodiversidad se pueden relacionar con varias acciones para evitar dicha pérdida. Una relación entre las causas y las acciones puede ser la siguiente:

1: a, d, h, e, i

2: g, h, i

3: g, h, i, j

4: b, c, d, e, i, j

5: b, c, d, e, f, i, j

| Principales causas de la pérdida de biodiversidad | Acciones para evitar la pérdida de biodiversidad |
|---|---|
| 1. Destrucción y fragmentación de los hábitats. | a. Establecer lugares protegidos. |
| 2. El cambio climático. | b. Crear centros de conservación. |
| 3. La contaminación | c. Proteger especies amenazadas o en peligro de extinción. |
| 4. La introducción de especies exóticas. | d. Preservar y restaurar la biodiversidad en las zonas rurales no protegidas. |
| 5. La sobreexplotación de especies. | e. Restablecer las poblaciones de peces y los hábitats marinos. |
| | f. Reducir el impacto del comercio internacional en la biodiversidad. |
| | g. Limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. |
| | h. Fomentar la investigación. |
| | i. Elaborar una legislación medioambiental. |
| | j. Fomentar la educación medioambiental. |

**33** Para que una zona sea designada como punto caliente o *hotspot* ha de cumplir las siguientes condiciones: debe albergar al menos 1 500 especies endémicas de plantas vasculares y haber perdido ya al menos el 70 % de la vegetación original.

**34**

| Bioma terrestre | Clima | Vegetación | Fauna |
|---|---|---|---|
| **Tundra** | Frío, helado. | Musgos, líquenes y algunas hierbas. | Renos, caribús, leminos… |
| **Taiga** | Templado-frío con inviernos fríos y veranos templados y húmedos. | Bosques de coníferas (pinos, abetos, cedros). | Alce, lince, liebre y el zorro. |
| **Bosque caducifolio** | Templado-lluvioso, con veranos cálidos e inviernos fríos. | Árboles de hoja caduca (hayas, robles, álamos y castaños) y arbustos como la zarza. | Oso pardo, lobo, ciervo y corzo. |

| Bioma terrestre | Clima | Vegetación | Fauna |
|---|---|---|---|
| **Bosque mediterráneo** | Templado con inviernos templados y poco lluviosos, y veranos calurosos y secos. | Árboles de hoja perenne como la encina, el alcornoque y el quejigo, con un sustrato arbustivo de lentisco, madroño, retama, romero… | Fauna diversa formada por conejos, liebres, zorros, ginetas, jabalís, águilas imperiales, gamos… |
| **Praderas y estepas** | Templado con precipitaciones variables. | Predominan las gramíneas, aunque existen árboles y arbustos dispersos. | Grandes manadas de herbívoros, como los bisontes y los antílopes. |
| **Sabana** | Intertropical con inviernos secos y veranos húmedos. | Predominan hierbas de gran altura y árboles dispersos como el baobab y las acacias. | Grandes manadas de herbívoros (cebras, gacelas, jirafas…) y depredadores (leones, guepardos…). |
| **Desierto** | Precipitaciones escasas y gran variación de temperatura entre el día y la noche. | Escasa vegetación de cactus, palmeras, chumberas… | Coyote, puma, dromedario y camello. |
| **Selva tropical** | Cálido con abundantes precipitaciones. | Vegetación densa con árboles de hoja perenne y plantas epífitas y trepadoras. | Gran diversidad faunística (insectos, monos, jaguar, tucán, gorila, tigre, chimpancé…). |

**35** Los tres grandes ecosistemas más representativos de España son: el bosque atlántico, el bosque mediterráneo y la laurisilva.

– Bosque atlántico. La vegetación arbórea es mayoritariamente de hoja caduca (hayas, robles, castaños…), acompañada por arbustos como los acebos y brezos.

– Bosque mediterráneo. La vegetación predominante es de tipo perennifolia y esclerófila, formada por árboles como encinas, alcornoques, quejigos, pinos… y arbustos como el lentisco, la jara, el madroño, la lavanda…

– La laurisilva. Las especies arbóreas son perennifolias y se caracterizan por tener las hojas anchas y alargadas como el laurel, el viñátigo o el tilo.

Pág. 200

**PARA REPASAR**

**36** **a)** Como se puede ver en la gráfica, la biodiversidad ha variado a lo largo de la historia.

**b)** Cinco son las grandes extinciones que han afectado a los seres vivos:

– La extinción masiva del Ordovícico-Silúrico hace 444 millones de años. Fue la segunda extinción más importante ,en la que desaparecieron cerca del 85 % de las especies. Se especula con que fue el estallido de una supernova la causa de esta catástrofe.

– La extinción masiva del Triásico-Jurásico hace 210 millones de años causó la desaparición del 75 % de especies que poblaban la Tierra. Las posibles causas de esta extinción según la comunidad científica son la fragmentación del Pangea, con numerosas erupciones volcánicas, y el cambio climático.

– La extinción masiva del Pérmico-Triásico hace 250 millones de años tuvo como consecuencia la desaparición del 95 % de las especies marinas y el 70 % de las especies de vertebrados terrestres. Ha sido la más letal. Sus posibles causas fueron la caída de un meteorito de gran tamaño, el gran vulcanismo o la explosión de una supernova cercana.

– La extinción del Devónico-Carbonífero hace 360 millones de años produjo la desaparición del 80 % de las especies. Tampoco están claras las causas, aunque se propone entre ellas el impacto de un meteorito de gran tamaño, un vulcanismo desproporcionado o un calentamiento global del planeta.

– La extinción del Cretácico-Terciario hace 65 millones de años. Es la más conocida, por ser la más reciente y, sobre todo, porque en ella desaparecieron, entre otras muchas especies, los dinosaurios. La causa más probable que causó esta extinción fue la caída sobre la Tierra de un meteorito de grandes dimensiones.

**37** Sierra Nevada se puede considerar como una isla por sus condiciones climáticas y orográficas, que son diferentes a la zona que la rodea. Esto ha proporcionado una serie de ambientes diferenciados a los que han tenido que adaptarse los organismos, lo que ha provocado una evolución diferente. Después de miles o millones de años evolucionando, se han originado, en algunos casos, especies típicas de la zona, que no se pueden encontrar en otros lugares, por lo que son endémicas.

**38** Esta respuesta está condicionada a la provincia o Comunidad Autónoma en la que viva el alumno.

**39** Las plantas aportan humedad al aire mediante la transpiración que realizan en las hojas; de hecho, en las zonas continentales más del 59 % de la humedad del aire tiene su origen en este proceso. Además, las zonas con grandes extensiones de vegetales son más lluviosas, ya que las plantas aumentan la humedad del aire.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**40** **a)** Cambio climático. Las actividades antrópicas relacionadas con este fenómeno son aquellas en las que aumentan los gases que provocan el efecto invernadero, como son las emisiones de dióxido de carbono debido a la combustión de petróleo y carbón, las emisiones de metano, de CFC, de óxido nitroso… Otras actividades como los incendios, aumentan las partículas en suspensión, lo que también incide sobre el cambio climático.

**b)** Sobreexplotación de especies. Se produce por actividades como la caza y la pesca incontroladas. También por el coleccionismo y el comercio ilegal de especies protegidas.

**c)** Destrucción y fragmentación de los hábitats. Es consecuencia de actividades como el desarrollo agrícola, industrial y urbano desmesurado.

**41** El calentamiento global es el aumento gradual de la temperatura media que está padeciendo el planeta en las últimas décadas como consecuencia del aumento de los gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, CFC…

El cambio climático es la modificación de algunos aspectos del clima a causa del calentamiento global. Se observa una significativa disminución de las precipitaciones y un incremento de las temperaturas, que provoca la desertización, la subida del nivel del mar, la pérdida de ecosistemas, el incremento de catástrofes naturales debidas a fenómenos atmosféricos, la disminución de los glaciares…

**42** Una especie en peligro de extinción es aquella cuya supervivencia se considera poco probable si las causas de su actual situación no se corrigen. La especie vulnerable todavía no se considera en peligro de extinción, pero pasará a dicha categoría si no se subsanan las causas por la que es vulnerable.

**43** Sí, porque las actividades humanas pueden provocar la pérdida de hábitats en los que se encuentre una determinada especie. Si al final ha sido relegada a una zona en concreto y ha desaparecido de las otras zonas donde también se encontraba, se habrá convertido en una especie endémica de la zona en la que se encuentre.

**44** El aislamiento de otras zonas va a incidir negativamente sobre la biodiversidad.

**45** En los bosques tropicales se dan de manera óptima los dos factores que producen una mayor actividad biológica: la temperatura y la humedad. Si hay mayor actividad biológica, habrá mayor tasa de reproducción, más facilidad de adaptación, de evolución y, por tanto, de biodiversidad.

En los arrecifes de coral la temperatura también es la adecuada, lo que, como se ha explicado anteriormente, favorecerá la biodiversidad. Además, estos ecosistemas están bien iluminados, factor que es muy importante en los ecosistemas marinos para que proliferen las algas y las plantas y, a partir de ellos, los animales.

**46** La dehesa es un bosque claro de encinas y alcornoques, principalmente, que el ser humano ha conservado en beneficio propio. Presenta un sotobosque de pastizales o matorrales. Estas zonas se utilizan para el mantenimiento del ganado, el aprovechamiento de productos como corcho, leña, setas… Gracias a los beneficios que proporcionan estos parajes se han mantenido adecuadamente.

**47** Los parques zoológicos pueden ayudar a la conservación de la biodiversidad si se dedican a recuperar y reproducir especies que estén en peligro de extinción, para evitar que desaparezcan. Al mismo tiempo, pueden reintroducirlas en sus hábitats naturales.

**48** Las medidas para una explotación racional pueden ser las siguientes:

– Talar un máximo de terreno que se considere que no va a afectar al conjunto del bosque.

– Repoblar las zonas taladas para que, con los años, vuelvan a ser como antes.

– Recoger aquellos seres vivos que puedan ser endémicos o estar en peligro de extinción y trasladarlos de lugar.

– Desarrollar estudios para talar aquellas zonas en las que la biodiversidad se vea menos afectada.

**49** La actividad humana que ha llevado al atún a esta situación es la pesca desmesurada de esta especie.

Las estrategias para conservar la especie estarían encaminadas a una pesca controlada que permita que la especie se mantenga. Otra medida puede ser la reproducción en cautividad y su posterior liberación.

**50** Sí, en las grandes montañas la altitud es el principal factor que va a condicionar la distribución de los biomas, ya que incide directamente sobre la temperatura. A medida que ascendemos, la temperatura disminuye, con lo que los organismos irán cambiando paulatinamente. Otro aspecto que afecta a la altitud es la cantidad de oxígeno en el aire. A medida que ascendemos, la cantidad de oxígeno disminuye, lo que puede afectar a los animales.

**51** **a)** La diferencia principal entre los dos medios es la salinidad del agua, siendo superior en el medio marino. Por otra parte, el medio marino suele ser más profundo que el dulceacuícola.

**b)** El fitoplancton vive en la zona fótica, por encima de 200 metros de profundidad.

**c)** Las corrientes marinas trasladan los nutrientes de una zona a otra. Esto es importante, sobre todo, en la zona nerítica, ya que al tener menos profundidad puede transportar los nutrientes inorgánicos desde el fondo a la superficie, donde se encuentra el fitoplancton.

**d)** A las zonas abisales no llega la luz, por lo tanto no hay ni algas, ni plantas, ya que no se puede hacer la fotosíntesis. En estas zonas no puede haber animales herbívoros, pues no tienen de qué alimentarse.

**52** **a)** Varios son los factores que han influido para que España sea el país de Europa con mayor biodiversidad, entre los que destacan los geográficos. La posición geográfica de España hace posible la existencia de diferentes climas:

mediterráneo, continental, e incluso árido. Esto, unido a su variada orografía, ha proporcionado numerosos ambientes diferentes a los que se han adaptado y evolucionado los organismos, dando lugar a una gran biodiversidad y a un elevado número de endemismos. Además, están las islas, sobre todo las Canarias que presentan especies muy diferentes a las de la Península, muchas de ellas endémicas.

**b)** Una especie endémica es una especie que ocupa exclusivamente un área geográfica concreta y no se encuentra en ningún otro lugar del mundo. Se consideran importantes porque en todo el planeta solo las podemos encontrar en una zona en concreto. Además, se tiene que tener un especial cuidado con ellas porque, si desaparecen de la zona donde viven, se extinguirán en toda la Tierra.

**53** Las técnicas de muestreo se realizan para conocer o estimar el número de individuos de una población que ocupa un determinado lugar. Si la población o el área que ocupa es muy grande, se realiza un recuento incompleto para, a partir de él, por extrapolación, deducir el número total aproximado de individuos de la población.

Para realizar un recuento de especies de árboles en un parque realizaríamos un muestreo por transectos. Trazaríamos una ruta que atravesara el mayor número de hábitats del parque y, a continuación, la recorreríamos anotando todas las especies encontradas por el camino.

Para contar el número de olivos en una plantación con una gran superficie, lo que haríamos sería unos muestreos por cuadrantes. Trazaríamos un área conocida de varios metros cuadrados en que la que entraran varios olivos y los contaríamos. Este proceso lo repetiríamos varias veces en distintas zonas del olivar. Haríamos una media de los árboles contados en las distintas áreas. Después, extrapolaríamos este valor a todo el olivar, teniendo en cuenta el valor de su superficie.

Pág. 201

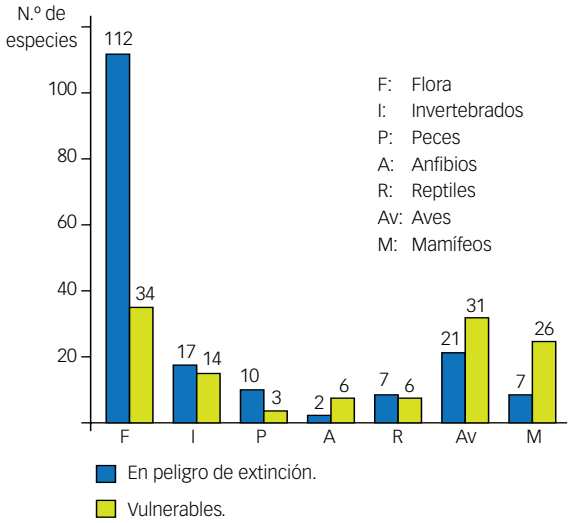
**PARA PROFUNDIZAR**

**54** Para aumentar la superficie urbanizada se ha tenido que destruir el hábitat donde está la urbanización, por lo que afecta negativamente a la diversidad de las especies que allí vivían.

**55** El objetivo de conservar estas muestras vegetales es evitar que se pierdan estas especies en caso de que desaparecieran de sus hábitats naturales. De esta manera, si llegara el caso, se podrían reproducir y volver a reintroducir en su hábitat.

**56** La biodiversidad contribuye a la estabilidad de las poblaciones, ya que todas las especies de un ecosistema están interrelacionadas. Un ejemplo puede ser el de un insecto que polinice una especie de planta en concreto, y que solo lo haga él. Si desaparece el insecto, la planta desaparecerá del ecosistema, ya que no se podrá reproducir.

**57**




**58** **a)** La tabla en porcentajes es la siguiente:

| | Terrestres | | Acuáticos | |
|---|---|---|---|---|
| | Catalogados | Estimados | Catalogados | Estimados |
| **Animales** | 76,62 | 88,87 | 88,00 | 97,03 |
| **Plantas y algas** | 17,33 | 3,41 | 4,42 | 0,75 |
| **Hongos** | 3,48 | 6,99 | 0,56 | 0,24 |
| **Procariotas** | 0,87 | — | 0,34 | — |
| **Resto** | 1,70 | 0,73 | 6,68 | 1,98 |
| **Total** | 100 | 100 | 100 | 100 |

**b)** Tanto terrestres como acuáticos, los animales son los seres vivos que se espera que aumenten más en las estimaciones. En el caso de los seres terrestres, también se espera que aumenten bastante el número de especies de hongos.

**c)** No se realizan estimaciones de los procariotas porque, actualmente, gracias a las modernas técnicas de biología molecular, se piensa que la diversidad de estos microorganismos es mucho mayor de lo que hasta ahora se había creído. Como todo esto no está claro todavía, no se han hecho estimaciones, pues podrían ser muy diferentes a la realidad.

**d)** Las especies más amenazadas son aquellas que se encuentran en las selvas tropicales y todavía están por descubrir. También estarían las especies que se encuentran en la lista de las especies en peligro de extinción.

**59** La respuesta variará según la Comunidad Autónoma en la que se encuentre el alumno. No obstante, hay unas medidas generales a tener en cuenta para que un espacio

natural sea declarado protegido. Según consta en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, de acuerdo con la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, tienen la consideración de espacios naturales protegidos aquellos espacios del territorio nacional, incluidas las aguas continentales y las aguas marítimas bajo soberanía o jurisdicción nacional, la zona económica exclusiva y la plataforma continental, que cumplan al menos uno de los requisitos siguientes y sean declarados como tales:

– Contener sistemas o elementos naturales representativos, singulares, frágiles, amenazados o de especial interés ecológico, científico, paisajístico, geológico o educativo.
– Estar dedicados especialmente a la protección y al mantenimiento de la diversidad biológica, de la geodiversidad y de los recursos naturales y culturales asociados.

**60** **a)** Las especies más frecuentes en las marismas son plantas como los ranúnculos, el bayunco, la castañuela y los carrizos; aves como el ánade azulón, el ánade rabudo, la cerceta común, la focha común, la malvasía, el chorlitejo chico, la cigüeñuela común y los ánsares comunes; reptiles como el galápago común y el europeo.

En los cotos abundan los matorrales de composición heterogénea de jaguarzo, jaras, brezos, lentiscos, mirtos, cantuesos, con alcornoques, sabinas, madroños, acebuches y pino piñonero. Los animales más frecuentes son el ciervo, el jabalí, el lince ibérico, el águila imperial, la lagartija colirroja, la culebra europea y el alcaudón real.

En la vera podemos encontrar pastizales con una gran diversidad de especies, además de juncos y algún alcornoque. La fauna está compuesta por conejos, gamos, abejarucos, codornices, topillos, gallipatos, ciervos y jabalís, además de aves como garzas, espátulas y garcillas.

**b)** En la vera la biodiversidad es mayor porque confluyen las especies de los dos ecosistemas que la bordean.

**61** **a)** En el ciclo del agua las plantas participan absorbiendo el agua del suelo y aportándola a la atmósfera a través de la transpiración.

**b)** Las plantas se encargan de transformar la energía solar en energía química en el proceso llamado fotosíntesis. Con este proceso consiguen transformar materia inorgánica, pobre en energía química, en materia orgánica, rica en energía química que será incorporada a los organismos heterótrofos.

**c)** Para que la vida se desplazara desde el agua donde se originó a los continentes, era necesaria la presencia de ozono en la atmósfera que protegiera a los organismos de los dañinos rayos ultravioleta. Mientras estaban en el agua, los organismos estaban protegidos de los rayos ultravioleta, porque la misma agua los filtraba. El ozono es una molécula formada por tres átomos de oxígeno que se acumula en la estratosfera formando una capa que filtra los rayos ultravioleta. Esta capa de ozono se formó a partir del oxígeno que liberaron a la atmósfera los primeros organismos fotosintéticos.

**d)** Las plantas se encargan de fabricar la materia orgánica a partir de la inorgánica. De esta manera queda introducida la materia orgánica en la pirámide trófica y los organismos heterótrofos la pueden tomar.

**e)** La materia inorgánica que se forma en la descomposición de los seres vivos y en la respiración se recicla a materia orgánica en la fotosíntesis.

**f)** Las plantas son fundamentales en el mantenimiento de la biodiversidad, si no existieran, los animales no podrían subsistir, lo que disminuiría notablemente la biodiversidad.

**62** R. L. La respuesta está condicionada a la Comunidad Autónoma en la que viva el alumno.

**63** **a)** Una forma de extenderse con facilidad es, como el ejemplo del texto, por los ríos, a través de toda la red fluvial, y por las acequias y canales de riego.

Otra forma de extenderse es a través de las redes de comunicación que utilizamos los humanos. Sin darnos cuenta podemos transportar en nuestros vehículos, en los camiones de mercancías con ganado, en los trenes… animales de pequeño tamaño o sus huevos o larvas de un sitio a otro. Lo mismo pasa con las plantas, ya que podemos transportar un pequeño fragmento o sus semillas (adosadas a la suela del zapato) de un lugar a otro sin darnos cuenta.

**b)** Una especie invasora puede desplazar a otra autóctona por varias causas:

– Por transmitir una enfermedad de la que la especie invasora es portadora sin afectarle demasiado, pero a la especie autóctona la puede diezmar.
– Por tener una mayor tasa de reproducción que la autóctona y ocupar los hábitats con mayor rapidez desplazándola.
– Por ser más voraz que la autóctona y competir por el alimento, pudiendo desplazarla también.

**c)** El visón americano, que desde el siglo pasado se ha extendido por España y Europa. Este pequeño mustélido se cría en granjas para comercializar su piel, pero bien por escapes o por sueltas intencionadas, se ha adaptado al medio asilvestrándose. Su presencia afecta negativamente a especies autóctonas como el visón europeo, al que desplaza de los hábitats, pues tiene un comportamiento más agresivo, llegando a atacarle.

La pitera (*Agave americana*) es una planta formada por una roseta de hojas grandes alargadas y carnosas que presentan espinas en su extremo. Fue introducida en España a finales del siglo XVI por los colonizadores españoles desde América central (este de México). Ejerce efectos negativos sobre las especies autóctonas de arenales costeros.

Las acacias y mimosas fueron traídas desde Australia y Tasmania en el siglo XIX y XX para ser utilizadas como plantas ornamentales en jardines y parques. A partir de ahí se han extendido y naturalizado en el medio. Pueden llegar a eliminar la vegetación autóctona por competición.

Existen más plantas invasoras que también tienen efectos negativos sobre la flora autóctona, como la margarita africana, la uña de gato, la opuntia cilíndrica…

En la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente se puede encontrar el catálogo de especies invasoras en España.

**64** Los *hotspots* pretenden conservar regiones de gran riqueza biológica que se encuentran especialmente amenazadas o en proceso de destrucción. Uno de los criterios para la constitución de estas regiones es que presenten una gran diversidad de plantas y de animales vertebrados.

**65** El *hotspot* formado por la cuenca mediterránea tiene una gran importancia biológica desde el punto de la biodiversidad y de las especies endémicas. Esta riqueza biológica ha sido posible gracias al particular clima mediterráneo y la orografía de la zona.

Los países que forman parte de este territorio son todos los de la cuenca mediterránea: España, Francia, Italia, Croacia, Albania, Grecia, Turquía, Chipre, Marruecos, Argelia, Túnez, Libia, Egipto, Siria, Líbano e Israel.

Esta zona presenta una gran riqueza de especies, 22 500 de plantas vasculares (11 700 endémicas) y 1 260 de animales vertebrados (217 endémicos), que se distribuyen de la siguiente manera: 226 mamíferos (25 endémicos), 489 aves (25 endémicas), 230 reptiles (77 endémicos), 79 anfibios (27 endémicos) y 216 peces (63 endémicos).

Este punto caliente, al estar situado alrededor de la cuenca mediterránea, que está densamente poblada, está siendo degradado a marchas forzadas, por lo que necesita que los Gobiernos tomen medidas de protección para evitar que continúe el deterioro.

Pág. 202

**CIENCIA EN TU VIDA**

**66** El lince ibérico es un felino algo mayor que un gato, que se encuentra en peligro de extinción.

Características físicas. A pesar de ser un pequeño felino, es más grande y más robusto que el gato. Su cola corta presenta un pequeño ensanchamiento negro en su extremo. Las orejas presentan en sus extremos unas prolongaciones o pinceles de pelos negros y rígidos. También es característica la presencia de dos prolongaciones de pelos negros que cuelgan de sus mejillas. Su coloración es pardo grisácea. Los machos son más grandes que las hembras y las prolongaciones de las orejas y las mejillas también son más largas.

Distribución. Se encuentra en áreas muy pequeñas y restringidas de España y Portugal, formadas por bosque mediterráneo. En la actualidad se conserva bien en Sierra Morena, los montes de Toledo y Doñana.

Alimentación. Su dieta la conforman principalmente los conejos, aunque también se alimenta de pequeños mamíferos como ratones y musarañas, y de perdices.

Reproducción. El lince es un animal de hábitos solitarios, que se relaciona con sus congéneres en la época de reproducción. El celo comienza en enero y febrero, y transcurren unos 62 días desde el apareamiento hasta el parto, que suele ser de dos crías. Suele vivir entre 10 y 15 años.

El lince ibérico es una especie amenazada porque en las últimas décadas la actividad humana ha fragmentado los hábitats donde vivía, hasta tal punto que ha acabado desapareciendo de muchos de ellos. Esto ha provocado que su población haya descendido tanto como para catalogarla en peligro de extinción. Además, la reducción de su principal presa, el conejo, por la enfermedad llamada mixomatosis, también le ha afectado. En Doñana existe otro problema, la muerte de linces por atropello. Para evitar su desaparición se han tomado medidas para conservar sus hábitats y se ha establecido un programa para reproducir el lince en cautividad para después soltarlos en su medio natural.

**67** El censo por fototrampeo es una técnica en la que se utilizan cámaras de fotos con sensores sensibles al movimiento, de tal manera que cuando el animal pasa por delante de ellas se dispara y realiza una foto. Estas cámaras se colocan estratégicamente distribuidas por el área en la que hay indicios de la presencia de los animales que se quieren censar, en este caso el lince, un mínimo de cuatro cámaras por territorio.

En el caso del lince este método se utiliza desde junio a enero, que es la época en la que las hembras van con los cachorros y son más fáciles de detectar.

**68** Las causas han sido:

– En las últimas décadas la actividad humana ha fragmentado los hábitats donde vivía, hasta tal punto que ha acabado por desaparecer de muchos de ellos. Esta ha sido la principal causa de su descenso en el siglo XX.
– La reducción de su principal presa, el conejo, por la enfermedad llamada mixomatosis.
– La muerte por atropellos al cruzar las vías por la que circulan los vehículos. Este problema se tiene sobre todo en Doñana.
– La caza furtiva.
– La muerte por cepos ilegales preparados para otras especies.
– La endogamia, ya que la reducción de las poblaciones deteriora la calidad genética y hace inviable su reproducción.

**69** Los beneficios de la conservación del lince son varios:

– Como animal que forma parte de un sistema con una compleja red trófica, si eliminamos al lince, los animales relacionados con él se verán afectados. Así, en el caso del conejo, si desaparece su principal depredador en esas zonas, crecerá desmesuradamente y se verán afectadas las plantas de las que se alimenta, incluso los cultivos.
– Por el simple y propio interés del animal.
– Porque habrá desaparecido, lamentablemente y para siempre, un animal interesante y bello.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

– Porque las nuevas generaciones no podrán observar al natural este interesante animal, lo tendrán que ver en reportajes por televisión o Internet.

**70** Los agentes forestales se dedican a vigilar desde sus observatorios elevados y a patrullar los montes, sobre todo las zonas de mayor interés biológico, para, entre otros motivos, evitar el furtivismo. Utilizan los vehículos para desplazarse. Tienen prismáticos para poder observar a lo lejos, incluso, de visión nocturna. Tienen herramientas tecnológicas para comunicarse entre ellos, y entre ellos y la base, tienen cámaras para fotografiar o grabar imágenes…

**71** R. L. Se trata de que el alumno, con la información que posee, y con imaginación, intente escribir un breve texto llamativo, interesante y sensible para concienciar a los posibles lectores de las tres redes sociales. Pueden acompañarse de fotografías que ayuden a su cometido.

**72** R. L. El informe dependerá de la especie que elija el alumno. Pero ha de seguir los siguientes pasos:

- Detección del problema que presenta la especie en concreto.
- Observación y toma de datos.
  - Estudio de la población sobre reproducción, alimentación y dinámica poblacional.
  - Definición y delimitación del área de distribución de la especie.
  - Identificación de las zonas críticas donde han desaparecido ejemplares, determinando sus posibles causas.
  - Censo de individuos mediante el mecanismo más adecuado para dicha especie.
- Obtención y organización de los resultados.
- Análisis de los resultados para esclarecer cuáles son las posibles causas que hacen que dicha especie esté amenazada.
- Acciones que se deben emprender para disminuir y eliminar las amenazas que se ciernen sobre la especie, para que se recupere y deje de tener el estatus de amenazada.

# UNIDAD 11. EVOLUCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS


**Introducción y recursos** . . . . . **433**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 434
- Previsión de dificultades . . . . . 435
- Esquema conceptual . . . . . 435
- Te recomendamos . . . . . 436

**Enseñanza individualizada** . . . . . **437**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 438
    - Ficha 1. Interpretación de un árbol filogenético . . . . . 438
  - Trabaja con imágenes . . . . . 439
    - Ficha 2. Árbol filogenético de los seres vivos según Margulis y Schwartz . 439
    - Ficha 3. Sistemas de clasificación y sus reinos según Whittaker, Margulis y Woese . . . . . 440
  - Trabajos de aula . . . . . 441
    - Ficha 4. Aportaciones modernas a la teoría de la evolución . . . . . 441
    - Ficha 5. Pruebas anatómicas: órganos homólogos y vestigiales . . . . . 442
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 444
    - Ficha 6. La isla de las especies . . . . . 444
    - Ficha 7. Deriva genética: peor solos que bien acompañados . . . . . 445

**Recursos para la evaluación** . . . . . **447**

- Autoevaluación . . . . . 449
- Evaluación de contenidos . . . . . 450
  - Controles . . . . . 450
    - Control B . . . . . 450
    - Control A . . . . . 452
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 454
- Evaluación por competencias . . . . . 458
  - Prueba . . . . . 458
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 460

**Solucionario** . . . . . **463**

# Introducción y recursos

# EVOLUCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

Las primeras señales de la vida sobre el planeta Tierra podrían alcanzar una antigüedad de 3 800 millones de años, si bien los primeros fósiles procedentes de Australia tienen unos 3 500 millones. Existe consenso en suponer que todos los organismos actuales descienden de un desconocido antecesor común, gracias al proceso de evolución biológica. Este proceso ha tenido grandes hitos, como es la aparición de células, sobre todo de las eucariotas, la gran explosión cámbrica o la gran extinción K-T.

La evolución sucede por tres mecanismos básicos: la selección natural, la mutación y la deriva genética. El producto final de estos tres procesos ha sido muchas veces la aparición de nuevas especies, cuyo éxito ha estado condicionado a su capacidad de adaptación.

La gran diversidad biológica certifica el éxito del proyecto de la vida. Desde los tiempos más remotos el ser humano, en su necesidad de entender la naturaleza, ha intentado clasificar a los seres vivos. En la Grecia clásica se producen los primeros intentos de los que tenemos noticia por parte de Aristóteles y de Teofrasto. Tras ellos hubo numerosos intentos pero no fue hasta 20 siglos después cuando se logró, gracias a los trabajos de Linneo, establecer un sistema racional de clasificación basado en el parentesco de las especies.

La teoría de la evolución enunciada por Darwin en el siglo XIX fundamentó los sistemas de clasificación. A partir de aquí y gracias al registro fósil, se construyeron los primeros árboles filogenéticos que relacionaban por parentesco los organismos pasados con los actuales.

La observación microscópica y la finura de los estudios anatómicos produjeron las primeras clasificaciones naturales y el establecimiento de las primeras filogenias globales. Desde finales del siglo XX, con el desarrollo de las técnicas de biología molecular se afinó mucho en el establecimiento del parentesco entre seres vivos, denominándose filogenia molecular a los procedimientos de clasificación que utilizan estas técnicas.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Todos los organismos sobre la Tierra tienen un origen común.<br>• La evolución biológica es uno de los fundamentos de la clasificación.<br>• Los sistemas de clasificación organizan la diversidad biológica.<br>• Los seres vivos están adaptados al medio en el que viven.<br>• La evolución biológica es responsable de la biodiversidad. |
| SABER HACER | • ¿Cómo se clasifican los seres vivos? |
| SABER SER | • Valorar la importancia de la biodiversidad.<br>• Reconocer la necesidad de clasificar a los seres vivos. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

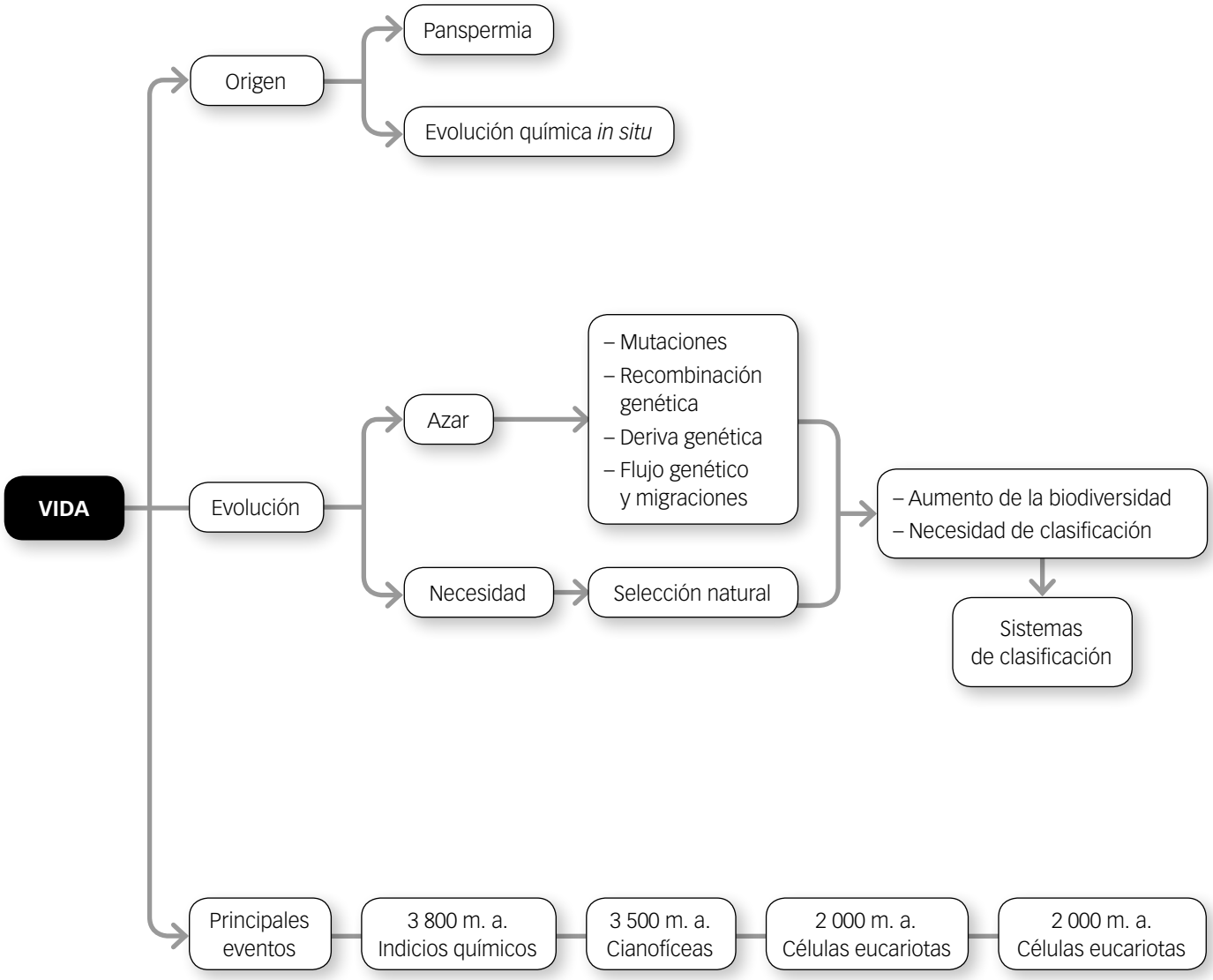
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

El establecimiento de las clasificaciones y filogenias se basa en criterios que normalmente derivan del estado del conocimiento científico en el momento en que se realiza. Para la Grecia clásica la clasificación de Aristóteles suponía una forma elegante de organizar el estudio de los seres vivos. Más adelante, cuando se dispuso de los recursos necesarios, las clasificaciones versaron sobre cuestiones de parentesco. Se deriva aquí un conocimiento necesario de la teoría de la evolución como fundamento de dichas clasificaciones. Conviene, por tanto, dedicar algún tiempo a plantear los elementos básicos de la teoría de la evolución, sin los cuales el estudio de las clasificaciones no va más allá de, como mucho, una actividad divertida.

Otra dificultad que surge cuando se plantean las clasificaciones de Woese y de Cavalier-Smith, y en grado menor la de Margulis, es la gran cantidad de organismos y grupos que, a buen seguro, resultan desconocidos para la mayor parte del alumnado. Si bien esta es una ocasión para presentar taxones nuevos que incrementen la cultura biológica de nuestro alumnado, también lo es para ejercitar la simplificación y presentar estos modelos con sus criterios y caracteres esenciales.

Hay que recordar, por último, que los ejercicios artificiales de clasificación pueden ser bastante útiles para clarificar qué es un criterio y cómo se usa.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Proyecto Biosfera**
Página oficial del INTEF Proyecto Biosfera.
Posibilidades de seleccionar diferentes contenidos del currículo de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *proyecto biosfera 1.º bachillerato*.

**EOL. Encyclopedia of Life**
Enciclopedia virtual promovida por E. O. Wilson, uno de los científicos de mayor prestigio en todo el mudo y apoyada entre otras por la Fundación Smithsonian, el Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard y el Laboratorio de Biología Marina de Woods Hole. Contiene información sobre todos los grupos biológicos del planeta.
Palabras clave: *EOL encyclopedia life.*

## LIBROS Y REVISTAS

***Vida. La Ciencia de la Biología***
**W. K. Purves, D. Sadava, G.H. Orians y H.C. Heller.**
Editorial Médica Panamericana, 2009.
Es un libro de biología que recoge todo lo esencial y al mismo tiempo los últimos conocimientos, incluido lo referente al genoma humano, expuestos con una gran claridad. Trata de despertar el interés del alumno por esta ciencia y por la investigación.

***Biología***
**Curtis, Barnes, Schnek, Massarini.** Editorial Médica Panamericana, 2008.
Libro que continúa la ya larga tradición de Curtis, muy bien presentado. Con recursos para el profesor y el alumno. Incluye esquemas de una claridad excepcional con textos que iluminan las ilustraciones. Muchas figuras son mixtas, fotografía e ilustración, lo que contribuye a aclarar, por ejemplo, la estructura celular. El texto lleva intercaladas con precisión las llamadas que referencian las figuras.

***Diario de viaje de un naturalista alrededor del mundo***
**C. Darwin.** Editorial Espasa Libros, 2008.
Impresiones y comentarios del célebre naturalista recogidos en la expedición del Beagle, realizada de 1831 a 1836 por América del Sur, Australia y las islas Galápagos. En este libro Darwin describió numerosos animales, plantas, costumbres de nativos, comportamientos animales e incluso ciudades y poblados.

***El origen de las especies***
**C. Darwin.** Editorial El País, 2010.
Una de las cumbres de la ciencia contemporánea y el punto de partida de la biología evolucionista. Su título completo es una descripción exacta de su contenido: *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural o la preservación de especies favorecidas en la lucha por la vida.*

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***La pesadilla de Darwin***
Documental sobre los desastrosos efectos biológicos y sociales que supone la alteración de un ecosistema.

***Génesis***
Documental sobre el origen de la vida y del universo según las tradiciones de una tribu africana.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Interpretación de un árbol filogenético

Interpreta el árbol filogenético de la figura, ten en cuenta que cada una de las letras representa un taxón de seres emparentados con los demás.

a) ¿Qué unidades debería haber en los ejes?

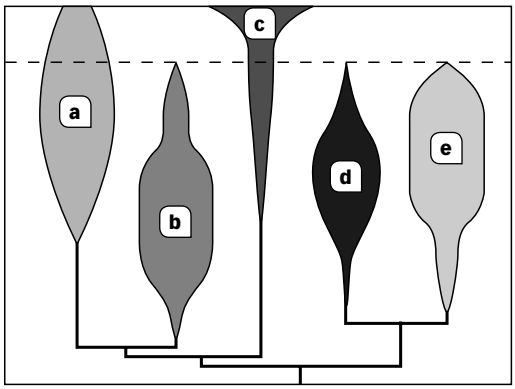
b) ¿Qué significado tienen las bifurcaciones?

c) ¿Qué significan los diferentes grosores de cada taxón?

d) ¿Qué ocurre a la altura de la línea de trazos?

e) ¿Qué taxones podrías encontrar en la actualidad?

f) ¿Qué taxón es el más abundante en la actualidad? ¿Cuál es el más escaso?




Como sabes, un árbol filogenético o dendrograma es una representación gráfica de las relaciones de parentesco entre diversos grupos o taxones. Estas representaciones pueden tener muchas formas dependiendo de lo que se quiera representar, unas tienen forma de verdadero árbol con sus ramas, pero otras son esquemáticas, de líneas rectas que obligan a realizar una abstracción para su interpretación. Estas últimas son muy utilizadas porque muestran más información. Este caso es uno de ellos.

Las preguntas que te hacen son de gran ayuda para su interpretación, están pensadas para que mires el gráfico empezando por abajo y termines en la parte superior. En este caso, es aconsejable que las contestes por orden.

**a)** En el eje de ordenadas debe haber años o millones de años. Representa el paso del tiempo y, generalmente, la parte superior es la actualidad. El eje de abscisas solo es una referencia para situar al comienzo del estudio.

**b)** Cada bifurcación representa una diversificación del taxón anterior. La primera bifurcación nos indica el antepasado común a todos los taxones representados en dos grandes grupos (*a*, *b*, *c*) y (*d*, *e*). Más adelante se bifurcan de nuevo (*a*, *b* y *c*) y (*d*, *e*), y por último, los cinco quedan separados. La altura de cada bifurcación indica cuándo se diversificó el taxón.

**c)** Los taxones se representan como barras verticales de grosores variables. Esto significa que se conoce en cada momento la abundancia de ese taxón. Las zonas más anchas indican gran abundancia, mientras que las estrechas muestran épocas de reducida presencia en la biosfera. Si una barra desaparece significa que el taxón se ha extinguido, si queda reducida a una línea es que su abundancia es mínima, y si se ensancha es que su crecimiento es espectacular.

**d)** En la línea de trazos se puede ver que dos taxones se extinguen (*d* y *e*), mientras que otro (*b*) queda reducido drásticamente, pero no desaparece. Las extinciones suelen ocurrir en varios taxones a la vez, debido a que sufren la misma presión ambiental.

**e)** Solo encontraremos los taxones *a*, *b* y *c*. Podemos decir que todos los seres que se hallan hoy en día sobre el planeta son el resultado evolutivo de los que han superado varios eventos de extinción.

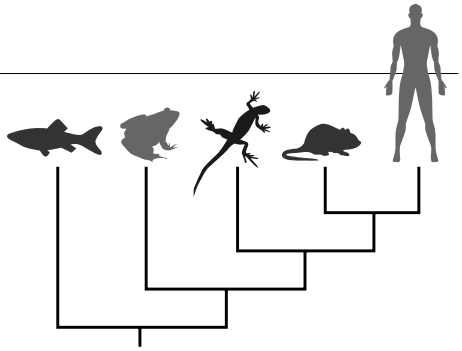
**f)** El taxón más abundante es, sin duda, el *c*, ya que su anchura es la mayor de todas en la línea superior. Por otro lado, el taxón *b* es el más escaso. Podríamos decir que ha superado el trance de la extinción de *d* y *e*, pero ha quedado reducido a pocos ejemplares. Cuando desaparecen los que competían con él, el taxón superviviente campa a sus anchas mientras los recursos se lo permitan y proliferen.

## PRACTICA

**1** Interpreta el árbol filogenético de los vertebrados que se muestra en la imagen.

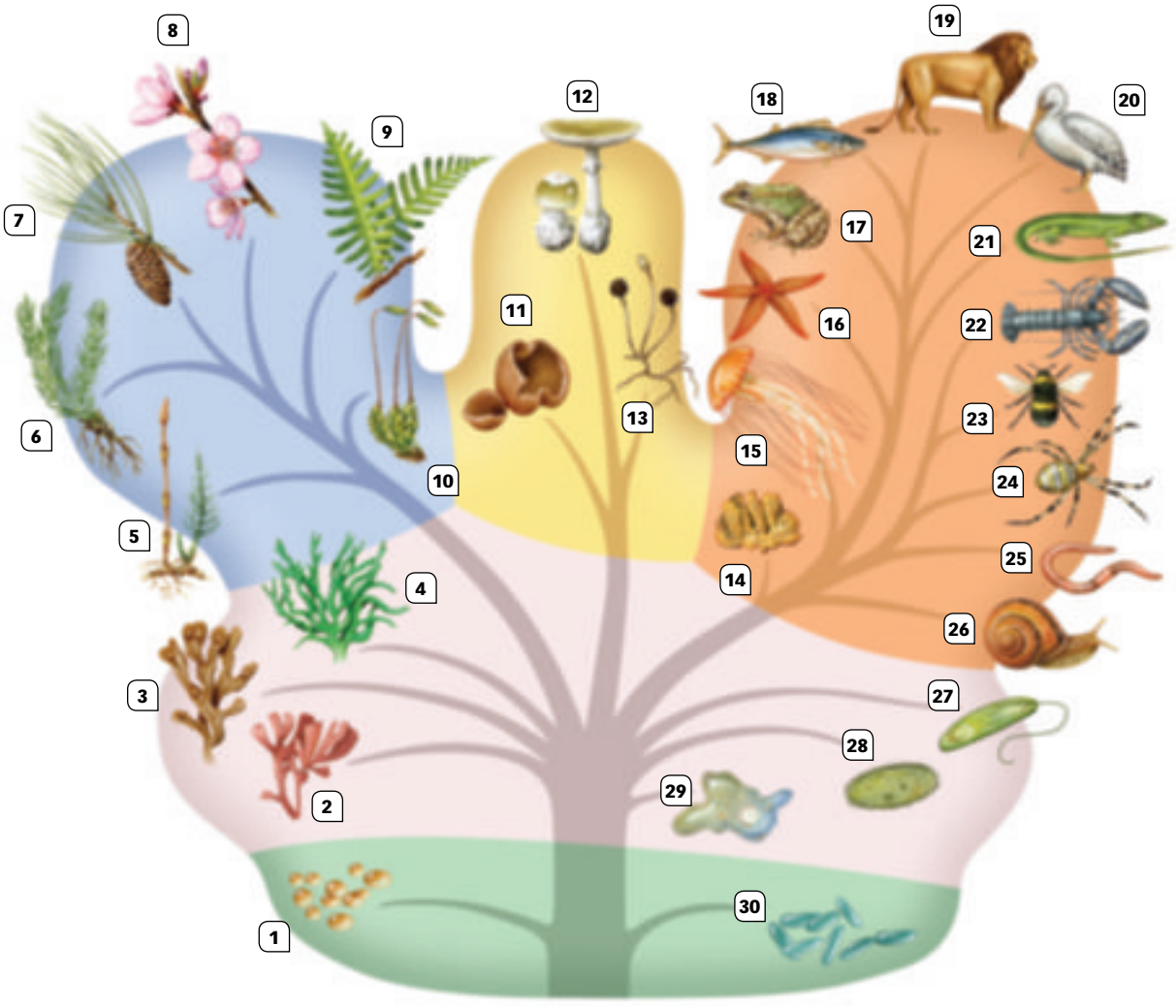
**2** Responde: ¿quién tiene más semejanza con el reptil: el pez o el anfibio?, ¿qué forma hipotética tendría el individuo de la primera bifurcación?, ¿donde colocarías a los dinosaurios?, ¿y a las aves?

**3** Dibuja de nuevo el esquema añadiendo las aves y los dinosaurios.



 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Árbol filogenético de los seres vivos según Margulis y Schwartz




## ACTIVIDADES

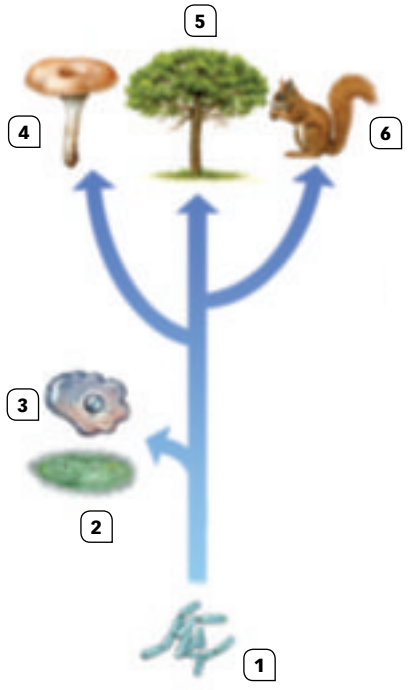
**1** El dibujo superior aparece divido en cinco sectores o reinos. Pon el nombre que corresponda a cada uno de ellos.

**2** Señala las principales características de cada uno de los reinos.

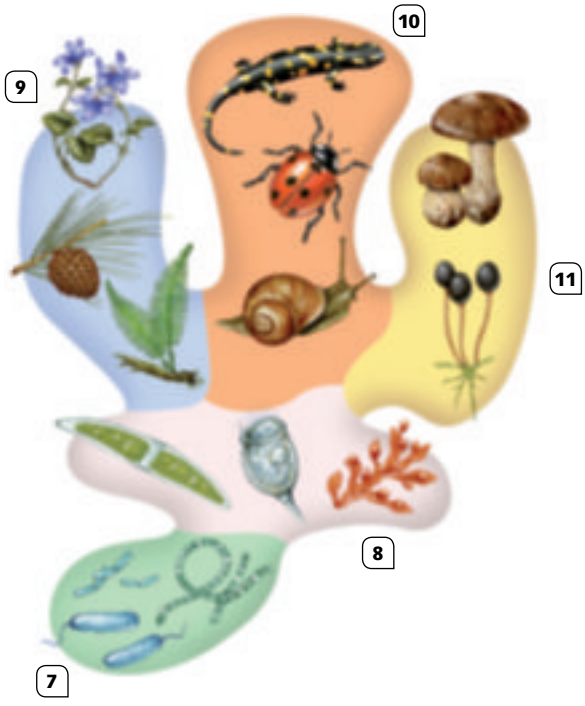
**3** Rellena las etiquetas con los nombres de los seres vivos correspondientes.

**4** Sitúa en el reino correspondiente los siguientes organismos: levadura, tiburón, serpiente, escorpión, abeto, geranio, musgo, helecho, alga unicelular, alga pluricelular, champiñón, moho del pan, protozoo de la malaria, bacteria de la tuberculosis y cianofícea.

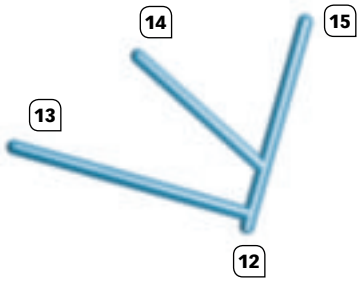
# Sistemas de clasificación y sus reinos según Whittaker, Margulis y Woese




**Clasificación de Whittaker**




**Clasificación de Margulis y Schwartz**




**Clasificación de Woese**

## ACTIVIDADES

**1** Señala las analogías y diferencias entre los sistemas de clasificación de Whittaker, Margulis y Woese.

**2** Pon los nombres correspondientes a los grandes grupos de organismos representados.

**3** Indica para cada una de las clasificaciones en qué grupos estarían incluidos: algas verdes pluricelulares, cianofíceas, bacterias termófilas, gaviotas, naranjo y boletus.

**4** La clasificación de Woese utilizó criterios muy diferentes a los de las clasificaciones de Whittaker y Margulis. ¿Cuáles fueron estos criterios?

**5** ¿Conoces alguna clasificación moderna diferente de las arriba indicadas? Indica cuáles son sus grandes grupos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Aportaciones modernas a la teoría de la evolución

## La teoría del equilibrio puntuado

En el registro fósil muchas veces se observan claros ejemplos de transformaciones graduales. Este tipo de evolución es interpretado por el neodarwinismo, siguiendo el llamado modelo del *gradualismo filético*, según el cual: 1. Todas las sucesivas especies forman una sola línea evolutiva a partir de la especie ancestral; 2. La transformación es lenta y continua; 3. La transformación se produce en toda la población.

En muchos lugares, en cambio, se observa que tras unas formas fosilizadas siguen otras completamente distintas, sin restos de formas intermedias. Estos saltos, que representan la desaparición brusca de las especies preexistentes y la aparición súbita de las especies siguientes, no quedan explicados por el modelo del gradualismo filético.

Con la intención de dar una explicación plausible a esta situación, los paleontólogos estadounidenses N. Eldredge y S. Gould expusieron en 1972 la *teoría del equilibrio puntuado*. Esta teoría se basa en que una pequeña población de la especie ancestral quedó aislada del resto y, por tanto, evolucionó de forma diferente hasta una nueva especie. Posteriormente, dicha especie regresó al área inicial y alcanzó una gran abundancia. Varias circunstancias pueden explicar su posterior hegemonía: a) que un cambio en las condiciones ambientales en el área inicial hubiera producido la extinción súbita de la especie ancestral; b) que la presión de la selección natural hubiera sido más alta en la zona ocupada por la población pequeña y hubiera provocado en ella la consecución más rápida de adaptaciones ventajosas; o c) que la selección natural hubiese actuado en otra dirección y la especie se hubiese adaptado a alimentarse de forma diferente, con lo que no competiría con la inicial si se encontraran de nuevo. Dado que el área donde se habrían sucedido las formas intermedias es muy pequeña, queda justificado por qué no se han encontrado fósiles de las mismas.

La teoría del equilibrio puntuado se diferencia, pues, del modelo del gradualismo filético en los siguientes puntos: 1. Las sucesivas especies no se forman siguiendo una línea evolutiva a partir de la especie ancestral, sino siguiendo dos o más líneas; 2. En la transformación se alternan etapas muy lentas o sin cambios, denominadas de *estasis*, con etapas de transformación muy rápida, llamadas de *especiación*; 3. La transformación hasta la nueva especie no se produce en toda el área inicial, sino en una área reducida donde ha quedado aislada una pequeña subpoblación.

## Captando genomas

Margulis, en su obra *Captando genomas*, relata las investigaciones del científico N. Eldredge y afirma: «Estudió con ahínco (registros fósiles) colecciones enteras de trilobites cámbricos primorosamente conservados, en busca de transiciones graduales de una especie a sus especies descendientes. Tanto en Marruecos como en el Estado de Nueva York, peinó cuidadosamente los sedimentos en secuencias estratigráficas. Halló, de capa en capa, algunas variaciones en el tamaño y en la forma del caparazón, pero en ningún caso encontró una tendencia clara que indicara una lenta transición entre una especie y otra. Más bien, parecía que la presencia de la misma especie proseguía, con pequeñas variaciones aleatorias, a lo largo de 800 000 años. De repente, aparecía otra, que superaba a la anterior en 1,3 millones de años. La búsqueda de formas intermedias y de cambio evolutivo gradual entre ambas demostró ser siempre fútil. Las rocas sedimentarias en las que duermen los gloriosos registros fósiles no mienten ni engañan».

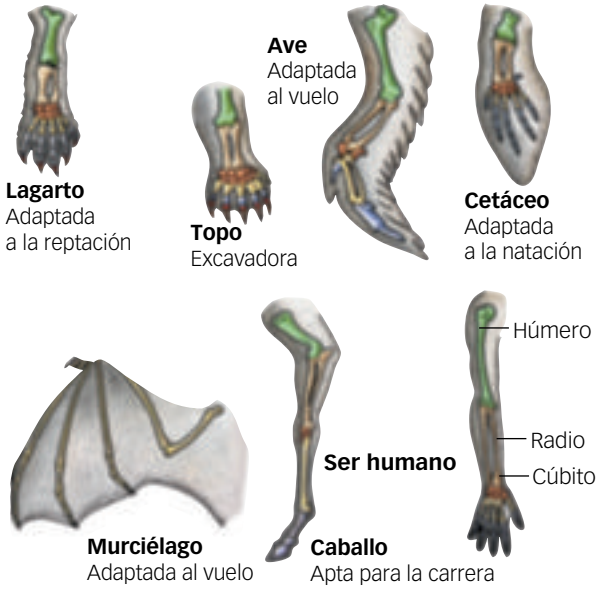
## ACTIVIDADES

1. Explica brevemente en qué consisten las teorías del gradualismo filético y del equilibrio puntuado.
2. ¿Cuál de las dos teorías confirma el relato de Margulis?
3. Gould es uno de los padres de la teoría del equilibrio puntuado. Busca información sobre los organismos acerca de los que desarrolló sus investigaciones y las conclusiones a las que llegó.

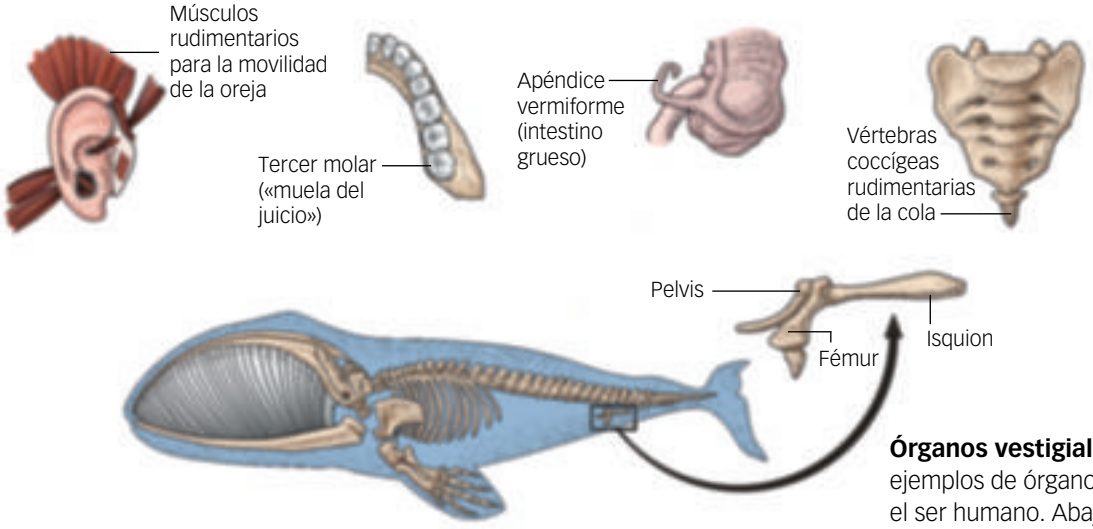
# Pruebas anatómicas: órganos homólogos y vestigiales

Las pruebas anatómicas se basan en los llamados órganos homólogos, que son aquellos que tienen un mismo origen embriológico y, por ello, la misma estructura interna, pero cuya forma externa y función pueden ser diferentes. Por ejemplo, las extremidades anteriores de un caballo, un topo, una ballena, un murciélago y una persona, a pesar de ser tan diferentes, todas ellas tienen internamente un hueso largo (húmero), seguido de dos huesos alargados (cúbito y radio) y de una serie de huesos pequeños (carpos y falanges), lo que se denomina estructura de «quiridio». Esta semejanza no tiene explicación si las especies no están emparentadas y sí la tiene si se considera que todas las especies proceden de un antepasado común mediante una evolución divergente, al adaptarse a galopar, excavar, nadar, volar o asir objetos, respectivamente.

Otros órganos que también se utilizan como prueba de la teoría evolucionista son los llamados órganos vestigiales. Estos son órganos superfluos, sin función específica, y cuya extirpación no conlleva una disminución en la aptitud del individuo. Por ejemplo, son órganos vestigiales del ser humano: las muelas del juicio, el apéndice vermiforme, el pelo en el dorso y en el pecho y el pequeño coxis, formado por varios huesos soldados. Su presencia no queda bien explicada por creación, pero sí por la teoría evolutiva si se considera que son órganos residuales que probablemente tuvieron importancia en los organismos predecesores, pero que en los organismos actuales se encuentran reducidos y en desuso. Así, si las especies antecesoras a la humana tuvieron una alimentación básicamente vegetariana, precisarían más molares y un intestino grueso con un apéndice más amplio; si vivieron en zonas boscosas, precisarían un cierto pelaje, dada su función protectora frente a golpes, rasguños, parásitos, cambios térmicos, etc.; y si vivieron en las copas de los árboles, podrían haber precisado tener una cola formada por varios huesos alargados.




**Órganos homólogos.** Las extremidades de los vertebrados responden a un mismo patrón estructural originario, aunque la adaptación a diferentes medios ha causado diferencias muy importantes entre ellas. Son un ejemplo de evolución divergente a partir de un antepasado común.




**Órganos vestigiales.** Arriba, cuatro ejemplos de órganos vestigiales en el ser humano. Abajo, extremidades posteriores atrofiadas en una ballena.

## ACTIVIDADES

1. Define órganos análogos y homólogos. Cita un ejemplo de cada uno.

2. ¿Qué son órganos vestigiales? ¿Conoces algún organo vestigial en el ser humano? ¿Y en el perro?

3. ¿Qué órganos serán más interesantes para estudiar la evolución: los homólogos, los análogos o los vestigiales?

4. ¿Qué órganos se pareceran más en las primeras fases embrionarias: los análogos o los homólogos?

5. De las siguientes parejas de órganos indica cuáles son homólogos y cuáles no lo son: ala de libélula y ala de mosca; ala de libélula y ala de murciélago; ala de murciélago y extremidad superior humana; cuerno de rinoceronte y cuerno de escarabajo de San Juan; aleta de ballena y aleta de pez.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## La isla de las especies

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Estudia el proceso de especiación que tiene lugar en las islas.

**Otras investigaciones sugeridas**

- La insularidad. Las islas como barreras geográficas y genéticas. La especiación en Madagascar, en isla Mauricio y en Australia.
- Los pinzones de Darwin: ejemplos e importancia para el establecimiento de la teoría de la evolución.

**Fuentes de la investigación**

- *Rescate en Madagascar*. Gerald Durrell. Alianza editorial, 2010.
- *Viaje a Australia, Nueva Zelanda y Malasia*. Gerald Durrell. Alianza Editorial, 2005.

**Realización.** Un equipo de cinco estudiantes para los carteles. Otro para dirigir y coordinar las tertulias.

**Duración de la elaboración.** Una o dos semanas.

**Presentación.** Exposición con carteles de gran formato. Resumen del trabajo para colgar en la plataforma del centro. Lectura dialógica de alguno de los libros recomendados.

### TEN EN CUENTA QUE

La observación científica que hizo Darwin en las islas volcánicas del archipiélago de las Galápagos de las diferentes especies de pinzones fue uno de los hechos que llevó al genial científico a establecer su teoría evolutiva por medio de la selección natural.

La isla de Madagascar se separó de África (durante la fragmentación de Pangea) en el Cretácico, al final del Mesozoico. Desde entonces las poblaciones del continente y de la isla no han tenido contacto, por lo que no ha habido intercambio genético entre ellas y han evolucionado separadamente.

Australia también se separó de Pangea durante el Cretácico, hace unos 140 millones de años, produciéndose una separación genética del resto de las tierras que formaban el supercontinente. La fauna australiana es un resultado singular de la evolución en ese continente.

### LO QUE DEBES SABER

- **Especiación alopátrida o alopátrica:** aquella que se produce por aislamiento geográfico.
- **Pinzón:** nombre común de varias especies de pájaros del género *Geospiza*.
- **Pangea:** supercontinente que agrupaba todas las tierras emergidas al final de la era paleozoica.
- **Lemures:** primates endémicos de la isla de Madagascar.
- **Marsupiales:** mamíferos que completan parte de su desarrollo en una bolsa o marsupio, que posee glándulas mamarias. Se encuentran en el continente australiano y en Sudamérica.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Deriva genética: peor solos que bien acompañados

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Estudia la deriva genética, uno de los motores de la evolución.

**Otras investigaciones sugeridas**

Qué es la deriva genética. Ejemplos de deriva genética. Principios básicos de la genética de poblaciones. Qué entendemos por frecuencia génica. El efecto fundador y el efecto cuello de botella. Importancia y extensión de la deriva genética en los procesos evolutivos.

**Fuentes de la investigación**

- *Vida. La Ciencia de la Biología*. VV. AA. Ed. Médica Panamericana, 2009.
- «La genética de los chuetas mallorquines». *Investigación y Ciencia*, septiembre 1995.
- *Biología*. N. Campbell, J. Reece. Ed. Médica Panamericana, 2007.
- *Biología*. S. Barnes; E. Curtis; A. Schnek y A Massarini. Ed. Panamericana, 2008.

**Realización.** Un equipo de tres estudiantes, muy motivados.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

**Presentación.** Diapositivas acompañadas de un informe explicativo.

### TEN EN CUENTA QUE

El elefante marino del norte tiene actualmente una variabilidad genética bajísima debido a la deriva genética. Cazado salvajemente, la especie quedó reducida a una veintena de individuos al final del siglo XIX.

Teniendo en cuenta que un solo macho se aparea con varias hembras, es muy probable que todos los elefantes marinos actuales desciendan de ese macho.

Billy Redden, el niño prodigio de extraños rasgos de la escena del «duelo de banjos», era presentado en la película *Deliverance* como un caso de anormalidad en una región remota y aislada.

La deriva genética se manifiesta en la base de algunos casos reales, semejantes al mostrado en la película, en poblaciones aisladas cuyo colectivo es muy bajo, con un elevado grado de endogamia.

### LO QUE DEBES SABER

- **Deriva genética:** uno de los motores de la evolución que produce un cambio al azar en el porcentaje de los alelos en pocas generaciones.
- **Alelo:** una de las formas en las que se puede presentar un gen.
- **Efecto fundador:** situación en que unos pocos individuos comienzan una etapa de reproducción en un lugar aislado de la población a la que pertenecen.
- **Cuello de botella:** disminución drástica del número de individuos de una población. Favorece la actuación de la deriva genética.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 11 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** El antecesor común es el organismo:

- ☐ **a.** Hipotético, del que descienden todos los seres vivos.
- ☐ **b.** Encontrado como fósil, del que descienden todos los seres vivos.
- ☐ **c.** Hipotético, del que descienden todas las bacterias.
- ☐ **d.** Hipotético, del que descienden los animales y las plantas.

**2** La teoría de la panspermia defiende:

- ☐ **a.** Que la vida se formó en el mar.
- ☐ **b.** Que los primeros seres vivos llegaron del espacio exterior.
- ☐ **c.** Que la vida se formó en charcas.
- ☐ **d.** Que los primeros seres vivos se originaron a partir de la materia que aportaron los meteoritos.

**3** Las células eucariotas:

- ☐ **a.** Vinieron del espacio exterior tal como son ahora.
- ☐ **b.** Vinieron del espacio exterior como estructuras más complicadas y luego se simplificaron.
- ☐ **c.** Se formaron como estructuras simples que crecieron y englobaron otras más pequeñas.
- ☐ **d.** Se formaron por sucesivas divisiones de unas estructuras mucho mayores.

**4** La gran explosión cámbrica:

- ☐ **a.** Se produjo por la caída de un enorme meteorito que mató a muchos seres vivos.
- ☐ **b.** Se produjo por la erupción de un supervolcán que mató a muchos seres vivos.
- ☐ **c.** Tuvo lugar por un gran terremoto que trastocó toda la estructura del planeta.
- ☐ **d.** Fue una explosión de formas de vida. Surgieron en la Tierra todos los grupos de invertebrados.

**5** Según la evolución por selección natural:

- ☐ **a.** Se producen descendientes cuya naturaleza genética es algo distinta de sus progenitores.
- ☐ **b.** Todos los descendientes a través de generaciones se mantienen idénticos.
- ☐ **c.** Los descendientes que cambian son eliminados.
- ☐ **d.** Solo sobreviven los descendientes que cambian.

**6** Los mecanismos básicos de la evolución por selección natural son:

- ☐ **a.** Mutaciones, deriva genética y coordinación.
- ☐ **b.** Mutaciones, deriva genética y selección natural.
- ☐ **c.** Deriva genética, recombinación y mutación.
- ☐ **d.** Selección natural, recombinación y percepción.

**7** Las adaptaciones son:

- ☐ **a.** Cambios heredables para aprovechar mejor las condiciones del entorno natural.
- ☐ **b.** Cambios no heredables para aprovechar mejor las condiciones del entorno natural.
- ☐ **c.** Los cambios que producen los seres vivos en el medio ambiente en el que viven.
- ☐ **d.** El número de especies distintas en una población.

**8** El nicho ecológico es:

- ☐ **a.** El lugar físico donde vive una especie.
- ☐ **b.** El lugar físico donde pasan el invierno las especies migratorias.
- ☐ **c.** El papel o función que desempeña una especie en el ecosistema.
- ☐ **d.** Las adaptaciones de una especie para resguardarse de las temperaturas extremas.

**9** Órganos homólogos son aquellos que:

- ☐ **a.** Tienen igual función pero origen diferente.
- ☐ **b.** Se corresponden con las extremidades posteriores de los animales terrestres.
- ☐ **c.** Intervienen en la reproducción.
- ☐ **d.** Tienen un origen evolutivo común aunque su aspecto puede ser diferente.

**10** Según la clasificación de Margulis, los seres vivos se dividen en:

- ☐ **a.** Reino Animal, reino Vegetal y reino Mineral.
- ☐ **b.** Reino Animal, reino Plantas, reino Hongos, reino Protoctistas y reino Moneras.
- ☐ **c.** Reino Animal, reino Vegetal y reino Microbios.
- ☐ **d.** Dominio Bacterias, dominio Archaea y dominio Eucaria.

SOLUCIONES

**1** a, **2** b, **3** c, **4** d, **5** a, **6** b, **7** a, **8** c, **9** d, **10** b

# 11 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: _____ Curso: _____ Fecha: _____

**1** ¿Qué se entiende por «antecesor común»?

**2** En el origen de la célula eucariota interviniveron diferentes células. Indica su nombre y describe brevemente de qué forma participaron.

**3** Completa la siguiente frase:

La _____ biológica es un proceso natural basado en el cambio de los _____ _____ a lo largo del tiempo. Existen diferentes modelos teóricos para explicar los procesos _____, siendo la evolución por _____ _____ el más conocido y estudiado. La idea central de la evolución por _____ _____ es la _____ con modificación.

**4** La principal fuente de variación en el modelo de evolución por selección natural son las mutaciones. Explica qué son y qué producen.

**5** ¿Qué son las barreras reproductivas? ¿Qué consecuencias pueden tener?

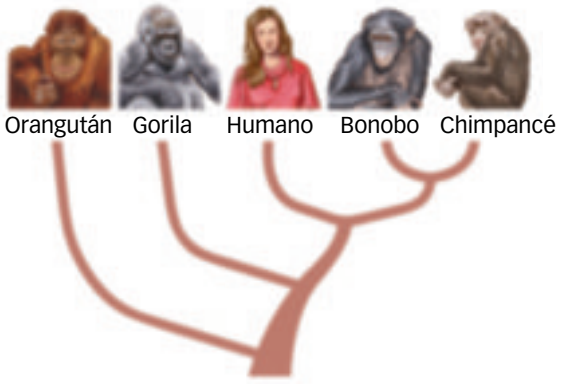
**6** ¿Qué es una adaptación? Cita alguna adaptación de las aves que tiene que ver con el tipo de nutrición y explícala.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**7** ¿Qué sentido biológico tiene que muchas plantitas herbáceas que viven en zonas arenosas tengan raíces que miden varios metros? Cita adaptaciones de las hojas, tallos y raíces de plantas que viven en zonas secas.

**8** El nombre científico del ser humano es *Homo sapiens*, el del cerdo, *Sus scrofa domestica* y el del rosal, *Rosa canina*. ¿A quién se debe esta forma de nombrar a los seres vivos? ¿Cómo se llama este sistema de nomenclatura? Cualquier buen estudiante de la Unión Europea, ¿sabría de qué estamos hablando? ¿Y si es un buen estudiante chino?

**9** El dibujo adjunto representa a un grupo de organismos biológicamente relacionados. ¿Cómo se llama esa figura en forma de árbol? Si la proximidad de las ramas indicara grado de parentesco, ¿cuál sería el pariente más cercano del chimpancé? ¿Y el más lejano? Según el árbol, ¿de qué primate estamos más cercanos, del gorila o del orangután?




**10** Margulis divide los seres vivos en cinco grupos: animales, hongos, plantas, protoctistas y moneras. ¿Cuál es el nombre genérico de esos grupos? Asigna a cada uno de ellos los siguientes seres vivos: alga laminaria, champiñón, abeto, bonito del norte, bacilo de la tuberculosis, cianobacteria, medusa, paramecio, lechuga y moho del pan.

# 11 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Los científicos reconocen dos posibles teorías para explicar el origen de la vida. ¿Cuáles son? Explícalas.

**2** Explica cómo pudo ser el origen de la célula eucariota.

**3** ¿Qué es la evolución biológica? ¿Qué se entiende por descendencia con modificación?

**4** ¿Cuáles son las fuentes de variación en el modelo por selección natural? Enuméralas y explícalas brevemente.

**5** Diferencia entre especiación alopátrida y simpátrida. Cita algún ejemplo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

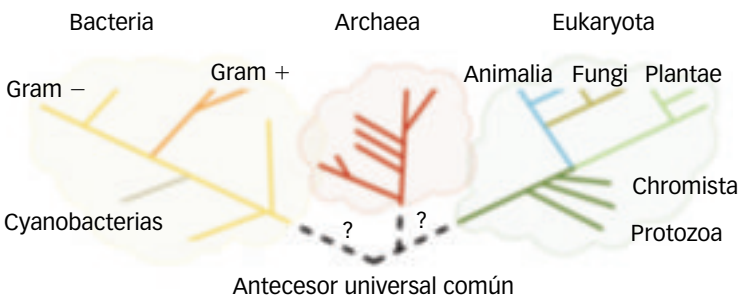
**6** Los murciélagos, los topos y, en general, los animales que viven en cuevas o en el subsuelo tienen muy poco desarrollado el sentido de la vista. ¿Qué nombre general recibe esta particularidad? Explica por qué se produce. ¿Qué otros sentidos es posible que hayan desarrollado?

**7** ¿Qué adaptaciones presentan las plantas que viven en zonas arenosas? ¿Y las que viven en tierras salinas?

**8** Explica en qué consiste el sistema binomial de nomenclatura y a quién se lo debemos.

**9** Dibuja un esquema de la clasificación de Margulis, pon nombre a los cinco reinos que lo forman e indica dos seres vivos para cada uno de los reinos.

**10** Explica lo que representa el esquema adjunto. ¿Quién es su autor? ¿En cuál de los tres grandes grupos que aparecen incluirías al perro?



# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B4-2.** Interpretar los sistemas de clasificación y nomenclatura de los seres vivos. | **B4-2.1.** Conoce y utiliza claves dicotómicas u otros medios para la identificación y clasificación de diferentes especies de animales y plantas. | 8 | 8 |
| **B4-4.** Conocer las características de los tres dominios y los cinco reinos en los que se clasifican los seres vivos. | **B4-4.1.** Reconoce los tres dominios y los cinco reinos en los que se agrupan los seres vivos. | 10 | 9 y 10 |
| **B4-9.** Relacionar la biodiversidad con el proceso evolutivo. | **B4-9.1.** Relaciona la biodiversidad con el proceso de formación de especies mediante cambios evolutivos.<br>**B4-9.2.** Identifica el proceso de selección natural y la variabilidad individual como factores clave en el aumento de biodiversidad. | 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 9 | 1, 2, 3 y 4 |
| **B4-10.** Describir el proceso de especiación y enumerar los factores que lo condicionan. | **B4-10.1.** Enumera las fases de la especiación.<br>**B4-10.2.** Identifica los factores que favorecen la especiación. | 6, 7 y 9 | 5, 6 y 7 |

**Control B**

**1** El «antecesor común» es el primer ser vivo que surgió en la Tierra del que descienden todos los organismos conocidos como resultado de la evolución biológica.

**2** El proceso pudo iniciarse a partir de una célula sin pared celular cuyo material genético quedó confinado dentro de una membrana. A lo largo del proceso se producirían diversas asociaciones simbióticas: primero con bacterias espiroquetas, a partir de las cuales pudieron desarrollarse los flagelos; en un segundo paso, con bacterias aerobias, capaces de respirar oxígeno, que darían lugar a las mitocondrias; por último, con bacterias fotosintéticas, que darían lugar a los cloroplastos.

**3** La evolución biológica es un proceso natural basado en el cambio de los seres vivos a lo largo del tiempo. Existen diferentes modelos teóricos para explicar los procesos evolutivos, siendo la evolución por selección natural el más conocido y estudiado. La idea central de la evolución por selección natural es la descendencia con modificación.

**4** Las mutaciones son alteraciones en el material genético. Pueden ser de diversos tipos (cambio de un nucleótido por otro, alteraciones en fragmentos del ADN o incluso en el número de cromosomas) y deberse a diferentes causas (por radiaciones, por agentes químicos, por fallos en el proceso de replicación, etc.).

La mayoría de las mutaciones producen nuevas variantes de genes, conocidas como alelos. Estas pueden tener efectos sobre el fenotipo de los individuos. Cuando estos efectos aportan un beneficio y mejoran las posibilidades de llegar a reproducirse, estas mutaciones pueden transmitirse a la descendencia. Por el contrario, aquellas que perjudiquen al individuo hasta el punto de reducir sus posibilidades de tener descendencia, no llegarán a transmitirse.

**5** Las barreras reproductivas son los mecanismos que impiden que los individuos de dos especies diferentes puedan aparearse dando descendencia fértil. Cuando estas barreras se producen entre dos poblaciones de la misma especie propician que, con el paso del tiempo, los cambios genéticos produzcan las suficientes diferencias biológicas como para que los individuos no puedan llegar a tener descendencia fértil. Por ello, la condición principal para la formación de nuevas especies es el aislamiento reproductivo, que impide el flujo de genes entre poblaciones de una misma especie.

**6** Una adaptación es una característica o un conjunto de características que confieren al organismo una ventaja para vivir en un determinado medio y poder reproducirse y tener descendencia.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

En las aves la forma del pico está adaptada al tipo de alimentación y la forma en la que consiguen el alimento. Las aves granívoras tienen un pico robusto, las aves rapaces lo tienen curvado con la punta en forma de puñal, las limícolas aplanado y en forma de cuchara, etc.

**7** Es una adaptación para sobrevivir en una zona arenosa y seca. En climas secos, las plantas presentan hojas pequeñas que pueden llegar incluso a reducirse a espinas para evitar la pérdida de agua, tallos carnosos que almacenan agua y largas raíces poco profundas para captar mejor el agua.

**8** El sistema binomial de nomenclatura de los seres vivos se debe a Carl von Linneo. Este sistema considera como unidad básica de clasificación la especie y le asigna un nombre único compuesto por dos palabras (de raíz griega o latina): el nombre genérico (en mayúscula) seguido del epíteto específico (en minúscula). Este nombre científico es universal, común a todos los idiomas.

**9** Es un árbol filogenético o dendrograma. Estos gráficos representan las relaciones naturales de parentesco entre los diferentes organismos, que se agrupan atendiendo a las características que los relacionan con su antecesor común.

El pariente más cercano al chimpancé es el bonobo y el más lejano, el orangután. El ser humano está más cercano del gorila que del orangután.

**10** El nombre genérico de esos cinco grupos es el de reinos.

Reino Plantas: abeto y lechuga; Reino Animales: sardina y medusa; Reino Hongos: champiñón y moho del pan; Reino Protoctistas: alga laminaria y paramecio; Reino Moneras: bacilo de la tuberculosis y cianobacteria.

## Control A

**1** Las dos posibles teorías para explicar el origen de la vida en la Tierra son: la primera, la más apoyada, explica que se originó en el propio planeta, como consecuencia de la evolución química; la segunda teoría, la panspermia, defiende que los primeros seres vivos llegaron del espacio exterior traídos por los meteoritos.

**2** Las primeras células fueron procariotas y el primer paso evolutivo fue la pérdida de la pared celular. Luego, la célula aumentó de tamaño y su membrana se replegó para aumentar la superficie de absorción, desarrollando su capacidad fagocítica. Se formaron vesículas internas y el ADN quedó dentro de una de ellas, constituyendo el precursor del núcleo. Dicha célula primitiva estableció una relación simbiótica con una espiroqueta y se formaron los flagelos. Más adelante, las primitivas células con núcleo y flageladas fagocitarían bacterias aerobias capaces de obtener energía realizando respiración celular. Algunas pudieron acomodarse a la vida en el interior de la célula huésped mediante una relación endosimbiótica, convirtiéndose en las actuales mitocondrias. Finalmente, algunas de estas células eucariotas, portadoras de mitocondrias, fagocitaron cianobacterias que acabaron dando lugar a los cloroplastos.

**3** La evolución biológica es un proceso natural basado en el cambio de los seres vivos a lo largo del tiempo y es la responsable de la biodiversidad actual. Existen diferentes modelos teóricos para explicar los procesos evolutivos, siendo la evolución por selección natural el más conocido y estudiado. La idea central de la evolución por selección natural es la descendencia con modificación, es decir, que los descendientes no son réplicas exactas de los progenitores y que la naturaleza de sus diferencias es esencialmente genética.

**4** Son las mutaciones y la recombinación genética. En el modelo de evolución por selección natural, las mutaciones son la principal fuente de variación y consisten en alteraciones del material genético. La mayoría de las mutaciones generan nuevas variantes de genes, conocidas como alelos. Estas pueden tener efectos sobre el fenotipo de los individuos. Cuando estos aportan un beneficio y mejoran las posibilidades de llegar a reproducirse, estas mutaciones pueden transmitirse a la descendencia. Por el contrario, aquellas mutaciones que perjudiquen al individuo hasta el punto de reducir sus posibilidades de tener descendencia, no llegarán a transmitirse.

La otra fuente de variabilidad en los organismos con reproducción sexual es la recombinación genética, proceso que tiene lugar en la profase I de la meiosis, durante la formación de los gametos, y que consiste en el intercambio de fragmentos entre cromosomas homólogos. La recombinación genética no crea variabilidad genética alguna; su efecto consiste en reordenar las variantes genéticas existentes en una población, de modo que en cada generación haya individuos con nuevas combinaciones de alelos.

**5** La especiación alopátrica se produce cuando una población queda aislada físicamente debido a una barrera geográfica que impide el flujo genético con otras. Entre las barreras geográficas podemos citar: cordilleras, islas, continentes, barreras climáticas, islas de vegetación y muchas otras. La especiación simpátrica sucede si en una población se generan barreras reproductivas que impiden el flujo genético entre determinados individuos. Entre las barreras simpátricas dentro de especies que tienen cierta variabilidad están los cambios etológicos (de comportamiento), los cambios fisiológicos y las diferentes fechas de floración (plantas) o de celo (animales).

**6** Es una adaptación. En animales que viven en medio de la oscuridad en grutas o en el subsuelo, la presión de la selección se ejerce sobre otros órganos de los sentidos como el tacto, el olfato o el oído, pero no sobre la vista, que en ese medio es un sentido muy poco útil. Por ello, muchos son ciegos o tienen poca capacidad visual. Se trata de una adaptación anatómica y fisiológica.

**7** Las adaptaciones que presentan las plantas que viven en zonas arenosas son similares a las que tienen las plantas adaptadas a lugares secos debido a que las arenas

son permeables y no retienen el agua. Por tanto, presentan tallos y hojas crasas que almacenan agua, espinas para evitar la pérdida de agua y raíces muy largas y ramificadas para captar el máximo de agua.

Las adaptaciones de las plantas que viven en lugares salinos son más específicas, aunque con frecuencia presentan tallos y hojas crasas. Algunas adaptaciones específicas son que excretan sales o las aislan en vacuolas para evitar su toxicidad.

**8** El sistema binomial de nomenclatura se lo debemos a Carl von Linneo. Cada especie de ser vivo se nombra con dos palabras latinas. La primera, siempre con mayúscula, señala el género; la segunda, con minúscula, indica la especie. Por ejemplo: *Canis lupus* o *Pinus sylvestris.* El nombre dado a una especie empleando este método se llama científico y es utilizado universalmente. De esta forma se evitan las dificultades de entendimiento que ocasionaría el uso de nombres vulgares, propios de los distintos idiomas o de las diversas regiones.

**9** R. G. y R. L. Ver esquema en la página 215 del libro del alumno. Los cinco reinos son: Plantas, Animales, Hongos, Protoctistas y Moneras. El alumno citará ejemplos.

**10** El esquema representa la clasificación de los seres vivos propuesta en 1990 por Carl Woese, un microbiólogo estadounidense, que comparó las diferencias en las secuencias de ARN ribosómico de la subunidad menor de los ribosomas (un tipo de ARN presente en todos los seres vivos y que ha cambiado muy poco a lo largo de la evolución). Con las conclusiones de su trabajo, Woese propuso la clasificación de los seres vivos en tres grandes grupos o dominios: Bacteria, Archaea y Eukarya. El perro estaría incluido en el dominio Eukarya.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

A partir de 1967 la bióloga estadounidense Lynn Margulis (5 de marzo de 1938-22 de noviembre de 2011) publicó una serie de libros exponiendo la llamada teoría endosimbiótica seriada. Esta teoría explica el origen de las células eucariotas a partir de sucesivos procesos de incorporación simbiogenética de diferentes células procariotas bacterianas de vida libre. Durante estos procesos de incorporación simbiogenética las células simbiontes pasan parte de su material genético al genoma de los individuos resultantes.

**1** ¿Cuál es una de las principales causas de la variabilidad genética que observamos en las diferentes especies?

- ☐ **a.** Las mutaciones y el sobrecruzamiento que ocurre durante la meiosis.
- ☐ **b.** El lugar de donde procede cada individuo.
- ☐ **c.** Las mutaciones y las sucesivas mitosis que las siguen.
- ☐ **d.** La distribución de las cromátidas durante las anafases mitóticas.

**2** ¿Cuál de las siguientes frases sobre el origen endosimbiótico de las células eucariotas son ciertas y cuáles son falsas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Las mitocondrias y los cloroplastos son auténticas bacterias que podrían vivir fuera de las células eucariotas. | |
| Mitocondrias y cloroplastos fabrican algunas de sus propias proteínas constituyentes. | |
| Las bacterias se han originado a partir de orgánulos eucarióticos que se han independizado en algún momento. | |
| Las mitocondrias y los cloroplastos no pueden considerarse orgánulos celulares debido a su origen bacteriano. | |

**3** Actualmente, se conocen más de dos millones de especies de seres vivos en el planeta, que se agrupan en géneros; a su vez, los géneros, en familias; las familias, en clases; las clases, en tipos (o filos) y los tipos, en reinos.

La tabla adjunta muestra el nombre vulgar y el científico de varios animales. Todos pertenecen al orden Carnivora de los mamíferos placentarios, pero el grado de parentesco evolutivo entre ellos es diferente.

| Nombre científico | Nombre común |
|---|---|
| *Panthera onca* | Jaguar |
| *Felis concolor* | Puma |
| *Panthera leo* | León |
| *Felis catus* | Gato |
| *Canis lupus* | Lobo |
| *Panthera tigris* | Tigre |

¿Con qué dos animales está más emparentado el tigre?

- ☐ **a.** Con el león y el gato.
- ☐ **b.** Con el jaguar y el puma.
- ☐ **c.** Con el jaguar y el león.
- ☐ **d.** Con el lobo y el gato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** Una de las muchas particularidades del reino Animales es la existencia de especies con coloraciones y/o dibujos llamativos que sirven como advertencia de su peligrosidad. Las ranas dardo, la serpiente coral y muchos arácnidos, insectos y larvas de insectos, entre otros, parecen querer decir así: «cuidado conmigo, que puedo hacerte mucho daño si me molestas», «no intentes comerme, que te envenenarás». Este excelente mecanismo de defensa no implica gasto de energía alguno; sin duda, es consecuencia de un larguísimo proceso de adaptación de la especie animal que lo presenta.

¿Cómo clasificamos este tipo de adaptaciones?

- ☐ **a.** Adaptaciones miméticas.
- ☐ **b.** Adaptaciones de comportamiento.
- ☐ **c.** Adaptaciones anatómicas.
- ☐ **d.** Adaptaciones fisiológicas.

**5** La especiación, proceso de formación de nuevas especies, siempre comienza con un aislamiento reproductivo que impide el flujo de genes entre diferentes poblaciones de la misma especie. El aislamiento reproductivo, con mucha frecuencia, va precedido de la aparición de algún tipo de barrera y continúa con los diferentes mecanismos de especiación.

¿Qué mecanismo de especiación seguiría a la construcción de una gran autopista vallada que divida en dos la población de un determinado animal no volador?

- ☐ **a.** Especiación simpátrida.
- ☐ **b.** Especiación alopátrida.
- ☐ **c.** Especiación híbrida.
- ☐ **d.** Especiación genética.

**6** La insulina es una proteína que funciona como enzima regulador del nivel de glucosa en sangre, activando su entrada en las células. Como todas las proteínas, está formada por el encadenamiento de aminoácidos; en el caso de la insulina, 51 aminoácidos se organizan en dos cadenas unidas por puentes disulfuro. Cada mamífero tiene su propia insulina, pero la diferencia entre las distintas enzimas, que apenas radica en unos tres aminoácidos, no parece afectar a la estructura y funcionamiento biológico de la molécula.

¿Con qué nombre conocemos este hecho que delata un alto grado de parentesco evolutivo?

- ☐ **a.** Homología genética.
- ☐ **b.** Homología anatómica.
- ☐ **c.** Homología estructural.
- ☐ **d.** Homología filogénica.

**7** Gracias al desarrollo de la biología molecular, las clasificaciones taxonómicas de los seres vivos cada vez contemplan de manera más exacta los grados de parentesco entre las diferentes especies, así como la historia de la evolución de la vida sobre la Tierra. Como resultado, se construyen gráficos donde se representan las relaciones evolutivas entre los diferentes grupos a partir de los antepasados comunes. ¿Qué afirmaciones sobre estos gráficos son verdaderas y cuáles son falsas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Reciben el nombre de cladogramas. | |
| Fueron diseñados por Darwin. | |
| Representan relaciones evolutivas y de comportamiento. | |
| Se basan principalmente en el parecido anatómico. | |

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B2-3.** Reconocer las fases de la mitosis y meiosis argumentando su importancia biológica. | **B2-3.1.** Describe los acontecimientos fundamentales en cada una de las fases de la mitosis y la meiosis. | 1 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Aprender a aprender** | **B4-2.** Interpretar los sistemas de clasificación y nomenclatura de los seres vivos. | **B4-2.1.** Conoce y utiliza claves dicotómicas u otros medios para la identificación y clasificación de diferentes especies de animales y plantas. | 3, 6 y 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-9.** Relacionar la biodiversidad con el proceso evolutivo. | **B4-9.1.** Relaciona la biodiversidad con el proceso de formación de especies mediante cambios evolutivos. | 1, 2, 4 y 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-10.** Describir el proceso de especiación y enumerar los factores que lo condicionan. | **B4-10.2.** Identifica los factores que favorecen la especiación. | 5 |

**1** **a.** Las mutaciones y el sobrecruzamiento que ocurre durante la meiosis.

**2**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Las mitocondrias y los cloroplastos son auténticas bacterias que podrían vivir fuera de las células eucariotas. | Verdadero |
| Mitocondrias y cloroplastos fabrican algunas de sus propias proteínas constituyentes. | Verdadero |
| Las bacterias se han originado a partir de orgánulos eucarióticos que se han independizado en algún momento. | Falso |
| Las mitocondrias y los cloroplastos no pueden considerarse orgánulos celulares debido a su origen bacteriano. | Falso |

**3** **c.** Con el jaguar y el león.

**4** **c.** Adaptaciones anatómicas.

**5** **b.** Especiación alopátrida.

**6** **a.** Homología genética.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

7

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Reciben el nombre de cladogramas. | Verdadero |
| Fueron diseñados por Darwin. | Falso |
| Representan relaciones evolutivas y de comportamiento. | Falso |
| Se basan principalmente en el parecido anatómico. | Verdadero |

# Solucionario

Pág. 205

**PARA COMENZAR**

1 Sí, porque cualquier avance en el conocimiento de los seres vivos es positivo, pero conocer el origen de la vida aportaría información valiosísima sobre muchos aspectos y procesos: bioquímicos, metabólicos, la reproducción molecular, etc.

2 Una adaptación es cualquier característica de un ser vivo que mejora su supervivencia y sus posibilidades de tener descendencia fértil en un ambiente determinado.
Por ejemplo, una adaptación a los cambios de temperatura es el desarrollo de estructuras aislantes, como el pelaje de invierno de algunos mamíferos.

3 La selección natural y la descendencia con modificación.

4 Está más adaptado el que más descendientes viables deja porque es el que introduce mayor variabilidad en la población. Por ello, debemos distinguir los individuos oportunistas, cuyo éxito evolutivo depende del elevado número de individuos producidos, que experimentan, no obstante, un número de bajas también muy elevado, y los individuos especialistas, que, aunque producen pocos individuos, los cuidan y tutelan, preservando así su viabilidad y, por tanto, incorporando a la población la variabilidad genética.

5 Hay dos teorías: la teoría del equilibrio puntuado, que establece que el ritmo no es constante, y la teoría del gradualismo filético, que, por el contrario, afirma que sí.

6 R. L.

7 En latín.

8 El registro fósil, las pruebas bioquímicas, la anatomía comparada y las pruebas embriológicas.

Pág. 209

1 Si las especies no hubiesen evolucionado no existiría la biodiversidad actual.
Si las especies no evolucionasen y se produjeran cambios acusados en el ambiente, podrían dejar de estar adaptadas al medio y eso podría llevar a su extinción.

2 Para que se produzca la evolución es necesario que haya variabilidad genética, es decir, variación en el material genético de una especie, y que las dos fuentes principales de variación genética, las mutaciones y la recombinación genética, se produzcan al azar.

3 En los organismos con reproducción sexual la recombinación genética tiene lugar en la profase I de la meiosis, durante la formación de los gametos, y consiste en el intercambio de fragmentos entre cromosomas homólogos.

4 Barreras geográficas: cadena montañosa, el mar, una isla, un río y el desierto.

Pág. 210

5 Mucha, porque cuanto más grandes son los apéndices y extremidades, mayor es la cantidad de calor que pueden perder. Los apéndices de los animales son más cortos cuanto más frío es el clima.

6 El agua tiene un elevado calor específico y presenta una gran inercia térmica frente a las variaciones de temperatura del aire. Su temperatura varía muy lentamente y a cierta profundidad se mantiene prácticamente constante. Por ello, los organismos acuáticos, sobre todo los marinos (como los peces poiquilotermos), apenas presentan adaptaciones frente a las fluctuaciones de temperatura.

Pág. 211

7 En climas secos, las plantas presentan hojas pequeñas que pueden llegar incluso a reducirse a espinas para evitar la pérdida de agua, tallos carnosos que almacenan agua y largas raíces poco profundas para captar mejor el agua.

8 Sí, es frecuente que una especie ocupe un nicho ecológico y resida en un hábitat diferente en las distintas fases de su ciclo vital, estado larvario y adulto. Así, algunas larvas de insectos y ranas viven en el medio acuático y los adultos, en el aéreo, ocupando por tanto nichos diferentes.
Otro ejemplo sería el de la moscarda: la larva se alimenta de cadáveres, mientras que el adulto se alimenta del néctar de las flores.

9 No, porque se establece una relación de competencia y una de las especies, la mejor adaptada, acaba desplazando a la otra.

Pág. 212

10 Porque, dado el elevado número y la gran variedad de seres vivos que habitan la Tierra, es necesario ordenarlos en grupos para poder estudiarlos.

11 No, porque las diferentes categorías taxonómicas deben reflejar los grados de parentesco evolutivo de los seres vivos. Por ello, una buena clasificación se debe basar en las características homólogas (anatómicas, fisiológicas, etc.), que son aquellas que tienen una estructura y origen semejantes, y no en las características análogas, que desempeñan la misma función pero su origen es diferente. Son órganos homólogos los brazos de un ser humano y las alas de un ave, ya que presentan la misma estructura aunque realicen distintas funciones. Son órganos análogos las alas de un ave y las de una mariposa, ya que desempeñan la misma función (sirven para volar), pero su estructura y origen son diferentes.
Por tanto, no sería correcto agrupar a las aves, a los murciélagos y a los insectos voladores en el mismo grupo por el hecho de tener alas que les sirven para volar.

Pág. 213

12 El orden, porque es una categoría taxonómica superior.

13 Dos de la misma familia, porque su grado de parentesco es mayor.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Pág. 214

**14** No, porque su estructura anatómica y su origen son diferentes. Son órganos análogos.

**15** Para establecer las relaciones de parentesco entre las especies se agrupan a los organismos haciendo uso de las características homólogas, destacando sobre todo las anatómicas, fisiológicas, moleculares y genéticas. Así, los estudios de anatomía comparada revelan la presencia de estructuras anatómicas semejantes, heredadas de un antecesor común, aunque puedan estar adaptadas a realizar funciones distintas.

Pág. 216

**16**

| | Whittaker | Margulis | Woese | Cavalier-Smith |
|---|---|---|---|---|
| **Algas verdes** | Plantae | Protoctistas | Eucarya | Chromista |
| **Moho del pan** | Fungi | Fungi | Eucarya | Fungi |
| **Musgos** | Plantae | Plantae | Eucarya | Plantae |
| **Plantas con flor** | Plantae | Plantae | Eucarya | Plantae |
| **Ciano-bacterias** | Moneras | Moneras | Bacteria | Prokaryota |
| **Ameba** | Protistas | Protoctistas | Eucarya | Protozoa |
| **Espiro-quetas** | Moneras | Moneras | Bacteria | Prokaryota |
| **Lombriz de tierra** | Animalia | Animalia | Eucarya | Animalia |

Pág. 217

**17** R. G. El alumnado hará una figura similar a la de la página 215 del libro (clasificación en cinco reinos de Margulis y Schwartz).

**18** La mutación son cambios en el material genético (ADN) que hacen aparecer variedades alélicas nuevas.

El flujo genético es la transferencia de alelos de genes de una población a otra que se produce por las migraciones.

La deriva genética son cambios en las frecuencias de los genes de una generación a otra que se producen por procesos aleatorios en una población pequeña.

La selección natural actúa, a lo largo de generaciones, favoreciendo la supervivencia de los individuos que tienen ciertas características y eliminando al resto. Determina el éxito de los organismos mejor adaptados en un ecosistema.

**19** R. M. Las adaptaciones de los animales pueden ser: anatómicas, modificaciones que afectan a la forma y apariencia del cuerpo del animal; fisiológicas, afectan al funcionamiento del organismo y están relacionadas con el metabolismo y con los sentidos; y de comportamiento, mejoran la supervivencia del animal y están relacionadas con las respuestas a determinados estímulos. Las adaptaciones de las plantas son principalmente anatómicas y fisiológicas.

**20** Los sistemas naturales de clasificación tienen en cuenta: el grado de parentesco, el registro fósil y las características homólogas.

**21** Cada especie de ser vivo se nombra con dos palabras latinas. La primera, siempre con mayúscula, señala el género; la segunda, con minúscula, indica la especie. Por ejemplo: *Canis lupus* o *Pinus sylvestris*.

El nombre dado a una especie empleando este método se llama científico y es utilizado universalmente. De esta forma se evitan las dificultades de entendimiento que ocasionaría el uso de nombres vulgares, propios de los distintos idiomas o de las diversas regiones.

**22** Hasta muy avanzado el siglo XX se utilizaron criterios de semejanza morfológica. Con el desarrollo de las técnicas de secuenciación de proteínas y ácidos nucleicos se utilizaron criterios de semejanza molecular dando lugar a la filogenia molecular. Así Carl Woese estableció sus tres grandes dominios, Archaea, Bacteria y Eucarya, a base de comparar secuencias de RNA ribosómico.

**23**

| Bacteria | Archaea | Eucarya |
|---|---|---|
| Gram +<br>Gram −<br>Cianobacterias | Arqueobacterias | Animalia<br>Plantae<br>Fungi<br>Chromista<br>Protozoa |

**24**

| Whitaker | Margulis | Woese | Cavalier- Smith | |
|---|---|---|---|---|
| Reino Animales | Reino Animales | Dominio Eucarya | Imperio Eucarya | Reino Animalia<br>Reino Plantae<br>Reino Fungi<br>Reino Protozoa<br>Reino Chromista |
| Reino Plantas | Reino Plantas | | | |
| Reino Hongos | Reino Hongos | | | |
| Reino Protistas | Reino Protoctistas | | | |
| Reino Moneras | Reino Moneras | Dominio Bacteria<br>Dominio Archaea | Imperio Prokaryota | Reino Bacteria |

Pág. 218

**PARA REPASAR**

**25** Para que una hipótesis se confirme es preciso realizar experimentos controlados que permitan confirmar o falsear la hipótesis. En el caso del origen de la vida, dichos experimentos suministran conclusiones solo parciales, pues es imposible recuperar en un laboratorio las condiciones exactas de nuestro planeta hace unos 3 800 años. Serían condiciones a su vez hipotéticas.

**26** El medio ambiente determina las condiciones físicas y químicas (en sentido amplio) y biológicas que establecen la selección natural. Es muy citado el caso de los pinzones estudiado por Darwin en el archipiélago de las islas Galápagos. Cada isla presenta un ambiente algo distinto de las otras consistente en una flora y fauna diferentes. Esto propició el desarrollo evolutivo de distintas especies de pinzones, cuyos picos fueron seleccionados en cada isla para consumir un tipo concreto de alimento.

**27** La especiación alopátrida se produce cuando una población queda aislada físicamente debido a una barrera geográfica que impide el flujo genético con otras.

La especiación simpátrida sucede si en una población se generan barreras reproductivas que impiden el flujo genético entre determinados individuos.

**28** No. Únicamente podrían tener sentido evolutivo los cambios que afectaran a su patrimonio genético y fuesen susceptibles de transmitirse a la descendencia.

**29** La variabilidad de las poblaciones desde un punto de vista evolutivo se produce por mutación, selección natural y flujo genético.

**30** Habría al menos tres causas para que apareciesen especies nuevas en esas condiciones: 1) Por migración a ese lugar de otras poblaciones que se mezclaran con la inicial. 2) Por deriva genética si el efectivo de la población descendiese mucho. 3) Por mutación. En los apartados 1 y 2 habría flujos génicos y en el 3 aparecerían genes nuevos, causas todas suficientes para propiciar la especiación.

**31** Cada especie comparte un acervo genético que fluye de unos individuos a otros en los procesos reproductivos. Si se crea una barrera reproductiva, los flujos génicos serán distintos en cada grupo. Por deriva genética o por otros mecanismos, puede comenzar a variar la frecuencia alélica (un alelo es una variedad de un gen), de manera que, al cabo del tiempo, la presión de la selección actuará de forma distinta sobre cada grupo. Al final, aunque los individuos estén juntos no podrán reproducirse porque la barrera reproductiva se ha hecho irreversible. Estaríamos hablando ya del comienzo de dos nuevas especies.

**32** **a)** Si cesaran las emisiones contaminantes, progresivamente los troncos de abedules, las rocas y el suelo se blanquearían, lo que invertiría la situación: los ejemplares oscuros de la mariposa serían visibles y sufrirían una fuerte depredación, mientras que los blancos pasarían desapercibidos a los predadores.

**b)** El color oscuro que las mimetiza con el color del medio en el que viven.

**c)** Por la deposición de carbón y partículas contaminantes sobre árboles, suelo, rocas y edificios, que hacen destacar a las mariposas claras y ocultan a las oscuras inclinando la presión de predación hacia estas.

**d)** Obviamente, una que tuviese alta variabilidad, pues tendría un acervo genético que podría adaptarse a cada circunstancia.

**33** La especiación alopátrida se produce por aislamiento geográfico. Entre las barreras geográficas podemos citar: cordilleras, islas, continentes, barreras climáticas, islas de vegetación y muchas otras.

La especiación simpátrida es rara e incluso se discute su posibilidad. Entre las barreras simpátridas dentro de especies que tienen cierta variabilidad están los cambios etológicos (de comportamiento), los cambios fisiológicos y las diferentes fechas de floración (plantas) o de celo (animales).

**34** No, las mutaciones tienen diferente valor adaptativo. Algunos científicos como Kimura plantean incluso que la mayor parte de las mutaciones que se establecen no tienen ningún valor adaptativo (neutralismo).

**35** En animales que viven en medio de la oscuridad, en grutas o en el subsuelo, la presión de la selección se ejerce sobre otros órganos de los sentidos como el tacto, el olfato o el oído, pero no sobre la vista, que en ese medio es un sentido muy poco útil. Por ello, muchos son ciegos o tienen poca capacidad visual. Se trata de una adaptación anatómica y fisiológica.

**36** Son muchos, en efecto. Podemos citar los insectos palo y los insectos hoja, que se asemejan a ramitas y hojas. El pulpo, que adquiere el color y la textura del fondo marino. Las aves, que son pardas en el lomo (como la tierra) y azuladas o blanquecinas en el vientre (como el cielo y las nubes). En todos estos casos se trata de pasar desapercibidos frente a los predadores. Es una adaptación al medio en el que viven y que comparten con esos animales que pueden darles caza. A este fenómeno se le llama mimetismo.

**37** Mediante la morfología y la flotabilidad. Por su morfología hidrodinámica, ofrecen una resistencia mínima al agua, minimizando así el efecto de rozamiento que impone un medio viscoso y desplazándose con el menor esfuerzo. Por sus mecanismos de flotabilidad, se sitúan en una posición de equilibrio indiferente que facilita los desplazamientos.

**38** Las más importantes son las de las hojas: son hojas coriáceas, perennes, con un haz altamente impermeabilizado y el envés cubierto de pelos, que dificultan la pérdida de agua y favorecen la retención de criptoprecipitaciones (rocío). Los estomas, por el mismo motivo, aparecen hundidos. Su ritmo de apertura está regulado de manera que, aun con luz, permanecen cerrados en las horas de mayor calor.

Bioquímicamente, las plantas mediterráneas están adaptadas para consumir una mínima cantidad de agua: una encina necesita unos 400 mm de lluvia al año. No crece mucho más con mayores precipitaciones.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**39** En aquellos casos en los que un animal se confunde con el medio, al mimetismo se le suele denominar también cripsis. En los casos citados se trata de una estrategia típica de cazador-presa: el oso es blanco para que las presas no lo detecten entre el fondo de hielo o nieve. El zorro ártico puede ser cazador o presa (del oso), por lo que también ha adaptado al blanco su pelaje.

**40** **a)** Argumento de unificación: la ciencia tiende a unificar criterios de nomenclatura con el objeto de universalizar las denominaciones. En todos los idiomas del mundo el nombre científico de la rosa es *Rosa canina*.

**b)** Argumento sistemático: el nombre de una especie contiene además el nombre del género al que pertenece, con lo cual denotamos una pertenencia a un grupo más amplio. *Equus africanus* es el burro que pertenece al mismo género que el caballo, *Equus ferus*.

**41** Las clasificaciones de los seres vivos cambian continuamente, sobre todo en las categorías taxonómicas inferiores (especie y subespecie). Ello se debe a que la aplicación de nuevas técnicas permite establecer grados de parentesco con más precisión.

**42** Es muy posible si tenemos en cuenta la paleontología, pero nadie lo sabe. Si hay una cosa que sabemos es que la evolución está predeterminada. No hay un punto de convergencia o una razón de divergencia que oriente la evolución de las diferentes especies.

**43** La causa fundamental es su enorme variabilidad genética. La causa accidental es la gran presión selectiva artificial que ha experimentado la especie.

**44** R. M. Se valorará que el alumnado establezca como propiedades la sencillez estructural y la capacidad de incorporar información.

Pág. 219

**PARA PROFUNDIZAR**

**45** Así ha sido. Casi todas las especies domésticas (gatos, perros, caballos…), ganaderas (ovejas, cabras, gallinas…) y agrícolas (frutales, cereales, verduras…) han evolucionado por selección artificial causada por el ser humano, que ha variado sus características silvestres en favor de sus intereses.

**46** Las islas constituyen barreras geográficas que pueden llevar a cambios evolutivos importantes e incluso a la aparición de nuevas especies (especiación alopátrida). Ello se debe a que los factores que constituyen la parte de azar en la evolución (mutación y flujo génico) y los condicionantes (selección natural) proceden de forma distinta en grupos aislados geográficamente, con lo que los resultados del proceso son diferentes.

**47** Población 1. Si se producen nacimientos pero no hay ninguna muerte, hay que pensar *a priori* que la selección natural no actúa, salvo que consideremos que algunos de los *sempervirens* no se reproducen o lo hacen peor, por presión selectiva (subpoblación b), frente a otros que sí lo hacen o lo hacen mejor (subpoblación a), con lo cual la selección natural iría disminuyendo la proporción de los b hasta hacerla tender a cero.

Población 2. Caso 2.1. Si todos los progenitores son iguales no hay selección posible. Caso 2.2. Si hay diferencias entre los progenitores, actuaría la selección natural, que al cabo de varias generaciones habría establecido la supremacía de los más adaptados a las características ambientales, fuesen las que fuesen.

**48** Mejorable. La evolución es el resultado de los cambios en la composición del reservorio génico que se expresa.

**49** La evolución ha seguido aquí dos caminos o estrategias, ambos validos según los requerimientos de las diferentes especies. a) Organismos oportunistas conocidos como «estrategas de la r»: emplean mucho de su potencial biológico en producir muchas crías y muy poco en tutelar su desarrollo. «Estrategas de la K»: emplean poco de su potencial biológico en el número de sus descendientes y mucho en la tutela y cuidado de las crías. La mayoría de los insectos y los peces son estrategas de la r. Los demás vertebrados son estrategas de la K.

**50** Las bacterias tienen un tiempo de generación de 20 minutos en condiciones óptimas. En estos organismos se pueden observar los procesos evolutivos rápidamente. Si aceptamos un clon bacteriano determinado, como la *Escherichia coli* K-12, en un cultivo con la presión selectiva adecuada, pueden observarse cambios que producen otros clones con características metabólicas y morfológicas suficientes como para considerarlos otra especie.

**51** R. L.

**52** La influencia de la depredación como elemento de selección natural se traduce en adaptaciones en las presas (mimetismo, rapidez de respuesta, resistencia, capacidad de asociación, agilidad, desarrollo de defensas…) y en el predador (mimetismo, fuerza, a veces capacidad de asociación…). Los cazadores y presas de la sabana africana, los cetáceos predadores y sus presas, las aves rapaces y sus presas...

**53** Es una propuesta teórica, puesto que implicaría que la capacidad de respuesta frente a la presión selectiva es idéntica, no se producen mutaciones y no actúa la deriva genética. Si finalmente suponemos la proporción de alelos constante y uniformemente distribuida, efectivamente, no habría evolución.

**54** Las actinias repliegan los tentáculos y se invaginan adquiriendo una forma sensiblemente esférica (las llaman tomates de mar), disminuyendo la superficie corporal. Las lapas contraen la musculatura del pie y sellan la concha contra la roca.

**55** Pura contra selección artificial. En las poblaciones de mosquitos había algunos (muy pocos) individuos capaces de resistir la acción de los insecticidas. Esta capacidad podían tenerla desde hace mucho o haberla adquirido recientemente. Al ser expuestas las poblaciones de mosquitos a la acción de los insecticidas, los no resistentes (la mayoría) morían, muchos de ellos sin legar sus

genes a la descendencia. En cambio, los resistentes no morían, se reproducían y sus genes de resistencia pasaban a la descendencia. Con el transcurso del tiempo y sometidos a los insecticidas, los mosquitos sensibles han ido desapareciendo y, paralelamente, han ido aumentando los resistentes. La situación actual es una alta proporción de resistentes que han sido seleccionados por su exposición a los insecticidas, sin competencia de otros mosquitos sensibles que han sido progresivamente minorizados hasta reducir su proporción cada vez más.

**56** Muchas veces nos preguntamos el porqué de la ocupación de hábitats extremos por seres vivos que parecen no tener mayores problemas para vivir allí. La razón estriba en que las características ambientales de esos hábitats han ido eliminando por selección natural a cuantos organismos carecían de adaptaciones plenas a esos ambientes o no han sido capaces de desarrollarlas. Tales adaptaciones no son ni mucho menos corrientes y los genes que las soportan son poco frecuentes en las poblaciones. Aquellos organismos que las poseen pueden colonizar hábitats extremos en donde la vida es difícil y los recursos a veces escasos, pero, en contraposición, hay poca competencia.

**57** Una especie siempre tiene el mismo nicho ecológico (profesión ecológica), que la define y caracteriza. Otra cosa son las subespecies que evolutivamente presentan diferencias entre sí. En ese caso sí se dan nichos que pueden diferir bastante.

**58** Son adaptaciones favorecedoras de la vida en zonas elevadas donde son constantes el frío y la presión baja de oxígeno. Los cuerpos más «redondeados» pierden menos calor porque en ellos la relación superficie/volumen es más pequeña. El frío también produce vasoconstricción periférica y se requiere más presión arterial para mover con eficacia la sangre. El tórax ensanchado y el mayor volumen pulmonar son adaptaciones encaminadas a captar mayor cantidad de aire para compensar la menor presión de oxígeno.

**59**

| Organismo | Hábitat | Fauna |
|---|---|---|
| **León** | Sabana | Superpredador de la sabana |
| **Cebra** | Sabana | Herbívoro social de la sabana |
| **Hipopótamo** | Sabana (medio acuático y terrestre) | Herbívoro acuático |
| **Gacelas** | Sabana | Herbívoro de la sabana |
| **Aves** | Sabana (medio aéreo) | Herbívoros, granívoros y limícolas de la sabana |
| **Acacias** | Sabana | Productores arbóreos de la sabana |
| **Arbustos** | Sabana | Productores arbustivos de la sabana |
| **Gramíneas** | Sabana | Productores dominantes de la sabana |

**60** Es lo que hacen todos los animales con metamorfosis. Ejemplos: la larva de libélula vive enterrada (hábitat subterráneo) y es un feroz depredador que construye trampas (nicho). La libélula vive sobre plantas y en el medio aéreo (hábitat) y es herbívora (nicho). Los renacuajos son exclusivamente acuáticos (nicho) y herbívoros acuáticos (nicho), y los sapos adultos son carnívoros de vida anfibia (nicho).

**61** Un principio ecológico contrastado es que dos especies no pueden tener el mismo nicho ecológico. Una eliminaría a otra o, en el mejor de los casos, una permanecería y la otra habría de desplazarse a otro ecosistema. Evidentemente, saldría beneficiada la especie no desplazada o no eliminada.

**62** Se trata en ambos casos de superreinos, aunque no se denominen así. Son categorías que plantean un criterio de globalidad para varios reinos.

**63** La evolución tiene dos dimensiones, como estableció hace ya muchos años J. Monod en su obra *El azar y la necesidad*: la dimensión azar, representada por la mutación, y la dimensión necesidad, representada por la selección natural. No podemos dirigir el sentido de una mutación, pero sí podemos seleccionarla (o la naturaleza la selecciona) una vez producida.

Pág. 221

**CIENCIA EN TU VIDA**

**64** El panda gigante se asemeja a los osos por su morfología. Sin embargo, morfológica, anatómica y ecológicamente se asemeja más al panda rojo, particularmente, por los detalles de la dentadura y del falso pulgar.

**65** Habitan en bosques, trepan por las ramas y se alimentan exclusivamente de bambú, aunque sus antepasados son carnívoros.

**66** Los pandas gigantes están emparentados con los úrsidos, y los pandas rojos con los mustélidos, según técnicas de filogenia molecular. Para ello se han comparado estructuras y secuencias de proteínas homólogas (albúmina, hemoglobina, citocromo b) y secuencias de ADN nuclear, ADN mitocondrial y ARN transferente.

**67** Ambos poseen un falso pulgar formado a partir de un hueso de la muñeca modificado (sesamoideo radial), que usan para sujetar y manipular las cañas de bambú. El análisis comparado con restos fósiles sugiere que la aparición del falso pulgar tuvo lugar hace unos 25 millones de años, dentro del linaje de los pandas rojos. En el linaje de los úrsidos, la aparición del falso pulgar se produjo más tarde, de forma independiente, hace unos 17 millones de años.

**68** R. L.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Introducción y recursos** . . . . . **473**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 474
- Previsión de dificultades . . . . . 474
- Esquema conceptual . . . . . 475
- Te recomendamos . . . . . 476

**Enseñanza individualizada** . . . . . **477**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 478
    - Ficha 1. Realización de una clasificación de los seres vivos . . . . . 478
  - Trabaja con imágenes . . . . . 480
    - Ficha 2. Distribución de las algas acuáticas según la profundidad . . . . . 480
    - Ficha 3. Especies del reino Animal . . . . . 481
  - Trabajos de aula . . . . . 482
    - Ficha 4. Clasificación de los hongos . . . . . 482
    - Ficha 5. Clasificación de las plantas . . . . . 483
    - Ficha 6. Clasificación de los animales triblásticos celomados. . . . . 484
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 486
    - Ficha 7. La flora bacteriana del cuerpo humano . . . . . 486
    - Ficha 8. La relación filogenética entre los grupos de animales y entre los distintos grupos de plantas . . . . . 487

**Recursos para la evaluación** . . . . . **489**

- Autoevaluación . . . . . 491
- Evaluación de contenidos . . . . . 492
  - Controles . . . . . 492
    - Control B . . . . . 492
    - Control A . . . . . 494
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 496
- Evaluación por competencias . . . . . 500
  - Prueba . . . . . 500
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 502

**Solucionario** . . . . . **503**

# Introducción y recursos

# EL ÁRBOL DE LA VIDA

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

En la Tierra se han descrito y catalogado 1,4 millones de especies, de las que 1,2 millones son terrestres y cerca de 194 000 son marinas, aunque se piensa que el número total puede ser mucho mayor y estaría entre los 5 y los 10 millones de especies. Para conocer, trabajar e investigar sobre un número tan elevado de especies se hace necesaria una buena organización y clasificación de las mismas. Y esto es lo que pensaron filósofos y naturalistas desde hace siglos.

Aristóteles en el siglo IV a. C. clasificó a los seres vivos en dos reinos: Animalia y Plantae. Esta organización llegó hasta el siglo XIX, cuando en 1866, Ernst Haeckel sugirió el establecimiento del reino Protistas para agrupar a todos los seres unicelulares que no se acoplaban ni a plantas, ni a animales. Dentro de este grupo incluyó a las bacterias, que posteriormente se separaron en el reino Moneras. En 1969, el naturalista Robert H. Whittaker propuso el reino Fungi, formado por los hongos, separándolos del reino Plantae.

Se organizó, por tanto, a los seres vivos en cinco reinos, aunque todavía sufrirían algunas modificaciones conceptuales. En 1985, las biólogas Lynn Margulis y Karlene V. Schwartz mantuvieron los cinco reinos, pero realizaron unos cambios, de tal manera que sacaron a las algas pluricelulares del reino Plantas y las incluyeron en el reino Protistas, que pasó a llamarse Protoctistas. Con esta nueva clasificación los reinos se quedaron de la siguiente manera: Moneras, Protoctistas, Hongos, Plantas y Animales.

Esta es la clasificación con la que se trabaja con mayor frecuencia en la actualidad, aunque estudios más recientes sugieren el dominio como un nuevo grupo taxonómico por encima del reino. Entre ellos citaremos los de Carl Woese que, en 1990, propuso tres dominios: Archaea, Bacteria y Eucarya. Lo que hizo realmente, fue dividir los microorganismos procarióticos del reino Monera en dos grupos, a los que les dio categoría de dominio. En el dominio Eucarya agrupó los otros cuatro reinos.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Los procariotas: dominio Archaea y Bacteria.<br>• Los protoctistas.<br>• Las plantas.<br>• Los hongos.<br>• Los animales. |
| SABER HACER | • Realizar una tinción de Gram.<br>• Elaborar y usar una clave dicotómica. |
| SABER SER | • Valorar la complejidad de organizar y clasificar a los seres vivos. |

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

La principal dificultad que puede presentar este tema para los alumnos es la complejidad de la clasificación de cada uno de los reinos. No será fácil entender en algunos casos los motivos por los cuales se establecen los grupos y subgrupos en cada reino. Por ejemplo, es difícil de entender por qué los mohos mucilaginosos y los acuáticos están en el reino Protoctistas y no están en el de los Hongos, cuando aparentemente debería de ser así. No es el objetivo de esta unidad profundizar hasta dicho nivel, haciéndoles ver las características por las cuales los científicos así lo han decidido. Pero hay que tener en cuenta que algunos alumnos se lo pueden preguntar.

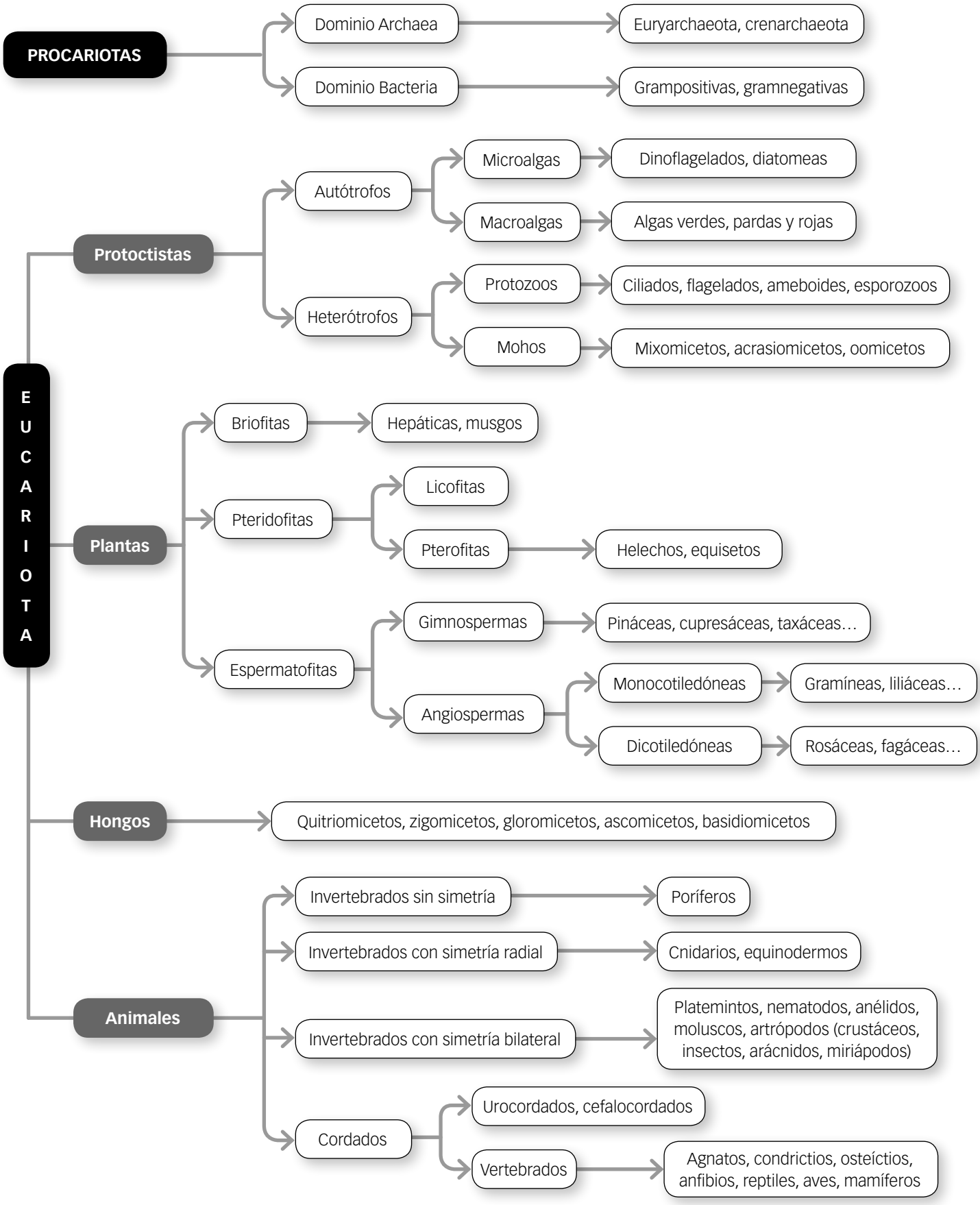
Otro caso similar es el de las algas pluricelulares, que las incluyen en el reino Protoctistas y no en el de las Plantas. Habrá que incidir en los motivos por los cuales en la actualidad están en dicho reino. Todo esto complica aún más las características que presentan los organismos del reino Protoctistas y los motivos por los cuales están todos dentro de un mismo grupo.

Aunque el libro intenta hacerlo sencillo, la clasificación del reino de los Hongos también es compleja. Asimilar las diferencias por las cuales han distribuido los distintos subgrupos de este reino no es fácil.

Lo mismo sucederá con los del reino de las Plantas y los Animales, aunque, como los organismos de estos reinos son más conocidos por el alumnado, seguramente asimilarán mejor su clasificación.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Real Jardín Botánico de Madrid**
Web del Real Jardín Botánico de Madrid, en la que se puede hacer una visita virtual donde se muestran las especies más vistosas según la estación del año. También se puede encontrar una extensa publicación de libros relacionados con distintos aspectos de la botánica.
Palabras clave: *botánico Madrid.*

**Árbol filogenético**
Esta web posee un apartado de seres vivos que contiene un mapa completo de la clasificación de los seres vivos, además de una galería de imágenes muy amplia.
Palabras clave: *árbol filogenia.*

**Asociación Española de Ecología Terrestre**
Esta asociación de carácter eminentemente científico, muestra artículos y documentos de la revista *Ecosistemas*, así como diversas noticias, anuncios de actividades y una tribuna de denuncia.
Palabras clave: *AEET.*

**Red de Parques Nacionales**
Portal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en el que se puede acceder a todos los parques nacionales con facilidad, se puede buscar, tanto su ubicación, como las características que le han permitido tener a esa zona su grado de protección.
Palabras clave: *parques nacionales*.

**Titulares de noticias sobre fenómenos naturales**
Sitio para encontrar información actualizada acerca de volcanes, tornados, calentamiento global, tormentas solares, tsunamis, etc., en todo el mundo.
Palabras clave: *alertatierra.*

**Portal del Medio Ambiente**
El Portal del Medio Ambiente posee una sección de biodiversidad con noticias de interés, además de un catálogo extenso de especies.
Palabras clave: *portal medio ambiente.*

**Museo de Ciencias Naturales de Barcelona**
El Museo de Ciencias Naturales de Barcelona posee colecciones de gran calidad y una web bastante completa.
Palabras clave: *museo ciencias Barcelona.*

## LIBROS Y REVISTAS

***Cinco reinos***
**Lynn Margulis y Karlene V. Schwartz.** Editorial Labor, 1985.
Estas dos biólogas han mantenido el sistema de los cinco reinos propuesto por Robert H. Whittaker con algunas modificaciones conceptuales. En su nueva clasificación, las algas pluricelulares de organización simple pasan del reino Plantas al reino Protoctistas. Su propuesta de cinco reinos es la siguiente: Moneras, Protoctistas, Hongos, Plantas y Animales.

***El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos***
**Pablo Vargas y Rafael Zardoya.** Madrid, 2012.
Los autores han coordinado el trabajo de más de 50 especialistas en los grupos de seres vivos. El libro muestra un novedoso árbol teniendo en cuenta la evolución de los seres vivos basada en las secuencias de ADN. Presenta un gran número de figuras, tablas y recuadros que ayudan a entender los contenidos. Así, entre otras muchas relaciones entre grupos, se ha podido determinar que los hongos están más emparentados con los mamíferos que las plantas.

***Atlas básico de botánica***
**VV. AA.** Editorial Parramón, 2012.
Atlas de botánica con interesantes explicaciones, analiza el papel de cada grupo dentro del ecosistema y alguna referencia a su importancia económica.

***Enciclopedia de los animales***
**VV. AA.** Editorial Espasa Libros, 2001.
Analiza más de 2000 especies ordenadas según los criterios taxonómicos clásicos.

***Manual para buscar setas***
**Mariano García Rollán.** Ediciones Mundi-Prensa, 2006.
Un libro que destaca por sus descripciones técnicas, sus fotografías y la forma de narrar las peculiaridades de cada seta que se pueda encontrar en el campo.

***Microcosmos***
**Lynn Margulis, Dorion Sagan.** Editorial Tusquets, 2013.
Desde que apareció la vida en la Tierra los microorganismos han ocupado exclusivamente las cinco sextas partes de la historia de la vida. Estos microorganismos, además de vivir en nosotros, son la base de la vida en la Tierra.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

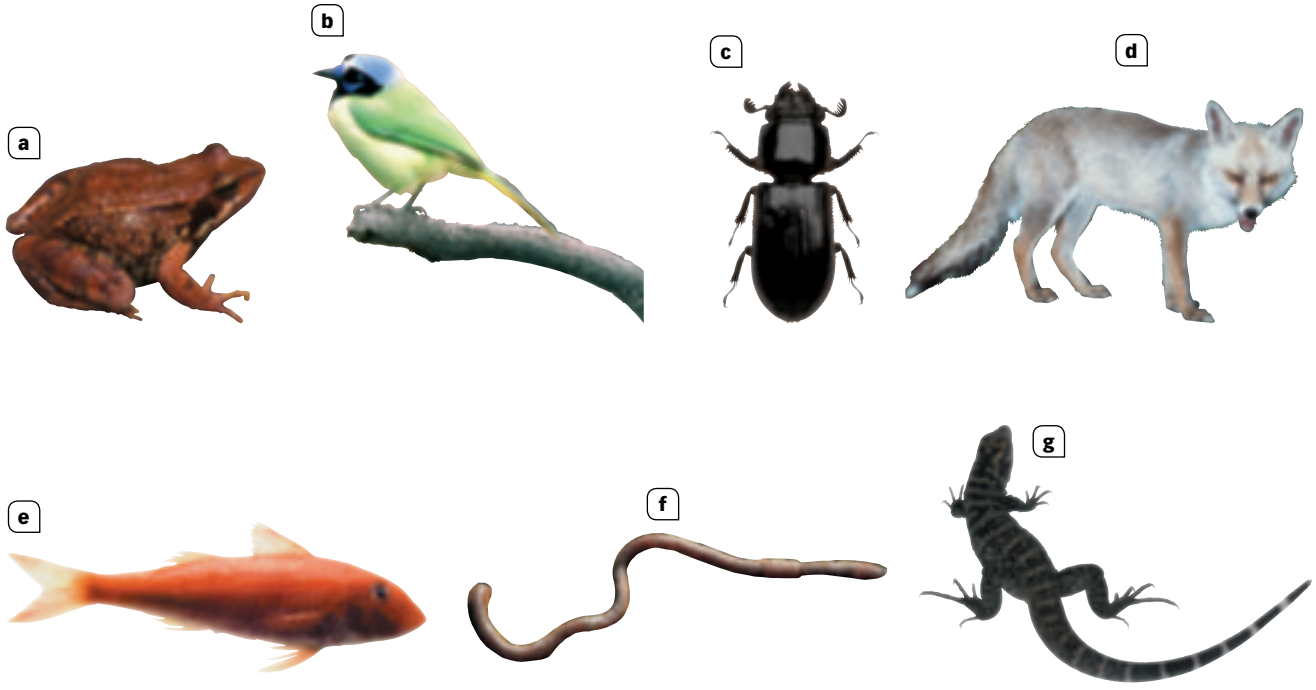
# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Realización de una clasificación de los seres vivos

Agrupa los siguientes seres vivos en taxones atendiendo a sus características anatómicas y fisiológicas:




La formación de taxones no es sencilla porque nos obliga a conocer la anatomía, tanto externa como interna, y la fisiología del animal al máximo detalle. No deberíamos enfrentarnos a una prueba de este tipo alegremente, sin los conocimientos previos adecuados.

En el caso que nos ocupa tenemos un grupo de seres que pertenecen todos al reino Animal, lo que en parte nos va a facilitar la agrupación en taxones.

Sin embargo, se debe seguir una estrategia para realizar esta labor, sobre todo si debemos atender a sus características anatómicas y fisiológicas.

Sería interesante hacernos una lista de preguntas sobre estas características, como, por ejemplo:

– Anatómicas: ¿Tienen esqueleto interno? ¿Cómo es el tegumento que los recubre? ¿Qué tipo de apéndices locomotores utilizan?
– Fisiológicas: ¿Cómo respiran? ¿Cómo se reproducen? ¿Cómo es su alimentación? ¿Cómo regulan su temperatura?

Una vez contestadas todas las preguntas propuestas para cada uno de los individuos, se confeccionaría una tabla como la de la página siguiente.

En esta tabla se muestran aquellas características comunes entre los individuos, como la presencia de esqueleto interno, la respiración pulmonar, etc., que nos permitirán agrupar a los animales en un mismo taxón. Y, por el contrario, podremos ver las diferencias que nos permitirán separar a dos seres en taxones distintos. Deberemos tener en cuenta el tipo de preguntas, ya que algunas de ellas no serán relevantes, como la referente a la alimentación.

Ahora podremos confeccionar un diagrama, con conjuntos y subconjuntos, de los animales según compartan o no una característica.

En nuestro caso podremos agrupar a todos ellos en dos taxones, con esqueleto interno o sin él. Los primeros de nuevo en dos, los poiquilotermos y los homeotermos. A su vez, los poiquilotermos por el tipo de respiración, etc.

Una vez realizada nuestra clasificación en taxones, deberíamos comprobar si coinciden con los taxones reales. En el caso de que no sea así, revisaremos las preguntas formuladas para eliminar aquella que nos induzca a error, o para añadir alguna otra que nos permita ajustar nuestra clasificación.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

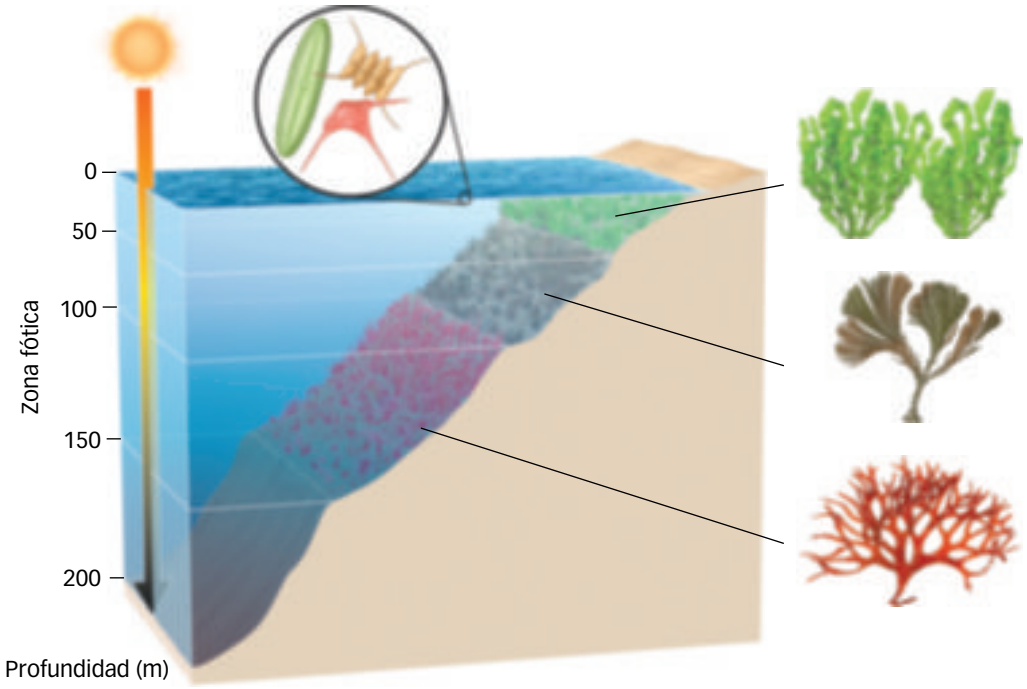
| | Rana | Ave | Escarabajo | Zorro | Pez | Lombriz | Lagarto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Esqueleto** | Sí | Sí | No | Sí | Sí | No | Sí |
| **Tegumento** | Piel húmeda | Plumas | Quitina | Pelo | Escamas | Piel húmeda | Escamas |
| **Apéndices** | Patas | Patas y alas | Patas | Patas | Aletas | — | Patas |
| **Respiración** | Branquial, pulmonar, cutánea | Pulmonar | Traqueal | Pulmonar | Branquial | Pulmonar | Pulmonar |
| **Reproducción** | Ovípara | Ovípara | Ovípara | Vivípara | Ovípara | Ovípara | Ovípara |
| **Alimentación** | Insectívora | Granívora, insectívora | Herbívora | Carnívora | Herbívora | Sedimen-tívora | Insectívora |
| **Temperatura** | Poiquilo-termo | Homeo-termo | — | Homeo-termo | Poiquilo-termo | — | Poiquilo-termo |

## PRACTICA

**1** Selecciona un grupo de cinco vegetales conocidos, estudia su anatomía y trata de clasificarlos en taxones.

**2** Agrupa en taxones: ameba, palmera, paramecio, helecho, bacteria, alga, pino, champiñón, vorticela, robellón, naranjo y musgo.

# Distribución de las algas acuáticas según la profundidad




## ACTIVIDADES

**1** ¿Qué caracteriza a la zona fótica que al mismo tiempo la diferencia de la zona afótica?

**2** Indica las características que tienen en común todos los organismos representados en la figura. ¿A qué reino pertenecen?

**3** ¿Cuáles son las microalgas? ¿En el mar, dónde las podemos encontrar? Explica su importancia biológica en la cadena trófica de los organismos acuáticos.

**4** Indica el nombre de las macroalgas que aparecen en el dibujo.

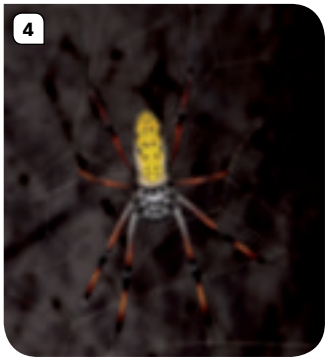
a) ¿Cuál es el factor que va a determinar la distribución de las macroalgas en el fondo de la zona fótica?

b) Explica el porqué de esa distribución.

**5** ¿Podríamos encontrar macroalgas en la zona afótica? Razona la respuesta.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Especies del reino Animal



## ACTIVIDADES

**1** En las fotografías se muestran seis especies del reino Animal. Indica el grupo y los subgrupos a los que pertenecen esos individuos.

**2** ¿Qué característica es común a todas estas especies, que además da nombre al grupo al que pertenecen?

**3** Pon tres ejemplos de cada uno de los subgrupos que aparecen en las fotografías.

**4** ¿Qué diferencias existen entre la especie de la fotografía 1 y la especie de la fotografía 3?

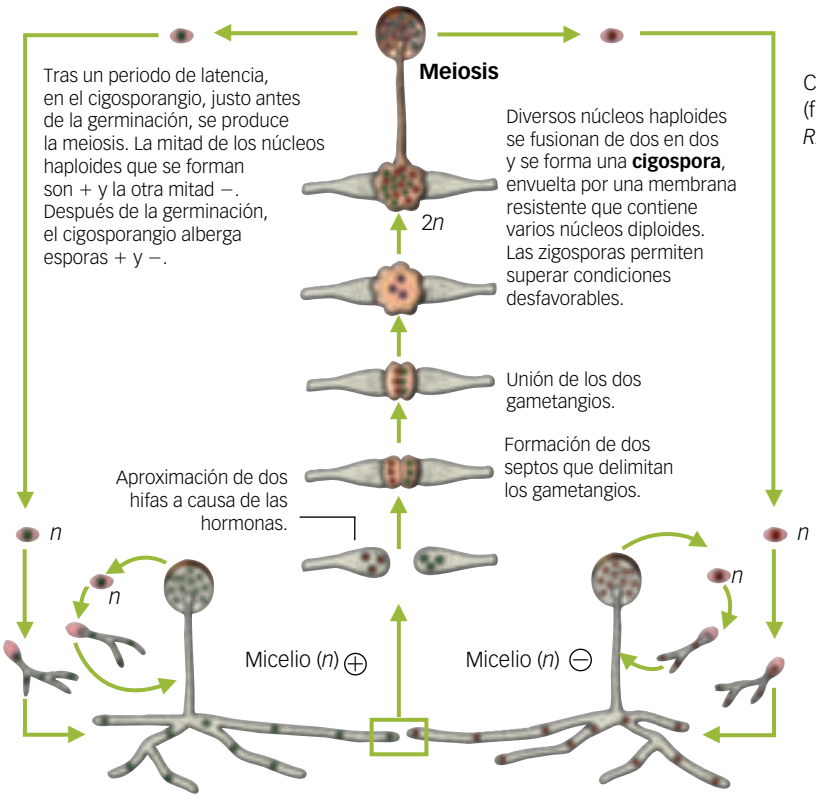
**5** Si caminando por el campo te encuentras un animal que tiene el cuerpo dividido en cefalotórax y abdomen, que presenta cuatro pares de patas y dos quelíceros, ¿a qué especie podría pertenecer dicho individuo?

**6** ¿Es correcto decir que una tarántula es un insecto? ¿Por qué?

**7** Elabora unas claves dicotómicas con las que podamos clasificar a los animales que aparecen en las fotografías.

# Clasificación de los hongos

| Filo o división | Hifas | Reproducción |
|---|---|---|
| **Zigomicetos** | Hifas cenocíticas al desaparecer los septos que separan las células | La unión de dos hifas acabadas en gametangios forma una zigospora que contiene núcleos diploides. Luego, por meiosis, se generan esporas haploides. Puede haber reproducción asexual por mitosporas. Ejemplos: el moho negro del pan (*Rhizopus stolonifer*). |
| **Ascomicetos** | Hifas tabicadas de septos perforados. Hay formas unicelulares, como las levaduras | La reproducción sexual puede ser por unión de gametangios, de gametos o de hifas no especializadas. Los núcleos diploides por meiosis originan 4 núcleos haploides que, por mitosis, originan 8 esporas, que quedan dentro de un estuche llamado asca. La reproducción asexual es por mitosporas producidas en unas hifas especializadas muy finas llamadas conidios. Ejemplos: trufas, múrgulas, mildiu y levaduras. |
| **Basidiomicetos** | Hifas tabicadas por septos perforados | La reproducción sexual se produce por la unión haploide de hifas que generan una célula con dos núcleos, que origina una hifa vertical. El conjunto de miles de ellas forma el cuerpo fructífero o seta. En el extremo de la hifa vertical, en su última célula, que es ancha y globosa, se produce la fusión de los núcleos, y luego la meiosis, y las cuatro esporas hijas quedan colgando. Algunos basidiomicetos no presentan reproducción asexual. Ejemplos: níscalo, amanita, champiñón. |
| **Deuteromicetos** | Hifas tabicadas | No se conoce si tienen reproducción sexual. La reproducción asexual es por mitosporas formadas en conidios. Ejemplos: el *Penicillium* (produce la penicilina), las tiñas (como la del pie de atleta), los que producen los quesos roquefort y camembert, etc. |




Ciclo biológico con gametangiogamia (fusión de gametangios) en el hongo *Rhizopus stolenifer* (moho del pan).

## ACTIVIDADES

**1** Respecto a su nutrición, ¿qué tienen en común todos los grupos de hongos?

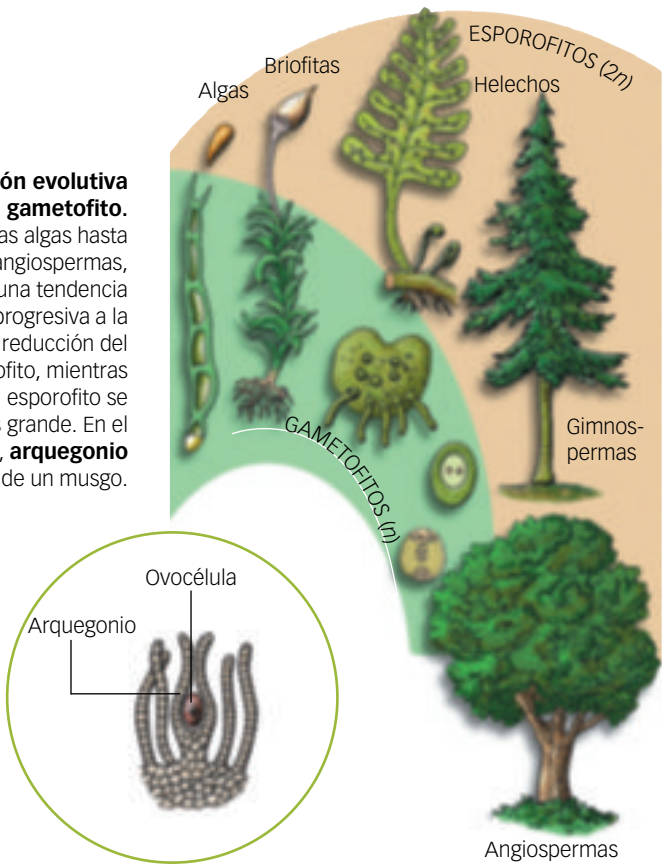
**2** ¿Qué grupo de hongos produce la estructura llamada seta? ¿Cuál es su función?

**3** En la figura se ha representado el ciclo de un hongo. Indica dónde aparece la reproducción sexual y dónde la asexual. Explícalas brevemente.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Clasificación de las plantas

| | Tipos de tejidos | Flores y semillas | Frutos | Categorías taxonómicas |
|---|---|---|---|---|
| **Briofitas** (musgos y hepáticas) 16 000 especies | Tienen tejido epidérmico pero no conductor (= protocormófito) | No tienen (arquegoniadas) | No tienen | Div. Briofita<br>Cl. Hepáticas<br>Cl. Briópsidos |
| **Pteridofitas** (helechos, equisetos y licopodios) 14 000 especies | Tienen tejidos epidérmicos y conductores (= cormófitos) | No tienen (arquegoniadas) | No tienen | Div. Pteridofita<br>Cl. Pteridópsidos<br>Cl. Equisetópsidos<br>Cl. Licopodiópsidos |
| **Espermafitas gimnospermas** (pinos, abetos, cipreses, tejos...) 700 especies | Tienen tejidos epidérmicos y conductores (= cormófitos) | Sí tienen (espermatófitas) | No tienen. Las semillas están en estructuras llamadas piñas, estróbilos, gálbulas o arilos | Div. Espermafita<br>Cl. Conífera<br>Cl. Cicadófitos<br>Cl. Gincópsidos |
| **Espermafitas angiospermas** (almendros, rosales...) 235 000 especies | Tienen tejidos epidérmicos y conductores (= cormófitos) | Sí tienen (espermatófitas) | Sí tienen | Div. Espermafita<br>Cl. Dicotiledóneas 170 000 especies<br>Cl. Monocotiledóneas 65 000 especies |




**Reducción evolutiva del gametofito.** Desde las algas hasta las angiospermas, hay una tendencia progresiva a la reducción del gametofito, mientras que el esporofito se hace más grande. En el recuadro, **arquegonio** de un musgo.

## ACTIVIDADES

1. Por el tipo de nutrición, ¿qué tienen en común todos los grupos de las plantas?
2. ¿En qué se diferencian las briofitas del resto de plantas?
3. ¿Qué plantas tienen semillas pero no tienen frutos? ¿Para qué les puede servir a las plantas el fruto?
4. En su ciclo de vida, las plantas pasan por la fase gametofítica y esporofítica. Fíjate en la figura y explica cómo han evolucionado el gametofito y el esporofito desde los musgos hasta las angiospermas.

# Clasificación de los animales triblásticos celomados

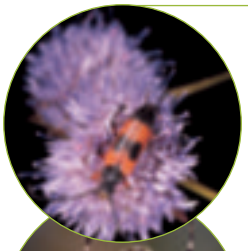
## Anélidos

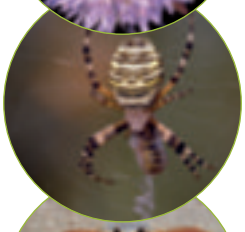
Son animales con forma de gusanos cilíndricos, alargados y segmentados. Los segmentos están separados internamente por septos y en cada segmento hay dos cavidades celómicas, un par de órganos excretores de tipo metanefridio y un par de ganglios nerviosos. Se distinguen tres grupos: el de los poliquetos, de vida marina; el de los oligoquetos o lombrices, de vida terrestre o dulceacuícola, y el de los hirudíneos o sanguijuelas, que presentan especies ectoparásitas de vertebrados. Se conocen unas 9 000 especies. Fotografía: anélido poliqueto de vida marina.

## Moluscos

Son animales de cuerpo blando, que suelen estar divididos en cabeza, masa visceral y pie, y cubiertos por un manto, que en muchos de ellos segrega una o dos conchas calizas. Los terrestres y algunos acuáticos respiran por una cavidad (cavidad paleal) que hace de pulmón. La mayoría de los acuáticos respiran por branquias. Tienen el celoma muy reducido, pero en cambio, la cavidad general primitiva del cuerpo está muy desarrollada y transformada en senos venosos en los cuales la sangre se derrama, ya que la circulación sanguínea es de tipo abierto, excepto en cefalópodos, que es cerrada. Los principales subgrupos de moluscos son los gasterópodos, los bivalvos y los cefalópodos. Muchas especies tienen un gran interés económico, ya que son comestibles. Se conocen unas 100000 especies. Fotografías: arriba, un gasterópodo (caracol). En el centro, un bivalvo (concha de Santiago). Abajo, un cefalópodo (sepia).

| Nombre | Concha | Pie | Respiración | Circulación |
|---|---|---|---|---|
| **Gasterópodos** | Una, espiralizada, o no existente (babosas) | Pie adaptado a la reptación | Pulmones (terrestres) y branquias (marinos) | Abierta |
| **Bivalvos** | Dos valvas articuladas | Pie pequeño, excavador | Branquias laminares | — |
| **Cefalópodos** | Ninguna (pulpo), una interna (sepia) o una externa (*Nautilus*) | Pie dividido en 8 tentáculos (pulpo) o en 10 (calamar) | Branquial | Cerrada |





## Artrópodos

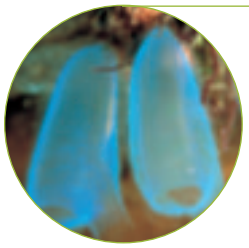
Son animales que presentan un exoesqueleto articulado de quitina y unos apéndices también formados por piezas articuladas. Además, los segmentos corporales los pueden tener agrupados formando diferentes regiones o tagmas. Abarca a las clases arácnidos, crustáceos, insectos y miriápodos. El filo de los artrópodos es el más diversificado de todos los existentes. Se conocen cerca de un millón de especies, la mayoría de ellas pertenecientes a los insectos, que han colonizado el medio aéreo gracias a su gran adaptabilidad y a la posesión de alas. Fotografías: arriba, un insecto (escarabajo). En el centro, un arácnido (araña). Abajo, un crustáceo (cangrejo).

| Nombre | Partes del cuerpo | N.º patas | N.º antenas | Respiración | Circulación |
|---|---|---|---|---|---|
| **Arácnidos** 35 000 esp. | Prosoma y opistosoma | 8 | 0 | Traqueal y traqueopulmonar | Quelíceros |
| **Crustáceos** 30 000 esp. | Cefalotórax y abdomen | Variable | 4 | Branquial | Mandíbulas |
| **Insectos** 751 000 esp. | Cabeza, tórax y abdomen | 6 | 2 | Traqueal | Mandíbulas |
| **Miriápodos** 10 000 esp. | Cabeza y tronco | Muchas | 2 | Traqueal | Mandíbulas |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## Equinodermos

Son animales invertebrados que se caracterizan por tener un esqueleto interno de naturaleza calcárea, un cuerpo de simetría pentarradiada no cefalizado y un sistema de vesículas, canales y ventosas, el aparato ambulacral, comunicado con el exterior, que les permite la locomoción y la captura de partículas. Son estrictamente marinos. Abarca a los erizos de mar, estrellas de mar, holoturias, ofiuras y comátulas marinas. Se conocen unas 6 000 especies. Fotografía: estrella de mar.



## Urocordados

Son cordados que tienen un notocordio de tipo fibroso que se reduce extraordinariamente al pasar de la vida larvaria a la adulta. Abarca a las ascídias y salpas. Viven fijos en el fondo del mar. Fotografía: ascidia.

## Cefalocordados

Son cordados que tienen un notocordio de tipo fibroso que perdura en el adulto. Abarca a los anfioxos, animales marinos de vida libre. Ilustración: anfioxo.

## Vertebrados

Son cordados cuyo notocordio embrionario sirve de base para la construcción de la columna vertebral. Abarca a peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Fotografías: un pez (pez payaso), un anfibio (rana común) y un mamífero marsupial (koala).

| Nombre | Tegumento | Esqueleto. Respiración | Circulación | Reproducción |
|---|---|---|---|---|
| **Peces** 4 500 esp. | Escamas dérmicas recubiertas de epidermis | Carecen de extremidades. Tienen aletas. Respiración branquial | Simple (1 aurícula y 1 ventrículo) | Fecundación externa en ovíparos e interna en ovovivíparos |
| **Anfibios** 2 000 esp. | Piel desnuda. Epidermis húmeda y fina (respiración cutánea) | Tetrápodos. En las larvas, respiración branquial. En los adultos, pulmonar y cutánea | Doble e incompleta (2 aurículas y 1 ventrículo) | Fecundación externa. Ovíparos. Presentan metamorfosis durante su desarrollo |
| **Reptiles** 5 000 esp. | Escamas epidérmicas. Evitan la desecación y permiten la reptación. Exigen mudas | Tetrápodos, sin esternón. Por ello precisan reptar. Los ofidios (serpientes) son ápodos. Respiración pulmonar | Igual que los anfibios (salvo crocodilianos, como en las aves) | Fec. interna. Ovíparos. Algunos casos de ovovivíparos. Huevos con cáscara, que resisten la desecación |
| **Aves** 9 000 esp. | Plumas de varios tipos: remeras, timoneras y cobertoras | Tetrápodos, extremidades anteriores en forma de alas. Respiración pulmonar | Doble y completa (2 aurículas y 2 ventrículos) | Fecundación interna. Ovíparos. Huevos con cáscara, que resisten la desecación |
| **Mamíferos** 4 500 esp. | Generalmente presentan pelos | Tetrápodos. Extremidades anteriores adaptadas a marcha, natación o para coger objetos. Resp. pulmonar | Doble y completa (2 aurículas y 2 ventrículos) | Fecundación interna. Ovíparos (*Echidna*), vivíparos sin placenta y con marsupio (como los canguros), o con placenta (como las ratas) |

## ACTIVIDADES

**1** Indica los grupos a los que pertenecen los siguientes animales: gamba, lombriz de tierra, lenguado, ofiura, anfioxo, orca, babosa, escorpión, sepia, sanguijuela y caballito de mar.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## La flora bacteriana del cuerpo humano

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación para averiguar la diversidad bacteriana que habita en el cuerpo humano, tanto en su interior como en la piel.

**Otras investigaciones sugeridas.** Diversidad de endoparásitos y ectoparásitos humanos. Diversidad de protoctistas presentes en una charca. Diversidad de microorganismos descomponedores de la celulosa en el tubo digestivo de los rumiantes.

**Fuentes de la investigación**

- *Los microbios que comemos*. Alfonso V. Carrascosa. Editorial Los libros de la Catarata, 2011.
- *Microbiología de las infecciones humanas.* Ángela Restrepo y otros. Editorial CIB, 2007.

**Realización.** Equipos de 5 alumnos.

**Duración de la elaboración.** 5 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital y elaboración de carteles del cuerpo humano indicando la flora bacteriana que presenta en cada lugar.

### TEN EN CUENTA QUE

**Precedentes históricos**

El holandés Anton van Leeuwenhoek, en el siglo XVII, fue el primero en observar microorganismos gracias a los microscopios que él mismo se fabricaba. Era comerciante de telas y consiguió desarrollar técnicas para fabricar las mejores lentes de la época, que utilizaba para distinguir sus telas. Sin embargo, la curiosidad y el afán de investigar hicieron que observara otras cosas y viera microorganismos.

El científico Louis Pasteur, en la segundad mitad del siglo XIX, realizó varias aportaciones a la microbiología. Fue el primero en darse cuenta que algunas enfermedades eran causadas por microorganismos. Cultivó el microorganismo responsable del carbunco. Acabó con la teoría de la generación espontánea y desarrolló la vacuna. Se considera el fundador de la microbiología.

Coetáneo de Pasteur, Robert Koch descubrió el microorganismo responsable de la tuberculosis (bacilo de Koch) en 1882 y recibió el Premio Nobel en 1905. Con sus técnicas aisló el microorganismo causante de la enfermedad, *Mycobacterium tuberculosis*. Lo cultivó y lo inoculó en animales de laboratorio, induciéndoles la enfermedad. Después obtuvo muestras y comprobó que era el mismo bacilo.

Anton van Leeuwenhoek.

### LO QUE DEBES SABER

- **Microorganismo:** organismo de pequeño tamaño que para poder observarlo se necesita lupa o microscopio.
- **Microbiología:** ciencia que estudia los microorganismos.
- **Parasitismo:** relación entre dos organismos de distinta especie, en la que una sale beneficiada y la otra perjudicada.
- **Simbiosis:** relación entre dos organismos de distinta especie, en la que las dos salen beneficiadas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## La relación filogenética entre los grupos de animales y entre los distintos grupos de plantas

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Realiza una investigación científica para tratar de averiguar la relación filogenética entre los cinco reinos.

**Otras investigaciones sugeridas.** Distingue la relación filogenética entre los distintos grupos de animales y la relación filogenética entre los distintos grupos de plantas.

**Fuentes de la investigación**

En la red:

- Árbol filogenético de los seres vivos. Proyecto Biosfera. Palabras clave: *árbol filogenético biosfera*.

Referencias bibliográficas:

- *El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos.* Pablo Vergara y Rafael Zardoya. Madrid, 2012.

**Realización.** Equipos de 5 alumnos.

**Duración de la elaboración.** 5 sesiones.

**Presentación.** Presentación digital y elaboración de carteles del árbol de la vida donde se exprese la relación filogenética entre los cinco reinos.

### TEN EN CUENTA QUE

**Precedentes históricos**

Ernst Haeckel sugirió la denominación de reino Protista para agrupar en él a todos los seres vivos que no se ajustaban ni a las plantas ni a los animales. En este reino incluyó a las bacterias, que más tarde se separaron en un reino diferente llamado Moneras.

Robert H. Whittaker propuso una nueva clasificación en cinco reinos, en la que creaba el reino Fungi. En este nuevo reino incluía a los hongos y los separaba de las plantas. Los cinco reinos quedaban de la siguiente manera: Animalia, Plantae, Fungi, Protista y Monera.

Lynn Margulis y Karlene V. Schwartz realizaron unas modificaciones en la clasificación de Haeckel. Mantuvieron el sistema de cinco reinos pero renombraron el reino Protistas, llamándolo Protoctistas, en el que incluyeron las algas pluricelulares de organización simple, diferenciándolas de las plantas.

Ernst Haeckel.

### LO QUE DEBES SABER

- **Sistemática:** es una ciencia que tiene como finalidad crear sistemas de clasificación que expresan los distintos grados de semejanza entre los seres vivos y sus relaciones evolutivas.
- **Filogenia:** es la relación de parentesco que se establece entre las distintas especies o taxones.
- **Taxonomía:** se ocupa de la ordenación de los seres vivos, proporcionando los principios, reglas y procedimientos para realizar su clasificación.
- **Taxones:** son los grupos de organismos, de cualquier nivel, que se forman en una clasificación. Por ejemplo, los mamíferos son un taxón.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 12 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Una de las siguientes respuestas sobre los procariotas es falsa. Señálala.

- ☐ **a.** Son todos unicelulares, aunque pueden formar colonias.
- ☐ **b.** Se clasifican en grampositivas y gramnegativas.
- ☐ **c.** No presentan núcleo.
- ☐ **d.** Pueden presentar mureína en la pared celular.

**2** La distribución de las macroalgas en el fondo de la zona fótica depende de:

- ☐ **a.** La densidad de las algas.
- ☐ **b.** La cantidad de pigmentos fotosintéticos que posean.
- ☐ **c.** Los tipos de pigmentos fotosintéticos que posean.
- ☐ **d.** La posibilidad, o no, de desplazarse por el fondo.

**3** Si un protozoo se desplaza mediante pseudópodos formará parte del grupo de los:

- ☐ **a.** Rizópodos.
- ☐ **b.** Ciliados.
- ☐ **c.** Esporozoos.
- ☐ **d.** Flagelados.

**4** ¿Qué característica es común a todas las plantas?

- ☐ **a.** Realizan la fotosíntesis, siendo su único pigmento fotosintético la clorofila.
- ☐ **b.** El componente fundamental de la pared celular es la celulosa.
- ☐ **c.** Almacenan glucógeno como sustancia de reserva.
- ☐ **d.** Se clasifican en tres grandes grupos: briofitas, pteridofitas y angiospermas.

**5** Los helechos son unas plantas que pertenecen al grupo de las:

- ☐ **a.** Angiospermas.
- ☐ **b.** Gimnospermas.
- ☐ **c.** Pteridofitas.
- ☐ **d.** Briofitas.

**6** Una de las siguientes afirmaciones sobre los hongos no es correcta. Señálala.

- ☐ **a.** El conjunto de hifas recibe el nombre de plasmodio.
- ☐ **b.** La mayoría presenta organización talofítica.
- ☐ **c.** El cuerpo del hongo está formado por filamentos tubulares denominados hifas.
- ☐ **d.** Su pared celular contiene quitina.

**7** Las levaduras son hongos que producen las fermentaciones alcohólicas. A qué grupo pertenecen:

- ☐ **a.** Zigomicetos.
- ☐ **b.** Glomeromicetos.
- ☐ **c.** Ascomicetos.
- ☐ **d.** Basidiomicetos.

**8** El caracol es un animal invertebrado que presenta simetría:

- ☐ **a.** Radial.
- ☐ **b.** No presenta simetría.
- ☐ **c.** Dorsal.
- ☐ **d.** Bilateral.

**9** Si cogemos un artrópodo que tiene el cuerpo dividido en cefalotórax y abdomen, cuatro pares de patas y quelíceros pertenecerá al grupo de los:

- ☐ **a.** Insectos.
- ☐ **b.** Arácnidos.
- ☐ **c.** Crustáceos.
- ☐ **d.** Miriápodos.

**10** El conducto cilíndrico flexible localizado a lo largo del eje dorsal en los cordados, que sirve de soporte para los músculos y protege el cordón nervioso, se llama:

- ☐ **a.** Amnios.
- ☐ **b.** Tonocorda.
- ☐ **c.** Urocordado.
- ☐ **d.** Notocorda.

SOLUCIONES

**1** b **2** c, **3** a, **4** b, **5** c, **6** a, **7** c, **8** d, **9** b, **10** d

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: _____ Curso: _____ Fecha: _____

**1** Según su forma, ¿qué tipo de procariotas conoces?

**2** Clasifica los protozoos por su desplazamiento y nombra las estructuras que utilizan para desplazarse.

**3** Explica la clasificación y la distribución de las macroalgas. ¿Por qué no se encuentran en la zona afótica?

**4** Completa las frases relativas a las plantas:

a) Tienen, en general, una organización _____, con tejidos especializados y órganos.

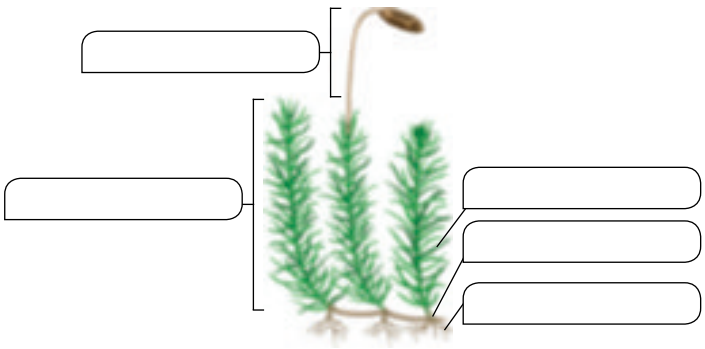
b) Almacenan _____ como sustancia de reserva.

c) El principal pigmento con el que realizan la fotosíntesis es la _____.

d) Tienen nutrición _____.

e) Presentan un ciclo de vida _____, caracterizado por la alternancia de generaciones.

**5** En la figura se ha representado un musgo. Señala en el dibujo las siguientes estructuras: esporofito, gametofito, filoide, rizoide y cauloide. ¿A qué grupo taxonómico de las plantas pertenecen los musgos?



**6** Sobre el dibujo señala las siguientes estructuras: micelio, hifa, basidio, basidiospora y seta. ¿Para qué sirve la seta?
¿A qué grupo de hongos pertenece?

**7** De las siguientes características indica cuáles son de las plantas y cuáles de los hongos.

a) Organización talofítica.
b) Organización cormofítica.
c) Presentan celulosa en la pared celular.
d) Presentan quitina en la pared celular.
e) Son heterótrofos.
f) Son autótrofos.
g) Almacenan almidón como sustancia de reserva.
h) Almacenan glucógeno como sustancia de reserva.

**8** Indica cuatro características principales de las plantas.

**9** Relaciona las tres columnas.

| | | |
|---|---|---|
| 1. Invertebrados sin simetría | a. Moluscos | A. Gusano de seda |
| | b. Insectos | B. Estrella de mar |
| 2. Invertebrados con simetría radial | c. Poríferos | C. Caracol marino |
| | d. Equinodermos | D. Lombriz de tierra |
| 3. Invertebrados con simetría bilateral | e. Platelmintos | E. Esponjas |
| | f. Anélidos | F. Tenia |

**10** a) ¿Cuál es la característica principal de los cordados que los diferencia de los invertebrados? ¿En qué consiste?

b) Indica qué grupos de vertebrados presentan las siguientes características:

1. Acuáticos con esqueleto cartilaginoso y escamas denticulares que recubren su piel.
2. Pico córneo, ovíparas y son capaces de regular su temperatura corporal.
3. Esqueleto óseo, piel desnuda con glándulas mucosas y una parte de su ciclo están en tierra y otra en el agua.
4. Piel cubierta por escamas endurecidas unidas entre sí, son ovíparos y su fase embrionaria se desarrolla en el amnios.
5. Acuáticos, de aspecto alargado y cilíndrico, sin escamas.

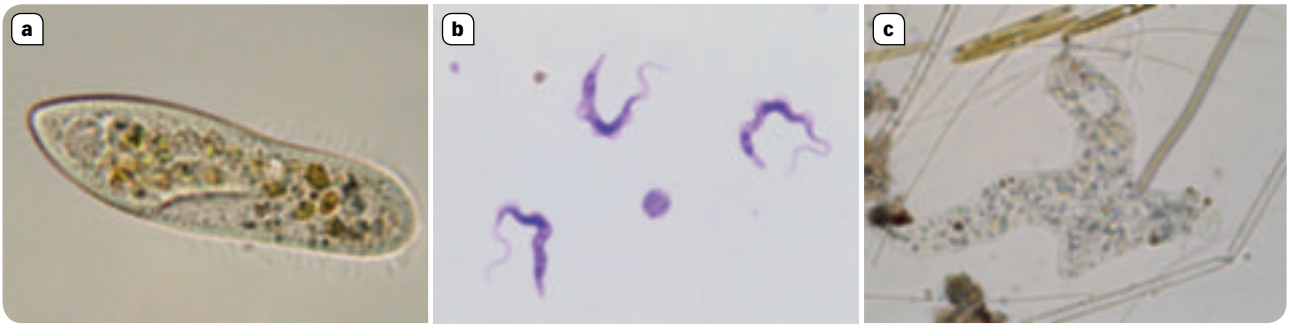
# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué diferencia a las bacterias grampositivas de las gramnegativas? Pon un ejemplo de bacterias que pertenezcan a cada grupo.

**2** a) Indica a qué grupo pertenecen los protozoos de las imágenes y cuál es su sistema de locomoción.

b) ¿Qué grupo de protozoos falta? ¿Cuál es su sistema de desplazamiento?




**3** Explica la distribución de las algas en la zona fótica de los mares. ¿Por qué presentan dicha distribución?

**4** Explica cinco características comunes a todas las plantas.

**5** ¿Qué característica diferencia a las espermatofitas del resto de plantas? Realiza un esquema de su clasificación indicando las principales características de cada grupo y poniendo algunos ejemplos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** Señala y describe las estructuras que componen el hongo de la figura. ¿Para qué sirve la estructura que emerge del suelo? ¿A qué grupo de hongos pertenece?

**7** Explica cuatro características de los hongos que los diferencien de las plantas.

**8** Explica cuatro características de los animales que los diferencien de las plantas y que, por lo menos una de ellas, coincida con los hongos.

**9** ¿Cuáles son las características generales de los artrópodos? Indica los grupos a los que pertenecen los siguientes organismos y pon un ejemplo de cada uno de ellos.

a) Organismo 1: cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. Poseen un par de antenas y pueden tener uno o dos pares de alas.

b) Organismo 2: cuerpo dividido en cefalotórax y abdomen. Carecen de antenas y tienen quelíceros.

c) Organismo 3: cuerpo dividido en cefalotórax y abdomen. Tienen dos pares de antenas y cinco pares de patas.

d) Organismo 4: cuerpo dividido en cabeza, con un par de antenas y tronco con numerosos anillos.

**10** a) ¿Cuál es la característica principal de los cordados que los diferencia de los invertebrados? ¿En qué consiste? ¿A qué hace referencia el nombre de vertebrados?

b) Indica las estructuras que cubren la piel de cada uno de los grupos de vertebrados.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B4-1.** Conocer los grandes grupos taxonómicos de seres vivos. | **B4-1.1.** Identifica los grandes grupos taxonómicos de los seres vivos. | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 |
| **B4-4.** Conocer las características de los tres dominios y los cinco reinos en los que se clasifican los seres vivos. | **B4-4.1.** Reconoce los tres dominios y los cinco reinos en los que se agrupan los seres vivos. | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 |
| | **B4-4.2.** Enumera las características de cada uno de los dominios y de los reinos en los que se clasifican los seres vivos. | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 |

## Control B

**1** Por la forma, los procariotas pueden ser:
- Redondos, presentándose individualmente (cocos), formando filamentos (estreptococos) o racimos (estafilococos).
- Alargados como los bacilos.
- Curvados como los vibrios.
- En espiral como los espirilos.

**2** Por su desplazamiento, los protozoos pueden ser:
- Ciliados, se desplazan mediante cilios.
- Flagelados, utilizan flagelos para desplazarse.
- Ameboides o rizópodos, se desplazan mediante pseudópodos.
- Esporozoos, no tienen estructuras para desplazarse.

**3** Las macroalgas se clasifican en:
- Algas verdes, que se distribuyen en los primeros metros de la zona fótica.
- Algas pardas, que pueden llegar hasta los 50 metros de profundidad.
- Algas rojas, que pueden aprovechar la luz que llega hasta el límite de la zona fótica.

No se encuentran en la zona afótica porque no llega luz y, por tanto, no pueden hacer la fotosíntesis.

**4** **a)** Tienen, en general, una organización cormofítica, con tejidos especializados y órganos.

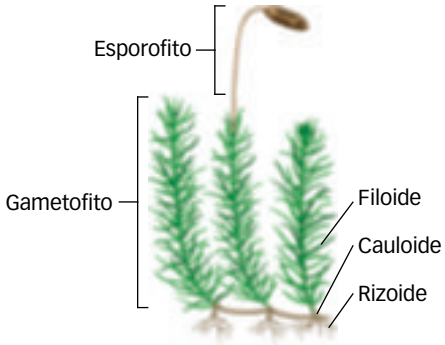
**b)** Almacenan almidón como sustancia de reserva.

**c)** El principal pigmento con el que realizan la fotosíntesis es la clorofila.

**d)** Tienen nutrición autótrofa.

**e)** Presentan un ciclo de vida diplohaplonte, caracterizado por la alternancia de generaciones.

**5** Los musgos pertenecen a las briofitas.




**6** Señalar los siguientes términos en la figura:
- Basidio y basidiospora, en la ampliación del círculo superior.
- Micelio, en los filamentos subterráneos.
- Hifas, en la ampliación del círculo inferior.
- Seta, a la estructura que emerge del suelo.

La seta es la estructura reproductora del hongo. En ella se encuentra el basidio donde se fabricarán las esporas, que al caer al suelo germinarán y formarán un nuevo micelio.

**7** Plantas: b), c), f) y g).

Hongos: a), d), e) y h).

**8** Las características principales de las plantas son:
- Tienen organización cormofítica, con tejidos especializados y desarrollo de órganos, a excepción de las briofitas, que tienen organización protocormofítica, y las cariofíceas, que tienen organización talofítica.
- La celulosa es el componente fundamental de la pared celular.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

– Realizan la fotosíntesis, siendo la clorofila el principal pigmento.
– Almacenan almidón como sustancia de reserva.
– La mayoría viven fijas en el suelo y son incapaces de desplazarse.
– Presentan un ciclo de vida diplohaplonte, caracterizado por la alternancia de generaciones, con una fase de esporofito y otra de gametofito.

**9** 1 - c - E
2 - d - B
3 - a - C
3 - b - A
3 - e - F
3 - f - D

**10** **a)** La principal característica de los cordados es la presencia de la notocorda, que es un conducto flexible, localizado a lo largo del eje dorsal, que sirve de soporte para los músculos y protege el cordón nervioso. En los vertebrados se transforma en la columna vertebral, con vértebras formadas por tejido cartilaginoso u óseo.

**b)** 1. Los condrictios.
2. Las aves.
3. Los anfibios.
4. Los reptiles.
5. Los agnatos.

## Control A

**1** La diferencia entre las grampositivas y las gramnegativas estriba en la estructura y composición de la pared celular. Las primeras tienen una pared celular formada por una gruesa capa de mureína; en las gramnegativas está formada por una delgada capa de mureína y una membrana externa similar a la membrana plasmática.

Ejemplos de grampositivas: estreptococos, estafilococos, bacterias acidolácticas, actinomicetos…

Ejemplos de gramnegativas: bacterias del género *Rhizobium*, cianobacterias, enterobacterias, micoplasmas…

**2** **a)** Figura a: es un ciliado, que utiliza como sistema de locomoción el movimiento de los cilios.

Figura b: se trata de un flagelado, que utiliza el movimiento del flagelo para desplazarse.

Figura c: se puede ver a una ameba o rizópodo que se desplaza por medio de pseudópodos.

**b)** Faltan los esporozoos, que no presentan ninguna estructura para desplazarse.

**3** Las algas se distribuyen de la siguiente manera:
– Las microalgas como los dinoflagelados y las diatomeas, forman parte del fitoplancton porque están flotando en la superficie de mares y océanos.
– Las algas verdes (macroalgas) están fijas al sustrato en los primeros metros de profundidad.
– Las algas pardas (macroalgas) están fijas al sustrato y llegan a una profundidad de 50 metros.
– Las algas rojas (macroalgas) están fijas al sustrato y llegan hasta el límite de la zona fótica.

Esta distribución está condicionada por los pigmentos fotosintéticos que posean, ya que los pigmentos absorben la luz en distintas longitudes de onda. Las algas verdes poseen clorofila a y b, que absorben la luz roja, por lo que necesitan estar cerca de la superficie. Las algas pardas poseen clorofila a y c y xantofilas, por lo que pueden aprovechar la luz, que llega hasta los 50 metros de profundidad. Las algas pardas tienen clorofilas a y d, ficobilinas y carotenos por lo que son capaces de llegar hasta el límite de la zona fótica.

**4** Las características comunes de las plantas son:
– Tienen, en general, una organización cormofítica, con tejidos especializados y órganos.
– Almacenan almidón como sustancia de reserva.
– El principal pigmento con el que realizan la fotosíntesis es la clorofila.
– Tienen nutrición autótrofa.
– Presentan un ciclo de vida diplohaplonte, caracterizado por la alternancia de generaciones.
– La mayoría viven fijas en el suelo y son incapaces de desplazarse.

**5** La principal característica es la presencia de semillas como estructura de dispersión en la que se encuentra el embrión. Se clasifican en:
1. Gimnospermas. Semillas no protegidas por fruto y sus flores no presentan ni cáliz, ni corola.
   – Pináceas: pinos y abetos.
   – Cupresáceas: cipreses y enebros.
   – Taxáceas: tejo.
   – Cicadáceas: cica.
   – Ginkogoales: *Ginkgo biloba*.
2. Angiospermas. Semillas protegidas por fruto y flores, generalmente, con cáliz y corola.
   – Monocotiledóneas. Embrión con un cotiledón. Gramíneas (arroz, cebada, maíz, trigo). Liliáceas (tulipán, jacinto, cebolla). Palmeras. Orquídeas.
   – Dicotiledóneas. Embrión con dos cotiledones. Fagáceas (haya, encina). Rosáceas (rosal, manzano). Oleáceas (olivo, fresno). Leguminosas (guisante, judía, acacia).

**6** Sobre la figura:
– Basidio y basidiospora, en la ampliación del círculo superior. El basidio es la estructura que fabrica las basidiosporas, que son esporas que al caer al suelo germinarán y darán lugar a un nuevo micelio.
– Micelio, en los filamentos subterráneos. Es el conjunto de filamentos subterráneos que forma el hongo.
– Hifas, en la ampliación del círculo inferior. Es cada uno de los filamentos del micelio.
– Seta, la estructura emergente. Es la estructura que emerge del suelo.

La seta es una estructura que genera el hongo para reproducirse, ya que en ella se fabrican las basidiosporas.

Este hongo pertenece al grupo de los basidiomicetos.

**7** Los hongos se diferencian de las plantas en que:

– Son heterótrofos, las plantas autótrofas.
– Su pared celular contiene principalmente quitina, las plantas contienen celulosa.
– Producen esporas, las plantas no.
– No presentan verdaderos tejidos diferenciados, las plantas sí.
– No presentan órganos diferenciados, las plantas sí.
– Tienen organización talofítica, las plantas organización cormofítica.

**8** Algunos ejemplos son:

– Los animales son heterótrofos (al igual que los hongos), las plantas son autótrofas.
– No presentan pared celular, las plantas sí.
– Almacenan glucógeno como sustancia de reserva (al igual que los hongos), las plantas almacenan almidón.
– El colágeno es la principal proteína estructural, en las plantas no.
– Tienen tejidos y órganos sensoriales especializados, las plantas no.
– Tienen la capacidad de desplazarse, al menos en alguna etapa de su ciclo, las plantas no.

**9** Los artrópodos se caracterizan por poseer un cuerpo segmentado y rodeado de un esqueleto de quitina. Presentan apéndices articulados como patas, antenas o piezas bucales. Crecen mediante mudas y es el grupo que presenta mayor diversidad.

**a)** Organismo 1: se trata de un insecto (mariposas, saltamontes, moscas, hormigas, etc.).
**b)** Organismo 2: se trata de un arácnido (arañas y escorpiones).
**c)** Organismo 3: se trata de un crustáceo (gambas, cangrejos, etc.).
**d)** Organismo 4: se trata de un miriápodo (ciempiés, milpiés, escolopendras).

**10** **a)** Los cordados presentan notocorda, los invertebrados no la poseen. La notocorda es un conducto cilíndrico, flexible, localizado a lo largo del eje dorsal, que sirve de soporte para los músculos y protege el cordón nervioso. Los vertebrados son el principal grupo de los cordados, cuyo nombre deriva de la transformación de la notocorda en la columna vertebral, formada por vértebras de cartílago o hueso.

**b)** Los agnatos no presentan escamas en la piel.

Los condrictios cubren su piel con escamas denticulares.

Los osteíctios presentan su piel cubierta de escamas aplanadas.

Los anfibios tienen la piel desnuda con glándulas mucosas.

Los reptiles cubren su piel con escamas o placas endurecidas.

Las aves tienen la piel cubierta de plumas.

Los mamíferos tienen la piel cubierta de pelos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

La vida se manifiesta continuamente y en cualquier lugar de la Tierra. Además, lo hace en tan variadas formas que, con frecuencia, la clasificación de algunos seres vivos resulta muy complicada y está sometida a continuas revisiones. Los mixomicetos (filo *Myxomycota* o *Mycetozoa*) constituyen un claro ejemplo.

Se trata de un extraño grupo de protoctistas que durante una parte de su vida se comportan como seres unicelulares y durante otra como pluricelulares; parecen hongos (de ahí que se les conociera como «mohos mucilaginosos»), pero no lo son porque hacen digestión intracelular, carecen de pared celular…

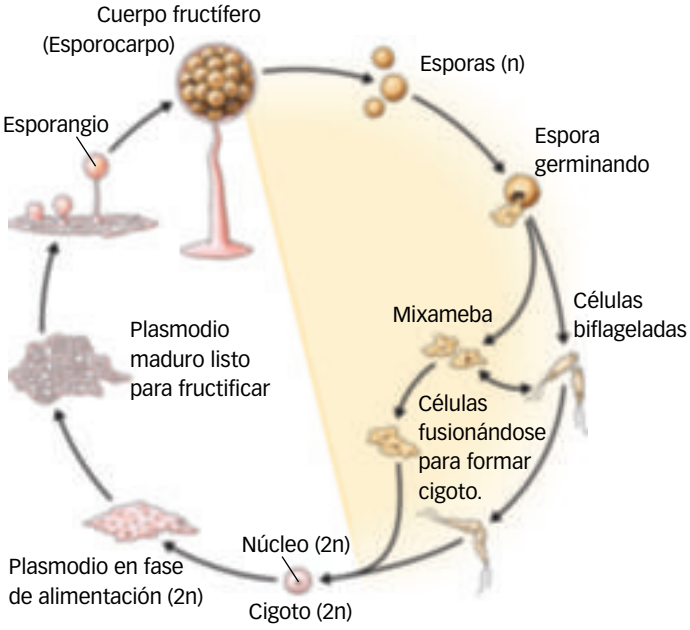
**1** ¿Cómo digieren los hongos su alimento?

- ☐ **a.** En el interior de los lisosomas.
- ☐ **b.** En el exterior de la célula.
- ☐ **c.** En el interior del núcleo.
- ☐ **d.** En el interior de las mitocondrias.

**2** Durante el transcurso de su vida, y según la idoneidad de las condiciones bajo las que se encuentren, los mixomicetos pasan por tres etapas muy diferentes. Inicialmente, en condiciones favorables de abundancia de alimento y humedad, son unicelulares de forma ameboide y se mueven mediante pseudópodos o flagelos (dependiendo sobre todo de la cantidad de agua en el medio). Estas falsas amebas se denominan mixamebas, son haploides, no tienen pared celular, se alimentan mediante fagocitosis y, cuando hay agua en el medio, se transforman en células biflageladas nadadoras. Las mixamebas se reproducen asexualmente mediante mitosis y continúan proliferando indefinidamente mientras haya nutrientes.

Si una determinada especie de mixomiceto tiene una dotación cromosómica 2n = 16, ¿cuántos cromosomas tendrán las mixamebas?

- ☐ **a.** 32 cromosomas.
- ☐ **b.** 16 cromosomas.
- ☐ **c.** 8 cromosomas.
- ☐ **d.** 4 cromosomas.




**3** Cuando las condiciones cambian y escasean los nutrientes, los mixomicetos inician la etapa de agregación, en la que las mixamebas actúan como gametos fusionándose para dar lugar a un cigoto. El núcleo del cigoto se divide repetidamente sin que se divida el citoplasma; se forma así una gran masa citoplasmática plurinucleada denominada plasmodio o «moho mucilaginoso».

Si las condiciones empeoran, el plasmodio se convierte en un cuerpo fructífero; este forma una estructura, parecida a los esporocarpos de los hongos, productora de esporas haploides, que permanecen enquistadas hasta que vuelven las condiciones favorables. Cuando esto sucede, las esporas germinan para dar lugar a las mixamebas que reinician el ciclo. ¿En qué momento del ciclo de los mixomicetos se realiza la meiosis?

- ☐ **a.** Cuando germinan las esporas.
- ☐ **b.** Durante la primera división del cigoto.
- ☐ **c.** Durante la esporogénesis.
- ☐ **d.** En la fase de plasmodio maduro.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** Elige dos razones por las cuáles no se pueden incluir a los mixomicetos dentro del reino Hongos.

- ☐ **a.** Los hongos son eucariotas y tienen celulosa, mientras que los mixomicetos son procariotas y no tienen celulosa.
- ☐ **b.** Los hongos siempre son pluricelulares y saprófitos, mientras que los mixomicetos pueden ser unicelulares o pluricelulares y nunca son saprófitos.
- ☐ **c.** Los hongos producen setas y hacen la fotosíntesis, mientras que los mixomicetos no forman setas y son heterótrofos.
- ☐ **d.** Los hongos se alimentan absorbiendo nutrientes y tienen quitina en su pared celular, mientras que los mixomicetos ingieren alimentos que digieren en su interior y no tienen quitina.

**5** Al igual que los mixomicetos fueron considerados hongos, también las algas se incluyeron erróneamente dentro del reino Plantas, hasta 1985. Entonces, las biólogas Lynn Margulis y Karlene V. Schwartz las añadieron al reino de los protistas, que pasó a llamarse reino Protoctistas.

¿Cuál de las siguientes razones ha sido la de mayor peso para que esta clasificación haya sido aceptada universalmente?

- ☐ **a.** La fotosíntesis que hacen las algas es muy diferente de la que hacen las plantas.
- ☐ **b.** Las algas no tienen auténticos tejidos diferenciados.
- ☐ **c.** Al contrario de lo que ocurre en las plantas, en la pared celular de las algas no hay celulosa.
- ☐ **d.** Las plantas viven en la tierra y las algas en el agua.

**6** Las hepáticas son unas plantas que pertenecen a la misma división taxonómica que los musgos. Viven en lugares poco iluminados y muy húmedos y, aunque absorben el agua y los nutrientes por toda su superficie corporal, también poseen unos rizoides finísimos, formados por una sola célula que las fijan al sustrato.

¿Cuáles de las siguientes afirmaciones relacionadas con las hepáticas son verdaderas y cuáles son falsas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Son diplohaplontes. | |
| Carecen de xilema y floema. | |
| Todas ellas son acuáticas. | |
| En su ciclo domina la etapa gametofítica. | |
| Hacen la fotosíntesis en toda la superficie de su cuerpo. | |

**7** Los equinodermos, como el erizo de mar de la imagen, son animales invertebrados marinos de aspecto muy primitivo. Su historia se remonta a principios del Cámbrico, hace más de 500 millones de años, y es uno de los grupos animales mejor representados en el registro fósil debido a su particular esqueleto, formado por placas calcáreas.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es una razón de peso para considerar que los equinodermos están, filogenéticamente hablando, más cerca de los vertebrados que de los invertebrados?

- ☐ **a.** Son deuteróstomos.
- ☐ **b.** Tienen simetría radial.
- ☐ **c.** Su esqueleto está cubierto por la piel (es interno).
- ☐ **d.** Poseen un aparato ambulacral que hace las veces de circulatorio, locomotor y respiratorio.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B2-3.** Reconocer las fases de la mitosis y meiosis argumentando su importancia biológica. | **B2-3.1.** Describe los acontecimientos fundamentales en cada una de las fases de la mitosis y meiosis. | 2 y 3 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Aprender a aprender** | **B4-2.** Interpretar los sistemas de clasificación y nomenclatura de los seres vivos. | **B4-2.1.** Conoce y utiliza claves dicotómicas u otros medios para la identificación y clasificación de diferentes especies de animales y plantas. | 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B4-4.** Conocer las características de los cinco reinos en los que se clasifican los seres vivos. | **B4-4.2.** Enumera las características de cada uno de los reinos en los que se clasifican los seres vivos. | 1, 2, 3, 4, 5 y 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-12.** Diferenciar los ciclos biológicos de briofitas, pteridofitas y espermafitas, y sus fases y estructuras características. | **B5-12.1.** Diferencia los ciclos biológicos de briofitas, pteridofitas y espermafitas, y sus fases y estructuras características. | 6 |

**1** **a.** En el interior de los lisosomas.

**2** **c.** 8 cromosomas.

**3** **c.** Durante la esporogénesis.

**4** **d.** Los hongos se alimentan absorbiendo nutrientes y tienen quitina en su pared celular, mientras que los mixomicetos ingieren alimentos que digieren en su interior y no tienen quitina.

**5** **b.** Las algas no tienen auténticos tejidos diferenciados.

**6**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Son diplohaplontes. | Verdadero |
| Carecen de xilema y floema. | Verdadero |
| Todas ellas son acuáticas. | Falso |
| En su ciclo domina la etapa gametofítica. | Verdadero |
| Hacen la fotosíntesis en toda la superficie de su cuerpo. | Verdadero |

**7** **c.** Su esqueleto está cubierto por la piel (es interno).

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

# Solucionario

Pág. 223

**PARA COMENZAR**

1 Los científicos consideran a los onicóforos como artrópodos porque presentan una cubierta de quitina que los obliga a llevar a cabo sucesivas mudas durante el crecimiento.

2 Son muchos los criterios que se pueden tener en cuenta para clasificar a los animales: el tipo de simetría que presentan, si el cuerpo presenta segmentación o no, si tienen exoesqueleto de quitina, el tipo de aparato respiratorio, el tipo de estructuras que cubren su piel, si tienen o no glándulas mamarias…, aunque a los alumnos es posible que se les ocurran criterios que no tengan que ver con aspectos filogenéticos y de parentesco, como si vuelan o no, si son acuáticos, si tienen patas o no, etc.

3 Se consideran fósiles vivientes a aquellos seres vivos actuales cuyo diseño corporal no ha cambiado en muchos millones de años, tal y como se puede ver en el registro fósil.

Algunos ejemplos son: el cangrejo herradura o límula, que es un quelicerado; el celacanto, que es un pez que se creía extinto; el *Triops*, que es un pequeño crustáceo; el *Ginkgo biloba*, árbol del grupo de las gimnospermas originario de Asia. También hay grupos de animales, como los cocodrilos, que se les considera fósiles vivientes, porque en su evolución, a lo largo de millones de años, han sufrido pocos cambios morfológicos y anatómicos.

4 R. L.

5 Al ser humano lo encuadraríamos en las siguientes categorías:

Reino: Animal.
Filo: Cordados.
Clase: Mamíferos.
Orden: Primates.
Familia: Homínidos.
Género: *Homo.*
Especie: *Homo sapiens.*

6 Los líquenes son organismos formados por la unión simbiótica de un alga y un hongo. Técnicamente son dos especies distintas, pero su unión simbiótica es tan estrecha que se comportan como un solo individuo. Aunque son un alga y un hongo, para clasificarlas se les considera como una especie.

7 Los onicóforos son difíciles de ver porque tienen pequeño tamaño y pasan generalmente desapercibidos.

8 Será difícil que conozcamos todas las especies de nuestro planeta porque muchas de ellas viven en zonas de difícil acceso como son las selvas tropicales. Además, son muchas las especies que están desapareciendo diariamente de la faz de la Tierra, con lo que nunca llegaremos a conocerlas.

9 No. Hay organismos procariotas beneficiosos para el ser humano, como la flora bacteriana que tenemos en el intestino grueso y que vive simbióticamente con nosotros. Además, están las bacterias de las que obtenemos beneficios industriales, como las que utilizamos en las plantas depuradoras para digerir los lodos residuales; las que se utilizan para la industria alimentaria produciendo los derivados lácteos, como el yogur; las que producen gran parte de los antibióticos conocidos, como las del género *Streptomyces.*

10 Se dice que los protoctistas son «un cajón de sastre» porque en este reino se incluyen especies que no caben en los otros cuatro reinos. De esta manera, tenemos organismos muy dispares en cuanto a su nutrición o modo de vida, desde organismos unicelulares, hasta pluricelulares de organización sencilla, desde los que son autótrofos hasta los heterótrofos, de reproducción sexual o asexual. En definitiva, que si nos basáramos en criterios filogenéticos exclusivamente, no estarían todas en un mismo reino.

Pág. 224

1 La principal diferencia estriba en su pared celular. Mientras que la pared celular de las bacterias contiene siempre mureína, la de las arqueobacterias no.

2 R. M. Sí, en muchos casos las bacterias son beneficiosas para el ser humano, como la flora bacteriana que vive en el intestino simbióticamente con nosotros. Además, existen bacterias de las que obtenemos beneficios industriales, como las que utilizamos en las plantas depuradoras para digerir los lodos residuales; las que se utilizan para la industria alimentaria produciendo los derivados lácteos, como el yogur; o las que producen gran parte de los antibióticos conocidos, como las del género *Streptomyces*.

Pág. 225

3 Las bacterias grampositivas se caracterizan por tener la pared celular formada por una gruesa capa de mureína, mientras que las gramnegativas tienen una delgada capa de mureína y una membrana externa similar a la membrana plasmática.

Las grampositivas se tiñen de violeta ante la tinción de Gram, y las gramnegativas lo hacen de rosa.

**SABER HACER**

4 Se podría omitir el último paso, el de cubrir las dos preparaciones con safranina. Si no hiciéramos este paso las bacterias se podrían diferenciar, ya que las grampositivas estarían teñidas de violeta y las gramnegativas no estarían coloreadas. La pega sería que las gramnegativas, al no estar teñidas, serían difíciles de observar al microscopio.

Pág. 226

5 Las algas microscópicas constituyen el fitoplancton, que junto con el zooplancton forman el plancton marino.

6 Las microalgas (formadoras del fitoplancton) son la base de las cadenas tróficas de los medios acuáticos.

7 Las algas rojas pueden vivir en zonas más profundas del litoral porque contienen clorofila a y d, ficobilinas y carotenos, que son pigmentos fotosintéticos que pueden aprovechar la luz que llega hasta el límite de la zona fótica.

Pág. 227

8 Los protoctistas son difíciles de clasificar porque en este reino se incluyen especies que no caben en los otros cuatro reinos. De esta manera, tenemos organismos muy dispares en cuanto a su nutrición o modo de vida, desde organismos unicelulares

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

hasta pluricelulares de organización sencilla, desde organismos autótrofos hasta heterótrofos, u organismos con los dos tipos de nutrición. En cuanto a la reproducción, presentan diferentes tipos de reproducción (asexual y sexual).

**9** El plasmodio es una masa celular que contiene centenares de núcleos, en cambio el pseudoplasmodio es una masa formada por centenares de células uninucleadas.

Pág. 228

**10** El gametofito es la parte de la planta que es haploide, el esporofito es la parte de la planta diploide.

En los musgos el gametofito alcanza mayor desarrollo que el esporofito, en el resto de las plantas es al revés. Esto es así porque la parte que adquiere mayor desarrollo es la que realiza la función fotosintética, que en los musgos es el gametofito y en el resto de plantas, el esporofito.

Pág. 229

**11** Porque los musgos no tienen tejido de transporte que lleve el agua y las sales minerales desde el suelo a las hojas donde se hace la fotosíntesis. Tienen que tomar el agua y los nutrientes directamente por los filoides (falsas hojas). Si su porte es elevado no dispondrán ni de la humedad, ni de los nutrientes del suelo, por lo tanto morirán por falta de agua y nutrientes.

**12** Hay varias características que indican que las dicotiledóneas están más evolucionadas que las monocotiledóneas:

– El sistema de nervadura ramificada de las dicotiledóneas es más complejo que la nervadura paralela, lo que permite mayor diversidad de forma laminar de las hojas.
– El tejido vascular organizado de las dicotiledóneas es más complejo que el de las monocotiledóneas, que es esparcido.
– El sistema radicular con raíz principal es más efectivo a la hora de fijar la planta al suelo que el sistema radicular sin raíz central de las monocotiledóneas.
– Las dicotiledóneas presentan tejido de crecimiento en grosor que las monocotiledóneas no presentan.

Como consecuencia, las monocotiledóneas son mayoritariamente herbáceas, a excepción de las palmeras. Las dicotiledóneas presentan mayor diversidad de formas, pueden ser de porte herbáceo, arbustivo y arbóreo.

Pág. 230

**13** R. G. La pared celular es la capa que envuelve a las células, cuyo contenido es el citoplasma, y la mancha oscura o manchas oscuras (en las hifas cenocíticas) representan los núcleos.

Pág. 231

**14** La digestión de los hongos es externa, para lo cual vierten enzimas digestivas al exterior y después absorben los nutrientes. En los animales la digestión tiene lugar en el interior de una cavidad gástrica o tubo digestivo, salvo algunas excepciones que también realizan digestión externa, como son algunos arácnidos.

**15** Las levaduras son hongos del grupo de los ascomicetos. La diferencia entre las levaduras y el resto de los hongos es que las primeras son organismos unicelulares, mientras que los segundos están formados por hifas pluricelulares.

**16** Una seta no es un hongo, es una parte del hongo, en la que las hifas se unen, emergen del suelo y forman dicha estructura, cuya función es la fabricación de las esporas. Este tipo de hongo pertenece al grupo de los basidiomicetos.

**17** Una hifa es uno de los filamentos que forman el micelio del hongo.

**18** En una micorriza el hongo proporciona, con su micelio, un aumento de la superficie de absorción por la que tomar del suelo agua y sales minerales, que pasarán a la planta a través de sus raíces. La planta proporciona al hongo las sustancias orgánicas que elabora en la fotosíntesis.

**19** Los hongos son organismos descomponedores de la materia orgánica y recicladores de nutrientes. Aunque no son los únicos que realizan esta función, sí se alteraría la dinámica de los ecosistemas, con lo que el ciclo de la materia en los ecosistemas se vería seriamente afectado.

Pág. 232

**20** Son varias las características que hacen que las esponjas se consideren animales. Una de las más importantes es que el tipo de células que presentan es similar al del resto de animales. Además, las esponjas tienen nutrición heterótrofa, como el resto de animales.

Pág. 233

**21** Los artrópodos tienen el cuerpo segmentado y rodeado de un exoesqueleto de quitina que necesitan mudar para su crecimiento. Su nombre se debe a que presentan apéndices articulados, como antenas, patas o piezas bucales.

Pág. 234

**22** Los vertebrados ovíparos son todos a excepción de los mamíferos, que son vivíparos. Dentro de los mamíferos existen raras excepciones, como el ornitorrinco, que es ovíparo.

**23** La ventaja de poseer un esqueleto interno es que, además de servir de soporte del organismo y de los músculos, protege el tejido más importante y susceptible de ser dañado, el tejido nervioso y los órganos que forma. Si el tejido nervioso y los órganos que forma no estuvieran especialmente protegidos por el cráneo y la columna vertebral, los daños irreversibles en los vertebrados serían muy frecuentes.

**24** Porque los anfibios tienen la piel desnuda y los reptiles la tienen cubierta con escamas o placas endurecidas unidas entre sí, con el fin de evitar la pérdida de agua. Además, los huevos de los reptiles presentan una cáscara blanda que

evita la pérdida de agua, por lo que las puestas pueden ser en tierra. En cambio, los huevos de los anfibios no presentan esta cáscara impermeable, por lo que las puestas han de ser necesariamente en el medio acuático.

**25** El término amniotas hace referencia al amnios, que es una membrana extraembrionaria, en forma de saco, con el interior repleto de líquido para proteger al embrión en su desarrollo.

Los animales amniotas son los reptiles, las aves y los mamíferos.

**26** Las aves tienen el cuerpo cubierto de plumas, y los mamíferos, cubierto de pelos. Estas estructuras cutáneas ayudan a mantener la temperatura corporal constante, ya que evitan la pérdida de calor.

Pág. 235

**EN RESUMEN**

**27** Las bacterias grampositivas se caracterizan por tener la pared celular formada por una gruesa capa de mureína, mientras que las gramnegativas tienen una delgada capa de mureína y una membrana externa similar a la membrana plasmática.

Las grampositivas, como su nombre indica, dan positivo ante la tinción de Gram tiñéndose de violeta y las gramnegativas, dan negativo ante dicha tinción.

**28** Los protozoos se clasifican de la siguiente manera:

– Ciliados. Se desplazan y capturan su alimento mediante cilios. Ejemplo, los paramecios y las vorticelas.

– Flagelados. Se desplazan mediante uno o varios flagelos. Ejemplo, el *Trypanosoma*, parásito causante de la enfermedad del sueño.

– Ameboides o rizópodos. Se desplazan mediante pseudópodos. Ejemplo, las amebas, los foraminíferos y los radiolarios.

– Esporozoos. No tienen estructuras para desplazarse. Ejemplo, el *Plasmodium*, causante de la malaria.

**29** Las macroalgas pertenecen al reino Protoctistas. Se clasifican en función de los pigmentos fotosintéticos que posean.

**30** Las diferencias entre las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas son las siguientes.

| Monocotiledóneas | Dicotiledóneas |
|---|---|
| Un cotiledón | Dos cotiledones |
| Nervadura generalmente paralela | Nervadura generalmente ramificada |
| Piezas florales en múltiplos de tres | Piezas florales en múltiplos de cuatro o cinco |
| Tejido vascular esparcido | Tejido vascular organizado |
| Sistema radicular sin raíz principal | Sistema radicular con raíz principal |
| Solo presentan crecimiento primario | Presentan crecimiento primario y secundario |

**31**

| Grupo de animales | Características principales | Ejemplos |
|---|---|---|
| **Poríferos** | No tienen simetría, son los únicos animales que no tienen tejido nervioso. Tienen forma de saco, no se desplazan y viven en medios acuáticos. | Esponjas. |
| **Cnidarios** | Simetría radial. Son acuáticos y pueden presentarse fijos al sustrato, como los pólipos, o libres, como las medusas. | Pólipos como la actinia o los organismos del coral y las medusas como la carabela portuguesa. |
| **Equinodermos** | Simetría radial en los adultos, las larvas tienen simetría bilateral. Son acuáticos y tienen un esqueleto de placas calizas por debajo de la piel. | Erizos de mar, estrellas de mar, lirios de mar… |
| **Platelmintos** | Simetría bilateral, de cuerpo alargado y plano, poseen un sistema nervioso muy sencillo. Algunos son de vida libre y otros parásitos. | Planarias, tenias… |
| **Nemátodos** | Simetría bilateral, de forma cilíndrica y cuerpo no segmentado, algunos de vida libre y otros parásitos. | Lombrices intestinales. |
| **Anélidos** | Simetría bilateral, de cuerpo cilíndrico dividido en segmentos o metámeros. Acuáticos o terrestres. | Lombriz de tierra, poliquetos… |
| **Moluscos** | Simetría bilateral, de cuerpo blando sin segmentaciones, acuáticos o terrestres. | Gasterópodos (caracoles y babosas), bivalvos (mejillón, almeja…), cefalópodos (sepia, pulpo, calamar…). |
| **Artrópodos** | Simetría bilateral, de cuerpo segmentado y rodeado por un exoesqueleto de quitina, con apéndices articulados como antenas, patas o piezas bucales, terrestres o acuáticos. | Crustáceos (cangrejos, gambas, bogavantes…), insectos (mariposas, saltamontes, moscas, hormigas…), arácnidos (arañas, escorpiones…) y miriápodos (ciempiés, milpiés y escolopendras). |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

| Grupo de animales | Características principales | Ejemplos |
|---|---|---|
| **Agnatos** | Vertebrados. Peces sin escamas ni mandíbulas. | Lampreas y mixinos. |
| **Condrictios** | Vertebrados. Peces de esqueleto cartilaginoso, con la piel cubierta de escamas denticulares. | Tiburones, rayas… |
| **Osteíctios** | Vertebrados. Peces de esqueleto óseo, con la piel cubierta de escamas aplanadas y que poseen vejiga natatoria. | Salmón, sardina, merluza, atún… |
| **Anfibios** | Vertebrados, que poseen la piel desnuda con glándulas mucosas y una parte del ciclo vital la realizan en el agua y la otra en tierra. | Ranas, salamandras, tritones… |
| **Reptiles** | Vertebrados, cuya piel está cubierta de escamas o placas endurecidas y unidas entre sí. Su fase embrionaria se desarrolla en el amnios. | Tortugas, lagartos, lagartijas, cocodrilos, serpientes… |
| **Aves** | Vertebrados, cuya piel está cubierta por plumas. Tienen mecanismos para mantener la temperatura corporal estable, poseen pico córneo y en general están adaptadas para volar. Presentan amnios. | Canarios, águilas, buitres, loros, pingüinos, codornices, golondrinas, avestruces… |
| **Mamíferos** | Vertebrados, que presentan el cuerpo cubierto de pelos, cuyas hembras presentan glándulas mamarias y que tienen la capacidad de regular su temperatura corporal. Presentan amnios. | Chimpancés, leones, lobos, marmotas, ciervos, focas, osos, delfines, ratones, conejos, ballenas y, por supuesto, el ser humano. |

**32** Son muchos los criterios que se utilizan para clasificar a los animales, entre los que podemos destacar:
- Tipo de simetría.
- Si presentan el cuerpo segmentado o no.
- Si tienen exoesqueleto o no.
- Si presentan apéndices articulados o no.
- Tipo de estructuras en la piel.
- Si son ovíparos o vivíparos.
- Si presentan o no glándulas mamarias.
- Si tienen amnios.
- Si presentan tejido nervioso o no.
- Tipo de aparato respiratorio.

Pág. 236

**PARA REPASAR**

**33** Un protozoo es un tipo de protoctista, lo que significa que todos los protozoos son protoctistas, pero no todos los protoctistas son protozoos.

**34** Las arqueobacterias son denominados organismos extremófilos porque están adaptadas para vivir en ambientes extremos, en los que escasos organismos son capaces de sobrevivir, como en aguas hipersalinas o ácidas, lugares con temperaturas altas, etc.

**35** Porque hay un tipo de algas verdes denominadas carofíceas que tienen una división celular similar a las plantas terrestres. Viven ancladas en el cieno de los fondos en humedales permanentemente inundados. Se piensa que las plantas se pudieron originar a partir de algas verdes con características similares a las carofíceas, que colonizaron el medio terrestre gracias a la adaptación de sus estructuras a condiciones de mayor sequedad ambiental.

**36** Los protozoos presentan los siguientes medios de locomoción:
- Cilios. Son prolongaciones finas de la membrana plasmática con una estructura interna compleja. Son cortos y numerosos, repartidos por toda la célula. Mediante el movimiento de los cilios, los protozoos ciliados se desplazan y capturan el alimento.
- Flagelos. Son prolongaciones finas de la membrana plasmática con una estructura interna compleja. Son largos y suelen presentar uno o dos por célula. Mediante el movimiento de los flagelos, los protozoos flagelados se desplazan.
- Pseudópodos. Son prolongaciones del citoplasma mediante las cuales los ameboides o rizópodos se desplazan.

**37** R. M. Son muchos los ejemplos que pueden señalar:
- Monocotiledóneas: caña de azúcar, ajo, grama.
- Dicotiledóneas: tomillo, lavanda, espliego, aliaga, judía, tomatera, naranjo, peral, almez, madroño, coscoja, roble, algarrobo, ficus, magnolia.

**38** Los mixomicetos y los oomicetos comparten con los hongos las siguientes características: tienen nutrición heterótrofa y se reproducen por esporas.

**39** a) 2; b) 3; c) 4; d) 1.

**40** Los helechos se suelen desarrollar en ambientes húmedos porque, en la reproducción sexual, el gametofito genera espermatozoides flagelados que han de desplazarse hasta encontrar el gameto femenino. Si no hubiera humedad elevada, los espermatozoides no se podrían desplazar.

**41** La semilla es una estructura de dispersión que engloba y protege al embrión de la futura planta y que también contiene las sustancias nutritivas que necesita el embrión durante la germinación. Por todo esto, las posibilidades de transformarse en planta adulta son mayores que en las esporas.

**42** En las gimnospermas las semillas no están protegidas por un fruto y sus órganos sexuales se agrupan en flores

sin cáliz, ni corola. En muchos casos forman las típicas piñas de diferentes formas, por las que son fáciles de reconocer.

Las angiospermas presentan sus semillas protegidas por un fruto y poseen flores completas, con cáliz y corola. Esto es lo que facilita su reconocimiento.

**43** Las plantas con organización talofítica, como las carofíceas, no presentan tejidos especializados en el transporte de fluidos y nutrientes.

Las plantas con organización cormofítica, como las pteridofitas y las espermatofitas, tienen tejidos conductores especializados y pueden formar órganos.

**44** Monocotiledóneas: trigo, cebolla, tulipán, arroz, cocotero.

Dicotiledóneas: vid, patata, romero, zanahoria, higuera, naranjo, plátano, sandía, alcornoque, almendro, lenteja, lechuga.

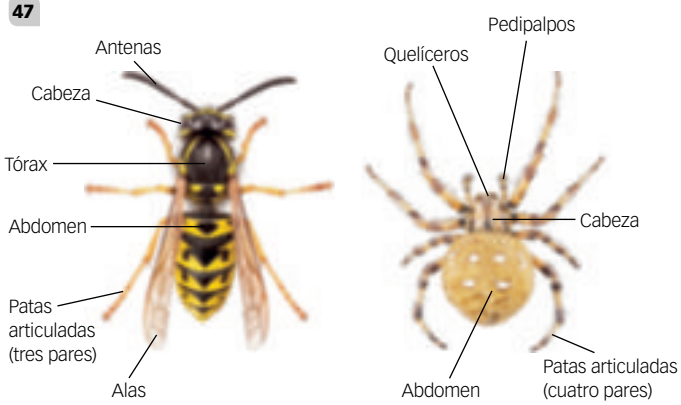
Gimnospermas: pino, sabina, abeto, ginkgo.

**45** Las principales características diferenciadoras entre hongos y plantas son las siguientes:

– Las plantas tienen nutrición autótrofa porque al contener clorofila realizan la fotosíntesis, en cambio los hongos tienen nutrición heterótrofa.
– La pared celular en las plantas contiene celulosa, la de los hongos quitina.
– Las plantas almacenan almidón como sustancia de reserva, los hongos almacenan glucógeno.
– Las plantas presentan organización cormofítica, los hongos, talofítica.
– Las plantas son todas pluricelulares, en cambio, un grupo de hongos como son las levaduras, son unicelulares.

**46** Las esponjas no precisan dichos aparatos porque tienen las paredes del cuerpo atravesadas por infinidad de poros por los que circula el agua con partículas alimentarias. Estas partículas pasan directamente a las células por fagocitosis, en las que se realiza una digestión intracelular. Los nutrientes son aprovechados en el metabolismo y las sustancias residuales que se generan son expulsadas directamente al exterior. De esta manera no necesitan un aparato digestivo, ya que la digestión es intracelular. No necesitan un aparato excretor que filtre los productos residuales y no necesitan un aparato circulatorio, pues las partículas alimentarias son tomadas directamente del exterior por las células, y los productos residuales son expulsados directamente al exterior.

**47**




**48** A. Se trata de un molusco gasterópodo, seguramente una babosa, porque es un invertebrado de cuerpo blando sin segmentaciones, con simetría bilateral y que habita en un ambiente acuático o húmedo.

B. Se trata de un molusco cefalópodo, seguramente un calamar, porque es un invertebrado con simetría bilateral, cuerpo blando sin segmentaciones y acuático.

C. Se trata de un molusco bivalvo similar a una almeja, porque es un invertebrado con simetría bilateral, cuerpo blando sin segmentaciones, acuático y presenta dos valvas o conchas.

D. Se trata de un anélido, seguramente una lombriz de tierra, porque es un invertebrado con simetría bilateral, de cuerpo cilíndrico dividido en segmentos o metámeros y vive en ambiente terrestre.

**49** Varias son las causas por las que los artrópodos son animales de pequeño tamaño, pero la más importante puede ser su exoesqueleto de quitina. Esta estructura limita el crecimiento del animal, de hecho cuando crece, necesariamente tiene que realizar una muda. Para llegar a tener un gran tamaño debería de mudar muchísimas veces y esto sería un despilfarro de materia y energía no soportable para el animal. Además, los artrópodos por sus características anatómicas y fisiológicas viven poco tiempo en estado adulto, por lo que las mudas deberían producirse cada pocos días o cada pocas horas para poder alcanzar un gran tamaño.

**50** No. Los vertebrados tienen esqueleto interno y prácticamente es exclusivo de ellos, pero hay muchos invertebrados que también poseen un esqueleto, aunque externo, como los artrópodos.

**51** **a)** Platelmintos. Simetría bilateral.
**b)** Aves. Simetría bilateral.
**c)** Poríferos. No presentan simetría.
**d)** Moluscos. Simetría bilateral.
**e)** Cnidarios. Simetría radial.
**f)** Peces. Simetría bilateral.
**g)** Anélidos. Simetría bilateral.
**h)** Equinodermos. Simetría radial.
**i)** Mamíferos. Simetría bilateral.
**j)** Agnatos. Simetría bilateral.

**52** El amnios es una estructura con forma de saco que contiene líquido que envuelve al embrión. Este saco protege al embrión del exterior, ya que, al estar flotando en el líquido, no recibe directamente los golpes del exterior. Además, el amnios y otras capas que lo envuelven mantienen al embrión inmerso en líquido, esto ha permitido la reproducción ovípara terrestre, como la de reptiles y aves.

**53** Aunque es raro, sí que hay mamíferos ovíparos, como el ornitorrinco y el equidna.

**54** La principal diferencia entre la nutrición heterótrofa de hongos y animales es que en el caso de los hongos es externa, para lo cual vierten enzimas digestivas al exterior

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

y después absorben los nutrientes. En los animales la digestión se hace dentro de una cavidad gástrica o tubo digestivo, salvo algunas excepciones que también realizan digestión externa, como son algunos arácnidos o las estrellas de mar.

**55** Las células haploides que presentan los animales son los gametos (óvulos y espermatozoides). Estas células haploides se originan a partir de células diploides mediante una reproducción celular denominada meiosis. En la meiosis se parte de una célula diploide y, tras dos divisiones sucesivas, se obtienen cuatro células haploides, los gametos.

**56** Características comunes entre poríferos y cnidarios:

– Presentan un único orificio para acceder a su cavidad interna.

– Son acuáticos.

– En el caso de los pólipos, viven fijos al sustrato, como los poríferos. No ocurre así con las medusas, que son de vida libre.

**57** Las estrellas del mar son carnívoras, por lo tanto se alimentan de otros animales. Capturan presas que tienen movimientos lentos, como bivalvos o gasterópodos. Cuando encuentran una presa evaginan su estómago sobre ella, vertiendo enzimas digestivos que efectuarán la digestión de la presa. Después succionarán los nutrientes.

Pág. 237

**PARA PROFUNDIZAR**

**58** Todas las bacterias no son perjudiciales, hay bacterias beneficiosas como las de la flora bacteriana, que vive en simbiosis en nuestro tubo digestivo. Las bacterias del género *Streptomyces* son conocidas por ser las productoras de muchos antibióticos. También existen bacterias que se utilizan con fines industriales, por ejemplo, las bacterias acidolácticas, que se utilizan en la industria alimentaria para producir derivados lácteos como el yogur; las arqueobacterias metanógenas, que se utilizan en las plantas depuradoras para que digieran los lodos residuales; las bacterias nitrificantes, que ayudan a fijar el nitrógeno atmosférico.

**59** **a)** Elaboración de cerveza. Hongos del tipo ascomicetos como las levaduras, ejemplo el *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces calsbergensis,* responsable de la fermentación de la malta.

**b)** Producción de pan. Hongos del tipo ascomicetos como las levaduras, ejemplo el *Saccharomyces cerevisiae*, responsable de la fermentación alcohólica. Hay que resaltar que en este caso lo importante no es la producción de alcohol, ya que durante la cocción se evapora, lo realmente importante es la liberación de dióxido de carbono, que se quedará atrapado en la masa de pan y es lo que le dará la esponjosidad característica.

**c)** Fabricación de mantequilla. Bacterias acidolácticas.

**d)** Producción de antibióticos. Bacterias del tipo actinomicetos, especialmente los del género *Streptomyces*. También están los hongos productores de antibióticos, entre los que cabe destacar los del género *Penicillium*, que fueron los primeros organismos en los que se observaron estas sustancias, concretamente la penicilina.

**e)** Fabricación de queso. Bacterias acidolácticas y hongos que, según la especie de que se trate, darán lugar a diversos sabores y texturas. Por ejemplo, el *Propionibacterium*, que es el responsable principal del queso emmental, y el moho *Penicillium roqueforti*, que es el principal responsable de los quesos roquefort.

**f)** Biodegradación del petróleo. Este proceso consiste en degradar el petróleo vertido en las mareas negras en sustancias inocuas o menos perjudiciales para el medio ambiente. Para realizar este proceso se utilizan diversas bacterias como las del género *Pseudomonas*.

**g)** Tratamiento de aguas residuales. Arqueobacterias metanógenas se utilizan en el tratamiento de las aguas residuales para digerir los lodos residuales.

**h)** Obtención de vino. Hongos del tipo ascomicetos como las levaduras, por ejemplo el *Saccharomyces cerevisiae*, responsable de la fermentación alcohólica.

**i)** Producción de vinagre. El vinagre es la fermentación acética del alcohol, por tanto intervienen primero las levaduras de la fermentación alcohólica, y, posteriormente, las bacterias que darán origen al vinagre. Algunas bacterias responsables de este proceso, para el cual se necesita oxígeno, son las del género *Acetobacter*.

**60** Los musgos y los helechos no han conseguido colonizar los ambientes secos porque, en su reproducción sexual, el gametofito fabrica espermatozoides ciliados que tienen que desplazarse por agua, hasta localizar al óvulo y fecundarlo. Si no estuvieran en ambientes húmedos, los espermatozoides no se podrían desplazar, con lo que no se produciría la fecundación.

**61** El ginkgo es una gimnosperma que se considera un fósil viviente porque es un ser vivo actual, cuyo diseño corporal no ha cambiado en muchos millones de años.

Son varios los ejemplos de fósiles vivientes como el cangrejo herradura o límula, que es un quelicerado; el celacanto, que es un pez que se creía extinto; el *Triops*, que es un pequeño crustáceo. También hay grupos de animales, como los cocodrilos, que se les considera fósiles vivientes porque en su evolución, a lo largo de millones de años, han sufrido pocos cambios morfológicos y anatómicos.

**62** Las plantas, antes de colonizar el medio terrestre, han tenido que desarrollar unas estructuras para poder sobrevivir en él.

Para adaptarse a la sequedad han desarrollado las siguientes características:

– Recubrirse de sustancias impermeables que eviten su desecación, como la cutina, la suberina y ceras.

– Reducir la superficie foliar para evitar la transpiración. Caso extremo son los cactus, que han transformado las hojas en espinas.

– Tener hojas coriáceas, que dificultan la transpiración y pérdida de agua.
– Tener el envés de las hojas cubierto de pilosidad lo que dificulta la pérdida de agua por los estomas.

Para adaptarse a la gravedad han tenido que desarrollar un tejido de sostén que sea capaz de mantener a la planta erguida fuera del agua.

**63** Es importante mantener los frondes suspendidos en la superficie del agua, porque de esta manera captan más cantidad de luz, con lo que pueden realizar la fotosíntesis de manera más eficaz.

**64** Son muchos los usos que el ser humano realiza de las algas. Entre ellos destacan:

– Alimentación. La utilización de algas en la dieta humana empezó en Oriente (China, Corea y Japón) y de ahí se ha trasladado a otros países como España, aunque esta práctica todavía está en sus inicios. Las algas que se utilizan para este fin son la *Porphyra*, *Laminaria* y la *Undaria*, entre otras.
– Agentes espesantes. Algunas sustancias que se extraen de las algas, como el alginato y el agar se utilizan como espesantes de productos alimenticios, como flanes, helados, batidos… y como gelificante en golosinas, confituras, conservas…
– Aditivos y estabilizantes de alimentos. En la elaboración de productos alimenticios se añaden aditivos y estabilizantes elaborados a partir de extractos de algas.
– Fertilizantes de suelos. Esta utilidad se da principalmente en zonas costeras.
– Industria farmacéutica. Se utiliza el agar como excipiente de medicamentos y en productos cosméticos.
– Microbiología. Se utiliza el agar como sustrato para el cultivo y crecimiento de microorganismos en recipientes como las placas de Petri.

**65** Las algas verdes no se incluyen dentro de las plantas porque carecen de tejidos especializados, característica esta de las plantas.

**66** El mar de los Sargazos se encuentra en una zona septentrional del océano Atlántico. El nombre se debe al alga llamada *Sargassum*, que forma estructuras enmarañadas de grandes dimensiones que se mantienen a flote debido a unas vesículas que contienen aire. El área ocupada por el alga abarca miles de kilómetros cuadrados, formando grandes bosques marinos superficiales. Esta gran zona supone un escollo para la navegación de barcos a vela, ya que en este lugar las corrientes marinas son débiles y los vientos no son abundantes.

**67** Las plantas, al adquirir tejidos conductores, pudieron dejar los ambientes húmedos para colonizar los ambientes secos. Los tejidos conductores permiten recoger el agua y las sales minerales absorbidas por las raíces del suelo y conducirlas a las hojas. Aunque el ambiente esté seco, con que el suelo conserve algo de humedad, las hojas tendrán agua y sales minerales para que puedan realizar la fotosíntesis.
Si las plantas no tienen tejidos conductores, como es el caso de los musgos, han de tomar el agua y las sales minerales directamente por la superficie foliar, por lo tanto, necesitan vivir en lugares húmedos. Además, al carecer de tejidos conductores su porte no puede ser elevado, por eso los musgos miden solamente unos pocos centímetros.

**68** **a)** Dos clases de cnidarios presentan alternancia de generaciones de pólipos y medusas. Son los *Hydrozoa* (hidromedusas) y los *Scyphozoa* (medusas comunes). Son ejemplos la carabela portuguesa, la aguamala, o la medusa común (*Aurelia aurita*).

**b)** Los cnidarios se caracterizan por tener una cavidad gastrovascular con una única abertura al exterior, que les sirve de boca y ano. Alrededor de la abertura presenta una serie de tentáculos con células urticantes, que utilizan para capturar presas o para defenderse de sus predadores.

**69** Los poríferos no precisan dichos aparatos porque tienen las paredes del cuerpo atravesadas por infinidad de poros por los que circula el agua con partículas alimentarias. Estas partículas pasan directamente a las células por fagocitosis, donde realizan una digestión intracelular. Los nutrientes son aprovechados en el metabolismo y las sustancias residuales que se generan son expulsadas directamente al exterior. De esta manera no necesitan un aparato digestivo, ya que la digestión es intracelular. No necesitan un aparato excretor que filtre los productos residuales, ya que lo hacen las propias células, y no necesitan un aparato circulatorio, pues las partículas alimentarias son tomadas directamente del exterior por las células, y los productos residuales son expulsados directamente al exterior.

**70**

| Clases | Número de antenas | División del cuerpo | Número de patas | Otros apéndices |
|---|---|---|---|---|
| **Arácnidos** | Ninguno | Cefalotórax y abdomen | Cuatro pares de patas | Un par de pedipalpos y un par de quelíceros |
| **Crustáceos** | Dos pares de antenas | Cefalotórax y abdomen | Cinco pares de patas | Ninguno |
| **Insectos** | Un par de antenas | Cabeza, tórax y abdomen | Tres pares de patas | Uno o dos pares de alas |
| **Miriápodos** | Un par de antenas | Cabeza y tronco | Numerosos pares de patas | Ninguno |

**71** **a)** Reptil.

**b)** Arácnido.

**c)** Nematodo.

**72** Las características que presenta el *Archaeopteryx*, intermedias entre reptiles y aves, son: cuerpo recubierto de plumas, lo que también sugiere homotermia; extremidades

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

anteriores desarrolladas constituyendo alas; mandíbulas con dientes afilados y larga cola huesuda.

**73** Los mamíferos no placentarios son los monotremas como el ornitorrinco y el equidna, y los marsupiales como los canguros, las zarigüellas, los koalas.

Los monotremas, como ponen huevos, realizan el desarrollo en su interior.

Los marsupiales, como el nacimiento de la cría tiene lugar antes de estar del todo desarrollada, lo solucionan de la siguiente manera: las crías al nacer trepan por el abdomen de la madre hasta el marsupio, que es una bolsa donde se encuentran los pezones de las glándulas mamarias. Una vez dentro del marsupio, se aferran fuertemente a los pezones y permanecen semanas hasta que completan el crecimiento.

**74** Los huevos de las aves tienen una cáscara dura y porosa que protege al embrión y evita su desecación. Necesita de incubación por los padres. Tienen amnios.

Los huevos de los reptiles tienen cáscara blanda para evitar la desecación. No necesitan incubación por los padres. Se entierran en lugares cálidos para que la temperatura facilite el desarrollo del embrión. Tienen amnios.

Los huevos de los anfibios no tienen cáscara que evite la desecación porque las puestas se realizan en el medio acuático. No tienen amnios.

**75** Los mixinos son animales marinos, de cuerpo alargado y vermiforme, sin escamas que recubran su piel. Boca sin mandíbulas pero con dos estructuras que se desplazan horizontalmente y con las que se adhieren a su presa. Generalmente son macrófagos, aunque también se alimentan de animales vivos. Son ovíparos.

Las lampreas tienen el cuerpo alargado, cilíndrico y muy resbaladizo, sin escamas que recubran su piel. La boca, que no presenta mandíbulas, es circular con forma de ventosa para fijarse a las presas. Tiene unos círculos concéntricos de dientes córneos para raspar los tejidos y absorberlos. Son marinos o de agua dulce y ovovivíparos.

Se parecen a los peces porque tienen el cuerpo fusiforme, son acuáticos, ovíparos u ovovivíparos. Se diferencian de los peces porque no tienen escamas, carecen de mandíbulas y tienen la piel recubierta por una mucosidad. El término agnatos hace referencia a la ausencia de mandíbula.

Pág. 239

**CIENCIA EN LA VIDA**

**76** 1. Piel desnuda, sin estructuras que la cubran → 2

Piel cubierta con escamas u otras estructuras que la cubran → 3

2. Sin mandíbulas → **Agnatos** (mixinos y lampreas)

Con mandíbulas y glándulas mucosas en la piel → **Anfibios** (ranas, sapos…)

3. Piel cubierta con escamas → 4

Piel cubierta con otras estructuras → 6

4. Esqueleto cartilaginoso, piel con escamas denticulares → **Condrictios** (tiburones, rayas…)

Esqueleto óseo → 5

5. Escamas aplanadas, acuáticos → **Osteíctios** (sardina, salmón, atún)

Escamas o placas endurecidas unidas entre sí, terrestres, aunque algunos pueden estar también en el agua → **Reptiles** (lagartija, cocodrilo, culebras…)

6. Piel cubierta de plumas, extremidades anteriores en forma de alas → **Aves** (gorrión, pato, águila)

Piel cubierta de pelos, las hembras poseen glándulas mamarias → **Mamíferos** (caballo, ratón, león)

**77** El papel de los zoólogos en un parque temático, un zoológico o una reserva de fauna es el siguiente:

– Estudiar los animales, bien en cautividad o en su medio natural, según el zoólogo esté en un zoológico o en una reserva de fauna. Analizar aspectos como su fisiología, comportamiento, reproducción, lugar en el ecosistema…
– Velar por la seguridad de los animales, procurando que se sientan lo más cómodo posible y realizar algún tratamiento de cura si es necesario.
– Generar un ambiente lo más natural posible por lo que respecta a las relaciones con los congéneres con los que comparten espacio.
– Proporcionar las condiciones adecuadas para que se reproduzcan de manera natural. Si no lo hacen, tratar la reproducción de manera inducida, bien por inseminación artificial o por fecundación *in vitro*, sobre todo en determinadas especies, como las que están en peligro de extinción.
– Realizar estudios sobre la reproducción en cautividad y la reintroducción de animales a su medio natural.
– Trabajar como educadores y divulgadores para transmitir al resto de la sociedad el modo de vida animal (comportamiento, alimentación, reproducción) y la importancia de conservarlos, sobre todo en su medio natural.
– Trabajar conjuntamente con las universidades para la realización de trabajos de investigación sobre distintos aspectos de interés de los animales, tanto en cautividad como en libertad.
– Participar en congresos referentes a la biodiversidad, a las especies en cautividad, su comportamiento, etc.

**78** R. L.

**79** R. L. La respuesta dependerá de la sensibilidad del alumno por los animales, las plantas y, en definitiva, por la naturaleza. De todas maneras hay que hacerles entender que si queremos conservar la naturaleza y a los seres vivos que la habitan, lo mejor es que vivan en su ambiente natural. Caso aparte son las mascotas y las plantas de cultivos y jardines.

**80** 1. Hojas laminares y semillas protegidas por un fruto → ***Ilex aquifolium*** (acebo).

Hojas aciculares y semillas desnudas, sin un fruto que las proteja → 2

2. Acículas agrupadas en fascículos de 2 a 5 teniendo en la base una pequeña vaina que las agrupa → 3

   Acículas dispuestas de otra manera → 4

3. Acículas cortas punzantes de 3 a 7 cm. Piñas de 3 a 6 cm de largo → ***Pinus sylvestris*** (pino silvestre).

   Acículas de 10 a 20 cm. Piñas de 10 a 15 cm de largo → ***Pinus pinea*** (pino piñonero).

4. Acículas individuales insertadas solo en macroblastos. Piñas que no se deshacen en la madurez → ***Picea abies*** (abeto rojo).

   Acículas individuales insertadas en macroblastos y acículas agrupadas en roseta insertadas en los braquiblastos. Piñas que se deshacen en la madurez → ***Cedrus atlantica*** (cedro del Atlas).

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# UNIDAD 13. LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS


**Introducción y recursos** . . . . . **517**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 518
- Previsión de dificultades . . . . . 519
- Esquema conceptual . . . . . 519
- Te recomendamos . . . . . 520

**Enseñanza individualizada** . . . . . **521**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 522
    - Ficha 1. Interpretación de una gráfica . . . . . 522
    - Ficha 2. Extraer información de un texto . . . . . 523
  - Trabaja con imágenes . . . . . 524
    - Ficha 3. El transporte de la savia bruta . . . . . 524
    - Ficha 4. El transporte de la savia elaborada . . . . . 525
  - Trabajos de aula . . . . . 526
    - Ficha 5. La raíz: estructura y tipos . . . . . 526
    - Ficha 6. La raíz de las dicotiledóneas . . . . . 527
    - Ficha 7. La hoja: partes y funciones . . . . . 528
    - Ficha 8. Tipos de hojas . . . . . 529
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 530
    - Ficha 9. Plantas parásitas: el que a buen árbol se arrima . . . . . 530
    - Ficha 10. Investigaciones pioneras sobre la circulación en las plantas . . . . 531


 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **533**

- Autoevaluación . . . . . 535
- Evaluación de contenidos . . . . . 536
  - Controles . . . . . 536
    - Control B . . . . . 536
    - Control A . . . . . 538
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 540
- Evaluación por competencias . . . . . 544
  - Prueba . . . . . 544
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 546

**Solucionario** . . . . . **549**

# Introducción y recursos

# LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

En la presente unidad desarrollaremos la nutrición de las plantas cormofitas. Tras una breve referencia a la nutrición de las briofitas comenzamos la secuencia que desembocará en la fotosíntesis, empezando por la absorción del agua y los nutrientes por las raíces, explicando las vías de penetración de estos, la conducción por el xilema y los mecanismos que fuerzan su dinámica: presión radicular, cohesión–adhesión y tensión foliar.

Llegados a las hojas, estudiamos a un nivel básico las fases de la fotosíntesis, su ecuación global y los requerimientos de la misma: el agua, el $CO_2$ y la luz solar. Paralelamente, consideramos los fenómenos asociados, como el intercambio de gases y las estructuras precisas para que el proceso se desarrolle: reguladores del intercambio gaseoso, estructura foliar y cloroplasto.

Analizamos después el complejo mecanismo de la translocación desde las células productoras a las consumidoras. Destacamos la diferencia entre los elementos celulares vivos del floema y los inertes del xilema. Y, finalmente, estudiamos el destino metabólico de los nutrientes sintetizados o su acumulación en órganos de reserva.

Otros aspectos muy sucintamente presentados, como no puede ser de otra manera dado el nivel en el que estamos trabajando, se refieren a las estructuras primarias de la raíz y del tallo, a la producción de sustancias del metabolismo secundario y a la excreción. Se hace también una referencia algo más extensa a modalidades especiales de nutrición que presentan las plantas carnívoras, las parásitas y las simbiontes.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • La nutrición en las plantas briofitas y cormofitas.<br>• Absorción de nutrientes.<br>• Transporte de la savia bruta.<br>• La transpiración.<br>• Transporte de la savia elaborada.<br>• La fotosíntesis y su importancia.<br>• La excreción en plantas. |
| SABER HACER | • Diseñar y desarrollar una experiencia sobre la fotosíntesis.<br>• ¿Qué información aporta la madera que producen los árboles en su crecimiento? |
| SABER SER | • Valorar la importancia de la fotosíntesis y de las plantas en el mantenimiento de la vida sobre el planeta. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

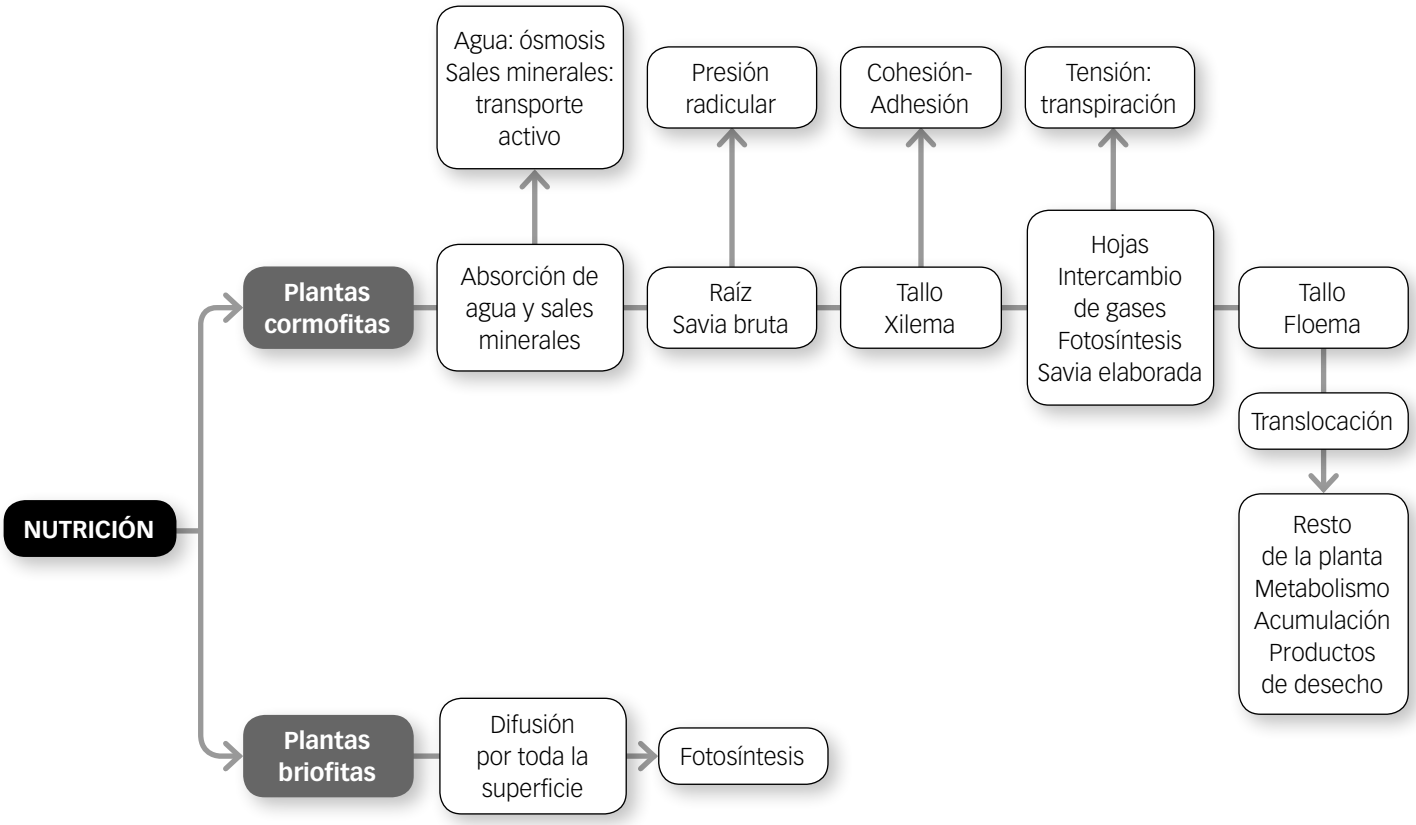
En el desarrollo del tema que nos ocupa, las dificultades casi siempre emanan de los procesos físicos y químicos cuya comprensión es fundamental si se quiere llegar a entender con claridad el objeto de estudio. Conviene por tanto insistir en aspectos como fenómenos osmóticos, propiedades fisicoquímicas del agua, sobre todo en lo que se refiere a la cohesión y tensión superficial y su capacidad como disolvente.

El conocimieto de la translocación ha requerido muchos años de investigación y, si bien es un proceso actualmente bien conocido, la conjunción de procesos fisicoquímicos (presión osmótica y disoluciones, capilaridad y dinámica de fluidos) hace aconsejable insistir por medio de modelos o animaciones para que el fenómeno pueda comprenderse con cierto grado de significatividad.

La estructura del tallo, la raíz y las hojas no son fáciles de entender a nivel espacial, sobre todo, si se suministran cortes de los mismos que en modo alguno nos remiten a la verdadera disposición tridimensional de los elementos. Vuelve aquí a ser necesario el empleo de modelos tridimensionales y animaciones que permitan aunar estructura y función.

A este nivel conviene no dejarse tentar por la aparente facilidad explicativa que supone plantear procesos bioquímicos en forma de ecuaciones, ciclos, etc., que pueden ser conceptualmente muy elegantes pero que no son adecuados para este nivel. Es mejor centrarse en los aspectos esenciales, los sustratos y los productos y las consecuencias de aquellos.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Botánica**
Página de la Universidad de Extremadura que contiene varios apartados de interés como «Plantas y hongos», «¿Qué planta es?» (guía para la identificación) y «Frutos». Los dos primeros apartados presentan un glosario de términos botánicos muy completo y numerosas fotos e ilustraciones.
Palabras clave: *botánica Extremadura.*

**Biología y Geología 1.º Bachillerato**
Página oficial del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Posibilidades de seleccionar diferentes unidades del currículum de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *1.º bachillerato proyecto biosfera.*

**Photographic Atlas of Plant Anatomy**
Página, apoyada por la Universidad de Wisconsin, en la que tres profesores de anatomía de las plantas ponen a disposición de otros profesores y estudiantes todas las imágenes de sus trabajos. Están representadas todas las estructuras de las plantas.
Palabras clave: *photographic atlas plant anatomy.*

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**ArbolApp.** App del CSIC, que es una guía para la identificación de árboles silvestres de la península ibérica y las Islas Baleares. Incluye 118 especies de árboles; 2 tipos de búsqueda, una guiada y otra abierta; un glosario de más de 80 términos; numerosas ilustraciones y fotografías. Esta aplicación puede funcionar sin conexión a Internet, lo que puede ser útil en excursiones.

**Guía de árboles**. De características similares a la anterior. Está diseñada especialmente para Cataluña, Valencia y las Islas Baleares, que, obviamente, comparten un elevado porcentaje de la flora arbórea.

## LIBROS Y REVISTAS

***Introducción a la botánica***
**Murray W. Nabors.** Editorial Addison Wesley, 2004.
Es un interesante y ameno libro de botánica que trata de destacar la importancia de las plantas tanto para el hombre como para el conjunto de la biosfera. Las dos primeras unidades están dedicadas a la estructura y funciones de las plantas, la tercera se centra en la biotecnología vegetal, la cuarta en la evolución, y la última unidad en la biología de la conservación. Cada capítulo comienza con una historia motivadora sobre el tema y termina con un completo resumen y cuestiones de repaso para reflexionar y debatir.

***La vida privada de las plantas***
**David Attenborough.** Editorial Planeta, 1995.
El autor es un conocido divulgador científico, al que le fue concedido el Premio Principe de Asturias en 2009. En este fascinante libro proporciona información muy interesante e incluso sorprendente del reino de las plantas.

***Botánica pintoresca: la ciencia de las plantas al alcance de todos***
**Pio Font Quer**. Ediciones Península, 2014.
Es una reedición especial de un clásico libro de divulgación. Presenta una morfología, una fisiología y una taxonomía elemental de todo lo que caracteriza al reino vegetal.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***El bosque protector***
Serie documental coproducida por RTVE y la Universidad Politécnica de Madrid que comenzó en 2010. Actualmente hay más de 38 documentales.
Palabras clave: *el bosque protector rtve*.

***La vida privada de las plantas.*** David Attenborough. BBC, 1995.
El conocido científico y divulgador naturalista Attenborough ha realizado numerosos documentales sobre la naturaleza. En esta serie de la BBC, al igual que en el libro del mismo nombre, describe los retos a los que se enfrentan las plantas en todo el planeta: florecer, convivir, crecer, la lucha social y sobrevivir.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Orientaciones para un examen

## Interpretación de una gráfica

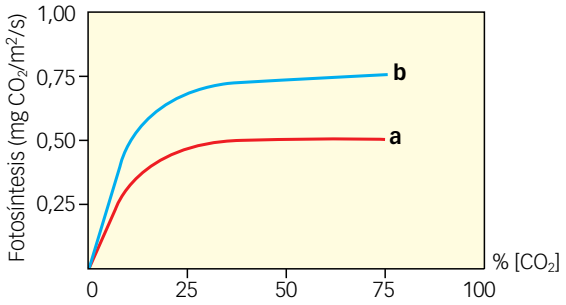
En un estudio se ha cuantificado la fotosíntesis de dos plantas de especies distintas y se ha obtenido la siguiente gráfica.

a) ¿Cómo se comportan entre 0 y 20 % de [$CO_2$]?

b) ¿Cuál de ellas tiene mayor rendimiento?

c) ¿Cuáles son sus rendimientos máximos de fotosíntesis?

d) ¿Por qué se mantienen paralelas las gráficas a partir del 25 % de [$CO_2$]?




Antes de empezar es recomendable que analices las partes de la gráfica por separado, como las unidades de los ejes, la forma de las curvas, los máximos, los intervalos de existencia de datos, etc.

- En el eje de abscisas se representa la concentración de dióxido de carbono [$CO_2$] durante el estudio y se mide en tantos por ciento. En el eje de ordenadas se representa la cantidad de fotosíntesis medida en miligramos de dióxido de carbono fijado por metro cuadrado de superficie vegetal y por segundo.
- Las dos curvas son semejantes en cuanto a la forma, aunque primero una asciende más rápidamente que la otra, se estabilizan cerca del 25 % de [$CO_2$] y a partir de aquí se mantienen paralelas.
- La curva de la planta **a** llega a un máximo hacia 0,5 mg de $CO_2/m^2/s$, mientras que la **b** lo hace a unos 0,75 mg de $CO_2/m^2/s$.
- Los datos para ambas plantas llegan hasta 75 % de [$CO_2$].

**a)** Entre 0 y 20 % de [$CO_2$] las dos plantas se comportan de la misma manera, ambas aumentan la cantidad de fotosíntesis pero no en la misma proporción, ya que las curvas no tienen la misma inclinación. La curva de la planta **b** asciende mucho más que la de la planta **a**.

**b)** Parece ser que la planta **b** es la que tiene mayor rendimiento porque su curva siempre está por encima de la curva de la planta **a**. La planta **b** es más productiva que la **a**, y si dependiera solo de esta gráfica, un agricultor elegiría la planta de la especie **a** para su cosecha.

**c)** El rendimiento máximo de la planta **a** se sitúa alrededor de los 0,5 mg de $CO_2/m^2/s$, mientras que el rendimiento máximo de la planta **b** llega a los 0,75 mg de $CO_2/m^2/s$. Es lógico pensar que la planta **b** está mejor adaptada que la planta **a** en las condiciones a las que se ha realizado el estudio.

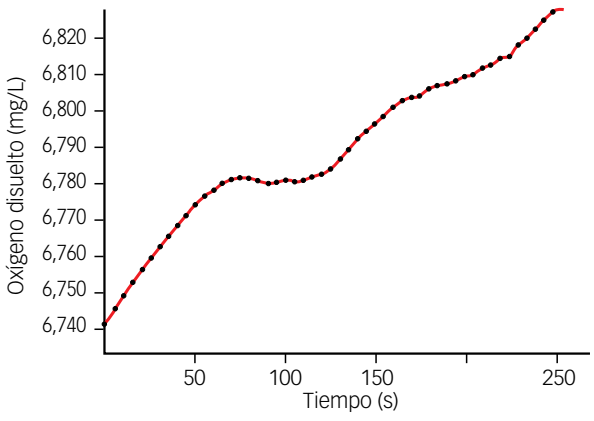
**d)** La fotosíntesis es un proceso catalizado por enzimas, cada planta posee sus propias enzimas con ligeras variaciones estructurales. Si una curva no supera una cierta producción al aumentar la [$CO_2$], significa que su maquinaria enzimática no puede hacer la fotosíntesis más rápidamente.

### PRACTICA

**1** Al confinar a una planta acuática en un acuario y medir el oxígeno disuelto en el agua durante un tiempo, se obtiene la siguiente gráfica.

1) Describe el proceso representado.

2) Propón una hipótesis para la cantidad de $CO_2$ disuelto en el agua en el mismo tiempo.



# Extraer información de un texto

Lee el siguiente texto y contesta a las preguntas:

«Los estomas son una estructura muy efectiva en el intercambio gaseoso, especialmente de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua. Mientras que solo ocupan del 1 al 3 % de la superficie de las hojas, efectúan del 50 al 75 % del intercambio, y solo del 1 al 10 % del agua que la planta absorbe por las raíces pasa a formar parte de su estructura, el resto se transpira principalmente en los estomas.

Un árbol mediano, en una latitud media transpira unos 200 L de agua al día. Pero cuidado, hay cientos de miles de especies vegetales en cientos de ecosistemas y climas diferentes; algo que influye decisivamente en la transpiración es la especie vegetal de la que hablamos y también su rango de distribución biogeográfico y latitud en el planeta. Nada tiene que ver el fenómeno en un cactus en Namibia o Arizona, en un árbol amazónico, u otro árbol siberiano, o con una planta herbácea en un manglar. Por ejemplo, una hectárea de maíz en una latitud media como España, transpira 1 400 000 L en los tres meses que se desarrolla. Con la misma biomasa, una hectárea con cactus en el desierto de Arizona en todo un año solo transpira 1 100 L de agua».

a) ¿En qué consiste la transpiración?

b) Compara con una tabla los datos de transpiración de los distintos ambientes del texto.

c) ¿Cuántas veces transpira más el maíz que el cactus?

Es recomendable que leas el texto con atención una primera vez. Fíjate en los datos numéricos y en sus unidades. Sería ideal que localizaras en un mapa mental los lugares geográficos que se citan en él.

En una segunda lectura deberías subrayar las ideas principales y los datos que necesitas para poder contestar.

**a)** La primera pregunta es teórica y debes recordar lo estudiado en el tema e incluir lo que te aporta el texto: la transpiración es la pérdida de agua por evaporación que se produce en las hojas mediante un proceso de difusión simple. Se realiza a través de los estomas, que son unas aberturas que comunican el exterior con los espacios intercelulares del vegetal. Los estomas están distribuidos sobre todo en el envés de las hojas y están formados por un par de células oclusivas que pueden abrir o cerrar un orificio entre ellas, llamado ostiolo, para así regular el intercambio de gases. Los estomas ocupan un pequeño porcentaje de la superficie de la hoja (1-3 %), pero efectúan entre el 50 y el 75 % del intercambio de gases. En la transpiración se libera el 90 % del agua que se absorbe por la raíz.

**b)** La tabla podría ser la que sigue:

| | Superficie | Volumen (en litros) | Tiempo (en días) | Volumen (en L/d) |
|---|---|---|---|---|
| **Árbol** | – | 200 | 1 | 200 |
| **Maíz** | 1 ha | 1 400 000 | 90 | 15 555 |
| **Cactus** | 1 ha | 1 100 | 365 | 3 |

Es preferible referir el tiempo a una misma unidad para que se pueda comparar mejor, en este caso dividiríamos el volumen por los días para obtener la última columna.

Una ha de cactus transpira 3 L/día, mientras que una ha de maíz transpira 15 555 L/día.

**c)** Para resolver la última cuestión tan solo hemos de dividir la cantidad de la columna final para el maíz entre la cantidad para el cactus, es decir, 15 555/3, que resulta ser 5 185, o sea, el maíz transpira casi 5 200 veces más cantidad de agua que el cactus. El cactus está muy bien adaptado contra la pérdida de agua por transpiración, lo que le permite vivir en lugares con poca agua.

## PRACTICA

**1** Redacta un informe que explique la siguiente tabla sobre la fotosíntesis y la temperatura contestando a las siguientes cuestiones:

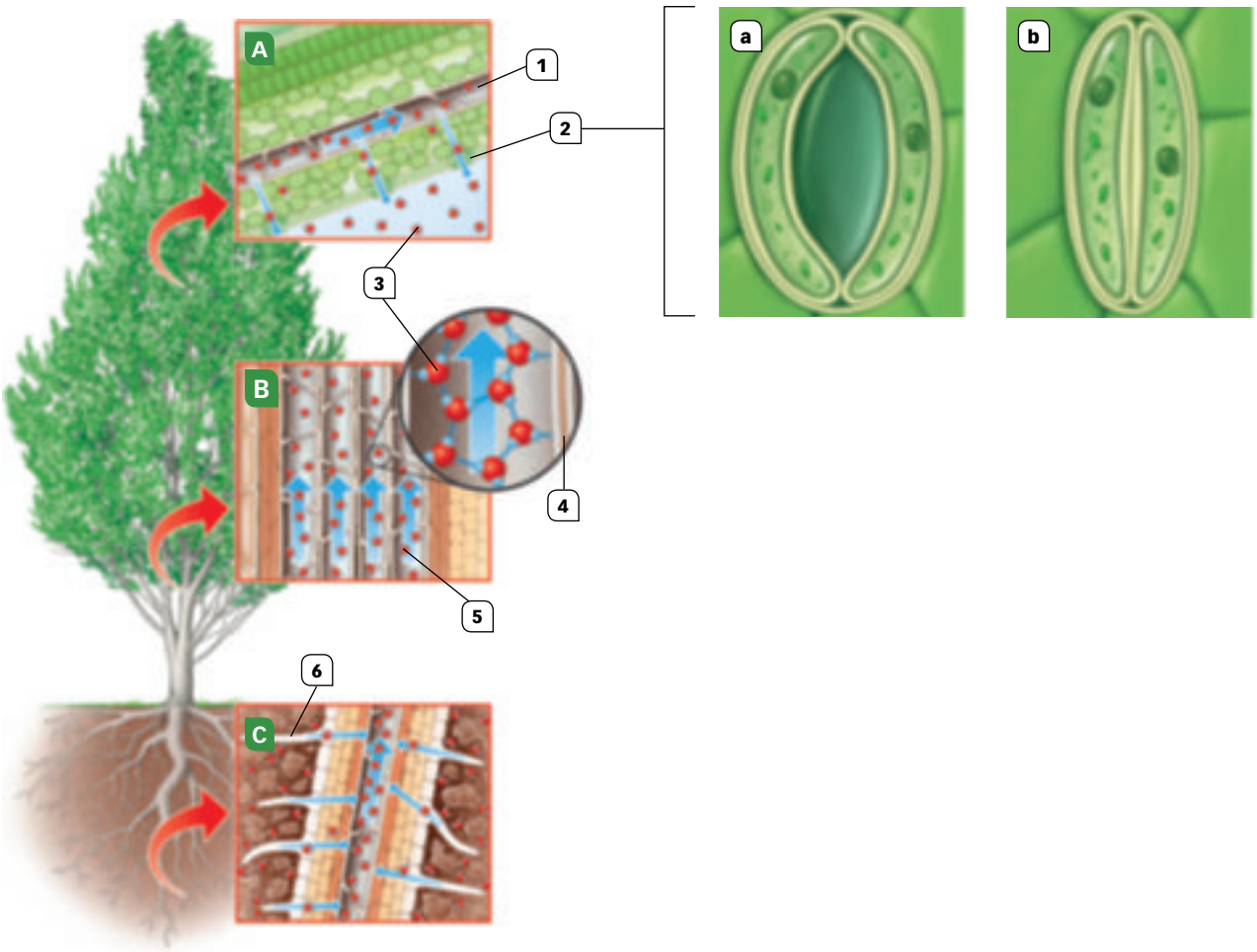
a) ¿Qué especie es más eficaz?

b) ¿Cuáles son sus temperaturas óptimas?

c) Dibuja una gráfica con las tres especies.

| | Temp. (°C) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $mm^3$ de $O_2$/h | **Especie a** | 0 | 25 | 50 | 100 | 150 | 180 | 150 | 90 | 0 |
| | **Especie b** | 40 | 80 | 150 | 225 | 300 | 350 | 380 | 375 | 300 |
| | **Especie c** | 20 | 60 | 100 | 160 | 200 | 140 | 95 | 30 | 0 |

# El transporte de la savia bruta




## ACTIVIDADES

**1** La figura representa el mecanismo de transporte de la savia bruta. Nombra los procesos que tienen lugar en A (la hoja) , B (el tallo) y C (la raíz).

**2** Escribe los nombres de las diferentes estructuras que se señalan.

**3** ¿Qué propiedades fisicoquímicas del agua permiten el transporte de la savia bruta desde las raíces hasta la copa del árbol?

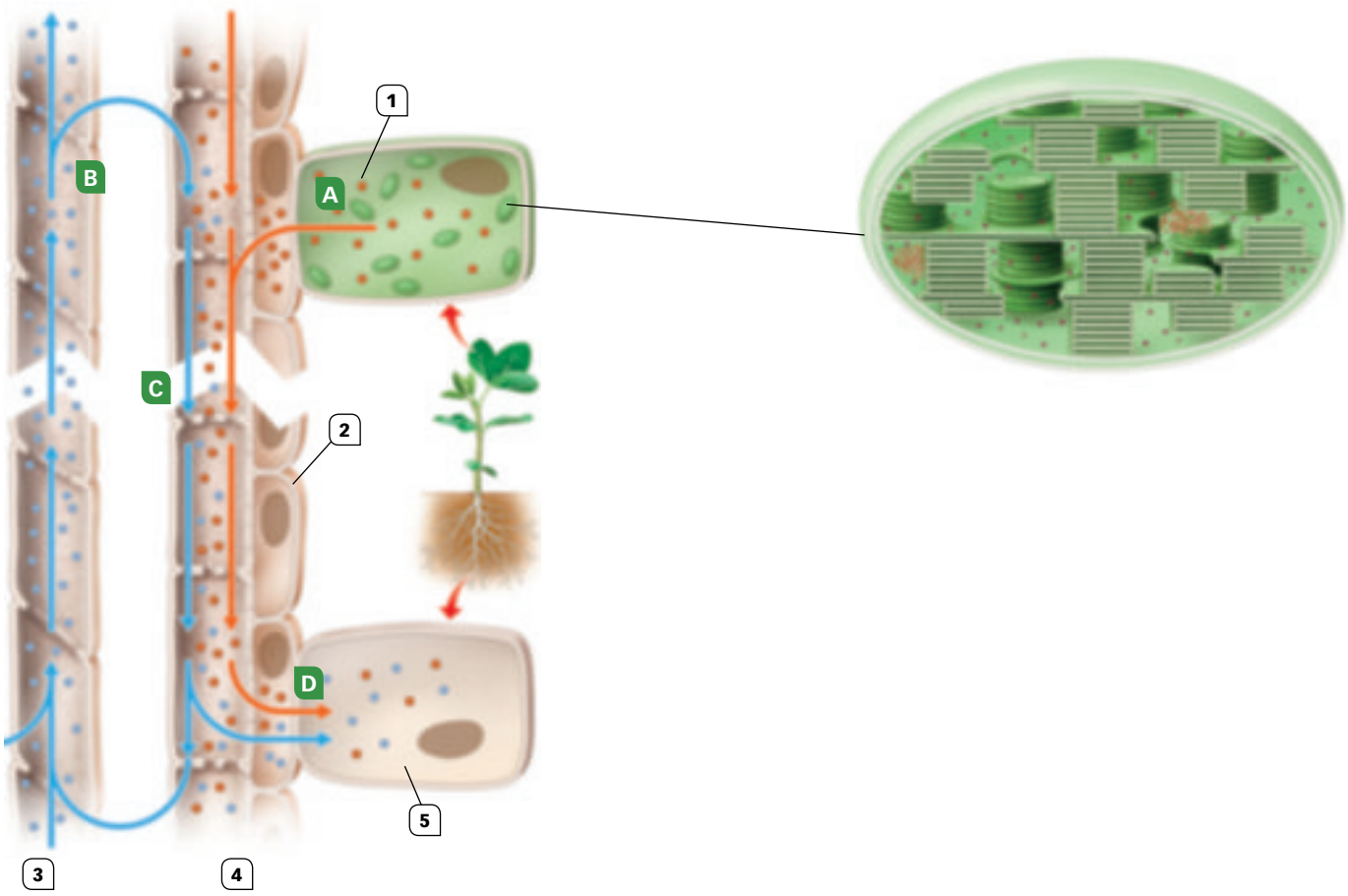
**4** ¿En qué parte del árbol se produce una presión negativa o succión que mueve la savia bruta? Explica el mecanismo.

**5** ¿En qué parte del árbol el ascenso de la savia se debe únicamente a las propiedades fisicoquímicas del agua?

**6** ¿En qué órgano se genera una presión positiva que fuerza a las moléculas de agua a ascender? Explica el mecanismo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# El transporte de la savia elaborada




## ACTIVIDADES

**1** La figura representa el mecanismo de transporte de la savia elaborada. Escribe el nombre de las células y órganos señalados.

**2** ¿Qué proceso está teniendo lugar en la célula A y qué consecuencias tiene?

**3** ¿Cómo se llama el orgánulo señalado en la célula A? Escribe la ecuación química del proceso que tiene lugar en él.

**4** B representa el trasiego de agua desde unos conductos a otros. ¿Por qué se produce ese trasiego? ¿Cómo se llaman los tubos entre los que se produce ese transporte?

**5** ¿Qué pasa con la presión en el tubo C, donde entran el agua y las sustancias fabricadas en A?

**6** Al llegar a D parte del agua, las sustancias penetran en las células, la presión en el tubo C disminuye y parte del agua sale de este tubo e ingresa de nuevo en los tubos de los que había salido anteriormente. ¿Cuál es la fuerza por la que se mantiene en funcionamiento el ascenso del agua y las sales (savia bruta) por unos tubos, y el descenso de la savia elaborada por otros?

**7** ¿Cómo se llama el proceso global de transporte de sustancias de las células A a las células D?

# La raíz: estructura y tipos

El aparato vegetativo de las cormofitas o el conjunto de órganos no reproductores lo forman la raíz, el tallo y las hojas.

### La raíz

La raíz es un órgano normalmente subterráneo, que crece hacia el centro de la Tierra y sirve para el anclaje del vegetal al suelo, la absorción de nutrientes inorgánicos (agua y sales minerales disueltas), el transporte de la savia bruta (agua y sales) hacia el tallo y para el almacenamiento de sustancias nutritivas.

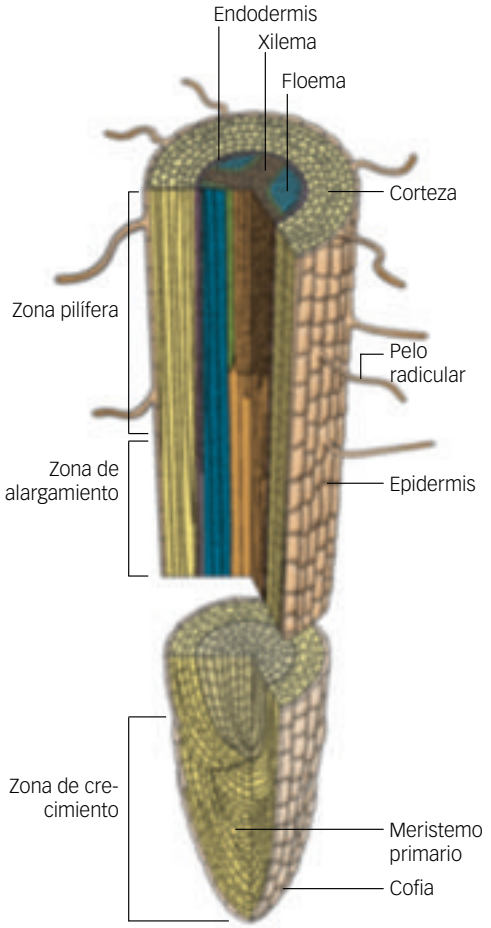
### Morfología de la raíz

- Zona de crecimiento. Pequeño sector situado en el extremo apical de la raíz. Contiene el tejido meristemático primario, cuyas células son todas iguales y se hallan en continua división mitótica. Está protegido por una cofia o cápsula constituida por células suberificadas en constante renovación.
- Zona de alargamiento o de maduración. Las células jóvenes producidas por el meristemo primario aumentan su tamaño y se diferencian, dando lugar a los diferentes tejidos.
- Zona pilífera. Presenta células epidérmicas que emiten prolongaciones citoplasmáticas tubulares, de hasta 1 cm de longitud, denominadas pelos radiculares o pelos absorbentes. Su función es aumentar la superficie de absorción del agua y de las sales disueltas. Son de vida corta, por lo que se requiere una continua reposición y crecimiento.
- Zona de ramificación. Las raíces emiten ramificaciones, generando un sistema radicular que permite un mejor anclaje del vegetal y la búsqueda de los nutrientes presentes en el suelo.

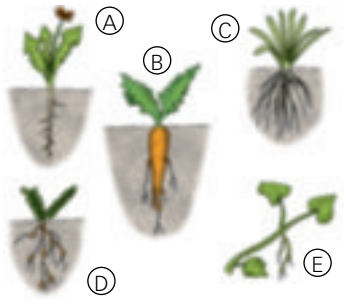
### Tipos de raíces

Las raíces pueden ser hipogeas o subterráneas, si crecen en el interior del suelo; acuáticas, si lo hacen en el agua, y aéreas, si crecen en el aire. La mayor parte de las raíces son subterráneas.

Según su forma, se clasifican en axonomorfas, si poseen una raíz principal a partir de la cual salen las raíces secundarias; fasciculadas, cuando no existe una raíz principal y forman un haz que parte del extremo inferior del tallo; tuberosas, si las raíces presentan unos engrosamientos por tubérculos; napiformes, si aparece una raíz principal muy engrosada; adventicias, si tienen haces de raíces que crecen en lugares anómalos, como en ápices o zonas aéreas del tallo, etc.




Estructura de una raíz ideal de dicotiledónea.




**Tipos de raíces.** A: axonomorfa. B: napiforme. C: fasciculada. D: tuberosa. E: aérea.

## ACTIVIDADES

**1** Si quisiera observar células en mitosis, ¿qué parte de la raíz debería observar?

**2** En la zona de alargamiento, ¿cómo se produce el aumento de longitud de las células?

**3** Al transplantar una plantita eliminamos sin querer los pelos radicales. ¿Qué puede ocurrir?

**4** ¿Cómo se produce la ramificación de las raíces? ¿Se da en todas las raíces?

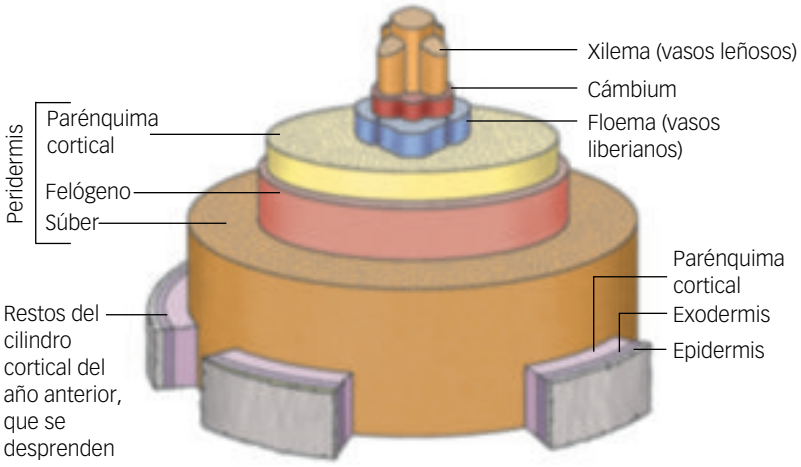
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# La raíz de las dicotiledóneas

**Estructura secundaria de la raíz**

Las raíces de las gimnospermas y de las angiospermas dicotiledóneas, cuando empiezan a crecer en grosor, modifican su estructura interna. Ello se debe a la aparición de los meristemos secundarios, llamados **cámbium** y **felógeno**. Su actividad origina los siguientes cambios:

- El **felógeno**, procedente del periciclo, produce hacia fuera una nueva corteza de tejido suberoso, y hacia dentro un nuevo parénquima cortical. El conjunto de estas tres nuevas capas (corteza, felógeno y parénquima cortical) se denomina **peridermis**. Debido a este crecimiento en grosor, todo el cilindro cortical del año anterior se rompe y cae.
- El **cámbium**, que se origina intercalado entre los vasos liberianos y los leñosos, dejando el líber fuera y el leño dentro, origina más vasos liberianos hacia fuera y otros vasos leñosos hacia dentro. El resultado es un gran cilindro de vasos leñosos en el centro de la raíz, rodeado de un cilindro de vasos liberianos.



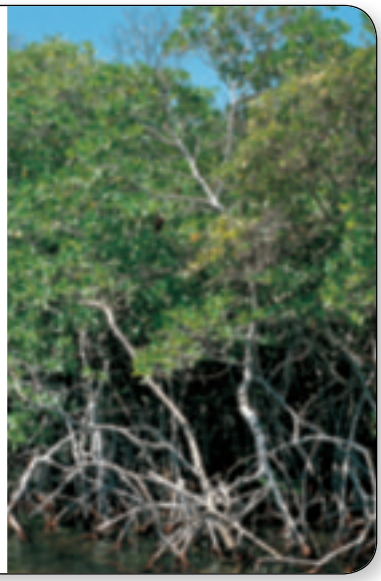

Reconstrucción esquemática de la estructura secundaria de la raíz de una dicotiledónea.

**Raíces para «respirar»**

Además de las funciones de las raíces que ya se han comentado (anclaje al suelo, absorción de nutrientes inorgánicos, transporte de savia bruta y almacenamiento de sustancias), en el reino vegetal podemos encontrar ejemplos de plantas cuyas raíces llevan a cabo funciones distintas, en ocasiones sorprendentes.

El ejemplo más conocido es el del árbol llamado mangle. Los manglares son formaciones vegetales propias de las zonas tropicales. Los mangles enraízan en terreno lodoso, frecuentemente cubierto por el agua. En estas circunstancias, la raíz está permanentemente inundada, y sus células tendrían dificultades para obtener el oxígeno necesario para la respiración celular.

El problema se resuelve gracias a la presencia de unas raíces especiales, llamadas pneumatóforos, que crecen hasta que sus extremos emergen del agua. En su interior hay un parénquima aerífero que conduce el aire hasta la parte sumergida de la raíz, facilitando así que sus células obtengan el oxígeno.



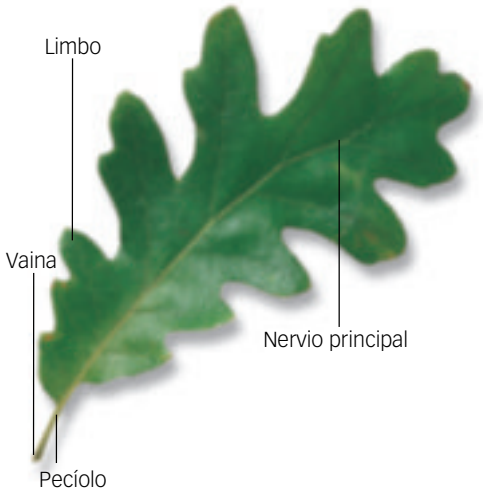
## ACTIVIDADES

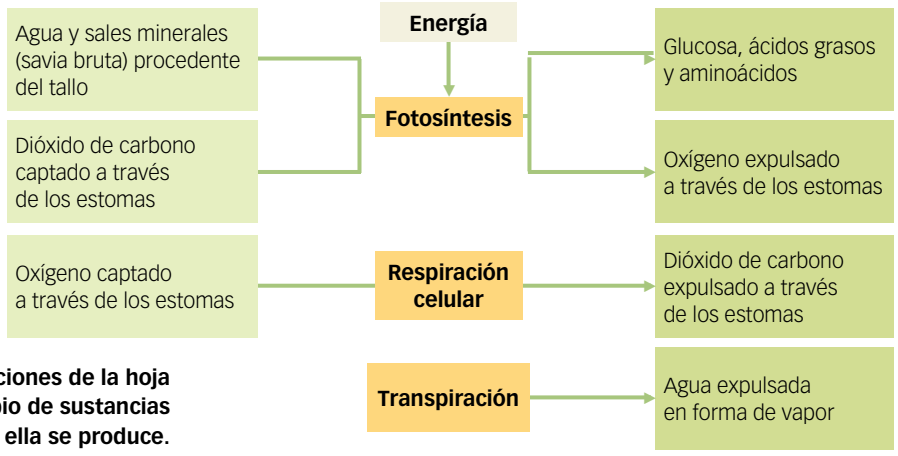
1. ¿Cuáles son las cuatro zonas morfológicas de la raíz? ¿Qué sucede en cada una de ellas?
2. ¿Cuáles son los elementos de la raíz responsables de su crecimiento en grosor? ¿Estos elementos existen también en la estructura primaria de la raíz?
3. ¿Dónde se encuentran el xilema y el floema? ¿Cuál es su función?
4. Las raíces de los manglares están sumergidas. ¿Cómo solucionan estas plantas el problema de obtención de oxígeno para poder realizar la respiración?

# La hoja: partes y funciones

Las partes de la hoja son:

- El **limbo** es la parte laminar. Presenta las **nerviaciones**, que son los relieves longitudinales originados por los haces liberoleñosos. Se puede distinguir una cara superior o **haz**, de color verde oscuro y con nerviaciones poco pronunciadas, y una cara inferior o **envés**, de color más claro y nerviaciones muy marcadas.
- El **pecíolo** es el pedúnculo que sostiene al limbo.
- La **vaina** es el ensanchamiento del pecíolo en su unión a un nudo del tallo. En las hojas sin pecíolo u hojas sentadas, la vaina puede abrazar completamente al tallo.




**Las funciones de la hoja y el intercambio de sustancias que en ella se produce.**

Las hojas suelen presentar un nervio principal que va desde la base hasta el ápice, del cual parten los nervios secundarios. En las epidermis del envés aparecen los **estomas**, que permiten el intercambio gaseoso.

La función básica de la hoja es realizar la **fotosíntesis**. En ella la materia inorgánica ($CO_2$, $H_2O$ y sales minerales) se transforma en materia orgánica (básicamente glucosa, ácidos grasos y aminoácidos), para lo que hace falta energía bioquímica (ATP), que se obtiene gracias a la transformación de la energía luminosa. Esta transformación la realizan los pigmentos fotosintéticos.

También se produce en la hoja la **transpiración**, en la que el agua, que ha servido de medio de transporte para las sales desde la raíz hasta las hojas, pasa a la atmósfera en forma de vapor. La hoja, además, realiza el intercambio gaseoso, ya que a través de los estomas entra el dióxido de carbono ($CO_2$) necesario para hacer la fotosíntesis o sale el procedente de la respiración celular, y entra el oxígeno ($O_2$) necesario para la respiración celular o sale el producido en la fotosíntesis.

## ACTIVIDADES

**1** ¿Qué ocurriría si impermeabilizásemos con una sustancia inocua el haz de una hoja? ¿Y el envés?

**2** ¿Tienen alguna influencia las hojas en el transporte de savia bruta? ¿Y en el de la savia elaborada?

**3** Algunas hojas presentan pilosidad abundante. ¿Dónde es más frecuente que la desarrollen? ¿Por qué?

**4** ¿Pueden las espinas mantener las funciones básicas de las hojas como la fotosíntesis y el intercambio de gases?

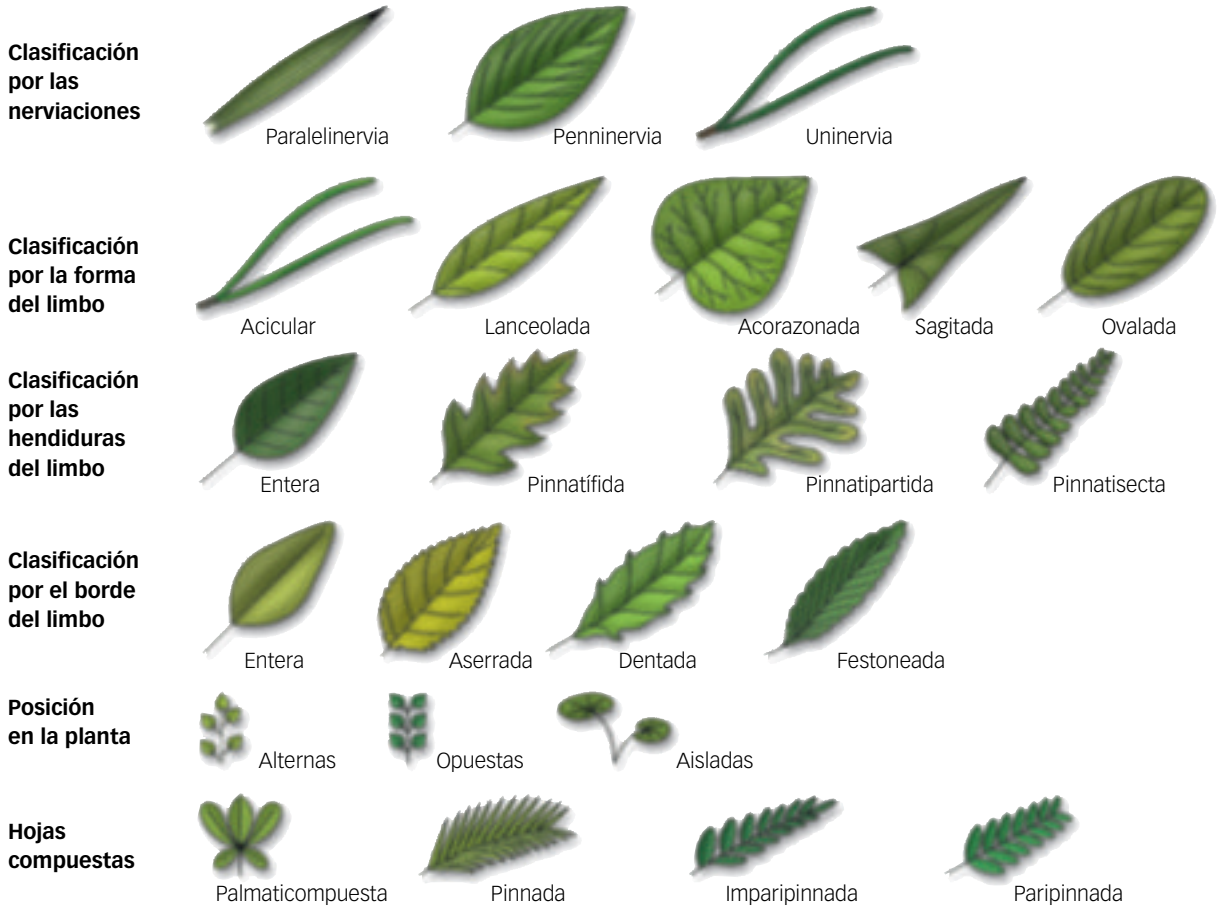
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Tipos de hojas

Las hojas simples se pueden dividir en muchos tipos, según las nerviaciones, la forma del limbo, las hendiduras que este presenta, la forma del borde de la hoja y la posición de las hojas en la planta.

- Según las nerviaciones, las hojas se dividen en paralelinervias, penninervias, palminervias, uninervias, etc.
- Según la forma del limbo pueden ser aciculares, lanceoladas, acorazonadas, sagitadas, ovaladas, etc.
- Según las hendiduras del limbo pueden ser enteras (sin hendiduras), pinnatífidas (si las hendiduras no llegan a la mitad del semilimbo), pinnatipartidas (si la superan) y pinnatisectas (si llegan al nervio central).
- Según la forma del borde del limbo, hay hojas enteras, aserradas, dentadas, festoneadas, etc.
- Según su posición en el tallo de la planta, las hojas pueden ser alternas, opuestas, aisladas, etc.

Las hojas compuestas también se dividen en varios tipos: pueden ser palmaticompuestas, cuando todos los folíolos salen del mismo punto, o pinnadas, si salen de un mismo eje.




## ACTIVIDADES

**1** ¿Qué son los nervios de una hoja? ¿Qué significan los términos paralelinervia, penninervia y uninervia?

**2** Una hoja compuesta, ¿es una hoja formada por otras hojas o es una única hoja cuya forma recuerda a un conjunto de hojas?

**3** ¿Qué entendemos por limbo foliar?

**4** Las claves dicotómicas utilizan la forma de las hojas para identificar árboles. Utiliza una clave digital a través de aplicaciones como Arbolapp o Guía de árboles para identificar alguna especie cercana a tu colegio o a tu casa.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Plantas parásitas: el que a buen árbol se arrima…

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga acerca de las adaptaciones anatómicas y fisiológicas de las plantas que parasitan a otras plantas.

**Contenidos sugeridos.** ¿Qué entendemos por plantas parásitas? Parásitas obligadas y facultativas. Plantas hemiparásitas. Plantas holoparásitas. Plantas parásitas del tallo. Plantas parásitas de las raíces. Estudio evolutivo de la pérdida de clorofila en las holoparásitas. Valoración económica del parasitismo vegetal.

**Fuentes de la investigación**

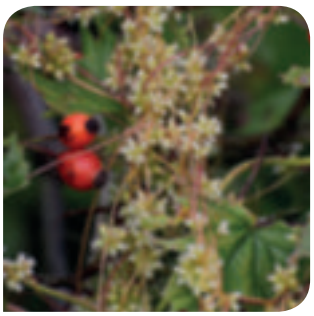
- *Plantas parásitas*. Revista *on-line*. Palabras clave: *waste plantas parásitas*.
- *Strasburger*. *Tratado de Botánica*. VV. AA. Ediciones Omega, 2004.
- *Plantas parásitas de la península ibérica e Islas Baleares*. J. L. López Sáez, P. Catalán, Ll. Sáez. Ediciones Mundi-Prensa, 2002.

**Realización.** Tres equipos de tres a cinco estudiantes. Cada equipo presentará los resultados de una forma diferente.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

**Presentación de los resultados.** Elaboración de un herbario fotográfico virtual, de un cartel con las especies más frecuentes en nuestro entorno y de un informe que puede subirse a la plataforma del centro.

### TEN EN CUENTA QUE



*Cuscuta epithymum* es una planta holoparásita que extrae la savia elaborada mediante unas raicillas suctoras del tallo de las plantas parasitadas.

*Cynomorium coccineum* es una planta holoparásita que parasita las raíces de algunas plantas de las que extrae la savia elaborada.

*Osyris quadripartita* es una planta hemiparásita que extrae el agua y las sales minerales de las raíces de las plantas a las que parasita.

*Viscum álbum,* el conocido muérdago de las navidades es una planta hemiparásita que extrae savia bruta del tronco de los pinos y otros árboles mediante órganos suctorios.

### LO QUE DEBES SABER

- **Planta hemiparásita (semiparásita):** planta con clorofila que extrae agua y sales minerales de las plantas a las que parasita.
- **Planta holoparásita:** planta sin clorofila que extrae savia elaborada de las plantas a las que parasita.
- **Parásitas obligadas:** aquellas plantas que necesitan de la hospedadora para completar su ciclo biológico.
- **Parásitas facultativas:** aquellas plantas que no necesitan de la hospedadora para completar su ciclo biológico.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Investigaciones pioneras sobre la circulación en las plantas

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Estudia las investigaciones de Stephen Hales sobre la circulación de la savia.

**Contenidos sugeridos.** Precursores en la investigación de la circulación de la savia en las plantas: Malpighi. Biografía de Stephen Hales. Campos de la ciencia en los que realizó investigaciones. Experimentos sobre la circulación de la savia. El método científico de Stephen Hales.

**Fuentes de la investigación**

- «El modelo de nutrición vegetal a través de la historia y su importancia para la enseñanza». C. González Rodríguez; C. Martínez Losada y S. García Barros. Revista *Eureka* sobre enseñanza y divulgación de las ciencias. Vol. 11, n.º 1, 2014.
- *De Stephen Hales a la biología molecular: reflexiones sobre la revolución biotecnológica y su impacto en la sociedad y en la universidad*. J. Segura. Publicaciones de la Universitat de València, 2003.
- *Grandes experimentos científicos*. Rom Harré. Editorial Labor, 1986.

**Realización.** Un equipo de tres a cinco miembros.

**Duración de la elaboración.** Dos semanas.

**Presentación de los resultados.** Disertación apoyada en una presentación. Se entregará un resumen a los asistentes. Puede hacerse la charla en inglés si el nivel lo permite.

### TEN EN CUENTA QUE

Stephen Hales (1677-1761) fue uno de los más notables científicos británicos de su tiempo. La aplicación del método científico a sus investigaciones ha llegado hasta nosotros como modelo por la claridad de sus conclusiones y la perspicacia de su diseño.

Comenzó sus experimentos sobre la circulación en las plantas en 1724, cuyos resultados plasmó en su obra *Vegetable Staticks* (sic), 1738. Gracias a sus experimentos, midió la presión radicular, caracterizó la «perspiración» (transpiración) y descubrió que la savia bruta asciende desde la raíz a las hojas y que la savia elaborada desciende desde estas al resto de la planta.

### LO QUE DEBES SABER

- **Savia bruta:** agua y sales minerales que ascienden por el xilema desde la raíz a las hojas.
- **Savia elaborada:** disolución acuosa de nutrientes que viaja desde las hojas al resto de la planta.
- **Xilema:** sistema de transporte ascendente de savia bruta que ocupa una posición interna en el tronco de los árboles.
- **Floema:** sistema de transporte descendente que ocupa una posición cercana a la superficie del tronco.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 13 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** La nutrición en las briofitas se realiza:

- ☐ **a.** Por difusión a través de toda su superficie.
- ☐ **b.** A través de sus raíces.
- ☐ **c.** Parasitando a plantas cormofitas.
- ☐ **d.** Son como los hongos, heterótrofas.

**2** La zona pilífera es:

- ☐ **a.** Una zona pegajosa de la raíz gracias a la cual evitan los parásitos.
- ☐ **b.** El envés de algunas hojas como las de los chopos.
- ☐ **c.** Una parte de la raíz con numerosos pelos absorbentes de agua y sales.
- ☐ **d.** La zona del tallo que presenta mayor crecimiento.

**3** La savia bruta está formada por:

- ☐ **a.** Glúcidos, lípidos y proteínas.
- ☐ **b.** Agua y sales minerales.
- ☐ **c.** Agua, sales minerales e hidratos de carbono.
- ☐ **d.** Moléculas orgánicas de diversos tipos.

**4** La savia bruta se transporta en las plantas por:

- ☐ **a.** La acción de microorganismos que viven en el tallo y las raíces de las plantas.
- ☐ **b.** La diferencia de presión entre el tallo y las hojas.
- ☐ **c.** La tensión superficial del agua.
- ☐ **d.** La acción de la presión en la raíz y la succión en las hojas.

**5** La pérdida de agua por evaporación que tiene lugar en las hojas depende de:

- ☐ **a.** La presión atmosférica y la duración del día.
- ☐ **b.** La proximidad de otras plantas.
- ☐ **c.** La abundancia de abono.
- ☐ **d.** Del viento, la humedad relativa y la temperatura.

**6** Las plantas realizan un intercambio de gases con la atmósfera que consiste en:

- ☐ **a.** Tomar oxígeno durante el día y tomar $CO_2$ durante la noche.
- ☐ **b.** Tomar $CO_2$ durante el día y producirlo durante la noche.
- ☐ **c.** Tomar oxígeno durante el día y producirlo durante la noche.
- ☐ **d.** Producir oxígeno durante el día y vapor de agua durante la noche.

**7** La fotosíntesis es un proceso mediante el cual las plantas:

- ☐ **a.** Destruyen sus toxinas con la energía de la luz.
- ☐ **b.** Sintetizan agua con la energía de la luz.
- ☐ **c.** Aprovechan la energía de la luz para sintetizar nutrientes orgánicos.
- ☐ **d.** Aprovechan la energía de la luz para descomponer la glucosa y obtener más energía.

**8** La savia elaborada:

- ☐ **a.** Se forma en las raíces y se distribuye por toda la planta.
- ☐ **b.** Se forma en las raíces y se acumula en forma de tubérculos y bulbos.
- ☐ **c.** Se forma en las hojas como consecuencia de la respiración y se distribuye por la planta.
- ☐ **d.** Se forma en las hojas como consecuencia de la fotosíntesis y se distribuye por la planta.

**9** La savia elaborada se transporta en la planta por un mecanismo basado en:

- ☐ **a.** La diferencia de presión.
- ☐ **b.** La diferencia de temperatura.
- ☐ **c.** La fuerza de succión de las raíces.
- ☐ **d.** La acción de la gravedad.

**10** En la fase luminosa de la fotosíntesis:

- ☐ **a.** La energía que llega del sol es transformada en glucosa.
- ☐ **b.** La energía que llega del sol ayuda al movimiento del agua y las sales minerales en la planta.
- ☐ **c.** La planta sintetiza ATP gracias a la energía que llega del sol.
- ☐ **d.** Se produce la reproducción de las plantas.

SOLUCIONES

**1** a, **2** c, **3** b, **4** d, **5** d, **6** b, **7** c, **8** d, **9** a, **10** c

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

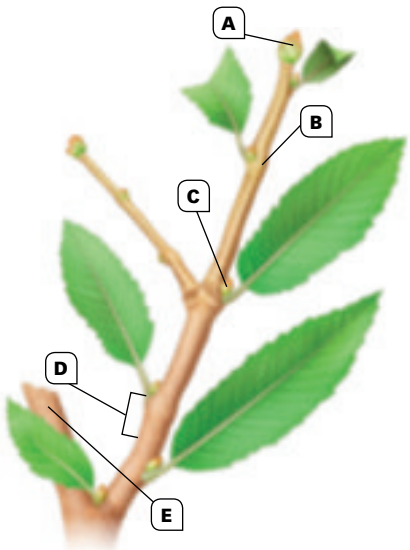
**1** Explica cómo realizan la nutrición los musgos.

**2** Define qué son macronutrientes y micronutrientes en las plantas. Pon dos ejemplos de cada.

**3** ¿Qué son las plantas carnívoras? ¿Cómo capturan a sus presas?

**4** Explica qué factores afectan a la absorción de agua por las raíces.

**5** Pon nombre a las diferentes partes del tallo.



**6** Explica el intercambio de gases que realizan las plantas con la atmósfera.

**7** Relaciona entre sí las dos columnas.

| | |
|---|---|
| a) Savia elaborada | 1. Xilema |
| b) Fase luminosa de la fotosíntesis | 2. Expulsión de agua por hidátodos |
| c) Fase oscura de la fotosíntesis | 3. Síntesis de glucosa |
| d) Savia bruta | 4. Floema |
| e) Transpiración | 5. Síntesis de ATP |
| f) Gutación | 6. Pérdida de vapor de agua |

**8** Explica a qué proceso corresponde esta reacción global, dónde se realiza y cuántas fases tiene.

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \xrightarrow[\text{pigmentos fotosintéticos}]{\text{luz}} C_6H_{12}O_6\ \text{(glucosa)} + 6\ O_2$$

**9** ¿Qué entendemos por sustancias de reserva? ¿Cómo las almacenan las plantas?

**10** Describe las analogías y diferencias entre el xilema y el floema.

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

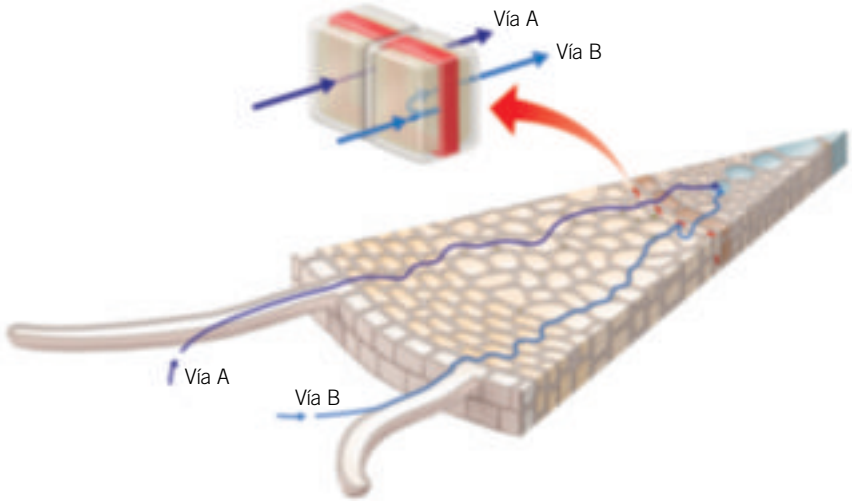
Nombre: Curso: Fecha:

**1** Cita las diferentes etapas de la nutrición en una planta cormofita.

**2** Selecciona tres macronutrientes y tres micronutrientes y explica su papel en la nutrición de las plantas.

**3** Define qué son plantas semiparásitas y plantas holoparásitas, y cita un ejemplo de cada una de ellas.

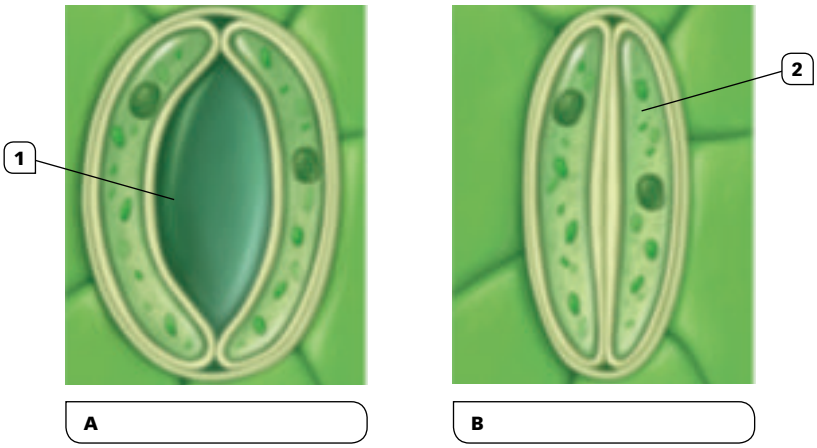
**4** Basándote en el esquema adjunto explica cómo se absorbe el agua y las sales por las raíces.




**5** Explica las diferencias entre los vasos leñosos que forman el xilema y los vasos liberianos del floema. ¿Qué transporta cada uno de ellos?

**6** Define que es la fotosíntesis y explica sus fases.

**7** Rotula la figura. Explica qué estructura es y cuál es su función.




**8** Se dice que los animales podemos vivir en la Tierra gracias a la fotosíntesis. Explica si estás o no de acuerdo con esta afirmación y por qué.

**9** Define y explica en qué consiste la excreción en las plantas. Cita algunas sustancias que se produzcan en los procesos de excreción vegetal.

**10** Relaciona entre sí las dos columnas.

a) Transporte activo
b) Ósmosis
c) Cilindro cortical
d) Banda de Caspary
e) Bacteriorriza
f) Molibdeno

1. Metabolismo del nitrógeno en plantas.
2. Zona impermeable del endodermo de la raíz.
3. Microorganismos simbiontes en las raíces de las leguminosas.
4. Fundamental en la absorción del nitrógeno en las plantas.
5. Parénquima de reserva.
6. Mecanismo con gasto de energía para introducir sustancias en las células.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B5-1.** Describir cómo se realiza la absorción de agua y sales minerales. | **B5-1.1.** Describe la absorción del agua y las sales minerales. | 1, 2 y 3 | 1, 2 y 3 |
| **B5-2.** Conocer la composición de la savia bruta y sus mecanismos de transporte. | **B5-2.1.** Conoce y explica la composición de la savia bruta y sus mecanismos de transporte. | 4, 5, 9 y 10 | 4 y 5 |
| **B5-3.** Explicar los procesos de transpiración, intercambio de gases y gutación. | **B5-3.1.** Describe los procesos de transpiración, intercambio de gases y gutación. | 6 y 7 | 7 y 10 |
| **B5-4.** Conocer la composición de la savia elaborada y sus mecanismos de transporte. | **B5-4.1.** Explicita la composición de la savia elaborada y sus mecanismos de transporte. | 10 | 5 |
| **B5-5.** Comprender las fases de la fotosíntesis, los factores que la afectan y su importancia biológica. | **B5-5.1.** Detalla los principales hechos que ocurren durante cada una de las fases de la fotosíntesis asociando, a nivel de orgánulo, dónde se producen. | 8 | 6 |
| | **B5-5.2.** Argumenta y precisa la importancia de la fotosíntesis como proceso de biosíntesis, imprescindible para el mantenimiento de la vida en la Tierra. | 8 | 8 |
| **B5-6.** Explicar la función de excreción en vegetales y las sustancias producidas por los tejidos secretores. | **B5-6.1.** Reconoce algún ejemplo de excreción en vegetales. | — | 9 |

**Control B**

**1** Las briofitas, como los musgos, no poseen estructuras especializadas, por ello la absorción, el intercambio de gases y el transporte de sustancias por el interior de la planta los realizan directamente a través de toda su superficie por difusión entre sus células y el medio que las rodea.

Este proceso se produce gracias a que sus epitelios carecen de una cutícula o cubierta de ceras impermeable en la cara exterior de la epidermis, como ocurre en los tejidos de protección de las cormofitas.

**2** Los macronutrientes son bioelementos esenciales para el desarrollo de las plantas que se requieren en cantidades relativamente grandes, alrededor del 0,05 % del peso seco. Son macronutrientes el carbono y el hidrógeno.

Los micronutrientes son bioelementos que se necesitan en cantidades muy pequeñas para el desarrollo de las plantas, se conocen como oligoelementos. El hierro y el molibdeno son micronutrientes.

**3** Las plantas carnívoras son plantas autótrofas pero con una nutrición alternativa adaptada a suelos pobres en nutrientes minerales. Han desarrollado un conjunto de trampas para capturar a sus presas. Lo más común es que las trampas sean hojas modificadas; algunos ejemplos son hojas de tipo adhesivo, tipo resorte o deslizantes. La digestión de las capturas es siempre de tipo extracelular, mediante enzimas excretados por células especiales, y se completa gracias a la participación de microorganismos.

**4** La absorción de agua por las raíces se ve afectada por la temperatura, la aireación y la cantidad de agua.

La temperatura favorece los procesos del metabolismo celular y, por tanto, incrementa la absorción; las temperaturas bajas la disminuyen.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

La mayor aireación del suelo hace que se formen raíces muy ramificadas y pelos radicales largos y numerosos, lo que supone aumentar la superficie de absorción.

El aumento de la cantidad de agua en el suelo favorece su entrada a las raíces, siempre que la concentración de sales en el suelo sea inferior a la del interior de los pelos radicales.

**5** A. Yema terminal, B. Nudo, C. Yema axilar, D. Entrenudo, E. Rama.

**6** Por la noche, con la oscuridad, las plantas no realizan fotosíntesis, por lo que solo hay consumo de oxígeno y desprendimiento de dióxido de carbono debido a la respiración celular.

Durante el día, con iluminación, las plantas realizan fotosíntesis y siguen respirando. La intensidad de intercambio de gases de la fotosíntesis es superior a la de la respiración, por lo que globalmente las plantas durante el día desprenden oxígeno y consumen dióxido de carbono.

Este intercambio de gases se lleva a cabo principalmente a través de los estomas de las hojas.

**7** a) 4; b) 5; c) 3; d) 1; e) 6; f) 2

**8** El proceso es la fotosíntesis mediante la cual las plantas convierten la energía luminosa en energía química, que es utilizada para la síntesis de nutrientes orgánicos.

Se lleva a cabo sobre todo en los cloroplastos del parénquima en empalizada del mesófilo de las hojas, además de en los tallos verdes y en los sépalos de las flores.

En la fotosíntesis se diferencian dos fases: una fase luminosa en la que interviene la luz solar y una fase oscura exclusivamente química.

**9** Son los nutrientes, como el almidón y otros polisacáridos, grasas y proteínas que las plantas almacenan en los tejidos parenquimáticos situados en órganos como raíces y tallos principalmente, con objeto de ser utilizados en los momentos en los que el desarrollo de la planta los requiera.

**10** El xilema y el floema son tejidos conductores de las plantas. Se diferencian en:

– El xilema transporta la savia bruta formada por agua y sales minerales, y el floema, la savia elaborada formada por compuestos orgánicos.

– Los tubos del xilema, vasos leñosos y traqueidas están formados por células muertas, mientras que los vasos liberianos del floema están formados por células vivas.

– La savia bruta circula debido a la presión radicular, a la tensión o succión ejercida desde las hojas y a la fuerza de cohesión-adhesión de las moléculas de agua.

## Control A

**1** a) Absorción de agua y sales minerales por las raíces. b) Transporte de la savia bruta por el xilema desde las raíces, a través del tallo, hasta las hojas. c) Fotosíntesis en los cloroplastos de las células de las hojas. d) Formación de la savia elaborada y su distribución a toda la planta a través del tallo por el floema. e) Metabolismo en todas y cada una de las células de la planta. f) Almacenamiento de sustancias de reserva. g) Almacenamiento y eliminación de sustancias de desecho.

El intercambio de gases entre la planta y el medio se produce a la vez que la absorción de los nutrientes, el transporte de los mismos y la fotosíntesis, y se realiza en las hojas a través de los estomas.

**2** R. M. Ejemplos de macronutrientes son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, que están presentes en todas las moléculas orgánicas. Algunos micronutrientes son el manganeso y el cinc, que son componentes de los enzimas respiratorios, y el molibdeno, que es un componente de los enzimas del metabolismo del nitrógeno.

**3** Las plantas semiparásitas, como el muérdago, realizan la fotosíntesis y son autótrofas; sin embargo, viven sobre las ramas de los árboles y sus raíces penetran en el árbol, chupando la savia bruta directamente.

Las holoparásitas son estrictamente heterótrofas, como la cuscuta. No tienen clorofila y sus raíces penetran en los tallos y raíces de otras plantas; de ellas obtienen los compuestos necesarios para su nutrición, tanto los inorgánicos como los orgánicos, elaborados por el huésped.

**4** El agua penetra en los pelos absorbentes de la raíz por ósmosis y las sales minerales, en forma de iones, por transporte activo.

Una vez que el agua y las sales minerales han penetrado en las células epidérmicas, forman la savia bruta, que continúa circulando hacia el interior de la raíz hasta el cilindro central donde se encuentra el xilema. El transporte hasta llegar a los vasos leñosos se puede realizar de dos maneras:

– Vía simplástica (A), cuando el transporte de unas células a otras se realiza a través de plasmodesmos.

– Vía apoplástica (B), en el que se mueven por el exterior de la membrana celular. Engloba las paredes celulares y los espacios intercelulares.

La banda de Caspary es un engrosamiento de suberina entre las células de la endodermis de la raíz que interrumpe el movimiento apoplástico, por lo que el transporte a este nivel se realiza solo a través de las células (vía simplástica), que regulan así el paso de sustancias.

**5** Los vasos leñosos transportan la savia bruta y los liberianos savia elaborada. Se diferencian en que los vasos leñosos están formados por células tubulares muertas y los vasos liberianos son células vivas, alargadas, dispuestas unas a continuación de otras y separadas por tabiques de separación o placas cribosas.

**6** La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas convierten la energía luminosa en energía química que utilizan para la síntesis de nutrientes orgánicos. Se diferencian dos fases:

– La fase luminosa se realiza en la membrana de los tilacoides, donde se encuentran localizados los pigmentos fotosintéticos, como la clorofila, capaces de absorber

la energía luminosa y transformarla en ATP (energía). En esta fase se descompone la molécula de agua desprendiéndose oxígeno.

– La fase oscura se denomina así porque para su realización no es necesaria la presencia de luz. Se lleva a cabo en el estroma de los cloroplastos. En esta fase se fija el dióxido de carbono de la atmósfera y se sintetizan compuestos orgánicos, como azúcares, en el ciclo de Calvin. Las moléculas de ATP generadas en la fase luminosa aportan la energía que necesitan algunas reacciones de este ciclo.

**7** A. Estoma abierto; B. Estoma cerrado; 1. Ostiolo; 2. Célula oclusiva.

Los estomas están constituidos por células epidérmicas diferenciadas. En el estoma se distinguen dos células oclusivas, con forma arriñonada y cloroplastos, entre las que hay una abertura u ostiolo que conecta con una cámara subestomática. Su función es llevar a cabo el intercambio de gases y la transpiración.

**8** Es correcto, ya que mediante la fotosíntesis las plantas absorben la energía de la luz y fabrican materia orgánica para ellas y para el resto de seres vivos, a los que pasa a través de las cadenas tróficas de los ecosistemas.

**9** La excreción consiste en la eliminación de sustancias de desecho producidas en el metabolismo. Al contrario que los animales, las plantas carecen de aparato excretor, por lo que los procesos de excreción no están muy desarrollados. Productos de excreción vegetal son: néctar, resinas, aceites, látex, etc.

**10** a) 6; b) 4; c) 5; d) 2; e) 3; f) 1.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

El aumento de la concentración de $CO_2$ en nuestra atmósfera es una de nuestras mayores preocupaciones. Así, los hombres y mujeres de nuestro tiempo intentan buscar soluciones viables.

Algunas de las actuales investigaciones en el ámbito tecnológico están inspiradas en la limpieza de la atmósfera que, desde hace millones de años, realizan los árboles y el fitoplancton.

A continuación se muestra un relato presentado en un concurso de nuevas ideas, en Boston, en el que tratan de atajar el problema.

«Quizás no nos damos cuenta, pero los árboles tienen una importancia trascendental en nuestra vida diaria, actúan como reguladores del agua y de la temperatura, reducen la contaminación y, lo más importante, a través de la fotosíntesis, capturan el dióxido de carbono ($CO_2$) de la atmósfera y lo convierten en oxígeno puro, limpiando el aire que respiramos.

En el mundo moderno y con la creciente urbanización, parece que ya no hay suficientes árboles para mantener el aire limpio. Ante ello, la SHIFTboston Urban Intervention Contest en la ciudad de Massachusetts, lanzó un concurso de ideas ecológicas y materiales sostenibles enfocadas a la urbanidad».

¿Árboles artificiales contra el $CO_2$? Fuente: Taringa!

**1** Si lees el texto con espíritu científico, detectarás un importante error de concepto. ¿Cuál es el error y cómo lo puedes solucionar con el menor número de cambios en la redacción? Señala la opción correcta.

- ☐ **a.** Error: (…) *a través de la fotosíntesis, capturan el dióxido de carbono ($CO_2$) de la atmósfera y lo convierten en oxígeno puro*. Corrección: (…) a través de la fotosíntesis, capturan el dióxido de carbono ($CO_2$) de la atmósfera y expulsan oxígeno puro.
- ☐ **b.** Error: (…) *a través de la fotosíntesis, capturan el dióxido de carbono ($CO_2$) de la atmósfera y lo convierten en oxígeno puro.* Corrección: (…) a través de la fotosíntesis, capturan el dióxido de carbono ($CO_2$) de la atmósfera y, mediante la respiración, expulsan oxígeno puro.
- ☐ **c.** Error: (…) *pero los árboles tienen una importancia trascendental en nuestra vida diaria, actúan como reguladores del agua y de la temperatura, reducen la contaminación*. Corrección: (…) pero los árboles tienen una importancia trascendental en nuestra vida diaria, aunque aumentan la contaminación, actúan como reguladores del agua y de la temperatura.
- ☐ **d.** Error: (…) *pero los árboles tienen una importancia trascendental en nuestra vida diaria, actúan como reguladores del agua y de la temperatura, reducen la contaminación*. Corrección: (…) pero los árboles tienen una escasa importancia en nuestra vida diaria, aunque actúan como reguladores del agua y de la temperatura.

**2** En los auténticos árboles, como en el resto de las plantas, se realiza un constante intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono. Pero a lo largo de las 24 horas de un día, ese flujo de gases puede variar considerablemente.

¿Cuáles de las siguientes afirmaciones acerca del intercambio gaseoso en las plantas son verdaderas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Durante el día expulsan más $CO_2$ que $O_2$. | |
| Durante la noche absorben más $O_2$ que $CO_2$. | |
| Expulsan y absorben $CO_2$ y $O_2$ al mismo ritmo durante el día que durante la noche. | |
| Durante el día expulsan más $O_2$ que $CO_2$. | |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**3** Para poder llevar a cabo la fotosíntesis, las plantas absorben del suelo muchos de los nutrientes que necesitan en forma de iones o de sales solubles en agua. Esto es lo que ocurre con algunos elementos químicos como el Mg++, Cu++ o Ca++. Cada uno de estos elementos es imprescindible para formar una o varias moléculas necesarias para su metabolismo.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?

- ☐ **a.** El hierro forma parte de enzimas que intervienen en la respiración celular.
- ☐ **b.** El cobre forma parte de la clorofila, imprescindible para la fotosíntesis.
- ☐ **c.** El magnesio interviene en el transporte de los azúcares sintetizados en la fotosíntesis.
- ☐ **d.** El calcio es necesario para el crecimiento de la planta.

**4** Además, las plantas absorben agua del suelo por la zona pilífera de sus raíces. Esta absorción es totalmente pasiva, sin gasto de energía, porque se realiza por ósmosis. Pero este proceso no siempre se produce.

¿Cuál de los siguientes supuestos es imprescindible para que el agua penetre en las células de la zona pilífera de las raíces?

- ☐ **a.** Que el suelo esté muy húmedo, con una alta concentración de agua.
- ☐ **b.** Que la concentración de sales minerales en el suelo sea mayor que en el interior de las células pilíferas.
- ☐ **c.** Que el suelo esté muy húmedo y con una alta concentración de sales minerales.
- ☐ **d.** Que la concentración de sales en el suelo sea menor que en el interior de las células pilíferas.

**5** Los productos que resultan de la fotosíntesis son distribuidos por toda la planta mediante tejidos conductores especializados. Pero no todas las plantas disponen de estos tejidos.

¿Qué plantas conoces que carecen de tejidos conductores y cómo hacen llegar los nutrientes resultantes de la fotosíntesis a cada una de sus células?

- ☐ **a.** Las cormofitas, que distribuyen los nutrientes por difusión.
- ☐ **b.** Las algas, que distribuyen los nutrientes por ósmosis.
- ☐ **c.** Las briofitas, que distribuyen los nutrientes por difusión.
- ☐ **d.** Los helechos, que distribuyen los nutrientes por capilaridad.

**6** A pesar de que los árboles artificiales resultan impresionantes, ya existen en la naturaleza árboles que logran atraer nuestra atención. Algunos pueden llegar a medir más de 100 metros, como es el caso de las secuoyas.

Las plantas carecen de una bomba que, a modo de corazón, impulse la savia bruta desde la raíz hasta las hojas más altas. ¿Qué mecanismo o mecanismos utilizan entonces para que el agua y las sales minerales asciendan?

- ☐ **a.** Presión radicular, capilaridad y transpiración.
- ☐ **b.** Captación directa del aire, donde se encuentran en estado gaseoso.
- ☐ **c.** Difusión simple desde las células de las raíces hasta las de las hojas.
- ☐ **d.** Fotosíntesis, pues, al realizarse en las hojas, la absorbe desde las raíces.

**7** En tiempos favorables, algunas plantas pueden fabricar un exceso de sustancias que almacenan como reserva en el tallo, en las hojas o incluso en las raíces, como es el caso de la zanahoria o la remolacha.

¿De dónde provienen las sustancias que se almacenan en este tipo de raíces?

- ☐ **a.** Llegan desde las hojas como resultado del proceso de fotosíntesis.
- ☐ **b.** El xilema las transporta hasta allí.
- ☐ **c.** Las sintetiza la propia raíz a partir de sustancias del suelo.
- ☐ **d.** Las toman directamente del suelo.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-1.** Describir cómo se realiza la absorción de agua y sales minerales. | **B5-1.1.** Describe la absorción del agua y las sales minerales. | 4 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-2.** Conocer la composición de la savia bruta y sus mecanismos de transporte. | **B5-2.1.** Conoce la composición de la savia bruta y sus mecanismos de transporte. | 6 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-3.** Explicar los procesos de transpiración, intercambio de gases y gutación. | **B5-3.1.** Describe los procesos de transpiración, intercambio de gases y gutación. | 1, 2 y 3 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-4.** Conocer la composición de la savia elaborada y sus mecanismos de transporte. | **B5-4.1.** Explicita la composición de la savia elaborada y sus mecanismos de transporte. | 5 y 7 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-5.** Comprender las fases de la fotosíntesis, los factores que la afectan y su importancia. | **B5-5.1.** Detalla los principales hechos que ocurren durante cada una de las fases de la fotosíntesis asociando, a nivel de orgánulo, donde se producen. | 2 y 7 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor** | **B5-5.** Comprender las fases de la fotosíntesis, los factores que la afectan y su importancia. | **B5-5.2.** Argumenta y precisa la importancia de la fotosíntesis como proceso de biosíntesis, imprescindible para el mantenimiento de la vida en la Tierra. | 1 |

**1** **a.** Error: (…) *a través de la fotosíntesis, capturan el dióxido de carbono ($CO_2$) de la atmósfera y lo convierten en oxígeno puro*.
Corrección: (…) a través de la fotosíntesis, capturan el dióxido de carbono ($CO_2$) de la atmósfera y expulsan oxígeno puro.

**2**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Durante el día expulsan más $CO_2$ que $O_2$. | Falso |
| Durante la noche absorben más $O_2$ que $CO_2$. | Verdadero |
| Expulsan y absorben $CO_2$ y $O_2$ al mismo ritmo durante el día que durante la noche. | Falso |
| Durante el día expulsan más $O_2$ que $CO_2$. | Verdadero |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

**3** **a.** El hierro forma parte de enzimas que intervienen en la respiración celular.

**4** **d.** Que la concentración de sales en el suelo sea menor que en el interior de las células pilíferas.

**5** **c.** Las briofitas, que distribuyen los nutrientes por difusión.

**6** **a.** Presión radicular, capilaridad y transpiración.

**7** **a.** Llegan desde las hojas como resultado del proceso de fotosíntesis.

# Solucionario

Pág. 241

**PARA COMENZAR**

**1** Porque las plantas son capaces de fabricar su propia materia orgánica, mientras que los animales no.

**2** Las plantas toman materia inorgánica, agua, sales minerales y $CO_2$ del medio en que viven y con la energía de la luz solar fabrican su propia materia orgánica. El proceso de obtención de materia orgánica gracias a la luz solar se conoce como fotosíntesis.

**3** Las raíces que absorben el agua y las sales minerales, el tallo a través del cual se transporta la savia bruta y la elaborada, y las hojas que toman el $CO_2$ y realizan la fotosíntesis.

**4** La biomasa es la cantidad de materia que tiene un determinado nivel trófico.

Los organismos productores son los autótrofos: plantas verdes, algas y bacterias fotosintéticas, que fabrican su propia materia orgánica y por ello constituyen el primer eslabón de todas las cadenas tróficas.

El ecosistema está formado por el conjunto de seres vivos que habitan en un determinado lugar, las relaciones que se establecen entre ellos y su interacción con el medio que los rodea.

Se llama efecto invernadero al fenómeno por el que determinados gases de la atmósfera, entre ellos el $CO_2$, retienen parte de la energía que el suelo emite al haber sido calentado por la radiación solar. El resultado total es una captura neta de energía que produce un aumento de temperatura en la atmósfera.

**5** R. M. Alimentos (frutas, verduras, legumbres, aceite…), fibras como el algodón y el lino, madera, corcho, papel, colorantes naturales, medicinas, productos de cosmética, infusiones, cerveza, etc.

**6**
- Los árboles del bosque absorben $CO_2$ de la atmósfera y contribuyen a reducir la cantidad de este gas en la atmósfera, por tanto, se consideran un depósito natural de este gas.
- Como las plantas necesitan la luz para realizar la fotosíntesis y fabricar su propia materia orgánica, crecen a lo alto y, en muchas ocasiones, formando copas anchas para evitar la competencia por la luz con otros árboles.

**7** La degradación y, con frecuencia, la destrucción del ecosistema, lo que supone la muerte de numerosas especies de organismos. La erosión del suelo, que puede llevar a la desertización. La aceleración del cambio climático, ya que los bosques son un sumidero de $CO_2$.

Pág. 242

**1** En las raíces se absorbe el agua y las sales minerales del suelo y se forma la savia bruta. El tallo transporta la savia bruta y la savia elaborada. En las hojas se realiza el intercambio de gases y la fotosíntesis. En algunos tallos y raíces se almacenan sustancias de reserva.

El metabolismo, utilización de los compuestos orgánicos elaborados, y la respiración celular se realizan en todas las células de la planta. Las sustancias de desecho se almacenan o se reutilizan y algunas plantas tienen tejidos secretores que las eliminan.

**2** Porque el metabolismo se realiza en todas y cada una de las células, y las plantas a diferencia de los animales no tienen aparato excretor.

**3** 1. Absorción de agua y sales minerales por las raíces.
2. Transporte de la savia bruta por el xilema desde las raíces, a través del tallo, hasta las hojas.
3. Fotosíntesis en los cloroplastos de las células de las hojas.
4. Formación de la savia elaborada y su distribución a toda la planta a través del tallo por el floema.
5. Metabolismo en todas y cada una de las células de la planta.
6. Almacenamiento de sustancias de reserva en los frutos.
7. Almacenamiento y eliminación de sustancias de desecho.

El intercambio de gases entre la planta y el medio se produce a la vez que la absorción de los nutrientes, el transporte de los mismos y la fotosíntesis, y se realiza en las hojas a través de los estomas.

**4** Porque impermeabilizaría la superficie externa de la epidermis impidiendo la absorción de nutrientes y el intercambio de gases entre sus células y el medio que las rodea.

**5** El magnesio es un nutriente esencial (macronutriente) para la planta ya que forma parte de la clorofila, por tanto, se vería afectado el proceso de fotosíntesis.

Pág. 244

**6** Se encuentra en la endodermis, que es la capa interna de la corteza de la raíz. Impermeabiliza la pared radial de las células de la endodermis impidiendo que las sustancias pasen entre las células. Para llegar al cilindro central el agua y las sales disueltas (iones), como no pueden atravesar la banda de Caspary, deben pasar a través de las células de la endodermis y de esta forma se regula el paso de sustancias que llegan al xilema, evitando aquellas perjudiciales para la planta.

Pág. 245

**7** La planta podría secarse porque perdería agua debido a los fenómenos osmóticos. En condiciones normales, el agua pasa por ósmosis, a través de la membrana plasmática, desde la disolución más diluida, hipotónica (agua del suelo), a la más concentrada, hipertónica (citoplasma de las células de la raíz). Pero si regamos la planta con agua salada el proceso se invertiría y el agua pasaría desde las células de la raíz al suelo, ya que el medio externo sería ahora el hipertónico. Si la diferencia de concentraciones entre los dos medios fuera muy alta la planta moriría.

**8** Algunas retienen sales minerales en las vacuolas de las células radiculares: acumulan y aíslan las sales para

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

evitar su toxicidad y compensar la diferencia de presión osmótica con el suelo. Otra adaptación común es el engrosamiento de cutículas y la disminución del tamaño foliar para descender la tasa de transpiración, así como la presencia de tricomas y glándulas excretoras de sal.

**9** No. Ya que las sales minerales del suelo retienen agua por su potencial químico.

Pág. 246

**10** La de reforzar las paredes de los vasos leñosos con lignina.

**11** Tanto las traqueidas como los vasos leñosos están formados por células tubulares muertas. En los vasos leñosos las células tienen forma cilíndrica, con gruesas paredes reforzadas con lignina y cuyos tabiques de separación entre células han desaparecido o están perforados, dando lugar a un largo tubo hueco; en las traqueidas, las células son más estrechas, más cortas y con extremos puntiagudos.

Pág. 247

**12** Porque al evaporarse el agua a través de los estomas se genera una tensión o presión negativa que hace que el agua ascienda hacia las hojas por los vasos del xilema. Esta tensión se transmite a lo largo del sistema vascular, desde el tallo hasta las raíces, donde se incrementa la absorción de agua por un efecto de succión.

**13** No, se deben a un proceso denominado gutación, que se produce en las plantas cuando las condiciones son de rápida absorción de agua en las raíces y mínima transpiración, por lo que el agua es «empujada» desde las raíces a lo largo del xilema, y expulsada por unas estructuras especiales denominadas hidátodos. Sucede durante la noche en plantas que crecen en lugares cálidos, en suelos ricos en agua o en atmósferas muy húmedas.

**14** En la raíz la presión radicular, en las hojas la transpiración, y en toda la columna de agua la fuerza de cohesión-adhesión de las moléculas de agua.

**15** La evaporación del agua a través de los estomas de las hojas genera una tensión o presión negativa y, en consecuencia, el agua asciende hacia las hojas por los vasos del xilema. Esta tensión se transmite a lo largo del sistema vascular, desde el tallo hasta las raíces, haciendo que el agua se mueva por un efecto de succión.

**16** En plantas jóvenes de menos de un año no supondría mucho problema ya que la cutícula todavía no está desarrollada y el porte de la planta es pequeño, por lo que el intercambio de gases se produciría con normalidad. Pero la ausencia de estomas en plantas cuya cutícula ya estuviera completamente desarrollada y, por lo tanto, su superficie impermeabilizada, impediría el intercambio gaseoso, lo que supondría la muerte de la planta.

Pág. 248

**17** La cutina es el componente principal de la cutícula que recubre la epidermis de las hojas, y su función es impermeabilizar la superficie de las hojas para evitar la pérdida de agua.

**18** El parénquima en empalizada (en el haz) está formado por dos o tres capas de células alargadas con gran número de cloroplastos y unidas en el sentido de la superficie de la hoja, en cambio en el parénquima lagunar (en el envés) las células son irregulares, dejan muchos huecos entre ellas y contienen pocos cloroplastos.

Los dos son tejidos fotosintéticos ya que tienen cloroplastos, pero el segundo actúa también como tejido de reserva. La disposición irregular de las células del mesófilo de la hoja favorece el intercambio de gases $O_2$ y $CO_2$ y la transpiración, ya que los estomas abundan en el envés y los gases pueden difundirse fácilmente por los espacios o huecos que dejan entre sí las células del parénquima lagunar.

Pág. 249

**19** Al abrir y cerrar los estomas, una planta debe lograr un equilibrio entre la pérdida de agua y la absorción de $CO_2$ necesario para la fotosíntesis. En un ambiente caluroso y seco, las plantas cierran los estomas para evitar la pérdida de agua, pero eso reduce también la fotosíntesis y, si no los cerraran, perderían agua y se secarían.

**20** En las plantas jóvenes las hojas tienen poca cutícula y pueden transpirar a través de ella, sin embargo, en las plantas adultas las hojas tienen ya la cutícula completamente desarrollada y, por lo tanto, su superficie está muy impermeabilizada, con lo que pierden capacidad de transpirar el agua.

Pág. 250

**21** Mediante la fotosíntesis las plantas absorben la energía de la luz y fabrican materia orgánica para ellas y para el resto de seres vivos a los que pasa a través de las cadenas tróficas de los ecosistemas. Por tanto, todo el flujo de energía de un ecosistema procede de la energía solar captada por las plantas y almacenada en la materia orgánica mediante la fotosíntesis.

**22** El aumento de la intensidad luminosa incrementa la actividad fotosintética hasta alcanzar un valor límite. En plantas heliófilas este valor se alcanza en intensidades de radiación altas, mientras que en plantas umbrófilas el límite se alcanza en intensidades de luz bajas.

Pág. 251

**SABER HACER**

**23** R. G.

**24** En los tres casos la variable dependiente es la cantidad de $O_2$ producido. La variable independiente en cada caso es: a) la intensidad luminosa, b) la temperatura y c) la concentración de $CO_2$.

**25** R. L.

**26** R. L.

**27** Si la disponibilidad de agua es baja la planta cierra los estomas, lo que disminuirá su rendimiento fotosintético debido a que el $CO_2$ no puede entrar en la planta.

Pág. 252

**28** **a)** A, como órgano fuente y B, como órgano sumidero.

**b)** La solución de sacarosa se moverá desde el medio más concentrado al menos concentrado, de A a B.

**c)** Los órganos que acumulan sustancias de reserva.

Pág. 253

**29** El metabolismo secundario de una planta es el conjunto de reacciones químicas mediante las cuales se sintetizan numerosos compuestos orgánicos de gran complejidad, que no suelen aparecer en el metabolismo general de síntesis o degradación. Los principales grupos son: a) terpenoides como los carotenoides; b) alcaloides como la morfina, la quinina y la papaverina y c) flavonoides como las antocianinas.

**30** Sí, son ejemplo de ello raíces como la zanahoria y la remolacha, tubérculos o tallos transformados como la patata, bulbos como la cebolla, y muchas semillas que almacenan sustancias y son fuente de alimento.

Pág. 254

**31** Muchas sustancias que almacenan las plantas han sido y son utilizadas por las personas, ya que se emplean como materias primas de las que se obtienen productos como el caucho, procedente del látex de la planta *Hevea brasiliensis*, aceites esenciales de las plantas de la familia de las labiadas o diferentes principios activos de plantas medicinales.

Pág. 255

**EN RESUMEN**

**32**

| Tejidos vegetales | Función que desempeñan |
|---|---|
| **Epidermis** | Impermeabiliza la superficie de tallos jóvenes y hojas evitando la pérdida de agua. |
| **Xilema** | Transporta la savia bruta. |
| **Colénquima** | Proporciona consistencia a las partes jóvenes de la planta. |
| **Parénquima clorofílico** | Realiza la fotosíntesis. |
| **Floema** | Transporta la savia elaborada. |

**33** La savia bruta asciende debido a la presión radicular ejercida por mecanismos osmóticos que «empuja» a las moléculas de agua a ascender, a la atracción o efecto succión como consecuencia de la evaporación del agua a través de los estomas de las hojas (transpiración), y a la fuerza de cohesión-adhesión de las moléculas de agua. La circulación de la savia elaborada se produce por un mecanismo completamente diferente que se debe al gradiente de presión entre los órganos productores y los órganos consumidores.

**34** En la fotosíntesis se producen compuestos orgánicos como los azúcares. Para que se lleve a cabo se necesita agua, sales minerales, $CO_2$ y la energía de la luz. La fase luminosa se realiza en la membrana de los tilacoides del cloroplasto, y la fase oscura en el estroma.

Pág. 256

**PARA REPASAR**

**35** El agua y las sales minerales proceden del suelo y el $CO_2$ del aire. Las briofitas, al no poseer estructuras especializadas para la absorción, la obtención de agua y sales minerales o el intercambio gaseoso, lo realizan directamente por difusión del medio que los rodea a través de toda su superficie. Ello es posible debido a que sus epitelios carecen de una cutícula impermeable que impida esta entrada. El transporte de sustancias por el interior se realiza por simple difusión de unas células a otras y, en ocasiones, por transporte activo.

**36** Sí, una mejor adaptación a la vida terrestre y el tener un porte o tamaño mayor, ya que la nutrición es más eficaz al presentar órganos especializados. Las briofitas, plantas terrestres más primitivas, que no presentan esos órganos, solo pueden vivir en lugares muy húmedos, y su porte es muy pequeño, ya que está limitado para que todas sus células puedan obtener nutrientes directamente del medio.

**37** Los macronutrientes son elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas que se requieren en cantidades relativamente grandes, alrededor del 0,05 % del peso seco de la planta. Son el carbono, el oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno, el fósforo, el azufre, el magnesio, el calcio y el potasio.

Los micronutrientes son elementos químicos que se necesitan en cantidades muy pequeñas para el desarrollo de la planta, por lo que también se conocen como oligoelementos. Son el boro, el cloro, el cobre, el manganeso, el cinc, el hierro y el molibdeno.

**38** R. G. Ver las figuras de las páginas 244 y 246 del libro del alumno.

La epidermis de la raíz consta de una capa de células sin cutícula y con prolongaciones que forman los pelos absorbentes por donde penetra el agua y las sales minerales; en el tallo la epidermis tiene estomas y cutícula para evitar la pérdida de agua.

En la corteza del tallo ya aparecen los tejidos de sostén, esclerénquima y colénquima, cuyas células tienen paredes

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

engrosadas para aumentar la resistencia, tanto a la torsión como a la flexión. En la endodermis de la raíz las células tienen en sus paredes radiales unos engrosamientos de suberina que interrumpen el paso del transporte de agua y sustancias disueltas por los espacios entre las células.

**39** El agua penetra por ósmosis, y las sales por transporte activo. Por ósmosis el agua pasa, a través de la membrana celular de las células de la epidermis, desde la solución hipotónica (el agua del suelo) hasta la hipertónica (citoplasma celular), y este es un proceso que no requiere energía.

El mecanismo de entrada de los iones es por transporte activo, se realiza en contra del gradiente de concentración, y por ello es necesario un gasto de energía. Este mecanismo requiere la participación de enzimas transportadoras de la membrana plasmática, que introducen iones del exterior en el interior de las células epidérmicas y los pelos absorbentes. En muchos casos se han observado además canales iónicos a través de la membrana que facilitan el proceso. Existen también mecanismos por difusión e intercambio iónico sin gasto energético.

**40** Recorrido del agua: células epidérmicas de la raíz, parénquima cortical, endodermis, parénquima del cilindro central, xilema y células del parénquima clorofílico de la hoja.

Recorrido de los azúcares: células del parénquima clorofílico de las hojas, células acompañantes de los tubos cribosos, tubos cribosos, células de los sumideros u órganos consumidores.

**41** a) 2; b) 4; c) 3; d) 5; e) 1.

**42** Una vez que el agua y las sales minerales han penetrado en las células epidérmicas, forman la savia bruta, que continúa circulando hacia el interior de la raíz hasta el cilindro central donde se encuentra el xilema. El transporte hasta llegar a los vasos leñosos se puede realizar de dos maneras: vía simplástica, cuando el transporte de unas células a otras se realiza a través de plasmodesmos, y vía apoplástica, en el que se mueven por el exterior de la membrana celular, y engloba las paredes celulares y los espacios intercelulares. La banda de Caspary, engrosamientos de suberina entre las células de la endodermis de la raíz, interrumpe el movimiento apoplástico, por lo que el transporte a este nivel se realiza solo a través de las células (simplástico), que regulan así el paso de sustancias.

**43** A medida que el agua se evapora por transpiración en las hojas, se genera una presión o tensión negativa que hace que la savia bruta ascienda hacia las hojas por un efecto de succión.

**a)** El aumento de temperatura incrementa la transpiración y el ascenso de la savia bruta.

**b)** Si la humedad relativa del aire es alta, disminuye la transpiración y el ascenso de la savia bruta.

**c)** El viento facilita la eliminación del vapor de agua cercano e incrementa la transpiración y el ascenso de la savia bruta.

Por tanto, el aumento de temperatura, el viento y una baja humedad relativa incrementan la transpiración y, por consiguiente, favorecen el ascenso de la savia bruta.

**44** R. G. Figura similar a la de la página 249 del libro del alumno.

La apertura y cierre del estoma se debe al cambio de turgencia de las células oclusivas. Al entrar agua de las células de alrededor, las oclusivas se hinchan y, debido a la diferente distribución de la pared celular, se abre el ostiolo; cuando se pierde agua, se cierra el ostiolo.

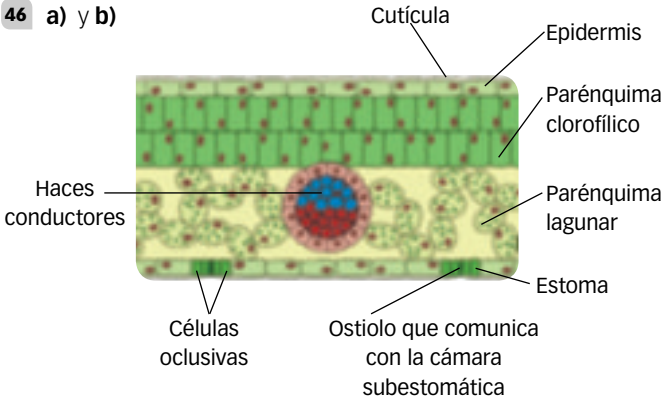
Este intercambio de agua está regulado por el ion $K^+$: al aumentar su concentración en las vacuolas de las células oclusivas, entra agua por ósmosis desde las células epidérmicas adyacentes, produciéndose la turgencia y, por tanto, la apertura del estoma; la salida de $K^+$ provoca la salida de agua. El intercambio de $K^+$ se produce a través de canales específicos dependientes de energía.

**45** **a)** Se cierran.

**b)** Se abren.

**c)** Se abren.

**46** **a)** y **b)**




**c)** El movimiento durante el día será el siguiente: el vapor de agua sale del estoma al exterior, el $CO_2$ entra en la célula y el $O_2$ sale al exterior.

**47** La transpiración es la pérdida de agua por evaporación que se produce en las hojas mediante un proceso de difusión simple. En la gutación, la pérdida de agua se debe a que la transpiración no iguala a la absorción y el agua es «empujada» desde las raíces a lo largo del xilema y expulsada por los hidátodos. La gutación se da en plantas que viven en lugares cálidos, en suelos ricos en agua o en atmósferas muy húmedas.

**48** Las lenticelas son grietas o huecos que existen en el tejido suberoso de la corteza externa de los tallos de más de un año. Ponen en contacto el parénquima interno con el exterior y permiten el intercambio de gases en los tallos de más de un año.

**49** La fase luminosa se realiza en la membrana de los tilacoides, donde se encuentran localizados los pigmentos fotosintéticos como la clorofila, la xantofila y los carotenoides, sustancias capaces de absorber la energía luminosa que proviene del sol y transformarla en ATP. La fase oscura se denomina así porque para su realización no es necesaria la presencia de luz. Se lleva a cabo en el estroma de los cloroplastos.

**50** En la fase luminosa se descompone la molécula de agua desprendiéndose oxígeno. En la fase oscura se produce la fijación de dióxido de carbono de la atmósfera, que conduce a la síntesis de productos fotosintéticos como azúcares en el ciclo de Calvin.

**51** La savia elaborada se transporta desde los órganos productores a los órganos consumidores por un proceso llamado translocación.

En las estaciones frías, el movimiento de la savia elaborada se interrumpe, ya que los huecos de las placas cribosas que atraviesan la luz de los vasos liberianos se taponan con un polisacárido llamado calosa. En la primavera siguiente, la calosa se disuelve y el movimiento se inicia de nuevo.

**52**

| Tejido | Elementos que lo forman | Tipo de savia | Nutrientes transportados | Direcciones de movimiento |
|---|---|---|---|---|
| **Xilema** | Traqueidas y vasos leñosos | Bruta | Agua y sales minerales | Ascendente |
| **Floema** | Vasos liberianos y las células acompañantes | Elaborada | Agua y productos orgánicos de la fotosíntesis | Ascendente y descendente |

**53** A través de la savia elaborada, la materia orgánica es transportada desde los órganos productores o fotosintetizadores de la planta al resto de estructuras y órganos. La savia elaborada se transporta por el floema.

**54**

| Procesos | Lugar donde se producen |
|---|---|
| **Fase oscura de la fotosíntesis** | En el estroma del cloroplasto de las células del parénquima clorofílico |
| **Transporte de savia bruta** | Xilema |
| **Fase luminosa de la fotosíntesis** | En la membrana de los tilacoides del cloroplasto |
| **Absorción de agua** | Zona pilífera de la raíz |
| **Transpiración** | A través de los estomas de la epidermis de las hojas |
| **Absorción de $CO_2$** | A través de los estomas de la epidermis de las hojas |
| **Almacenamiento de sustancias de reserva** | En tejidos parenquimáticos situados en órganos como raíces y tallos<br>En el endospermo de las semillas |

Pág. 257

**PARA PROFUNDIZAR**

**55** R. M. Las plantas epífitas viven sobre los troncos para llegar a la luz. Algunos ejemplos de plantas epífitas son los musgos, ciertos helechos y la mayoría de las orquídeas, entre otras.

Las largas raíces superficiales de las plantas que viven en los desiertos son una adaptación para absorber el máximo de agua cuando llueve.

**56** **a)** Las hojas se orientan hacia la luz solar mostrando el haz, y el envés queda normalmente orientado en dirección opuesta a aquella por la que llega la luz. Por ello, el envés presenta mayor número de estomas, ya que su temperatura es más baja y está menos expuesto a los factores ambientales que afectan a la transpiración.

**b)** La luz produce un incremento de los azúcares procedentes de la fotosíntesis en las células oclusivas que poseen cloroplastos. La elevada concentración de azúcares provoca la entrada de agua en la célula por ósmosis y, por tanto, la apertura del estoma durante el día.

**c)** En general, en las plantas monocotiledóneas (M) la diferencia entre el número de estomas entre el haz de la hoja y el envés es mucho menor que en las plantas dicotiledóneas (D). Incluso en el caso de alguna planta monocotiledónea, el número de estomas es ligeramente superior en el haz de sus hojas que en el envés, esto se debe a que la estructura de la hoja de las monocotiledóneas es simétrica respecto a su plano medio horizontal y la dificultad de difusión de los gases es la misma por las dos caras, cosa que no ocurre en las hojas de las dicotiledóneas, que son asimétricas.

**57** **a)** La savia bruta es la que circula a mayor velocidad por los vasos conductores.

**b)** El movimiento de la savia elaborada es más lento, ya que la luz de los tubos cribosos está interrumpida por las placas cribosas. Además, la intensidad del transporte de la savia elaborada depende de las características de los solutos, la actividad metabólica, la temperatura, la luz y el oxígeno. El transporte de la savia bruta se ve favorecido por la transpiración, la cohesión-adhesión de las moléculas de agua y la presión radicular.

**c)** Velocidad máxima de la savia bruta en una dicotiledónea leñosa 4 400 cm/h. En 20 m hay 2 000 cm, por tanto: 2 000 cm /4 400 cm = 0,45 h = 27 minutos.

Velocidad máxima de la savia elaborada en una planta trepadora 72 cm/h. En 20 m hay 2 000 cm, por tanto: 2 000 cm /72 cm = 27,8 horas.

**58** **a)** La transpiración, que es la pérdida de agua por evaporación que tiene lugar en las hojas mediante un proceso de difusión simple.

**b)** Las hojas se marchitan porque sus células han perdido agua que no pueden recuperar.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**c)** El agua que entra por ósmosis en las células de las hojas produce turgencia que se pierde debido a la transpiración por difusión.

**59** Johannes van Helmont llegó a la conclusión de que solo el agua había provocado el crecimiento del sauce.

**60** **a)** El gas responsable de purificar el aire era el oxígeno, que los vegetales desprenden como producto residual de la fotosíntesis.

**b)** La luz.

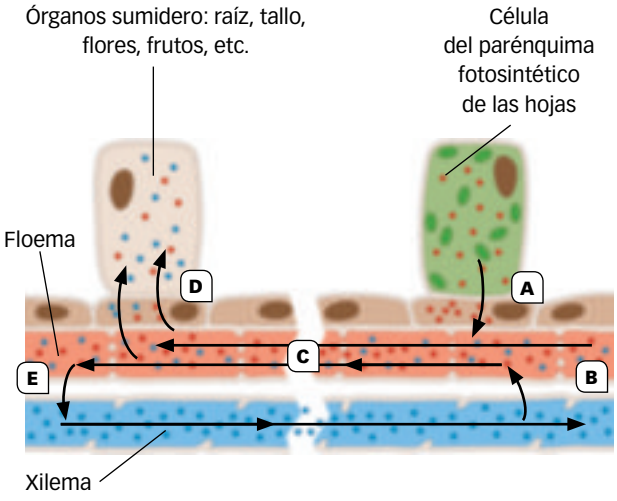
**61** **a)** R. G..

**b)** Al aumentar la temperatura aumenta la intensidad fotosintética hasta llegar a un máximo que corresponde a la temperatura óptima. A temperaturas superiores a la óptima, la intensidad fotosintética disminuye.

La temperatura óptima para la especie A es 25 °C, y para la especie B 30 °C.

**c)** El aumento de la temperatura podría afectar a la actividad de las enzimas implicadas en el ciclo de Calvin o fase oscura de la fotosíntesis.

**62**




A. Paso de los compuestos orgánicos por transporte activo desde las células productoras al floema.

B. Ósmosis, el agua circula desde el xilema al floema.

C. Transporte de sustancias por el floema debido al flujo de presión, el movimiento se realiza mediante un gradiente de presión entre los órganos productores y los órganos consumidores.

D. Paso por transporte activo de la savia elaborada a las células de los órganos consumidores.

E. Ósmosis, el agua circula desde el floema al xilema.

Pág. 259

**CIENCIA EN TU VIDA**

**63** El xilema.

**64** La dendrocronología se ocupa de datar los anillos de crecimiento anuales de los árboles. Identifica y mide cada anillo asignándole un año concreto en un calendario absoluto.

**65** La extracción de las muestras de troncos de árboles vivos se realiza mediante la barrena de Pressler, con la que se obtiene un cilindro: el testigo. Cuando se extraen muestras de árboles muertos o tocones, estos también se cortan en rodajas como testigos.

**66** La falta de agua y las bajas temperaturas.

**67** Para realizar una cronología elemental es necesario preparar el testigo: se deja secar, se coloca en un soporte y se lija. Se observa con la lupa datando el primer anillo situado bajo la corteza con el año de extracción. A partir de ahí, se van datando los siguientes anillos retrocediendo en el tiempo.

**68** La dendrocronología tiene múltiples aplicaciones:

En climatología y paleoclimatología: para la reconstrucción de las condiciones climáticas del pasado que, a su vez, pueden ayudar a predecir las condiciones futuras.

En ecología: dinámica de poblaciones y comunidades arbóreas y forestales, efectos de la contaminación atmosférica, ataques masivos de insectos defoliadores o fechado de incendios.

En geología y geomorfología: registro y datación de retrocesos glaciares, deslizamientos de tierra, erupciones, terremotos, etc.

En arqueología: fechado de sitios prehistóricos, de lugares arqueológicos, edificios, herramientas.

**69** R. M. Gestionar de forma sostenible las áreas forestales y el medio natural significa que todas las actuaciones vayan encaminadas a una explotación que permita satisfacer las necesidades actuales sin poner en peligro las de las generaciones futuras.

**70** Productos utilizados como alimentos (frutos y semillas comestibles, hongos, especies y condimentos), resinas, gomas, productos vegetales utilizados con fines medicinales o cosméticos, etc.

# UNIDAD 14. LA RELACIÓN DE LAS PLANTAS Y LA REGULACIÓN DE SU CRECIMIENTO


**Introducción y recursos** . . . . . **559**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 560
- Previsión de dificultades . . . . . 561
- Esquema conceptual . . . . . 561
- Te recomendamos . . . . . 562

**Enseñanza individualizada** . . . . . **563**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 564
    - Ficha 1. Experiencias sobre hormonas vegetales . . . . . 564
    - Ficha 2. Tipos de plantas según el fotoperiodo . . . . . 565
  - Trabaja con imágenes . . . . . 566
    - Ficha 3. Interacción entre hormonas (I) . . . . . 566
    - Ficha 4. Interacción entre hormonas (II) . . . . . 567
  - Trabajos de aula . . . . . 568
    - Ficha 5. Tropismos y nastias (I) . . . . . 568
    - Ficha 6. Tropismos y nastias (II) . . . . . 569
    - Ficha 7. Fotoperiodo . . . . . 570
    - Ficha 8. Ritmos circadianos . . . . . 571
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 572
    - Ficha 9. Las plantas carnívoras . . . . . 572
    - Ficha 10. El fitocromo . . . . . 573


 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **575**

- Autoevaluación . . . . . 577
- Evaluación de contenidos . . . . . 578
  - Controles . . . . . 578
    - Control B . . . . . 578
    - Control A . . . . . 580
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 582
- Evaluación por competencias . . . . . 586
  - Prueba . . . . . 586
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 588

**Solucionario** . . . . . **589**

# Introducción y recursos

# LA RELACIÓN DE LAS PLANTAS Y LA REGULACIÓN DE SU CRECIMIENTO

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

Las plantas carecen de órganos de los sentidos y de un aparato locomotor que realice respuestas inmediatas frente a los estímulos. Eso hace que sus funciones de relación nos pasen más desapercibidas en las observaciones cotidianas. Sin embargo, su capacidad de reacción frente a estímulos externos llena nuestra vida diaria: la floración y fructificación de las plantas en unos periodos del año determinados, la influencia de la iluminación nocturna en la germinación de las semillas, la inclinación de las plantas de interior hacia los focos de luz, la caída de la hoja en la estación adecuada... son ejemplos de que sí conocemos la capacidad de respuesta de las plantas a los estímulos externos, aunque no asociemos esos fenómenos a los mismos mecanismos de respuesta rápida que conocemos en los animales.

En el presente tema vamos a estudiar los mecanismos de relación de las plantas, cómo captan los estímulos y cómo responden ante ellos. Se trata en todos los casos de mecanismos químicos que pueden tener consecuencias más o menos aparentes, y por eso la ciencia ha tardado en interesarse por ellos. Pero la investigación posterior ha demostrado que el conocimiento y manipulación de los mecanismos de relación pueden ayudarnos a sacar más beneficios del cultivo y la comercialización de las plantas. Se abre un campo de investigación importante en la búsqueda de nuevos productos químicos que emulen, e incluso mejoren, los efectos de los reguladores químicos de las plantas.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • La regulación de los procesos biológicos de las plantas por genes y hormonas.<br>• Las principales hormonas vegetales y su interacción.<br>• La relación de las plantas con el medio: tropismos y nastias.<br>• Los principales mecanismos de defensa de las plantas.<br>• Los factores que condicionan el desarrollo de las plantas. |
| SABER HACER | • Identificar los efectos de las hormonas vegetales. |
| SABER SER | • Mostrar interés por las posibilidades de las fitohormonas en el mejoramiento de la producción hortofrutícola. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

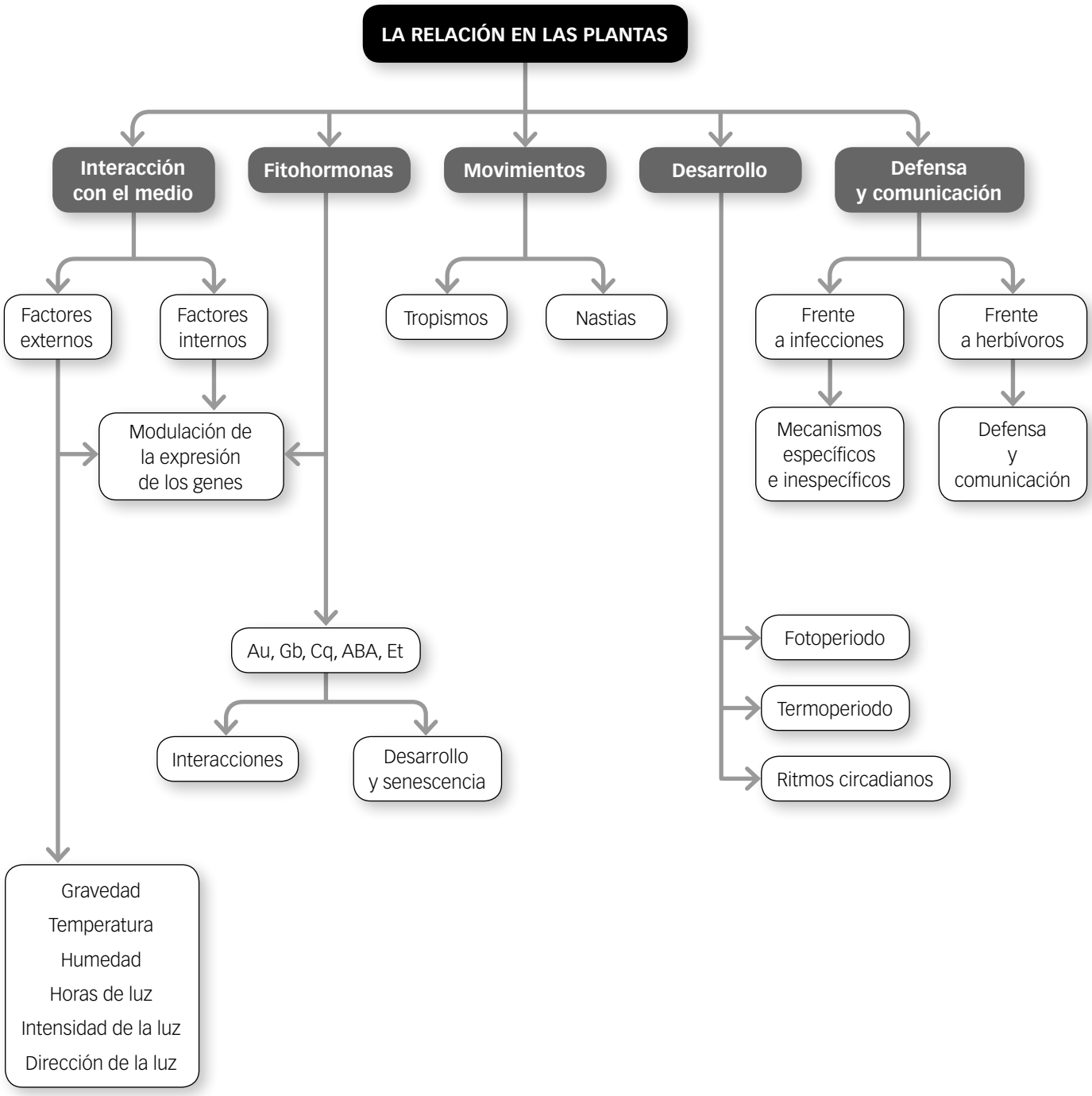
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Es conveniente que el alumnado repase los conocimientos adquiridos sobre tejidos vegetales, ya que continuamente se hace referencia en la unidad a los tipos de tejidos que producen determinadas hormonas y que son sensibles a la acción de las mismas.

También es conveniente que se recuerden las principales familias de biomoléculas que se estudiaron a principio de curso, pues se hace referencia a ellas al identificar la naturaleza química de las distintas hormonas.

La descripción de las experiencias que llevaron al conocimiento de la existencia y efectos de las fitohormonas, puede ser una buena manera de aficionar al alumnado al diseño y realización de experiencias sencillas, estimulando el espíritu de iniciativa y familiarizándose con el método científico.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**El reino Vegetal 1.º Bachillerato**
Página oficial del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte con recursos educativos. Muestra investigaciones sencillas en cuestiones de coordinación vegetal: movimientos, fitohormonas, etc.
Palabras clave: *biosfera recursos intef reino vegetal coordinación vegetal.*

**La nutrición y relación en las plantas**
Página oficial del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte con recursos educativos. Muestra ejercicios gráficos de cuestiones de coordinación vegetal.
Palabras clave: *recursostic.educacion.es las respuestas en plantas.*

**Movimientos de las plantas**
Página web de cuestiones botánicas con explicaciones ilustradas sencillas sobre diversas cuestiones de fisiología vegetal: movimientos, hormonas, ritmos circadianos, etc.
Palabras clave: *botanical-online movimientos de las plantas.*

## LIBROS Y REVISTAS

***La invención del reino Vegetal***
**Aina Serra Erice.** Ariel, 2015.
Es un ensayo sobre las relaciones de las plantas con la humanidad, en el que aparecen las aplicaciones de diferentes aspectos de la vida vegetal en diversas necesidades humanas.

***Botánica pintoresca: la ciencia de las plantas al alcance de todos***
**Pío Font Quer.** Ediciones Península, 2014
Es una edición actualizada de la famosa *Botánica*, de Pío Font Quer, en la que se abordan muchísimas cuestiones de la vida de las plantas: morfológicas, fisiológicas, de ciencias aplicadas...

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***Estímulo-Receptor-Respuesta.*** Natalia Soledad Villanueva.
Es una colección de 19 vídeos cortos que muestran imágenes de tropismos y nastias de diversas plantas, junto con otros fenómenos de estímulo y respuesta de animales y microorganismos.

***Vida. Plantas carnívoras***
Es un vídeo promocional de la serie *Vida*, de Discovery Latinoamérica, en el que se explica el mecanismo de acción de una planta carnívora que se cierra por sismonastia.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Experiencias sobre hormonas vegetales

Los fisiólogos Paal y Went a comienzos del siglo XX realizaron las siguientes experiencias con coleóptilos de avena, los primeros tallitos que crecen al germinar la semilla.

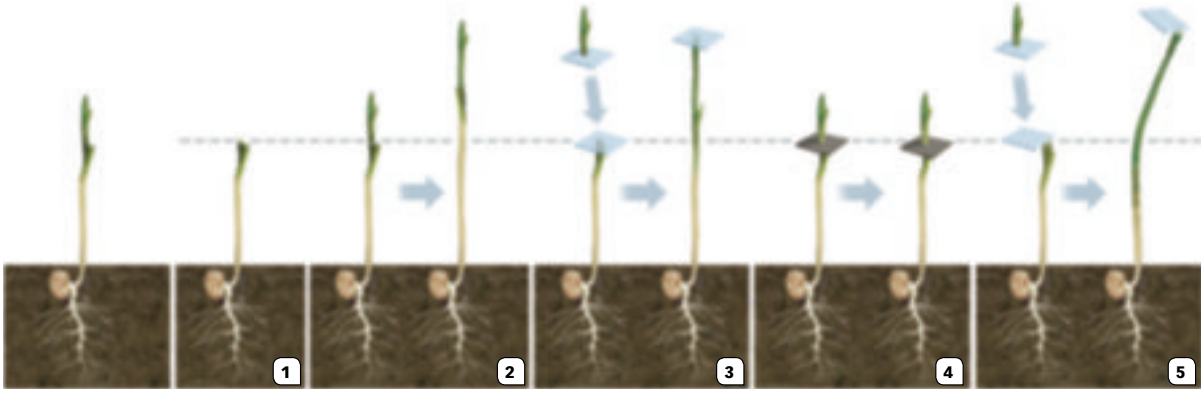
1. Cortaron el ápice del coleóptilo y vieron que siempre se interrumpía su crecimiento.
2. Si volvían a colocar el ápice en su lugar, se reanudaba el crecimiento del coleóptilo.
3. Cuando se ponía el ápice de un coleóptilo sobre una placa de agar, y esta se colocaba sobre el coleóptilo sin el ápice, el coleóptilo volvía a crecer.
4. Cortaron el ápice del coleóptilo, y entre este y el resto intercalaron una lámina de mica. El coleóptilo no crecía.
5. Al colocar lateralmente una placa de agar, que previamente había tenido en contacto el ápice cortado, el coleóptilo crecía curvado en sentido opuesto al punto donde colocaban la placa.
   a) Realiza un dibujo con cada uno de los pasos seguidos en los experimentos.
   b) ¿Qué intentaban demostrar Paal y Went?, ¿cuál era la hipótesis de la que partían?
   c) ¿Qué función tenían en el experimento los bloques de agar y la lámina de mica?, ¿qué características tienen en cuanto a su permeabilidad?
   d) ¿A qué conclusiones crees que llegaron?

**a)** Para realizar el dibujo de cada paso tendrás que dibujar los coleóptilos que parten de las semillas de avena quitando o poniendo los ápices o las placas de agar en sus extremos, indicando si hay o no crecimiento. En el último caso pondrás el bloque de agar y curvarás el coleóptilo hacia el lado contrario.

**b)** Paal y Went, al utilizar coleóptilos en crecimiento, querían demostrar qué es lo que produce el crecimiento en longitud de los tallos. La hipótesis que se plantearon es que debía haber sustancias en el ápice de los coleóptilos responsables de dicho crecimiento, por ello cortaban el ápice.

**c)** La función del agar y de la mica era interponer algún elemento entre la zona de formación de dichas sustancias y la zona de actuación. El agar, al ser permeable, dejaba difundir las sustancias responsables del crecimiento hacia abajo. Pero la mica, impermeable a dichas sustancias, evitaba su paso.

**d)** Concluyeron que debía haber sustancias que se fabricaban en el ápice del coleóptilo y que se difundían hacia abajo, siendo las responsables del crecimiento de los tallos. Hecho que se ponía mejor de manifiesto en la última experiencia, pues solo crecía la parte en contacto con el agar, lo que ocasionaba una curvatura.




## PRACTICA

**1** La tabla adjunta se ha obtenido al realizar experiencias en laboratorio a 21 °C, para calcular el porcentaje de semillas germinadas del género *Xanthium* con diferentes cantidades de oxígeno en el aire.

| Volumen de $O_2$ (%) | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Germinación (%) | 0 | 40 | 58 | 80 | 90 | 100 |

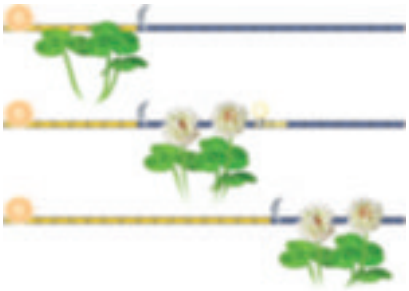
a) Realiza una gráfica con los datos aportados en la tabla.
b) ¿Qué crees que se intenta investigar con estos experimentos?
c) ¿Cuál es la variable dependiente, la independiente y cuál se mantiene constante?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

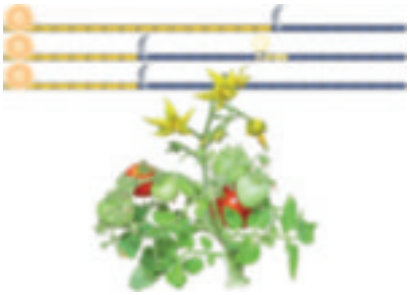
# Orientaciones para un examen

## Tipos de plantas según el fotoperiodo

**Plantas de día corto (PDC)**



**Plantas de día largo (PDL)**



**Plantas de día neutro (PDN)**

a) ¿Qué es el fotoperiodo? ¿Qué importancia tiene para las plantas?

b) Define los conceptos «planta de día corto», «planta de día largo» y «planta de día neutro». Escribe algún ejemplo de cada tipo de planta.

c) ¿Cuál es el mecanismo por el que las plantas captan la presencia de luz u oscuridad y que influye después en la floración?

**a)** Se llama fotoperiodo a la proporción de horas de luz y horas de oscuridad del día. Este parámetro tiene importancia porque marca la época de inicio de la floración en muchas plantas.

**b)** Son plantas de día corto aquellas que solo empiezan a florecer cuando las horas de luz no rebasan un máximo (diferente en cada especie) y las horas de oscuridad ininterrumpida superan un valor mínimo. Son ejemplos de estas plantas, el arroz, el crisantemo y la fresa.

Son plantas de día largo aquellas que solo empiezan a florecer cuando las horas de luz superan un mínimo (diferente para cada especie) y las horas de oscuridad ininterrumpida no rebasan un valor mínimo. Son ejemplos de estas plantas el trigo, la lechuga o el trébol.

Son plantas de día neutro aquellas que el factor que las hace florecer es diferente al de las horas de luz, como puede ser la temperatura, la humedad… Suelen ser originarias de países tropicales, por ejemplo, el maíz y el tomate.

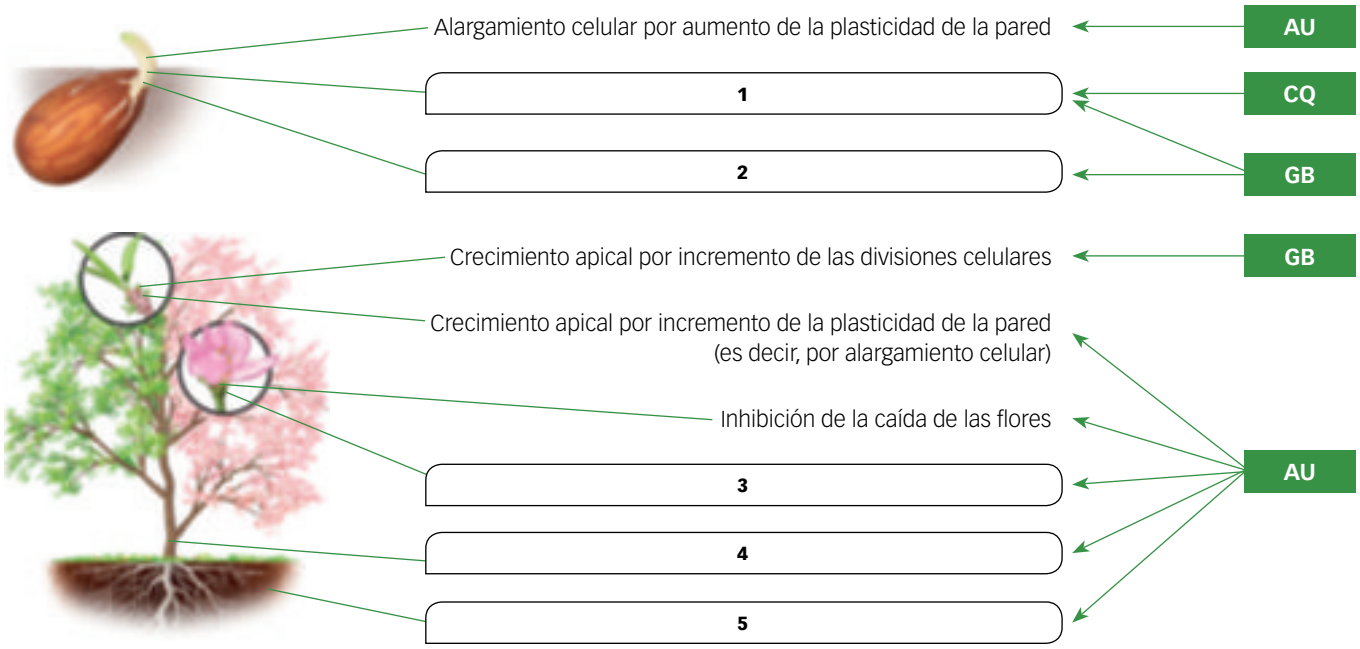
**c)** Muchas plantas cuya floración depende del fotoperiodo tienen en sus hojas un pigmento fotorreceptor denominado fitocromo, que presenta una forma activa y una forma inactiva. La absorción de luz roja lo activa, y la absorción de luz infrarroja lo inactiva de manera rápida, mientras que con la oscuridad se inactiva lentamente. La activación del fitocromo provoca la floración de la planta y otros efectos fisiológicos. Se supone que existen otras sustancias que transmiten la información del fitocromo de las hojas a los brotes u otras regiones donde se producen los efectos fisiológicos.

### PRACTICA

**1** Además de la floración, ¿qué otros procesos del ciclo vital de la planta pueden verse regulados por factores externos?

**2** ¿Qué otros factores externos aparte de la duración de la luz pueden alterar el ciclo vital de las plantas?

# Interacción entre hormonas (I)




## ACTIVIDADES

**1** Indica el significado de las siglas AU, CQ y GB que se refieren a fitohormonas.

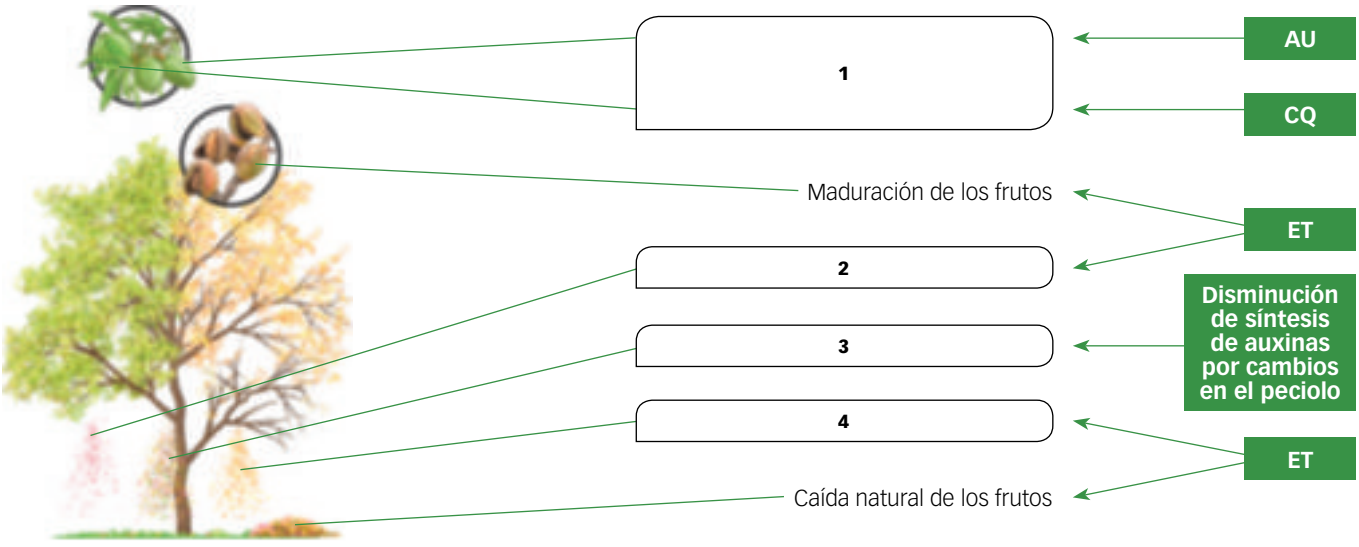
**2** En la figura aparece una interacción de GB y AU en el crecimiento apical de la planta. ¿Cómo contribuyen una y otra hormona en el crecimiento de las yemas apicales de la planta?

**3** El número 1 representa una interacción parcial entre GB y CQ en el desarrollo de las raíces recién germinadas. ¿En qué aspecto de dicho desarrollo interaccionan los dos tipos de hormona?

**4** Completa la información de la figura escribiendo los efectos de las hormonas señaladas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Interacción entre hormonas (II)




## ACTIVIDADES

**1** Indica el significado de las siglas AU, CQ y ET que se refieren a fitohormonas.

**2** AU y CQ cooperan en un efecto sobre hojas y frutos que es antagónico del efecto de ET. Indica cuál es ese efecto que señala el número 1.

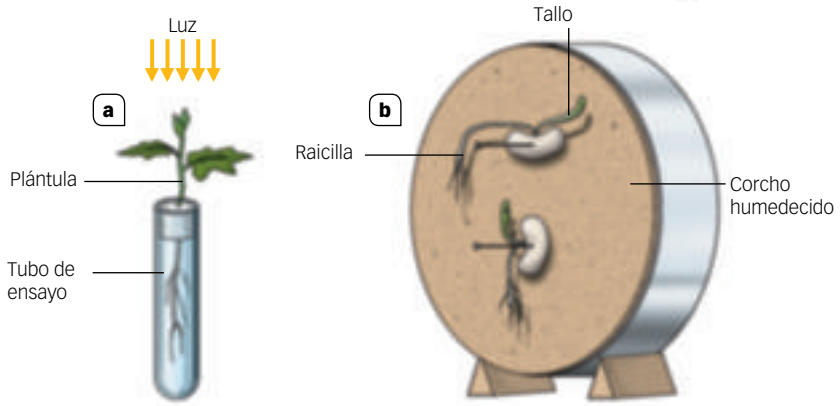
**3** Hay una hormona que no se cita en el dibujo, y que coopera con ET en su efectos. Indica de qué fitohormona se trata.

**4** Completa la información de la figura escribiendo los efectos de las hormonas señaladas.

# Tropismos y nastias (I)

| ESTÍMULOS Y RESPUESTAS EN LAS PLANTAS | | |
|---|---|---|
| **Estímulo** | **Tropismo o crecimiento** | **Nastia o movimiento** |
| **Luminoso** | Fototropismo | Fotonastia |
| **Gravitatorio** | Geotropismo | — |
| **Mecánico** | Tigmotropismo | Sismonastia |
| **Químico** | Quimiotropismo | — |
| **Térmico** | — | Termonastia |
| **Hídrico** | Hidrotropismo | Hidronastia |

**Ejemplos de nastia.** Apertura y cierre de las flores del diente de león por efecto de la luz (fotonastia, a). Pliegue de las hojas de la sensitiva tras el contacto con un objeto (sismonastia, b).




**Fototropismo y geotropismo**
Fototropismo positivo en el tallo de una plántula y negativo en la raíz, a. En la semilla dispuesta horizontalmente el tallo crece hacia arriba (geotropismo negativo) y la raicilla, hacia abajo (geotropismo positivo), b.

**Tigmotropismo e hidrotropismo**
Tigmotropismo en una planta trepadora: la parra. Los zarcillos de la parra se enroscan al entrar en contacto con un palo que le sirve de soporte, a. Hidrotropismo: la raicilla y el tallo de la judía crecen hacia el agua contenida en el algodón húmedo, b.

## ACTIVIDADES

**1** ¿En qué se diferencian los tropismos de las nastias?

**2** Completa la información de la prueba del fototropismo. ¿Qué ocurriría con iluminación lateral, inferior o si cubriésemos el tubo de ensayo con papel de aluminio?

**3** En la ficha no hay información sobre el quimiotropismo y la termonastia.

Busca información sobre estos fenómenos y describe algún experimento sencillo para visualizarlos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

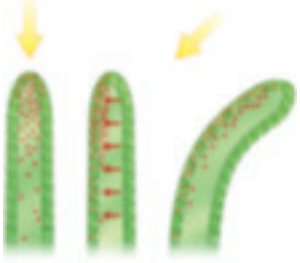
# Tropismos y nastias (II)

## ACTIVIDADES

**1** Las dos parejas de figuras representan un tropismo y una nastia. Indica qué figuras representan el tropismo y qué tipo de tropismo, e indica qué figuras representan una nastia y qué tipo de nastia.

**2** Explica el experimento de la imagen a y el experimento de la imagen b. ¿Cuál de los dos será más breve en su duración? Explícalo.

**3** ¿Interviene alguna fitohormona en la producción de la nastia representada? Explica el mecanismo de acción de dicha nastia.



**4** Hay una fitohormona que interviene para que tenga lugar el tropismo representado en el dibujo superior. Indica de qué hormona se trata y su mecanismo de acción.

# Fotoperiodo

## ACTIVIDADES

**1** Observa las figuras de arriba relativas a plantas de día corto y plantas de día largo. En la base de cada planta se representan las horas de iluminación y las horas de oscuridad a que se somete la planta en un periodo de 24 horas. ¿Qué secuencia (a o b) corresponde a las plantas de día corto y qué secuencia corresponde a las de día largo? Explícalo.

**2** En la secuencia a, cuando la planta está 16 horas iluminada y 8 en oscuridad, no presenta flores, y cuando está 8 horas iluminada y 16 horas en oscuridad sí que presenta flores. En la tercera viñeta, está 10 horas iluminada y 14 en oscuridad. ¿Por qué no presenta flores, si son más las horas de oscuridad que las de luz, igual que en la segunda viñeta?

**3** Contrariamente, en la secuencia b, cuando la planta está 16 horas iluminada y 8 en oscuridad, presenta flores, y cuando está 8 horas iluminada y 16 en oscuridad, no presenta flores. En la tercera viñeta, la planta está 10 horas iluminada y 14 en oscuridad. ¿Por qué presenta flores, si son más las horas de oscuridad que las de luz como en la segunda viñeta?

**4** ¿Podrían ser las plantas a y b de la misma especie? Explícalo.

**5** ¿Es alguna fitohormona la responsable del comportamiento de las plantas frente al fotoperiodo o hay alguna otra sustancia responsable?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Ritmos circadianos

La planta mimosa (*Mimosa pudica*) despliega sus hojas con la luz del día y las pliega por la noche. El experimento muestra que si a una planta que ha sido previamente criada en condiciones normales se la coloca dentro de una caja de cartón, continúa plegando y desplegando sus hojas al mismo ritmo que las plantas que están sometidas a la alternancia de iluminación del día y de la noche.

La planta de la judía (*Phaseolus sp.*) mantiene sus hojas erguidas durante el día y las cierra durante la noche. Cuando a una planta que se ha desarrollado en condiciones normales de alternancia de día y noche se la encierra en una caja de cartón, sigue presentando la misma nictinastia, y a las mismas horas aproximadas, que antes de cubrirla con cartón.

## ACTIVIDADES

**1** ¿A qué tipo de fenómeno responde el comportamiento de la mimosa, a un fototropismo, a una fotonastia o a algún otro fenómeno?

**2** El fenómeno de la planta de la judía es un caso de nictinastia.

¿Qué es la nictinastia? ¿Qué mecanismos la producen?

**3** ¿Qué piensas que demuestra el experimento de la planta de la judía respecto al origen de los estímulos que provocan la nictinastia?

**4** Piensa en algún otro fenómeno cíclico de alguna planta (por ejemplo el movimiento de las flores de girasol) y diseña algún experimento para demostrar que el movimiento cíclico puede obedecer a un impulso interno y no a un impulso externo.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Las plantas carnívoras

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Conoce los principales mecanismos que tienen las plantas carnívoras para atrapar a sus presas. Averigua los principales beneficios que obtiene la planta al ingerir presas, teniendo en cuenta que se trata de un organismo autótrofo.

**Contenidos sugeridos.** Relación del fenómeno de las plantas carnívoras con la capacidad de las plantas de realizar movimientos localizados. Principales especies de plantas carnívoras. Las plantas carnívoras en jardinería.

**Fuentes de la investigación**

- *Plantas carnívoras*. VV. AA. Susaeta Ediciones, 2012. Guía gráfica de las principales especies y estrategias.
- *Plantas carnívoras: clasificación, origen, cultivo y plagas*. Marcel Lecloufe. Ediciones Omega, 2007. Libro de divulgación de un especialista.

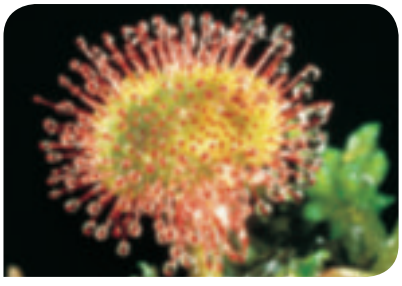
**Realización.** Equipos de 3 alumnos.

**Duración de la elaboración.** 4 sesiones.

**Presentación de los resultados.** Presentación en formato digital.

### TEN EN CUENTA QUE

La *Dionaea muscipula* o venus atrapamoscas es un ejemplo de planta carnívora que usa el fenómeno de la sismonastia para atrapar insectos.



La *Drosera*, conocida también como «rocío del Sol», añade a la trampa el efecto de los pelos pegajosos.

La *Nepenthes* es un ejemplo de trampa tipo olla; los insectos que caen en la olla no pueden salir por las paredes resbaladizas, y son digeridas en los jugos de su interior.

### LO QUE DEBES SABER

- **Planta carnívora:** también llamada planta insectívora. Es una planta autótrofa que vive en lugares con suelos pobres en nitratos, por lo que obtienen de la ingestión de animales un suplemento de proteínas. Los animales capturados son insectos o pequeños invertebrados acuáticos.
- **Sismonastia:** movimiento localizado de las hojas de algunas plantas como respuesta a una presión o un contacto. Es el procedimiento utilizado por algunas plantas carnívoras para atrapar a sus presas.
- **Exoenzima:** enzima digestiva que producen las células y vierten al exterior para digerir sustancias nutritivas que permanecen fuera de las células; posteriormente, las células absorben los nutrientes obtenidos en esta digestión exógena. Este fenómeno es propio de muchas bacterias, pero también de las hojas de las plantas carnívoras que vierten enzimas al exterior para digerir los insectos que caen en las trampas y después absorber los nutrientes.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# El fitocromo

## HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Conoce la naturaleza del pigmento responsable de la regulación de los fenómenos de desarrollo de las plantas dependientes de las horas de luz.

**Contenidos sugeridos.** Experimentos que se llevaron a cabo para descubrir su existencia y su naturaleza. Modos que tiene el pigmento para influir en el desarrollo de la planta. Localización del pigmento. Variantes que puede presentar la sustancia.

**Fuentes de la investigación**

- «Fitocromos y desarrollo vegetal». F. J. Ruiz Cantón, E. Monte y J. F. Martínez-García. Artículo de la revista *Investigación y Ciencia* n.º 305, febrero de 2002, que puede consultarse a través de la web de la revista.
- *123 problemas de fisiología vegetal*. Carlos Vicente Córdoba. Editorial Síntesis, 1987. Libro didáctico para el estudio de esta disciplina.

**Realización.** Equipos de 3 alumnos.

**Duración de la elaboración.** 6 sesiones.

**Presentación de los resultados.** Presentación en formato digital.

## TEN EN CUENTA QUE

El fitocromo tiene una estructura proteínica compleja con una parte de la molécula capaz de absorber luz roja y luz roja lejana.

Los experimentos para descubrir la existencia y función del fitocromo se realizaban con plantas cultivadas en oscuridad a las que se interrumpía la fase oscura con destellos de luz roja y luz roja lejana.

## LO QUE DEBES SABER

- **Fitocromo:** es una proteína capaz de absorber luz roja y luz roja lejana, y cambiar de estructura química al absorber dicha luz. Los cambios de estructura desencadenan procesos de desarrollo en las plantas, como la floración, la germinación de las semillas, el crecimiento, etc.
- **Luz roja lejana:** hace referencia a la luz de 700 a 800 nm de longitud de onda. Teniendo en cuenta que se denomina radiación infrarroja a la que tiene una longitud de onda entre 800 nm y 1 000 micrómetros, puede decirse que la luz roja lejana es la que está en la frontera con el infrarrojo.
- **Quinasas:** se dice que el fitocromo realiza sus funciones por su actividad como quinasa. Estas sustancias son enzimas que modifican otras.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 14 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Son factores externos que influyen en el desarrollo de las plantas:

- ☐ **a.** La gravedad, la temperatura, la humedad y las fitohormonas.
- ☐ **b.** La gravedad, la temperatura, la duración de la luz y los tropismos.
- ☐ **c.** La gravedad, la temperatura, la humedad y la luz.
- ☐ **d.** La duración de la luz, la intensidad de la luz, la dirección de la luz y el fotoperiodo.

**2** Son factores internos que influyen en el desarrollo de las plantas:

- ☐ **a.** Los genes y las fitohormonas.
- ☐ **b.** Los genes y los ritmos circadianos.
- ☐ **c.** Las fitohormonas y los ritmos circadianos.
- ☐ **d.** Los ritmos circadianos y el fotoperiodo.

**3** Las principales fitohormonas responsables del desarrollo y el estado juvenil de las plantas son:

- ☐ **a.** Las auxinas y el etileno.
- ☐ **b.** Las auxinas, el ácido abscísico y el etileno.
- ☐ **c.** Las auxinas, las giberelinas y el etileno.
- ☐ **d.** Las auxinas, las giberelinas y las citoquininas.

**4** Las principales fitohormonas responsables de la maduración y senescencia de las plantas son:

- ☐ **a.** Las auxinas y el etileno.
- ☐ **b.** Las auxinas, el ácido abscísico y el etileno.
- ☐ **c.** Las auxinas, las giberelinas y el etileno.
- ☐ **d.** El ácido abscísico y el etileno.

**5** En la germinación de las semillas interactúan:

- ☐ **a.** Las auxinas, las giberelinas y las citoquininas.
- ☐ **b.** Las auxinas y las giberelinas.
- ☐ **c.** Las auxinas, las giberelinas y el etileno.
- ☐ **d.** Las auxinas y las citoquininas.

**6** En la caída de las hojas actúan de forma antagónica:

- ☐ **a.** Las auxinas y las citoquininas.
- ☐ **b.** Las auxinas y el etileno.
- ☐ **c.** El etileno y el ácido abscísico.
- ☐ **d.** Las auxinas y las giberelinas.

**7** El crecimiento de los tallos hacia la luz:

- ☐ **a.** Es una nastia.
- ☐ **b.** Es un ritmo circadiano.
- ☐ **c.** Es un tropismo.
- ☐ **d.** Está regulado por el fitocromo.

**8** Las plantas de día largo:

- ☐ **a.** Florecen si hay más horas de luz que de oscuridad.
- ☐ **b.** Florecen en la estación en que va alargando el día y acortando la noche.
- ☐ **c.** Necesitan un número máximo de horas de luz y un número mínimo de horas de oscuridad.
- ☐ **d.** Son, por ejemplo, el maíz y el tomate.

**9** La floración de ciertas plantas por exposición a bajas temperaturas:

- ☐ **a.** Está regulada por las citoquininas.
- ☐ **b.** Se da solamente en plantas herbáceas como el trigo.
- ☐ **c.** Se da solamente en plantas leñosas como el olivo.
- ☐ **d.** Se llama vernalización.

**10** Las gruesas capas de cutícula o de cera de las plantas:

- ☐ **a.** Son una defensa inespecífica contra los microorganismos.
- ☐ **b.** Son una defensa específica contra los microorganismos.
- ☐ **c.** Son una defensa contra los animales herbívoros.
- ☐ **d.** Son un mecanismo de comunicación intraespecífica entre las plantas.

SOLUCIONES

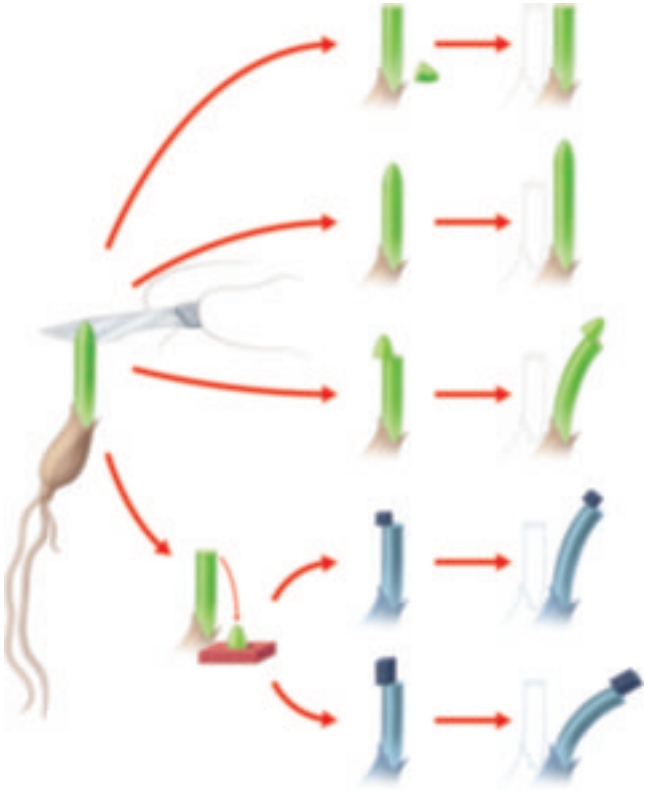
**1** c, **2** a, **3** d, **4** d, **5** a, **6** b, **7** c, **8** b, **9** d, **10** a

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Cuáles son los factores externos que pueden influir en los procesos biológicos de las plantas? ¿Y los factores internos?

**2** Observa el siguiente dibujo relativo a los experimentos de Paal y Went que pusieron en evidencia la existencia de hormonas vegetales. Explica dicho experimento y sus consecuencias.



**3** Relaciona las fitohormonas con sus efectos correspondientes. Ten en cuenta que cada hormona puede tener más de un efecto.

a) Auxinas
b) Giberelinas
c) Citoquininas
d) Etileno
e) Ácido abscísico

1. Inducción de la formación de raíces.
2. Estímulo de las divisiones celulares en los meristemos.
3. Inducción de la floración.
4. Inducción de la senescencia de las hojas.
5. Promoción de la maduración del fruto.
6. Inhibición del crecimiento de los tallos.
7. Inhibición de la caída de las hojas.
8. Promoción del crecimiento de los meristemos apicales e inhibición de los laterales.
9. Promoción del alargamiento celular en los entrenudos.

**4** ¿Qué quiere decir que dos fitohormonas pueden tener efectos antagónicos? Escribe algún ejemplo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** ¿Qué son los tropismos? Escribe los tipos que conozcas y el efecto que producen en las plantas.

**6** Define los siguientes términos: fotoperiodo, planta de día corto, planta de día largo, planta de día neutro.

**7** ¿Cómo puede la temperatura influir en el desarrollo de las plantas? Explícalo citando algún ejemplo.

**8** ¿Qué son los ritmos circadianos? ¿Se pueden considerar como un ejemplo de influencia de los factores externos en el desarrollo de las plantas o más bien como un ejemplo de influencia de los factores internos? Explícalo.

**9** Se dice que las plantas pueden comunicarse entre ellas o incluso que pueden comunicarse con algunos animales para avisar del ataque de determinados parásitos. ¿Qué tipo de lenguaje emplean en esa comunicación?

**10** Escribe los siguientes mecanismos de defensa de las plantas en la columna correspondiente: cutícula gruesa, resistencia sistémica adquirida, espinas entre las hojas, fitoalexinas, pelos (tricomas) en las hojas, ceras en la epidermis, hojas muy duras, sustancias muy amargas, resinas tóxicas.

| Resistencia inespecífica frente a microorganismos | Resistencia específica frente a microorganismos | Defensa frente a animales herbívoros |
|---|---|---|
| | | |

# 14 EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Cuáles son las fitohormonas que intervienen en procesos de desarrollo y estado juvenil de las plantas? Describe algún caso en que dos o tres de estas hormonas cooperen en un mismo efecto y algún caso en que dos o tres de estas hormonas presenten efectos antagónicos.

**2** ¿Cuáles son las fitohormonas que intervienen en procesos de maduración y senescencia de las plantas? Describe algún caso en que dos de esas hormonas cooperen en un mismo efecto.

**3** ¿En qué tipo de tejidos vegetales se sintetizan principalmente las fitohormonas? Pon ejemplos.

**4** ¿Qué diferencia hay entre «fitohormona» y «fitorregulador»? Describe algunos ejemplos de efectos conseguidos por la aplicación de fitorreguladores en los cultivos.

**5** ¿Qué son las nastias? Describe algunos ejemplos.

**6** Rellena la tabla siguiente relativa a los diferentes tipos de tropismos.

| Estímulo | Tipo de tropismo | Ejemplo | Auxinas SI/NO |
|---|---|---|---|
| **Contacto** | | | |
| **Gravedad** | | | |
| **Sustancias químicas** | | | |
| **Luz** | | | |
| **Agua** | | | |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**7** El siguiente dibujo muestra el comportamiento de la floración de una planta según las horas de iluminación y oscuridad a la que está sometida.

a) Cuando florece la planta, ¿hay más horas de luz o más horas de oscuridad? Según eso, ¿la calificarías como planta de día corto o como planta de día largo?

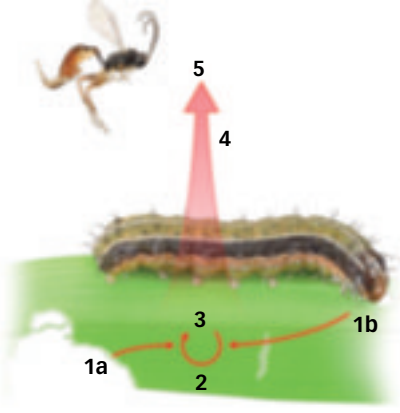
b) En el dibujo de la izquierda, la planta está sometida a más horas de luz que de oscuridad, ¿por qué no florece?

c) ¿Qué fitohormona, o qué otra sustancia, regula esta relación de la floración con las horas de luz? Describe cómo actúa dicha sustancia.

**8** Define los siguientes conceptos: estratificación y vernalización.

**9** Describe un experimento que demuestre que las plantas pueden presentar fenómenos cíclicos que no dependen de los factores externos, sino de factores endógenos, posiblemente genéticos.

**10** El siguiente dibujo muestra un caso de comunicación interespecífica de una planta como mecanismo de defensa frente al ataque de un parásito (la oruga). Explica cómo funciona dicho mecanismo.



# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B5-7.** Describir los tropismos y las nastias ilustrándolos con ejemplos. | **B5-7.1.** Describe y conoce ejemplos de tropismos y nastias. | 5 | 5 y 6 |
| **B5-8.** Valorar el proceso de regulación en las plantas mediante hormonas vegetales. | **B5-8.1.** Valora el proceso de regulación de las hormonas vegetales. | 1, 2, 9 y 10 | 3, 4, 9 y 10 |
| **B5-9.** Conocer los diferentes tipos de fitohormonas y sus funciones. | **B5-9.1.** Relaciona las fitohormonas y las funciones que desempeñan. | 3 y 4 | 1 y 2 |
| **B5-10.** Comprender los efectos de la temperatura y de la luz en el desarrollo de las plantas. | **B5-10.1.** Argumenta los efectos de la temperatura y la luz en el desarrollo de las plantas. | 1, 6, 7 y 8 | 7 y 8 |

## Control B

**1** Factores externos: gravedad, temperatura, humedad y la duración, dirección e intensidad de la luz.

Factores internos: genes y fitohormonas.

**2** Se toma una planta de avena recién germinada y se corta el ápice del coleóptilo: el crecimiento en longitud se detiene.

Si el ápice del coleóptilo se vuelve a poner en su lugar, el crecimiento en longitud se reanuda.

Si el ápice se coloca desplazado lateralmente sobre la plántula, la planta solo crece por ese lado y se dobla.

Si el ápice de la planta recién cortado se deposita sobre una placa de agar y esta se coloca desplazada lateralmente sobre la plántula sin ápice, la plántula crece por ese lado y se dobla.

Si en el caso anterior se toma una placa de agar más grande, la inclinación de la plántula es mayor.

Este experimento funciona si las plantas se mantienen en oscuridad.

Se deduce del experimento la existencia de una sustancia química producida por el ápice capaz de provocar el crecimiento en longitud del tallo, y que la sustancia se desnaturaliza por la luz. Esa sustancia son las fitohormonas llamadas auxinas.

**3** a: 1, 7 y 8; b: 3 y 9; c: 2; d: 4 y 5; e: 4 y 6.

**4** Quiere decir que su acción sobre el mismo órgano de la planta tiene efectos contrarios. Por ejemplo, las auxinas favorecen la dominancia apical (crecimiento en longitud desde el ápice de la planta inhibiendo los meristemos de las yemas laterales) y las citoquininas favorecen el crecimiento de las yemas laterales, inhibiendo la dominancia apical.

Otro ejemplo es el caso de las citoquininas, que inhiben la caída de las hojas y retrasan el envejecimiento de las plantas, y el del etileno, que estimula la caída natural de hojas y flores.

Las giberelinas estimulan la germinación de las semillas, y el ácido abscísico favorece la dormición de las semillas.

**5** Los tropismos son movimientos lentos debidos al crecimiento de la planta, orientado hacia estímulos externos, que provocan deformaciones permanentes en la planta.

– El fototropismo es el crecimiento hacia la luz. Los tallos se inclinan hacia el lado desde donde se ilumina la planta.

– El geotropismo es el crecimiento a favor o en contra de la fuerza de la gravedad: en los tallos, el geotropismo es negativo, crecen alejándose del suelo; en las raíces, el geotropismo es positivo, crecen introduciéndose en el suelo.

– El higrotropismo es el crecimiento hacia la humedad. Las raíces crecen hacia los lugares más húmedos.

– El quimiotropismo es el crecimiento hacia determinadas sustancias químicas. Las raíces crecen hacia los lugares del suelo más ricos en sales minerales, y los tubos polínicos crecen hacia los lugares ricos en azúcar.

– El tigmotropismo es el crecimiento hacia puntos de contacto con cuerpos sólidos. El tallo de las plantas trepadoras va buscando lugares de contacto en muros o en otras plantas.

**6** Fotoperiodo: es la proporción entre las horas de luz y las horas de oscuridad de un día.

Planta de día corto: florece cuando las horas de iluminación no rebasan un límite máximo y las de oscuridad ininterrumpida superan un mínimo. A efectos prácticos, las plantas florecen cuando captan que el día se va acortando y la noche se va alargando.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Planta de día largo: florece cuando las horas de iluminación superan un límite mínimo y las horas de oscuridad ininterrumpida no rebasan un límite máximo. A efectos prácticos, las plantas florecen cuando captan que el día se va alargando y la oscuridad va disminuyendo.

Planta de día neutro: La floración depende de factores externos o internos diferentes a la duración del día y de la noche.

**7** La temperatura influye especialmente en la germinación de las semillas y en la floración.

En algunas plantas, las semillas necesitan durante un periodo más o menos largo estar expuestas a temperaturas muy bajas (en algunas especies, entre 0 ºC y 5 ºC) para germinar. A este fenómeno se le llama estratificación.

Para que se produzca la floración, hay plantas que necesitan pasar por un periodo de frío, sea la planta entera, sus semillas o sus yemas. A este fenómeno se le llama vernalización.

**8** Los ritmos circadianos son ciclos de aproximadamente 24 horas en los que se repiten determinadas actividades de la planta. Los factores que marcan estos ritmos no son externos, sino internos, son ritmos endógenos independientes de los factores ambientales.
La regulación de estos ritmos está relacionada con factores genéticos.

Los ritmos circadianos son un ejemplo de influencia de los factores internos en el desarrollo de las plantas. Se pueden poner de manifiesto con algunos experimentos, como las hojas de la mimosa, que se pliegan por la noche y se abren por el día, tanto si la planta está expuesta a la luz como si está tapada por una caja de cartón; o como las hojas de la planta de la judía, que se yerguen por el día y se pliegan por la noche, tanto si la planta está expuesta a la luz como si no.

**9** Se trata de la producción de sustancias volátiles cuando son atacadas por parásitos, por ejemplo, una oruga de mariposa. Las sustancias volátiles pueden llegar a otras plantas y desencadenar respuestas químicas, como la producción de repelentes para la oruga, o atraer a depredadores de la oruga.

**10**

| Resistencia inespecífica frente a microorganismos | Resistencia específica frente a microorganismos | Defensa frente a animales herbívoros |
|---|---|---|
| Cutícula gruesa<br>Ceras en la epidermis | Resistencia sistémica adquirida<br>Fitoalexinas | Espinas entre las hojas<br>Pelos en las hojas<br>Hojas muy duras<br>Sustancias muy amargas<br>Resinas tóxicas |

## Control A

**1** Las fitohormonas que intervienen en procesos de desarrollo y estado juvenil son las auxinas, las giberelinas y las citoquininas.

Los tres tipos de hormonas cooperan en el proceso de germinación de la semilla: las auxinas alargan las células produciendo el crecimiento de la raicilla, las citoquininas y las giberelinas aumentan el ritmo de las mitosis, produciéndose nuevas células, y las giberelinas promueven el consumo de las reservas nutritivas de la semilla.

Otro ejemplo de cooperación sería el crecimiento en longitud de la planta: las giberelinas producen más divisiones celulares en el meristemo apical y las auxinas producen el alargamiento de las nuevas células.

En el mantenimiento de la juventud de la planta las auxinas y las citoquininas inhiben la caída de las hojas, flores y frutos, manteniendo los órganos jóvenes.

Un ejemplo de efectos antagónicos sería el hecho de que las auxinas estimulan el crecimiento apical de la planta e inhiben el desarrollo de las yemas laterales, mientras que las citoquininas estimulan el crecimiento de las yemas laterales e inhiben el crecimiento apical de la planta.

**2** Las fitohormonas que intervienen en procesos de maduración y senescencia de las plantas son el etileno y el ácido abscísico.

Las dos hormonas cooperan favoreciendo la senescencia de hojas y frutos.

También cooperan estimulando la caída natural de hojas, flores y frutos.

**3** Se sintetizan principalmente en tejidos meristemáticos. Por ejemplo:

– Las auxinas se sintetizan en los meristemos de yemas apicales, en células embrionarias de las semillas y en hojas jóvenes.
– Las giberelinas se sintetizan en los meristemos apicales de tallos y raíces, en células embrionarias de la semilla y en hojas jóvenes.
– Las citoquininas se sintetizan en los meristemos de las raíces, en las hojas en desarrollo y en el embrión joven.
– El ácido abscísico se sintetiza en hojas, tallos, semillas maduras y frutos verdes.
– El etileno se produce en tejidos de frutos durante la maduración, y en hojas y flores senescentes.

**4** Las fitohormonas son sintetizadas por las plantas y, por tanto, son productos naturales. Los fitorreguladores son sustancias sintetizadas en laboratorio, producto de la transformación de otras sustancias naturales que producen en las plantas los mismos efectos, o parecidos, que las fitohormonas.
Por ejemplo, el 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) es una sustancia de síntesis con actividad como la auxina, el ácido giberélico actúa como una giberelina, la kinetina actúa como una citoquinina, el *ethephon* (ácido 2-cloro-etilfosfórico) actúa como el etileno...

Se usan los equivalentes de auxinas, giberelinas y citoquininas para conseguir frutos partenocárpicos, sin semillas. Se usa el *ethephon* para acelerar la maduración y coloración de las frutas cosechadas verdes y almacenadas. Se usan auxinas sintéticas como herbicidas de cultivos de cereales, pues solo eliminan plantas dicotiledóneas. Se usan también auxinas de síntesis para facilitar el enraizamiento de los esquejes de plantas leñosas. Se usan giberelinas de síntesis para acelerar la floración, la fructificación o la germinación de las semillas. Las auxinas y citoquininas de síntesis se usan para el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales. Etc.

**5** Las nastias son movimientos pasajeros de algunas partes de la planta provocados por estímulos externos y que no guardan relación con la dirección del estímulo.

Las nictinastias se deben a cambios de iluminación: hay flores que se cierran por la noche y se abren por el día. Se deben a cambios de turgencia en las células de los tejidos correspondientes.

Las sismonastias se deben a la presión sobre ciertos órganos. Es el caso de las hojas de mimosa, que se pliegan cuando se las toca, o las hojas de muchas plantas carnívoras, como la venus atrapamoscas, que se cierran atrapando insectos cuando estos tocan unos pelos sensibles.

**6**

| Estímulo | Tipo de tropismo | Ejemplo | Auxinas SI/NO |
|---|---|---|---|
| **Contacto** | Tigmotropismo | Las plantas trepadoras crecen buscando contacto con muros, tallos, etc. | NO |
| **Gravedad** | Geotropismo | Los tallos crecen en contra de la dirección de la gravedad y las raíces crecen a favor de la gravedad. | SI |
| **Sustancias químicas** | Quimiotropismo | Las raíces crecen buscando sales minerales en el suelo. | NO |
| **Luz** | Fototropismo | Los tallos crecen hacia la luz. | SI |
| **Agua** | Higrotropismo | Las raíces crecen hacia las partes más húmedas del suelo. | NO |

**7** **a)** Cuando florece la planta hay más horas de oscuridad que de luz, por tanto se calificaría como de día corto.

**b)** Para que florezca una planta considerada de día corto se han de cumplir dos requisitos: que la luz no supere un número máximo de horas y que la oscuridad ininterrumpida alcance un número mínimo de horas. En el dibujo de la izquierda se rebasa el máximo de horas de luz que la planta requiere para florecer por lo que, aun cumpliendo con el mínimo de horas de oscuridad ininterrumpida, ya no se produce la floración.

**c)** La sustancia que regula la floración en relación con las horas de luz es el fitocromo, un pigmento presente en las hojas de la planta con una forma activa y una inactiva. El paso a la forma activa se realiza cuando el pigmento absorbe luz roja. El pigmento se inactiva lentamente en la oscuridad y rápidamente en presencia de luz infrarroja. La forma activa promueve la floración en las plantas de día largo e inhibe la floración en las plantas de día corto.

**8** Estratificación: fenómeno por el cual las semillas de algunas especies necesitan estar previamente expuestas a un periodo de frío para germinar. En algunos casos supone la exposición a temperaturas entre 0º C y 5 ºC.

Vernalización: fenómeno por el cual algunas especies de plantas necesitan estar previamente expuestas a un periodo de bajas temperaturas para florecer. A veces, son las yemas de la planta adulta y, a veces, son las semillas las que han de pasar por el periodo de bajas temperaturas. La exposición a bajas temperaturas eleva el contenido en giberelinas de las plantas, y estas fitohormonas serían las responsables de la floración.

**9** La cuestión se refiere a los experimentos que demuestran la existencia de ritmos circadianos que dependen de un reloj biológico interno de la planta y no de los factores externos.

Un experimento consiste en tomar dos plantas de mimosa (*Mimosa pudica*) crecidas en condiciones normales de iluminación, y colocar una en un lugar iluminado con luz natural y otra dentro de una caja de cartón. Se puede observar que la planta iluminada abre sus hojas de día y las pliega de noche, pero la planta encerrada en la caja de cartón presenta el mismo patrón de comportamiento: abre sus hojas aproximadamente a la misma hora que lo hace la planta iluminada, y las pliega aproximadamente a la misma hora que lo hace la planta iluminada. Luego el factor que desencadena el movimiento de las hojas no es el estímulo externo de la iluminación, sino un reloj biológico interno; si bien, para establecer ese ritmo interno, previamente la planta hubo de estar sometida a la alternancia de días y noches.

**10** El estímulo físico de la mordedura de la oruga (1b) o bien el estímulo químico de la saliva de la oruga (1a) desencadena una serie de reacciones metabólicas (2), que producen sustancias volátiles (3) que son liberadas al medio aéreo (4). Estas sustancias pueden atraer avispas depredadoras de las orugas (5), o bien pueden llegar a otras plantas de la misma especie desencadenando en ellas la producción de sustancias tóxicas contra la oruga.

Se está describiendo un mecanismo de comunicación de las plantas para defenderse del ataque de animales herbívoros.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

El acebo (*Ilex aquifolium*) es un arbusto o árbol de pequeño tamaño, pues aunque puede alcanzar los 20 m de altura, suele medir entre 6 y 15 m. Su tronco es recto, muy liso y de color grisáceo. El acebo tiene un claro porte piramidal, sin importantes ramificaciones laterales y con predominio del crecimiento del ápice más alto. Su copa es muy densa y ramosa desde la base.

Las hojas del acebo son persistentes, simples, pecioladas, alternas y de forma ovalada. En los ejemplares jóvenes y en las ramas más bajas de los adultos son muy coriáceas y presentan un borde fuertemente espinoso. Sin embargo, las hojas más altas de los ejemplares de mayor edad no son espinosas ni coriáceas y tienen un color mucho más claro que las inferiores.

**1** Sin duda, la diferencia entre las hojas de la base del acebo y las de las zonas más altas guarda relación con las defensas de la planta.

¿Frente a qué se defiende la planta mediante este mecanismo?

- ☐ **a.** Frente a los herbívoros.
- ☐ **b.** Frente a la escasez de agua.
- ☐ **c.** Frente a los microorganismos patógenos.
- ☐ **d.** Frente a otras plantas que les podrían quitar luz.

**2** Para que el acebo mantenga su porte es necesario que, de alguna manera, se inhiba el crecimiento de las yemas axilares que están cerca del ápice.

¿A qué grupo de fitohormona pertenece la responsable de la inhibición de las yemas axilares próximas al ápice?

- ☐ **a.** Al de las auxinas.
- ☐ **b.** Al de las giberelinas.
- ☐ **c.** Al de las citoquinas.
- ☐ **d.** Al de los etilenos.

**3** Aunque los acebos presentan hojas durante todo el año, la vida de cada una de ellas es limitada, de unos cinco años. Es decir, al cabo de cinco años el árbol ha cambiado todas sus hojas.

¿Qué fitohormonas son las principales responsables de la caída de las hojas de las plantas?

- ☐ **a.** Las auxinas y las citoquinas.
- ☐ **b.** Las giberelinas y las auxinas.
- ☐ **c.** El etileno y el ácido abscísico.
- ☐ **d.** Las citoquinas y el ácido abscísico.

**4** Además de la caída de las hojas, otras muchas funciones de las plantas están reguladas por hormonas, que interaccionan entre sí y ejercen efectos antagónicos según la concentración a la que se encuentren en un determinado tejido.

Auxinas y giberelinas son dos de las fitohormonas más conocidas; ambas influyen, por ejemplo, en el alargamiento de los tallos y en la germinación de las semillas. Pero lo hacen de diferente manera. ¿Cómo actúan auxinas y giberelinas en el crecimiento de los tallos?

- ☐ **a.** Las giberelinas estimulan las mitosis y las auxinas la plasticidad de la pared de celulosa.
- ☐ **b.** Las giberelinas estimulan la plasticidad de la pared de celulosa y las auxinas las mitosis.
- ☐ **c.** Las giberelinas inhiben las mitosis y las auxinas la plasticidad de la pared de celulosa.
- ☐ **d.** Las giberelinas inhiben la plasticidad de la pared de celulosa y las auxinas las mitosis.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** Los acebos son plantas dioicas desde el punto de vista funcional. Sus flores femeninas son algo más pequeñas que las masculinas y florecen independientemente del fotoperiodo, es decir, son plantas de día neutro.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?

- ☐ **a.** Las plantas de día largo florecen cuando las noches se alargan.
- ☐ **b.** Las plantas de día corto florecen cuando las noches se acortan.
- ☐ **c.** Las plantas de día neutro son originarias de las zonas tropicales.
- ☐ **d.** Las plantas de día largo son originarias del hemisferio norte y florecen en el otoño.

**6** Muchas plantas abren o cierran sus flores u hojas sin recibir estímulo de luz, pero distinguiendo entre el día y la noche; es decir, funcionan con ritmos de 24 horas aunque estén a oscuras.

¿Qué nombre recibe esta especie de relojes biológicos?

- ☐ **a.** Ciclos o ritmos circadianos.
- ☐ **b.** Ciclos o ritmos de vernalización.
- ☐ **c.** Ciclos o ritmos de termoperiodo y luminoperiodo.
- ☐ **d.** Ciclos o ritmos fotorreceptores.

**7** Aunque crecen en zonas boscosas, los acebos también se cultivan en jardines. En estos es importante elegir bien la ubicación de las distintas especies.

Así, por ejemplo, los jardineros recomiendan no plantar cierto tipo de árboles, como los sauces, cerca de las tuberías de una casa porque, en caso de una pequeña fuga, sus raíces tienden a invadirlas hasta inutilizarlas.

¿Qué tipo de movimiento es el responsable de este comportamiento de las raíces?

- ☐ **a.** Geotropismo.
- ☐ **b.** Higronastia.
- ☐ **c.** Higrotropismo.
- ☐ **d.** Quimionastia.

**8** Estos movimientos, los tropismos, junto con las nastias evidencian que las plantas se relacionan con el medio en el que viven respondiendo a los estímulos que les llegan del exterior.

¿Qué afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas cuando comparamos dichos movimientos?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Los tropismos producen cambios permanentes y las nastias pasajeros. | |
| La dirección en que se produce el movimiento por un tropismo guarda relación con el estímulo que lo provoca y en las nastias no se guarda esa relación. | |
| Los tropismos se pueden producir en cualquier parte de la planta y las nastias solo se producen en las zonas con crecimiento activo. | |
| La respuesta a la gravedad es una nastia en la raíz y un tropismo en el tallo. | |

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-7.** Describir los tropismos y las nastias ilustrándolos con ejemplos. | **B5-7.1.** Describe y conoce ejemplos de tropismos y nastias. | 7 y 8 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-9.** Conocer los diferentes tipos de fitohormonas y sus funciones. | **B5-9.1.** Relaciona las fitohormonas y las funciones que desempeñan. | 2, 3 y 4 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-10.** Comprender los efectos de la temperatura y de la luz en el desarrollo de las plantas. | **B5-10.1.** Argumenta los efectos de la temperatura y la luz en el desarrollo de las plantas. | 5 y 6 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-16.** Reconocer las adaptaciones más características de los vegetales a los diferentes medios en los que habitan. | **B5-16.1.** Relaciona las adaptaciones de los vegetales con el medio en el que se desarrollan. | 1 |

**1** **a.** Frente a los herbívoros.

**2** **a.** Al de las auxinas.

**3** **c.** El etileno y el ácido abscísico.

**4** **a.** Las giberelinas estimulan las mitosis y las auxinas la plasticidad de la pared de celulosa.

**5** **c.** Las plantas de día neutro son originarias de las zonas tropicales.

**6** **a.** Ciclos o ritmos circadianos.

**7** **c.** Higrotropismo.

**8**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Los tropismos producen cambios permanentes y las nastias pasajeros. | Verdadero |
| La dirección en que se produce el movimiento por un tropismo guarda relación con el estímulo que lo provoca y en las nastias no se guarda esa relación. | Verdadero |
| Los tropismos se pueden producir en cualquier parte de la planta y las nastias solo se producen en las zonas con crecimiento activo. | Falso |
| La respuesta a la gravedad es una nastia en la raíz y un tropismo en el tallo. | Falso |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Solucionario

Pág. 261

**PARA COMENZAR**

1 Luz, temperatura, humedad, gravedad, sustancias químicas, presión...

2 Porque es el mecanismo para llamar a animales del tercer nivel trófico y que vengan en su ayuda. Llaman a especies carnívoras que se alimentan de sus invasores.

3 La planta es el productor, la arañita roja pertenece al segundo nivel trófico y el ácaro carnívoro es del tercer nivel trófico.

4 Induce la formación de sustancias orgánicas volátiles que atraen a los ácaros carnívoros.

5 R. M. No, puesto que los mecanismos de relación de las plantas son mucho más lentos al carecer de sistema nervioso, de órganos de los sentidos y de un corazón que acelere la circulación de sustancias activas por su organismo.

6 R. L. Se pueden sugerir las feromonas de los animales.

7 Se trata de un mutualismo, ya que las dos especies salen beneficiadas, pero también pueden vivir de forma independiente.

8 Se refiere a las fitohormonas, que serán objeto de estudio de esta unidad.

Pág. 262

1 No. Las plantas son sensibles a la luz, a la temperatura, a la humedad y a la gravedad, por ejemplo.

2 Las fitohormonas son sustancias sintetizadas por las plantas, que ejercen una acción reguladora sobre la expresión de determinados genes, modulando la acción de los factores externos sobre la planta.

3 Las plantas consideradas como control serían las intactas, las que no se cubren ni en el ápice ni a lo largo del tallo.

Pág. 264

4

| Fitohormonas | Lugares de formación |
|---|---|
| **Auxinas** | En los meristemos de las yemas apicales, en el embrión de las semillas y en las hojas jóvenes. |
| **Giberelinas** | En los meristemos apicales del tallo y de las raíces, en hojas jóvenes y en el embrión. |
| **Citoquininas** | En los meristemos apicales de las raíces, en las hojas en desarrollo y en el embrión joven. |

5 Mediante el alargamiento de las células recién formadas en los meristemos apicales e inhibiendo el desarrollo de yemas axilares o laterales.

6 Las auxinas inhiben el desarrollo de yemas laterales, haciendo crecer la planta en altura e impidiendo la formación de ramas. Las citoquininas realizan la acción antagónica: inhiben el desarrollo de la yema apical y estimulan el desarrollo de las yemas laterales.

7 Intervienen tres tipos de fitohormonas: las giberelinas estimulan la movilización de las reservas de la semilla, las citoquininas estimulan las divisiones celulares del embrión de las semillas, y las auxinas estimulan el alargamiento celular de las células recién formadas, provocando el alargamiento de la radícula y la plúmula y el desgarramiento de las cubiertas de la semilla.

8 Las citoquinas y las auxinas.

Pág. 265

**SABER HACER**

9 R. L. La relación con las fitohormonas consiste en que en el ápice de la planta se sintetizan las auxinas; al eliminar el ápice, se elimina el aporte de auxinas y, por tanto, deja de promoverse la dominancia apical: las plantitas no crecerán en longitud y, por contra, desarrollarán mucho los brotes laterales.

Pág. 267

10 Los tropismos son movimientos lentos debidos al crecimiento de la planta orientados a estímulos externos, que provocan deformaciones del tallo o de la raíz. Las nastias, por su parte, son movimientos pasajeros de alguna parte de la planta provocados por estímulos externos, pero estos no guardan relación con la dirección de los estímulos.

11 Los estímulos pueden ser debido a cambios de iluminación del día y la noche, o por el contacto o presión localizada en ciertos órganos.

Pág. 268

12 Que al ser plantas de día corto, si no tienen unas horas de oscuridad ininterrumpida, no florecerán.

Pág. 269

13 Puede depender de la duración del día y de la noche o de otros factores externos, como es el caso de la vernalización, fenómeno en el cual las plantas necesitan pasar por un periodo de temperaturas bajas para florecer posteriormente.

14 Se llama fitocromo y se localiza en las hojas.

15 La temperatura o los ritmos endógenos.

16 Son ciclos de movimientos de las plantas que no obedecen a factores externos, sino a un ritmo biológico interno. Para establecer dicho ritmo, sí que se necesita la influencia de los factores externos.

Son ejemplos de estos ciclos los movimientos de plegado y desplegado de las hojas en la mimosa o en la planta de la judía.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Si las plantas han permanecido previamente en condiciones de luz natural, al ponerlas en oscuridad 24 horas, las hojas se despliegan durante el día y se pliegan por la noche manteniendo el mismo ritmo que si se encontraran con iluminación natural.

Pág. 270

**17** Los mecanismos inespecíficos constituyen la primera línea de defensa y son de carácter pasivo y permanente, de manera que sirven contra cualquier clase de microorganismo. Son de carácter mecánico, como las gruesas cutículas, o de carácter químico, como algunas sustancias antimicrobianas almacenadas en las vacuolas de las células.

Los mecanismos específicos son la segunda línea de defensa activa; se trata de una resistencia inducida, lo que quiere decir que la presencia de un microorganismo patógeno inducirá un cambio en el metabolismo de la planta y la expresión de ciertos genes para la síntesis de sustancias antimicrobianas contra el tipo de microbio que ha producido el ataque a la planta, como las fitoalexinas.

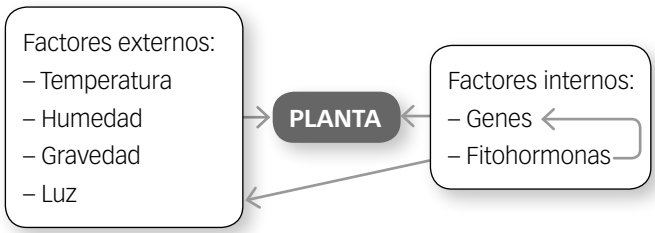
**18** La defensa indirecta es un mecanismo de defensa basado en una comunicación interespecífica, lo que quiere decir que la planta atraerá animales depredadores o parásitos específicos de los herbívoros invasores.

**19** Las fitoalexinas.

Pág. 271

**EN RESUMEN**

**20**




**21**

| Hormona | Función/funciones | Lugar de formación |
|---|---|---|
| **Etileno** | Promueve la maduración de los frutos y estimula la caída de hojas y flores senescentes. | Se produce en los tejidos de frutos durante su maduración. |
| **Citoquininas** | Inhiben el letargo de las semillas y la caída de las hojas, retrasando el envejecimiento de la planta. Estimulan las divisiones celulares en los meristemos e inducen el desarrollo de yemas laterales. | Se sintetizan en los meristemos apicales de las raíces, en las hojas en desarrollo y en el embrión joven. |
| **Giberelinas** | Incrementan la expansión y plasticidad de la pared celular, activan enzimas hidrolíticas en las paredes de las semillas estimulando la germinación, e inducen la floración. | En los meristemos apicales de las raíces y tallo, en hojas jóvenes y en el embrión. |
| **Auxinas** | Incrementan la plasticidad de la pared celular, promueven la dominancia apical, inducen la formación de raíces en los esquejes de tallos e inhiben la caída de hojas, flores y frutos. | En los meristemos de las yemas apicales, en el embrión de las semillas y en las hojas jóvenes. |
| **Ácido abscísico** | Inhibe el crecimiento de los tallos y favorece la dormición de las semillas, senescencia de las hojas y reposo estacional de las yemas en plantas leñosas. | Se produce en los tejidos de frutos durante su maduración y en las hojas y flores senescentes. |

**22** R. L.

**23** El fotoperiodo es la proporción entre las horas de luz y las horas de oscuridad de un día.

| Tipo de planta | De día largo | De día corto | De día neutro |
|---|---|---|---|
| **Condiciones para la floración** | Rebasar un mínimo de horas de luz, no superar un máximo de horas de oscuridad ininterrumpida | No superar un máximo de horas de luz, rebasar un mínimo de horas de oscuridad ininterrumpida | Indiferente |
| **Estación de floración** | Cuando el día se alarga: primavera-verano | Cuando el día se acorta: otoño-invierno | Indiferente |
| **Ejemplos** | Trigo, lechuga, trébol | Arroz, crisantemo, fresa | De origen tropical: maíz, tomate |

**24** Principalmente, la germinación de las semillas y la floración. También se verán afectados, de manera indirecta:

el crecimiento en longitud y grosor, los brotes de las yemas laterales, la maduración del fruto, la senescencia de los órganos...

**25**

| Mecanismos inespecíficos | Mecanismos específicos |
|---|---|
| Constitutivos estructurales: gruesas cutículas, ceras... Constitutivos químicos: metabolitos secundarios antimicrobianos en vacuolas o en la superficie de la planta. | Síntesis de fitoalexinas por el contacto de microorganismos con receptores específicos de las células. Resistencia sistémica adquirida: las lesiones de los tejidos infectados inducen la producción de sustancias volátiles, que inducen en el resto de la planta la producción de toxinas de defensa o el engrosamiento de las paredes celulares. |

Pág. 272

**PARA REPASAR**

**26** De los factores externos (temperatura, humedad, gravedad, duración, intensidad y dirección de la luz) y de los factores internos (genes y fitohormonas). Son los factores internos los que modulan la acción de los externos sobre la planta.

**27** Las fitohormonas son sustancias sintetizadas por las plantas, que estimulan o inhiben el crecimiento y la diferenciación celular de las distintas partes de la planta.

Se asemejan a las hormonas animales en el hecho de ser sintetizadas en unos lugares de la planta y actuar en otros a donde son transportadas, también en el hecho de que pueden actuar cooperativamente o de forma antagónica entre ellas. Se diferencian en que no son sintetizadas por órganos especializados (las glándulas endocrinas) ni guardan relación con un sistema nervioso, ni el mecanismo de transporte es rápido, pues las plantas carecen de un sistema circulatorio impulsado por un corazón.

**28** Porque las actividades que regulan tienen que ver con el desarrollo y crecimiento de la planta, y les faltan las características de rapidez en su difusión y relación con el sistema nervioso propios de las hormonas animales.

**29** **a)** Deja de crecer.
**b)** Se han difundido sustancias del ápice al agar; al colocar el agar sobre la planta, estas sustancias se difunden del agar al resto de la planta.
**c)** Las auxinas.

**30** **a)** Giberelinas.
**b)** Giberelinas y citoquininas.
**c)** Auxinas.
**d)** Etileno.
**e)** Ácido abscísico y etileno.

**31** **a)** Verdadero.
**b)** Falso.
**c)** Verdadero.
**d)** Falso.

**32** Mantienen el estado juvenil las giberelinas y las citoquininas. Causan el envejecimiento el etileno y el ácido abscísico.

**33** Los tropismos están ligados al crecimiento de la planta porque la planta crece hacia el estímulo que provoca el tropismo: los tallos crecen hacia la luz, las raíces crecen hacia el agua y las sales minerales, los tallos trepadores crecen hacia los puntos de apoyo físico, los tallos crecen en contra de la gravedad y las raíces a favor de la gravedad.

Las nastias se relacionan con el crecimiento solo de forma indirecta, pues las hojas y las flores se abren y cierran buscando las condiciones más favorables para el crecimiento de la planta.

Los movimientos de los tropismos están dirigidos hacia el estímulo que los provoca y producen un crecimiento en la planta, y los movimientos de las nastias son locales, sin provocar crecimiento, y no son dirigidos hacia el estímulo.

**34**

| Estímulo | Tipo de tropismo | Ejemplo |
|---|---|---|
| **Presión** | Tigmotropismo | Las plantas trepadoras crecen buscando puntos de apoyo. |
| **Gravedad** | Geotropismo | Los tallos crecen en contra de la gravedad y las raíces a favor de la gravedad. |
| **Sustancias químicas** | Quimiotropismo | Las raíces crecen hacia las sales minerales del suelo. |
| **Luz** | Fototropismo | Los tallos crecen hacia la luz. |
| **Agua** | Higrotropismo | Las raíces crecen hacia el agua del suelo. |

**35** Las auxinas, producidas en el ápice de la planta, descienden por gravedad y a su paso van alargando las células recién formadas. Pero se desnaturalizan con la luz. Si una planta es iluminada lateralmente, en el lado de la iluminación se desnaturalizan las auxinas y no se produce crecimiento en longitud, mientras que en el lado oscuro las auxinas alargan las células. El resultado es que un lado crece más que el otro y el tallo se dobla hacia el lado iluminado, que es el que no crece.

**36** Las nictinastias responden a diferencias de iluminación, por ejemplo, ciertas flores se abren de día y se cierran de noche (correhuela, cerraja...) o en ciertas plantas las hojas se despliegan de día y se pliegan de noche (mimosas, judías...).

Las sismonastias responden a contactos o presiones, por ejemplo, hay plantas carnívoras, como las venus

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

atrapamoscas, que se cierran cuando los insectos tocan unos pelos sensibles; las hojas de la mimosa también se cierran cuando se las toca.

Asimismo, se citan termonastias e hidronastias: hojas que se abren o cierran al elevarse la temperatura o al humedecerse la planta.

**37** El higrotropismo positivo facilita que las raíces de la planta encuentren agua para absorberla y el tigmotropismo facilita el crecimiento de las trepadoras, que de esta manera distribuirán mejor sus hojas para aprovechar la luz y realizar la fotosíntesis.

**38** El fotoperiodo es la proporción entre las horas de luz y las horas de oscuridad en el día. El principal proceso que depende de las horas de luz es la floración. Así, hay plantas de día corto que florecen cuando la planta detecta que el día se hace corto, y plantas de día largo que florecen cuando detectan que el día se hace largo.

**39** La vernalización es un estímulo para la floración: las plantas han de pasar por un periodo de bajas temperaturas para que se induzca la floración. La estratificación es un estímulo para la germinación de las semillas: las semillas han de pasar por un periodo de bajas temperaturas para que se induzca la germinación.

Necesitan vernalización algunas herbáceas como el trigo, la remolacha o la zanahoria, y algunas leñosas como el olivo, el manzano y el peral.

**40** Dependen de relojes biológicos internos que están relacionados con factores genéticos, aunque para establecerlos han intervenido los factores externos. Se llaman así porque los cambios que experimentan las plantas se repiten en ciclos de 24 horas: por ejemplo, el plegado y despliegue de las hojas de mimosa y de la planta de la judía.

**41** De forma indirecta, mediante mecanismos de comunicación: las plantas atacadas por un parásito sintetizan sustancias volátiles que atraen a depredadores del parásito, o que desencadenan en otras plantas de su especie la producción de toxinas contra el parásito.

De forma directa presentan las defensas físicas, como una gruesa cutícula, espinas o defensas químicas.

**42** a) 3; b) 4; c) 2; d) 1.

**43** **a)** Mecanismo de defensa físico contra herbívoros.

**b)** Mecanismos físicos, como las espinas o los tricomas; mecanismos químicos como la producción de sustancias amargas o tóxicas para el herbívoro; mecanismos de comunicación interespecíficos, atrayendo depredadores del parásito; mecanismos de comunicación intraespecífica, desencadenando defensas mecánicas o químicas en otras plantas de la misma especie.

**c)** Aislar la larva para que no se alimente de sus tejidos vivos.

**d)** R. L.

**44** **a)** Los animales que ingieran este aminoácido sintetizarán proteínas defectuosas, al introducir moléculas de canavanina donde correspondía introducir arginina. El animal padecerá una malnutrición y algunas de sus proteínas no serán funcionales.

**b)** Sí, sería un caso de defensa química contra los herbívoros.

Pág. 273

**PARA PROFUNDIZAR**

**45** **a)** En A se da la dominancia apical, que inhibe el desarrollo de la yemas laterales. En B se ha inhibido la dominancia apical y se desarrollan las yemas laterales.

**b)** La yema apical produce auxinas que van descendiendo por el tallo. Por donde pasan, inhiben el desarrollo de las yemas axilares o laterales. Como la concentración es más grande cerca del ápice de la planta, la inhibición es mayor en las yemas axilares superiores que en las inferiores.

**c)** Al cortar el meristemo apical de la planta, cesa la producción de auxinas, por lo que no se inhibe el crecimiento de las yemas axilares.

**d)** Intervienen las auxinas, que producen el alargamiento de las células recién formadas en el ápice e inhiben el desarrollo de las yemas axilares.

**46** **a)** No, a partir de una determinada concentración provocan incluso la inhibición del crecimiento.

**b)** No, para inducir el crecimiento de la raíz se precisa una concentración de $10^{-11}$ g/L, mientras que para inducir el crecimiento de los brotes se precisa $10^{-10}$ g/L, y para inducir el crecimiento de los tallos, $10^{-7}$ g/L.

**c)** A partir de $10^{-10}$ g/L de auxinas, ya comienza la inhibición del crecimiento de la raíz.

**d)** Con $10^{-5}$ g/L de auxinas.

**47** **a**) El fototropismo se debe a que la luz desnaturaliza las auxinas y se produce un crecimiento desigual que dobla el tallo hacia la luz. Si se cubre el ápice, que es el lugar donde se sintetizan las auxinas, ya no hay desnaturalización de las mismas y el tallo crecerá recto.

**b)** Sí, es lo que se deduce del experimento.

**c)** No, porque no se producirán auxinas, que son las responsables del crecimiento en longitud por elongación de las células recién formadas.

**d)** Le suministraría auxinas de forma regular hasta que regenere un meristemo apical.

**48** Auxinas, giberelinas y citoquininas cooperan en el proceso de germinación de la semilla: las auxinas alargan las células produciendo el crecimiento de la raicilla, las citoquininas y las giberelinas aumentan el ritmo de las mitosis, produciéndose nuevas células, y las giberelinas promueven el consumo de las reservas nutritivas de la semilla.

Auxinas y giberelinas cooperan en el crecimiento en longitud de la planta: las giberelinas producen más divisiones celulares en el meristemo apical y las auxinas producen el alargamiento de las nuevas células.

Auxinas y citoquininas cooperan en el mantenimiento de la juventud de la planta: las auxinas y las citoquininas

inhiben la caída de las hojas, flores y frutos, manteniendo los órganos jóvenes.

El etileno y el ácido abscísico cooperan favoreciendo la senescencia de hojas y frutos, y estimulando la caída natural de hojas, flores y frutos.

Un ejemplo de efectos antagónicos sería el hecho de que las auxinas estimulan el crecimiento apical de la planta e inhiben el desarrollo de las yemas laterales, mientras que las citoquininas estimulan el crecimiento de las yemas laterales e inhiben el crecimiento apical de la planta.

Otro ejemplo de acciones antagónicas sería que las auxinas estimulan la formación y crecimiento de las raíces laterales y las citoquininas inhiben la formación de las raíces laterales.

Las giberelinas y citoquininas mantienen la juventud de hojas y frutos, y el etileno y el ácido abscísico inducen su senescencia.

Las auxinas inhiben la caída de las hojas y el ácido abscísico la induce.

**49** Otros estímulos que provocan el movimiento de las plantas son la gravedad (geotropismo positivo de raíces, geotropismo negativo de tallos), humedad (higrotropismo de las raíces), sustancias químicas (quimiotropismo de las raíces hacia las sales minerales) y las presiones o contactos (tigmotropismo de las plantas trepadoras, sismonastias de la mimosa y las plantas carnívoras).

Aparte del movimiento, otro aspecto importante en el que interviene la luz es la floración de las plantas.

En las llamadas plantas de día largo, las plantas no florecen hasta que el día se alarga y alcanza un número mínimo de horas de luz, mientras que en las llamadas plantas de día corto, las plantas no florecen hasta que el día se acorta y no se rebasa un número máximo de horas de luz. Esto viene regulado por un pigmento llamado fitocromo, que se activa o inactiva al absorber la luz roja o la luz infrarroja.

**50** **a)** Las de día largo florecen al final de primavera y principio de verano, y las de día corto florecen al final del otoño y principio del invierno.

**b)** Cultivándola en un lugar cubierto para que no influya en ella las horas de luz.

**51** **a)** Sí que puede florecer.

**b)** No florecerá, porque se interrumpe el periodo de oscuridad.

**c)** No florecerá.

**52** **a)** A corresponde a las plantas de día corto: florece cuando hay menos horas de luz que de oscuridad, y no florece si se interrumpen las horas de oscuridad.

B corresponde a las plantas de día largo: florece cuando hay más horas de luz que de oscuridad y cuando se interrumpe el periodo de oscuridad.

**b)** Cultivándola en un lugar con iluminación artificial y sin interrupción del periodo de oscuridad.

**53** Tomando dos plantas de dichas características; una se cultiva iluminada con luz natural y la otra se cultiva en oscuridad. Se toma nota de las horas en que las dos plantas pliegan y despliegan sus hojas, y se comprueba que las dos realizan dichos movimientos a la misma hora, aproximadamente.

**54** «Ritmo circadiano» hace referencia a eventos que ocurren con una periodicidad de 24 horas, mientras que el término «reloj biológico» es más amplio y hace referencia a cualquier evento repetitivo que vuelve a suceder en un periodo de tiempo determinado, que puede ser diario, anual o de cualquier otro ritmo.

**55** **a)** Se desencadenaría un proceso de comunicación: la planta atacada sintetizaría moléculas volátiles que podrían:

– Atraer depredadores contra el herbívoro.

– Desencadenar en otras plantas de la misma especie la producción de sustancias químicas tóxicas o el endurecimiento de las paredes celulares para protegerse del herbívoro.

– Desencadenar estas mismas respuestas en otras partes de la misma planta.

**b)** Se podrían dar las siguientes respuestas:

– Síntesis de fitoalexinas contra el microorganismo invasor.

– Producción de sustancias volátiles que indujeran en otras partes de la planta, o en plantas vecinas de la misma especie, la producción de toxinas contra el microorganismo o el reforzamiento de las paredes celulares.

Pág. 275

**CIENCIA EN TU VIDA**

**56** Los frutos maduros producen etileno, que acelera la maduración de otros frutos.

**57** Las fitohormonas son sintetizadas naturalmente por las plantas, y los fitorreguladores son de síntesis química, en laboratorio, muchas veces modificando las sustancias naturales y que tienen efectos similares, en muchos casos potenciados, a los de las hormonas naturales.

**58** Porque los fitorreguladores penetran en los tejidos de las plantas y, por tanto, son ingeridos por los consumidores de frutas u hortalizas, con lo que hay que asegurarse que no tengan efectos adversos en los organismos animales. También los tratamientos con fitorreguladores pueden afectar a plantas vecinas a las tratadas y provocar en ellas efectos no deseados.

**59** Son sustancias de estructura química semejante a las fitohormonas y que producen efectos similares a la hormona natural.

**60** De forma resumida:

– Se usan los equivalentes a auxinas, giberelinas y citoquininas para conseguir frutos partenocárpicos, sin semillas.

– Se usa el *ethephon* (fitorregulador equivalente al etileno) para acelerar la maduración y coloración de las frutas cosechadas verdes y almacenadas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

– Se usan auxinas sintéticas como herbicidas de cultivos de cereales, pues solo eliminan plantas dicotiledóneas.
– Se usan también auxinas de síntesis para facilitar el enraizamiento de los esquejes de plantas leñosas.
– Se usan giberelinas de síntesis para acelerar la floración, la fructificación o la germinación de las semillas.
– Las auxinas y citoquininas de síntesis se usan para el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales.

**61** En los cultivos celulares se utilizan auxinas y citoquininas sintéticas. En estos cultivos, las auxinas activan la división celular, favorecen el enraizamiento y retrasan la senescencia; por su parte, las citoquininas multiplican los brotes y yemas axilares, retrasan la senescencia e influyen en el transporte de las auxinas.

**62** Se podrían usar, por ejemplo, ácido giberélico (giberelinas de síntesis) para aumentar la floración y la fructificación, y 2,4-D (auxinas de síntesis) para retrasar la senescencia de los frutos y que alcancen mayores tamaños sin caer.

**63** Aplicaciones de auxinas como herbicidas para mantener el césped; el uso de auxinas para enraizar esquejes de plantas leñosas; aplicaciones de giberelinas para aumentar la floración; el uso de auxinas para retrasar la senescencia de las flores, etc.

# UNIDAD 15. LA REPRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS


**Introducción y recursos** . . . . . **599**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 600
- Previsión de dificultades . . . . . 601
- Esquema conceptual . . . . . 601
- Te recomendamos . . . . . 602

**Enseñanza individualizada** . . . . . **603**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 604
    - Ficha 1. Aspectos formales para definiciones de términos y mecanismos de polinización . . . . . 604
    - Ficha 2. Completar dibujos esquemáticos mudos . . . . . 606
  - Trabaja con imágenes . . . . . 608
    - Ficha 3. Ciclos vitales de líquenes y musgos . . . . . 608
    - Ficha 4. Morfología de la flor y formación de gametofitos en angiospermas . . . . . 609
  - Trabajos de aula . . . . . 610
    - Ficha 5. Pruebas de la cooperación entre plantas y animales . . . . . 610
    - Ficha 6. Los ciclos reproductivos y su dotación genética . . . . . 611
    - Ficha 7. Ciclos biológicos haploides de los diferentes tipos de planta . . . 612
    - Ficha 8. ¿Por qué van ganando las angiospermas? . . . . . 614
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 616
    - Ficha 9. ¡Al rico polen! . . . . . 616
    - Ficha 10. Mayo, el mes de las flores (y junio, y septiembre, y…) . . . . . 617

**Recursos para la evaluación** . . . . . **619**

- Autoevaluación . . . . . 621
- Evaluación de contenidos . . . . . 622
  - Controles . . . . . 622
    - Control B . . . . . 622
    - Control A . . . . . 624
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 626
- Evaluación por competencias . . . . . 630
  - Prueba . . . . . 630
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 632

**Solucionario** . . . . . **633**

# Introducción y recursos

# LA REPRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

En esta unidad desarrollamos la tercera función de las plantas, la reproducción. Comenzamos con la reproducción asexual, diferenciando la propiamente dicha de la vegetativa. Presentamos los principales órganos de reproducción en cormofitas, así como las técnicas de multiplicación artificial.

A continuación, planteamos las características generales de la reproducción sexual en plantas definiendo el ciclo diplohaplonte que las caracteriza y que estudiamos con cierto detalle en los musgos, los helechos y las gimnospermas. Analizamos el desarrollo del gametofito y del esporofito en cada ciclo y planteamos la tendencia evolutiva de reducción de aquel y desarrollo de este. La mayor complejidad de las angiospermas nos obliga a descomponer el ciclo en varias partes: estudio de la flor, polinización, la formación de los gametofitos, la doble fecundación y la formación de la semilla y el fruto.

A continuación, planteamos el análisis de la dispersión de semillas y frutos clasificándola en función del agente que los vehicula, para terminar el bloque teórico con un breve estudio de la germinación en función de la geolocalización del cotiledón. Nos referimos también a algunos factores que influyen en la germinación, como el estado de la semilla, la influencia de hormonas vegetales, la temperatura y la presencia de agua y oxígeno…

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Reproducción asexual y sexual en las plantas.<br>• El ciclo de vida de las briofitas.<br>• El ciclo de vida de las pteridofitas.<br>• Características y ciclo de vida de las gimnospermas.<br>• Órganos sexuales y reproducción de las angiospermas. |
| SABER HACER | • Distinguir técnicas de multiplicación artificial de plantas. |
| SABER SER | • Reconocer la importancia de conservar la biodiversidad vegetal en los bancos de semillas.<br>• Valorar la intervención humana en la reproducción de las plantas para la mejora de los cultivos. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

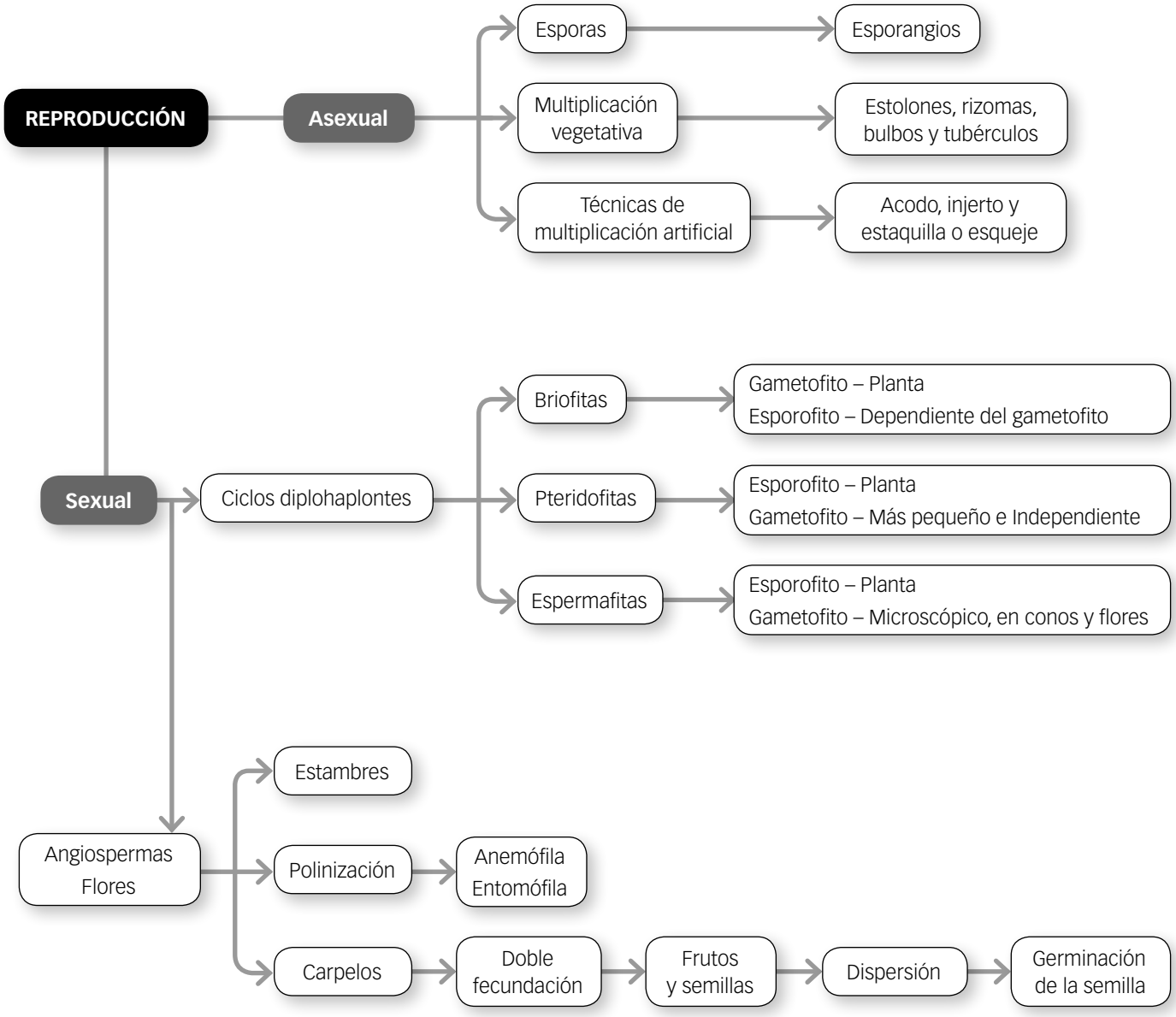
Esta unidad, que ha sido ya estudiada en una primera aproximación en etapas previas, no presenta dificultades serias salvo la complicación terminológica y la complejidad de los ciclos biológicos.

Para salvar la primera es conveniente trabajar en glosarios y vocabulario que relacionen aspectos conocidos de la biología de las plantas con los términos «división reduccional», «ciclo diplohaplonte», «esporofito», «gametofito», etc.

La complejidad de los ciclos pasa porque el alumnado tenga claro qué partes del ciclo corresponden a lo que nosotros podemos ver y tocar. Así, puede observarse a simple vista y en la lupa binocular un musgo con esporofito y gametofito. Debe acostumbrarse a identificar como esporofitos las partes más visibles de las plantas y árboles. A ser posible debería seguirse algún ciclo biológico de alguna angiosperma de ciclo rápido (se venden estas plantas en comercios especializados). El cultivo de esporas de helecho también nos permite llegar con relativa facilidad al desarrollo de prótalos (gametofitos).

Además de las observaciones de campo y de las prácticas de laboratorio, suelen ser muy útiles para estudiar los ciclos los grandes carteles murales y las animaciones. Por último, hay que recordar que la germinación de algunas semillas como las de lentejas, garbanzos y judías se encuentran entre las actividades de laboratorio más sencillas, más inocuas y más provechosas para iniciarse en el método experimental.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Proyecto Biosfera**
Página oficial del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Posibilidades de seleccionar diferentes unidades del currículum de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *1.º bachillerato proyecto biosfera.*

**Photographic Atlas of Plant Anatomy**
Página en la que tres profesores de anatomía de las plantas ponen a disposición de otros profesores y estudiantes todas las imágenes de sus trabajos, apoyada por la Universidad de Wisconsin.
Palabras clave: *photographic atlas plant anatomy.*

**SINC. La ciencia es noticia**
Página web con todo tipo de noticias sobre ciencia, tecnología, biomedicina, salud, etc. Tiene un apartado dedicado a las Ciencias Naturales.
Palabras clave: *SINC ciencia noticia.*

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**Arbolapp.** App del CSIC que es una guía para la identificación de árboles silvestres de la península ibérica y las Islas Baleares.

**Guía de árboles.** De características similares a la anterior. Está diseñada especialmente para Cataluña, Valencia y las Islas Baleares, que obviamente comparten un elevado porcentaje de la flora arbórea.

## LIBROS Y REVISTAS

***Introducción a la botánica***
**Murray W. Nabors.** Addison Wesley, 2005.
Es un interesante y ameno libro de botánica que trata de destacar la importancia de las plantas tanto para las personas como para el conjunto de la biosfera. Cada capítulo comienza con una historia motivadora sobre el tema y termina con un completo resumen, cuestiones de repaso, para reflexionar y debatir.

***Vida. La Ciencia de la Biología***
**W. K. Purves, D. Sadava, G.H. Orians y H.C. Heller.**
Editorial Médica Panamericana, 2009.
Es un libro de biología que recoge todo lo esencial y al mismo tiempo los últimos conocimientos, incluido lo referente al genoma humano, expuestos con una gran claridad. Trata de despertar el interés del alumno por esta ciencia y por la investigación.

***Biología***
**Curtis, Barnes, Schnek, Massarini.** Editorial Médica Panamericana, 2008.
Libro que continúa la ya larga tradición de Curtis, muy bien presentado. Con recursos para el profesor y el alumno. Esquemas de una claridad excepcional con textos que iluminan las ilustraciones. Muchas figuras son mixtas, fotografía e ilustración, lo que contribuye a aclarar, por ejemplo la estructura celular. El texto lleva intercaladas con precisión las llamadas que referencian las figuras.

**«Los recursos de las plantas».**
*Investigación y Ciencia.* Temas clave n.º 14, octubre 1998.
Trata diversos aspectos de la reproducción de las plantas: polinización, dispersión de las semillas, etc.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***La vida privada de las plantas.*** David Attenborough. BBC, 1995.
El conocido científico y divulgador naturalista Attenborough ha realizado numerosos documentales sobre la naturaleza. En esta serie de la BBC, al igual que en el libro del mismo nombre, describe los retos a los que se enfrentan las plantas en todo el planeta: florecer, convivir, crecer, la lucha social y sobrevivir.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

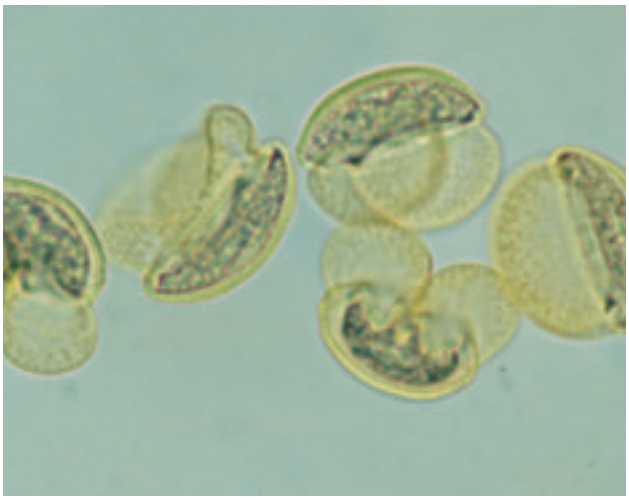
# Enseñanza individualizada

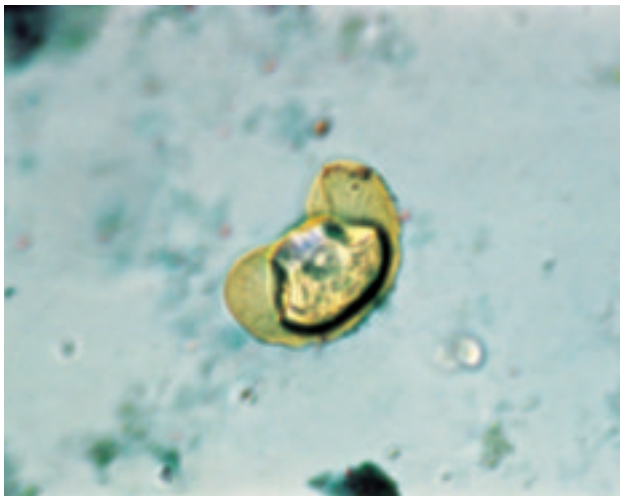
*Prácticas*

*Profundización*

# Aspectos formales para definiciones de términos y mecanismos de polinización

Observa con detenimiento las siguientes imágenes. Corresponden a unas preparaciones microscópicas de granos de polen de una especie vegetal. Contesta a las preguntas que se plantean a continuación.





a) Define los siguientes conceptos: estambres, gametofito masculino, grano de polen y núcleos espermáticos.

b) Deduce y explica el tipo de polinización que se llevaría a cabo según el agente de transporte en esta especie o grupo vegetal.

Todas las cuestiones que aquí se plantean están referidas a la reproducción en plantas. En la primera cuestión debes dar las definiciones de una serie de términos que de alguna forma están relacionados con los granos de polen. La segunda cuestión requiere que conozcas los mecanismos fundamentales de la polinización en plantas y argumentar tu deducción en función de lo que se observe en las imágenes, relacionándolo con el tipo de polinización.

**a)** Para cualquier definición que debas escribir, es conveniente que no presupongas que el lector o corrector tiene información previa sobre esa pregunta y, por tanto, creas que no es necesario explicar. Te ayudará imaginar que el lector no conoce nada sobre el término que vas a definir, con lo que debes situar perfectamente en el contexto dicho término. Empieza con características muy generales para pasar a describir detalles más específicos y concretos. Conviene que, en la medida de lo posible, termines la definición apoyándote en un ejemplo.

Así pues, podrías definir **estambre** como el conjunto de verticilos fértiles formado por hojas modificadas que representa el androceo o parte reproductora masculina de una flor. Este término se asimila al de microsporófilo. Se distinguen dos partes en un estambre tipo: el filamento o parte más o menos delgada y un ensanchamiento llamado antera. La antera consta de dos tecas que se encuentran separadas por un surco. Cada una de las tecas posee dos sacos polínicos que serían los microsporangios, en cuyo interior se producen los granos de polen (microsporas). A continuación, deberías hacer lo mismo con cada una de las definiciones.

**b)** Recuerda que la polinización consiste en la transferencia de granos de polen desde la zona de producción hasta alcanzar el gineceo. Debes conocer que hay dos tipos de polinización según el agente que transporta los granos de polen:

- Anemófila: la polinización es realizada por el viento. Característica de gimnospermas y de plantas gramíneas.
- Entomófila: la polinización es realizada por los insectos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

La respuesta de la segunda pregunta consiste en justificar, a través de lo que veas en las imágenes, cuál de los dos tipos de polinización se lleva a cabo. En las microfotografías de los granos de polen se observa una estructura especial; los granos tienen unas vesículas llamadas flotadores, en número de dos, que les permiten mantenerse en el seno del aire suspendidos mientras que son transportados a larga distancia. Por tanto, el tipo de polinización es anemófila. Los granos que se transportan con el aire suelen ser ligeros, de pequeño tamaño y con flotadores. Además, para garantizar un mayor éxito en la fecundación, la planta invierte mucha materia y energía en producir un gran número de granos de polen. Este tipo de polen es muy común en gimnospermas.

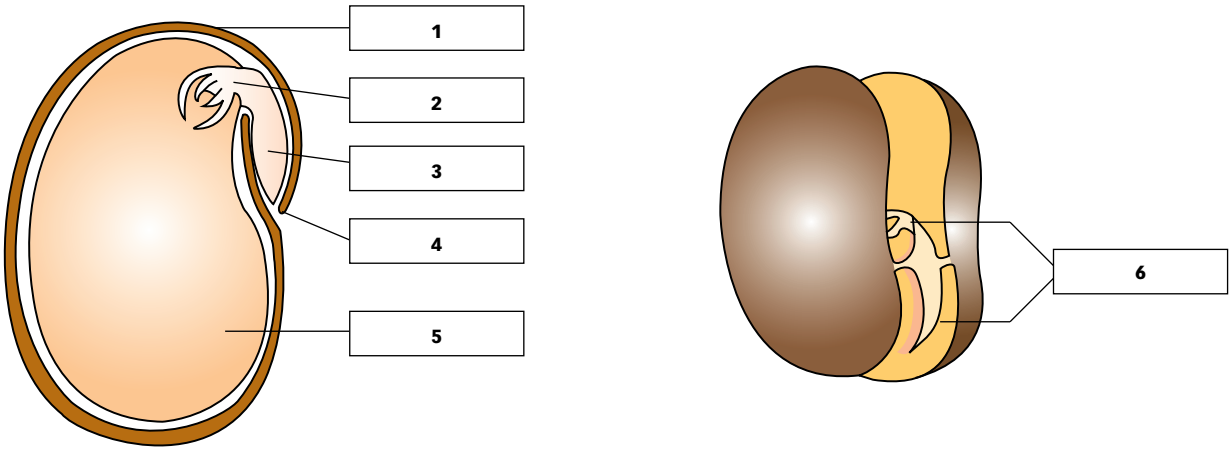
## PRACTICA

**1** Correlaciona el tipo de polinización y las características del polen de las gramíneas con los casos de alergia en la población.

**2** Muchas plantas forman granos de polen con superficie rugosa y adhesiva porque son impregnados por aceites elaborados por las plantas. Razona y justifica estas características de los granos de polen y relaciónalas con el tipo de polinización de las plantas que lo producen.

# Completar dibujos esquemáticos mudos

Observa los siguientes dibujos de dos vistas distintas de una misma semilla y contesta a las preguntas que se formulan a continuación.

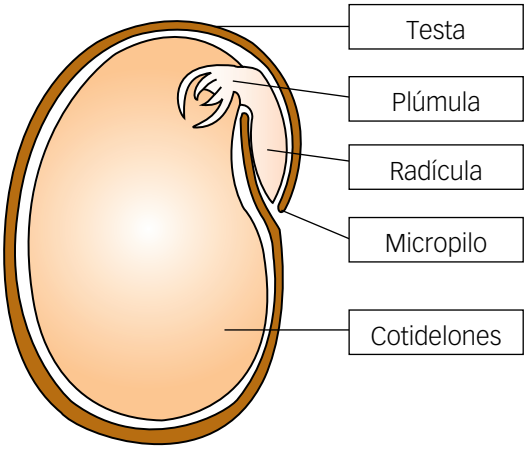



a) Rotula cada una de las partes que se indican en los dibujos esquemáticos de la semilla.

b) Atendiendo a las estructuras que se observan, ¿qué tipo de planta angiosperma será?

**a)** Para conocer la morfología de la organización del cuerpo, o de una parte del mismo, de un ser vivo es muy frecuente usar dibujos esquemáticos en los que se indica el nombre de la parte señalada.

En este caso es necesario que conozcas bien qué es una semilla y las partes que la forman para poder indicar el nombre de las estructuras señaladas. Recuerda que debes distinguir la cubierta o testa, el embrión (con las correspondientes partes: radícula, plúmula e hipocótilo) y el endospermo (a veces en el interior de los cotiledones). El nombre de las estructuras son, en la imagen de la izquierda y de arriba abajo: testa, plúmula, radícula, micropilo y cotiledones. En el dibujo de la derecha se señalan distintas partes de una estructura común, que es el embrión de la semilla.

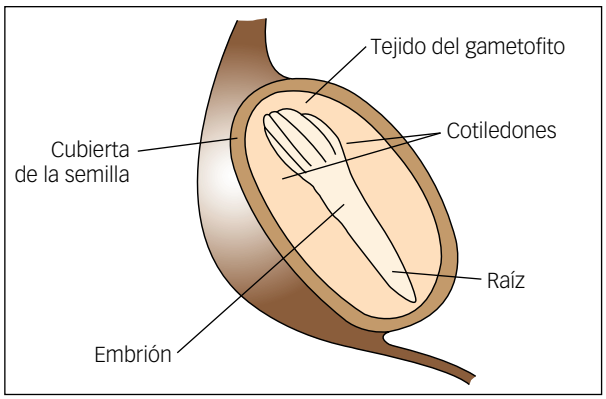



**b)** Fíjate en esas dos estructuras que forman la mayor parte de la raíz. Son de igual tamaño y contienen el material triploide llamado albumen o endospermo. Se trata de los cotiledones que, al ser dos, indica que se refiere al grupo de las plantas angiospermas llamadas dicotiledóneas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## PRACTICA

**1** Observa la siguiente imagen sobre una semilla.
Mira detenidamente las partes que se indican en el dibujo esquemático y contesta.




a) ¿A qué grupo de plantas podría pertenecer? ¿En qué te has fijado para deducirlo?

b) ¿Dónde crees que puede encontrarse situado el endospermo? Define este término.

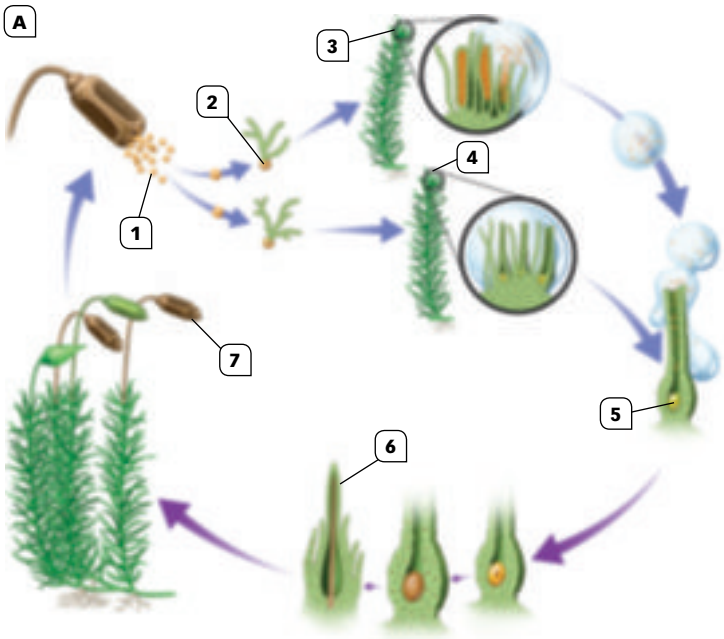
**2** En la tabla siguiente se expresan la reservas alimenticias que aparecen en las semillas de algunas plantas y el lugar donde se encuentran.

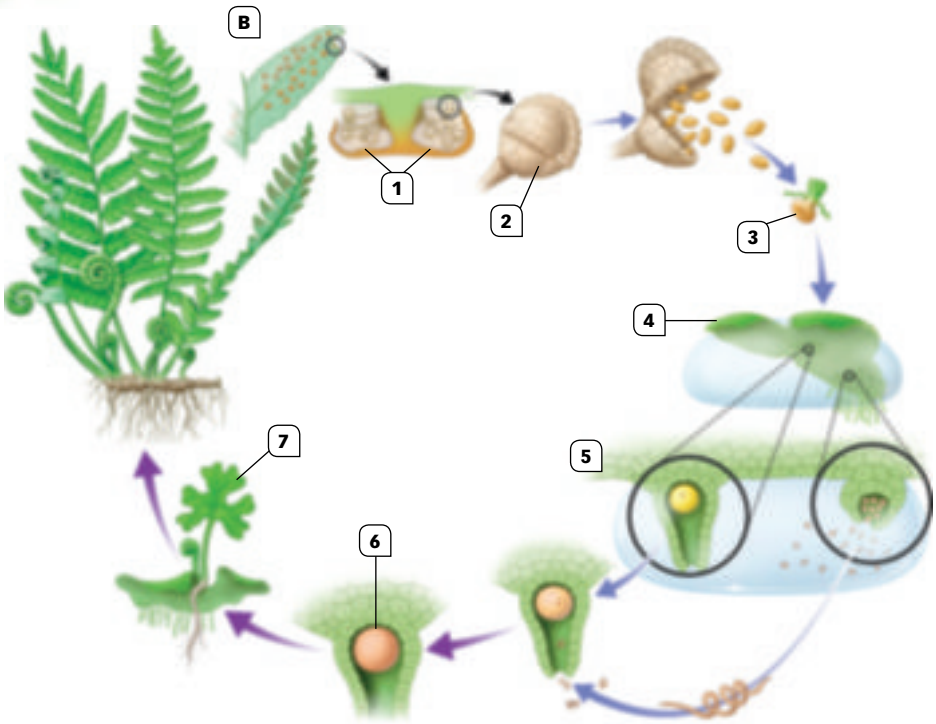
a) ¿Por qué en algunas semillas el órgano de almacenamiento es el endospermo y en otras es el cotiledón?

b) Observa la composición de las sustancias de reserva. ¿Cuáles de las semillas contienen más glúcidos? ¿Y más lípidos? Elabora un listado de productos que se obtienen tras el tratamiento industrial de las semillas que aparecen en la tabla.

| Especies | Composición promedio (% en seco) | | | Principal órgano de almacenamiento |
|---|---|---|---|---|
| | Proteínas | Lípidos | Glúcidos | |
| Maíz (*Zea mays*) | 12 | 9 | 70 | Endospermo |
| Trigo (*Triticum aestivum*) | 12 | 2 | 75 | Endospermo |
| Haba (*Vicia faba*) | 23 | 1 | 56 | Cotiledón |
| Lenteja (*Lens culinaris*) | 24 | 6 | 56 | Cotiledón |
| Ricino (*Ricinus communis*) | 18 | 64 | Trazas | Endospermo |

# Ciclos vitales de líquenes y musgos




## ACTIVIDADES

**1** Completa con nombres los números de cada una de las figuras.

**2** Explica qué representan los dibujos superiores.

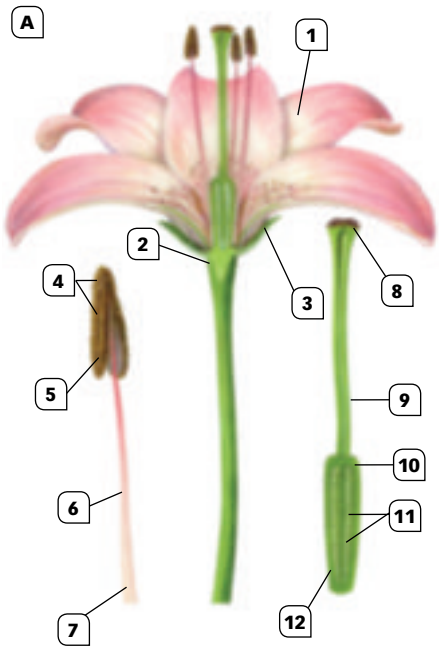
**3** ¿Qué es un ciclo diplohaplonte? Identifica en cada una de las figuras la parte haploide y la parte diploide.

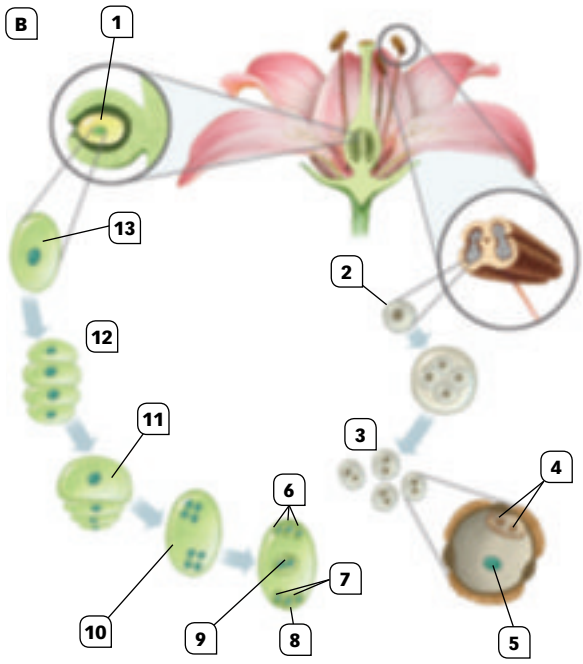
**4** ¿Cómo se llaman las plantas haploide y diploide de cada ciclo? Identifica en qué momento del ciclo se produce la reducción cromosómica o meiosis.

**5** ¿Qué tamaño relativo tienen el esporofito y el gametofito en cada uno de los dos ciclos?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Morfología de la flor y formación de gametofitos en angiospermas




## ACTIVIDADES

**1** Completa las figuras poniendo nombre a las estructuras que se numeran.

**2** ¿Qué representan las figuras?

**3** Describe el proceso esquematizado en la segunda figura. ¿En qué consiste la doble fecundación?

**4** ¿Qué tamaño tienen los gametofitos de las angiospermas? ¿Se pueden ver a simple vista?

**5** Indica en qué momento del ciclo esquematizado se produce la reducción cromosómica.

**6** ¿Cuántos núcleos tiene cada uno de los gametofitos?

**7** Compara el tamaño del gametofito de una angiosperma con los de una gimnosperma, un helecho y un musgo. ¿Puedes deducir alguna tendencia respecto al tamaño?

# Pruebas de la cooperación entre plantas y animales

En el reino vegetal encontramos muchos ejemplos de plantas que tienen mecanismos de reproducción o de dispersión que requieren la cooperación de los animales del entorno. En ocasiones, estos mecanismos son tan complejos que llevan a relaciones muy específicas, como los casos de las plantas que solo pueden ser polinizadas por una especie concreta de insecto.

En la flora ibérica un ejemplo muy llamativo es el de las orquídeas del género *Ophrys*. Se trata de plantas con una flor pequeña pero muy vistosa, cuya forma imita a la perfección el aspecto de la hembra de una determinada especie de insecto. El macho de esa especie acude al reclamo (que la planta complementa con la producción de una sustancia de olor casi idéntico al de la hembra), e intenta copular con la flor. Como resultado, normalmente se lleva adherido al cuerpo el polen de la flor. El insecto no descubre el engaño y vuelve a intentar aparearse con otras flores similares que se encuentran en las cercanías: así se consigue la polinización de estas.

**Flor de una orquídea del género *Ophrys*.** La flor de estas plantas es apiforme (imita la forma de una abeja).

Existen otros muchos ejemplos de plantas que buscan la colaboración de los animales para la dispersión de los frutos. De hecho, si los frutos de muchas plantas son dulces es porque constituyen un reclamo para los animales. Algunos de estos frutos contienen una semilla envuelta en un endocarpio grueso y duro, que supone una magnífica protección pero también un inconveniente, pues dificulta la germinación. Este problema se resuelve gracias a la participación de los animales: muchos de ellos mastican el fruto y, con sus dientes, debilitan algunas zonas del endocarpio, facilitando así que este se rompa cuando la semilla germine. En otros casos, los animales ingieren el fruto entero. Las semillas que contiene el fruto resisten la digestión y salen al exterior con los excrementos del animal. Gracias al ataque de los jugos digestivos, el endocarpio se ablanda. Y, además, la nueva planta dispone de un abono natural que la ayudará a crecer cuando sus reservas nutritivas se agoten.

## ACTIVIDADES

**1** Entre las orquídeas del género *Ophrys* hay dos cuyas denominaciones son *Ophrys apifera* (que lleva abejas) y *Ophrys insectifera* (que lleva insectos), porque uno de sus pétalos, el labelo, imita el abdomen de las abejas y de otros insectos, respectivamente. Explica qué ventaja evolutiva supone esta adaptación.

**2** El muérdago es una planta parásita que crece sobre los árboles. ¿Cómo llegan hasta allí sus semillas? Pista: a los córvidos les encantan los frutos del muérdago.

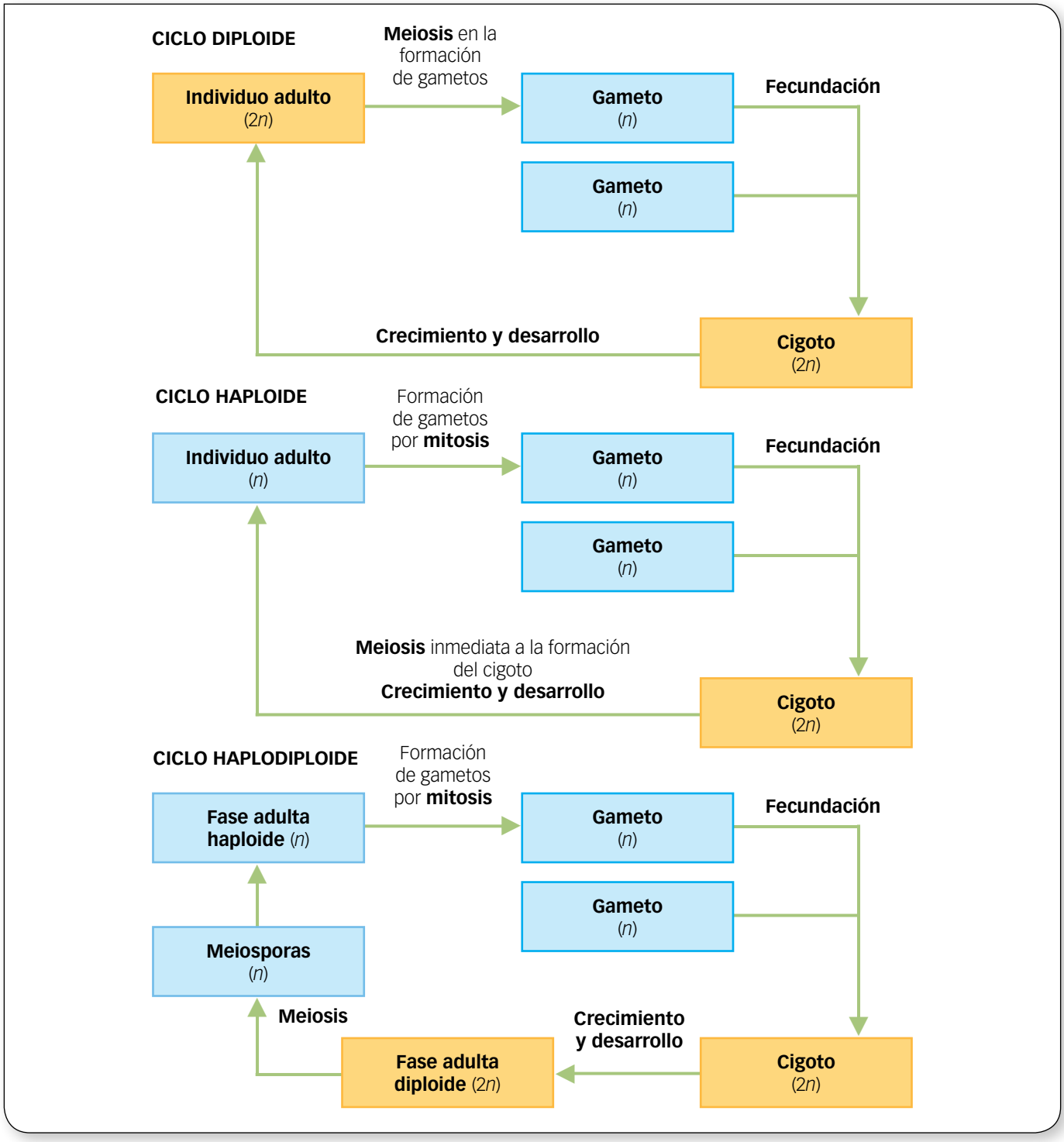
**3** Numerosos frutos están recubiertos por estructuras en forma de ganchos. ¿Qué finalidad tienen? ¿Qué animales, que viven en rebaños y tienen abundante lana, tienen que ver con este tipo de frutos? ¿Cuál es la relación?

**4** Para hacer germinar algunas semillas los investigadores las someten a condiciones químicas semejantes a las que reinan en el tubo digestivo de las aves. ¿Por qué hacen eso?

**5** Muchas veces, después de una excursión campestre, tenemos que limpiar de semillas y frutos silvestres la ropa que llevábamos puesta. ¿Es una casualidad fastidiosa o estamos colaborando en algún proceso natural? Explícalo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Los ciclos reproductivos y su dotación genética



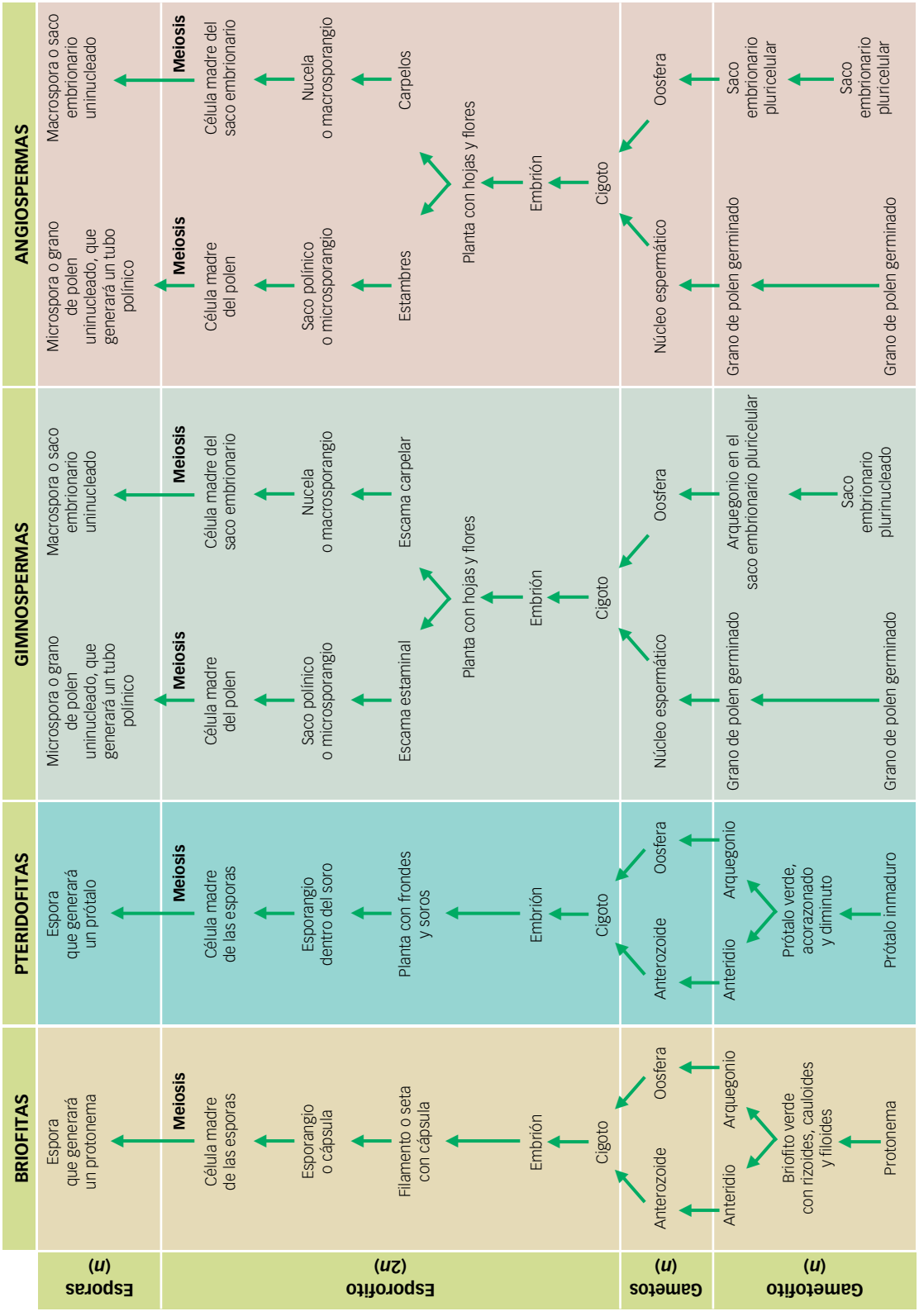

## ACTIVIDADES

**1** ¿En qué momento se realiza la meiosis en cada uno de los ciclos vitales representados?

**2** Indica cuántos cromosomas tienen los gametos, el zigoto y los individuos adultos en cada ciclo.

**3** De los siguientes organismos indica qué tipo de ciclo poseen: el ser humano, león, dinosaurio, peral, manzano, pino, alga *Chlamydomonas*, helecho, musgo, gato y alga *Ulothrix*.

# Ciclos biológicos haploides de los diferentes tipos de plantas



## ACTIVIDADES

**1** Compara el tamaño relativo del gametofito y el esporofito en los cuatro ciclos representados, y deduce, si fuera el caso, alguna tendencia evolutiva.

**2** Compara las estructuras de angiospermas y gimnospermas. ¿Tienen flores los pinos? ¿Cuál es su órgano equivalente?

**3** En todos estos ciclos el gametofito está físicamente unido al esporofito, excepto en uno de ellos y en una fase. ¿A qué planta nos referimos? ¿Y en los otros casos, quién depende de quién?

# ¿Por qué van ganando las angiospermas?

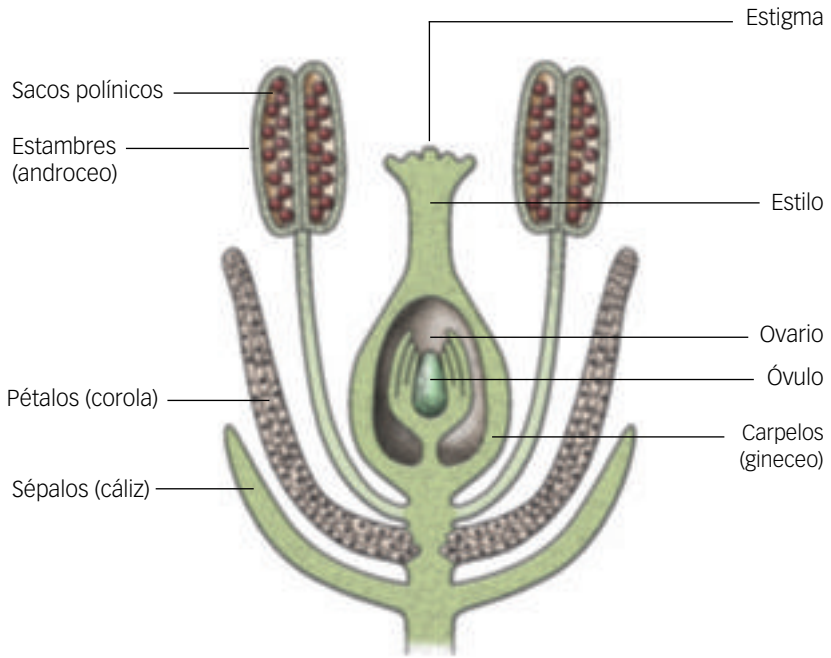
Algunas diferencias de las flores de las angiospermas respecto a las gimnospermas son:

- Los estambres son filamentosos y acaban en una estructura globosa, la antera, que presenta dos sacos polínicos que contienen los granos de polen.
- Generalmente poseen una serie de hojas especiales, los pétalos, que en su base segregan una sustancia azucarada, el néctar, que, al igual que el polen, es un alimento para los insectos, y que poseen colores vistosos y sustancias olorosas para ser fácilmente detectables, lo que favorece la polinización. Bajo los pétalos hay unas hojas especiales llamadas sépalos.

  El conjunto de pétalos se denomina corola y el conjunto de sépalos se llama cáliz.

Aunque la mayoría de las angiospermas tienen pétalos vistosos, también hay angiospermas que carecen de pétalos y tienen sus flores agrupadas en inflorescencias muy poco vistosas, por lo que parece que son plantas sin flores. Por ejemplo, las hayas, los robles, las encinas, los castaños y las gramíneas. En cuanto a la polinización, no siempre es por insectos, hay también angiospermas con polinización por el viento, como las gramíneas. Por ello, sus flores no tienen ni colores vistosos ni néctar ni desprenden sustancias olorosas.

En la actualidad, las angiospermas constituyen los 2/3 de todas las especies de plantas. Se dividen en **dicotiledóneas** y **monocotiledóneas**. Estas últimas son las más recientes y presentan la tercera parte de especies (65 000) que las dicotiledóneas (170 000), de las que proceden por fusión de los dos cotiledones.




**La flor de las angiospermas**
En las angiospermas, la flor es una estructura muy compleja formada por varios verticilos de hojas transformadas, de los cuales solo dos (androceo y gineceo) tienen función reproductora.

El predominio de las angiospermas sobre las gimnospermas se debe a los siguientes factores:

- La polinización realizada por los insectos es más eficaz que a través del aire. Esta implica una mayor producción de polen para asegurar que llegue algún grano a las demás flores.
- La fecundación es mucho más rápida y no necesita un año como en los pinos.
- La dispersión de las semillas encerradas en frutos es mejor que la de semillas desnudas, ya que utiliza medios mucho más diversos: hay animales que se comen los frutos y dispersan las semillas en sus deyecciones, frutos como el coco que flotan, frutos con ganchos que se enredan en el pelo o plumas de los animales, etc. Hay que resaltar que, si la dispersión de las semillas no es buena, existe el peligro de que las nuevas plantas queden bajo la sombra de su progenitor y no tengan luz suficiente para poder vivir.
- La germinación de las semillas también es mucho más rápida. Por ejemplo, hay angiospermas, como las plantas de alta montaña, que han de aprovechar el poco tiempo que hay sin nieve. Mientras germina la semilla, se forma la planta, florece y se forman nuevas semillas, y solo pasan seis semanas frente a los diez años que puede precisar un pino de alta montaña.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ACTIVIDADES

**1** Cuando comparamos el ciclo de las diversas plantas terrestres siempre sorprende lo complicado que se va haciendo a medida que analizamos los diferentes grupos, desde las briofitas hasta las angiospermas. El éxito biológico también aumenta de un grupo a otro. ¿Tienen alguna relación ambos fenómenos? Explícalo.

**2** Analiza por qué puede ser ventajosa la polinización por insectos de numerosas angiospermas frente a la polinización por el viento de los gimnospermas.

**3** ¿Qué semillas germinan más rápido, las de las angiospermas o las de las gimnospermas? ¿Se te ocurre alguna explicación?

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## ¡Al rico polen!

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga la biodiversidad del proceso de polinización zoófila.

**Otras investigaciones sugeridas**

¿Qué es la polinización zoófila? Estrategias florales para atraer a los polinizadores: aromas, temperatura, diseños y colores. Polinización entomófila: polinización de orquídeas, polinización de dragoncillos por abejas. Polinización por animales: el caso del colibrí y los murciélagos.

**Fuentes de la investigación**

- X. Ferrer, A. de Sostoa. «Polinización del colibrí». *Investigación y Ciencia*. Marzo, 1996
- *La vida privada de las plantas*. D. Attenborough. Editorial Planeta, 1995.

**Realización.** Dos equipos de 5 estudiantes para los carteles. Otro para dirigir y coordinar las tertulias.

**Duración de la elaboración.** 2 semanas.

**Presentación.** Exposición con carteles en gran formato y tertulias explicativas.

### TEN EN CUENTA QUE

Algunas orquídeas presentan una curiosa adaptación que favorece la polinización por insectos: una de sus piezas florales imita exactamente el abdomen de un insecto hembra lo que hace que los machos se lancen sobre la flor movidos por el instinto reproductor.

Los dragoncillos, plantas del género *Antirrhinum*, presentan una flor tan hermética que solo las abejas pueden penetrar en ella cuando van en busca del néctar que guardan en el fondo de la corola. Con el roce y el forcejeo se impregnan de polen, que transportarán a otra flor de dragoncillo.

Los murciélagos polinizan muchas plantas, como los plátanos, mangos y guayabas, y en general aquellas plantas que abren sus pétalos durante la noche.

La voracidad de estos animales los convierte en eficaces agentes de polinización.

### LO QUE DEBES SABER

- **Polinización zoófila:** es aquella que se lleva a cabo por animales. Si son insectos, se habla de polinización **entomófila**. Si son murciélagos, diremos polinización **quiropterófila**. Si son aves, polinización **ornitófila**.
- **Balizas:** señales que orientan un movimiento como las líneas de las carreteras para los coches o las de las flores para los insectos.
- **Néctar:** líquido de gran atractivo organoléptico (gustativo) para los polinizadores que fabrican las flores y que suele acumularse en el fondo de la corola o en órganos especiales denominados **nectarios**.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Mayo, el mes de las flores (y junio, y septiembre, y…)

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga cómo se produce la floración.

**Otras investigaciones sugeridas**

¿Qué entendemos por floración? Factores ambientales que cambian con regularidad: luz del día (fotoperiodo) y temperatura. Detección de los cambios ambientales. Estímulo floral y meristemo floral. Hormona de la floración/genética de la floración. Duración de la floración.

**Fuentes de la investigación**

- «Bases moleculares de la floración». *Investigación y Ciencia*. Varios autores. Mayo, 2011.
- «Floración. ¿Cuándo?» *Investigación y Ciencia*. Varios autores, 2004.
- *La vida privada de las plantas*. David Attenborough. Editorial Planeta, 1995

**Realización.** Dos equipos de 5 estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 2 semanas.

**Presentación.** Exposición de fotografías de plantas con sus periodos de floración.

### TEN EN CUENTA QUE

La prímula (*Primula vera*) es una planta herbácea que florece en la primavera temprana o incluso un poco antes, anunciándola. De ahí deriva su nombre, la primera de las plantas en florecer.

El romero (*Rosmarinus officinalis*) es una planta leñosa cuya floración se extiende desde la primavera hasta el invierno. La coloración de las flores varía según la acidez del suelo, de blanca a azulada.

La petorrera (*Erica multiflora*) es un arbusto leñoso del grupo de los brezos, que florece en los bosques mediterráneos durante el otoño y se mantiene florido hasta finales de enero.

### LO QUE DEBES SABER

- **Floración:** proceso complejo que da lugar a la formación de flores.
- **Fotoperiodo:** duración del periodo de luz en un día.
- **Giberelinas:** hormonas implicadas en el proceso de floración.
- **Meristemos:** tejido cuyas células son capaces de dividirse y dar lugar a otros tejidos.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 15 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Las plantas terrestres presentan ciclos:

- ☐ **a.** Haplontes.
- ☐ **b.** Diplontes.
- ☐ **c.** Diplohaplontes.
- ☐ **d.** Triplontes.

**2** La reproducción asexual de las plantas se puede realizar por:

- ☐ **a.** Esporas.
- ☐ **b.** Multiplicación vegetativa.
- ☐ **c.** Mediante técnicas de multiplicación artificial como el injerto, la estaca o el acodo.
- ☐ **d.** Las tres anteriores son ciertas.

**3** El esporofito de las plantas terrestres:

- ☐ **a.** Es una planta diploide que se reproduce por esporas.
- ☐ **b.** Es una planta haploide que se reproduce por esporas.
- ☐ **c.** Es siempre mayor e independiente del gametofito.
- ☐ **d.** Es siempre menor y depende del gametofito.

**4** El protonema es:

- ☐ **a.** Una estructura filamentosa que se forma a partir del cigoto.
- ☐ **b.** Una estructura filamentosa que da lugar al gametofito de los musgos.
- ☐ **c.** El gametofito de los musgos.
- ☐ **d.** Una plantita que se reproduce mediante gametos.

**5** El prótalo es:

- ☐ **a.** El gametofito de los helechos, que es independiente del esporofito.
- ☐ **b.** Una estructura filamentosa que se reproduce por esporas.
- ☐ **c.** Una hoja formada por muchos foliolos.
- ☐ **d.** Una masa de células a partir de la que se puede formar un nuevo individuo.

**6** Los anteridios y arquegonios son:

- ☐ **a.** Los gametos de las briofitas y pteridofitas.
- ☐ **b.** Los gametos de las gimnospermas.
- ☐ **c.** Los gametangios de las briofitas y pteridofitas.
- ☐ **d.** Los órganos reproductores de las angiospermas.

**7** La polinización anemófila:

- ☐ **a.** Se realiza por el viento.
- ☐ **b.** Se lleva a cabo por los insectos.
- ☐ **c.** Se realiza con la intervención de las aves.
- ☐ **d.** La realizan los murciélagos.

**8** La doble fecundación se realiza en:

- ☐ **a.** Todas las plantas terrestres.
- ☐ **b.** En las angiospermas.
- ☐ **c.** En las gimnospermas.
- ☐ **d.** En las gimnospermas y angiospermas.

**9** El endospermo de la semilla de las angiospermas es:

- ☐ **a.** Un tejido diploide con función nutritiva.
- ☐ **b.** Un tejido con función protectora.
- ☐ **c.** Un tejido triploide con sustancias nutritivas.
- ☐ **d.** Un tejido que da lugar al embrión.

**10** La germinación de las semillas:

- ☐ **a.** Requiere un ambiente seco y bajas temperaturas.
- ☐ **b.** Es necesaria para su dispersión.
- ☐ **c.** Da lugar a una planta llamada gametofito.
- ☐ **d.** Comienza con la imbibición.

SOLUCIONES

**1** c, **2** d, **3** a, **4** b, **5** a, **6** c, **7** a, **8** b, **9** c, **10** d

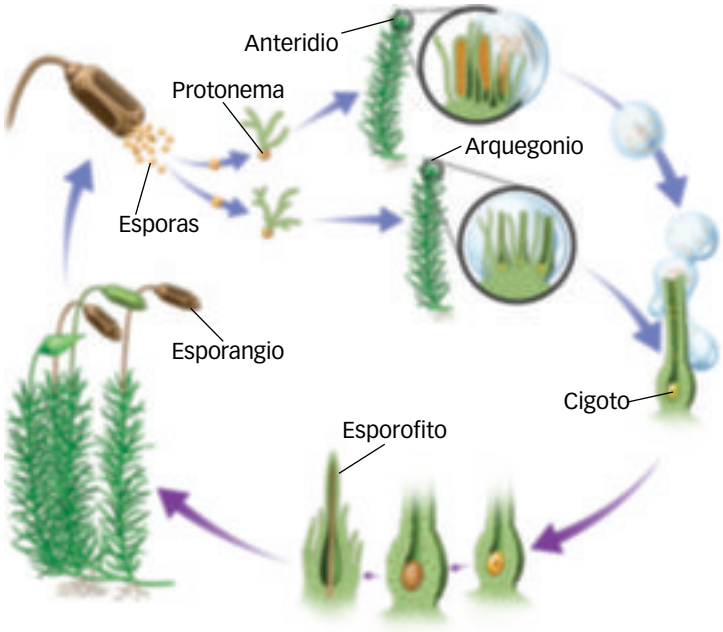
# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿En qué consiste la multiplicación vegetativa? Cita ejemplos.

**2** ¿Cuál es la principal característica de la reproducción de las plantas terrestres?

**3** Observa la siguiente figura e indica qué representa y a qué planta pertenece. Describe brevemente lo que ocurre.

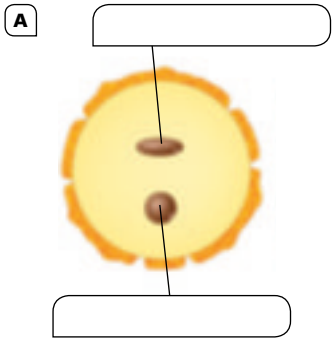


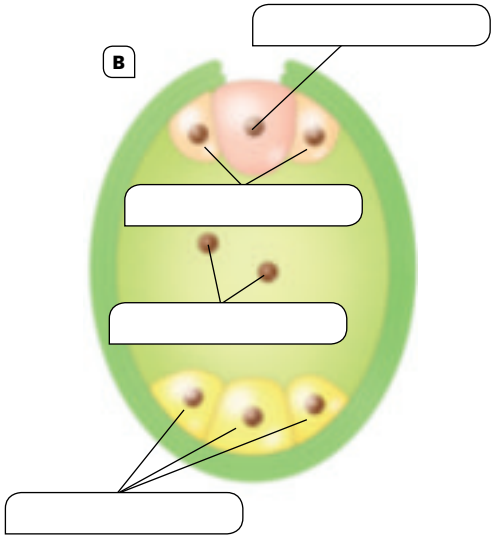

**4** ¿Por qué los musgos tienen un crecimiento limitado y los helechos no?

**5** ¿Cuáles son las características de las flores polinizadas por el viento?

**6** ¿Qué diferencia hay entre polinización y fecundación? ¿Puede producirse la polinización sin fecundación? ¿Y al revés?

**7** Identifica las siguientes estructuras y pon los nombres de todas las células y núcleos que contienen.




**8** ¿Por qué ha sido tan importante la aparición de las semillas en el desarrollo evolutivo de las plantas?

**9** ¿Qué ventajas tiene para una planta dispersar sus semillas lejos de la planta madre? ¿Podría tener alguna desventaja?

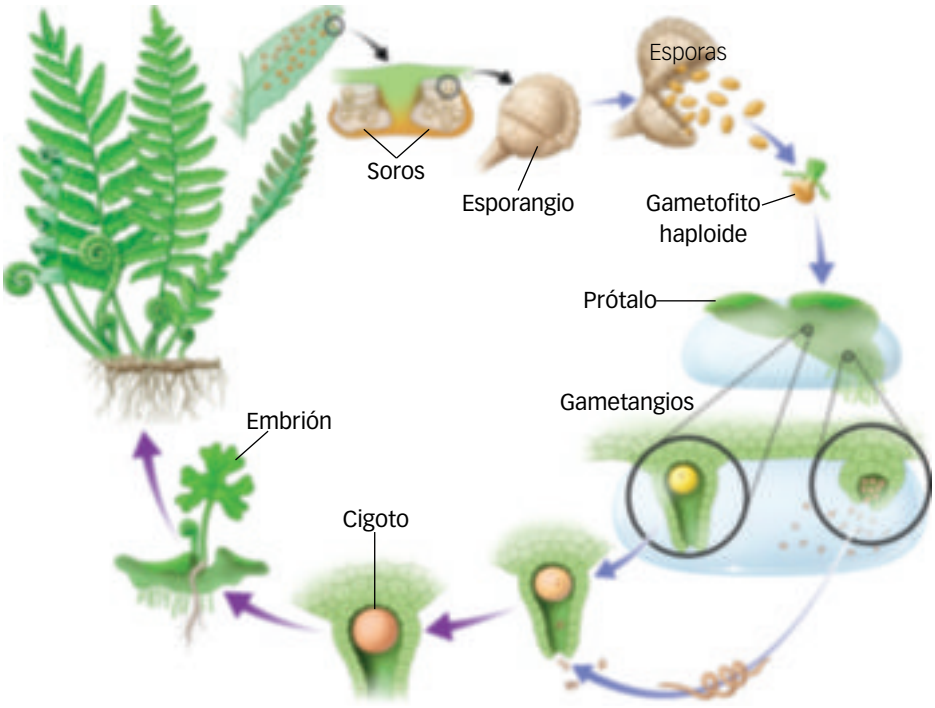
**10** ¿Cómo se obtienen las plantas transgénicas?

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Describe los tipos de reproducción asexual de las plantas.

**2** Observa la figura e indica a qué planta pertenece. Describe su ciclo e indica en qué momento tiene lugar la meiosis.




**3** Señala las semejanzas y diferencias entre el ciclo biológico de los musgos y el de los helechos.

**4** Completa la siguiente tabla.

| | Flores polinizadas | |
|---|---|---|
| | **Por el viento** | **Por insectos** |
| **Tamaño** | | |
| **Pétalos** | | |
| **Néctar** | | |
| **Estambres** | | |
| **Carpelos** | | |
| **Granos de polen** | | |
| **Cantidad de polen** | | |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** ¿En qué consiste la doble fecundación de las angiospermas?

**6** Explica cómo son y dónde se encuentran los gametofitos de las gimnospermas. ¿En qué momento del ciclo de las gimnospermas se produce la meiosis?

**7** Explica la evolución del gametofito en las plantas terrestres. ¿Qué ventajas adaptativas supone el mayor desarrollo del esporofito sobre el gametofito?

**8** Relaciona las dos columnas.

| | |
|---|---|
| a) Gametofito masculino | 1. Planta adulta |
| b) Gametofito femenino | 2. Fruto |
| c) Gameto masculino | 3. Oosfera |
| d) Gameto femenino | 4. Embrión diploide |
| e) Óvulo o primordio seminal | 5. Semilla |
| f) Ovario | 6. Núcleo espermático |
| g) Cigoto | 7. Triploide |
| h) Endospermo | 8. Grano de polen |
| i) Esporofito | 9. Saco embrionario |

**9** ¿Qué metodo de dispersión permite a los frutos y a las semillas recorrer más distancias? Razónalo y explica las características que tienen que tener esos frutos y semillas.

**10** ¿En qué consiste la micropropagación vegetal? ¿Qué ventajas presenta?

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B5-11.** Entender los mecanismos de reproducción asexual y la reproducción sexual en las plantas. | **B5-11.1.** Distingue los mecanismos de reproducción asexual y la reproducción sexual en las plantas. | 1, 2 y 10 | 1 y 10 |
| **B5-12.** Diferenciar los ciclos biológicos de briofitas, pteridofitas y espermafitas y sus fases y estructuras características. | **B5-12.1.** Diferencia los ciclos biológicos de briofitas, pteridofitas y espermafitas y sus fases y estructuras características. | 3 y 4 | 2 y 3 |
| **B5-13.** Entender los procesos de polinización y de doble fecundación en las espermafitas. La formación de la semilla y el fruto. | **B5-13.1.** Explica los procesos de polinización y de fecundación en las espermafitas y diferencia el origen y las partes de la semilla y del fruto. | 5, 6 y 7 | 4, 5, 6, 7 y 8 |
| **B5-14.** Conocer los mecanismos de diseminación de las semillas y los tipos de germinación. | **B5-14.1.** Distingue los mecanismos de diseminación de las semillas y los tipos de germinación. | 8 y 9 | 9 |

## Control B

**1** La multiplicación vegetativa se produce a partir de células somáticas por fragmentación y división. Los musgos se multiplican mediante la fragmentación de sus cauloides, al morir o destruirse las partes más viejas. En otros casos, la multiplicación vegetativa se realiza mediante propágulos, que son masas de células a partir de las que se puede desarrollar un nuevo individuo. En la multiplicación vegetativa de las cormofitas intervienen órganos específicos, como estolones, rizomas, tubérculos y bulbos. Se lleva a cabo gracias a las yemas, estructuras con células meristemáticas que mantienen la capacidad de división.

**2** La principal característica de la reproducción de las plantas es que sus ciclos biológicos son diplohaplontes, alternándose generaciones haploides y diploides. El esporofito es la planta diploide que se reproduce por esporas y estas se forman por meiosis, siendo por lo tanto haploides (n). El gametofito es la planta haploide que se reproduce por gametos.

**3** La figura representa el ciclo biológico de los musgos. En los musgos la fase más aparente es la de gametofito (n), constituida por una plantita, formada por rizoides, cauloides y filoides, que tiene en los extremos de los cauloides los gametangios (anteridios y arquegonios). En los anteridios están los anterozoides, gametos masculinos con flagelos, que salen nadando hacia los arquegonios, donde está el gameto femenino, la oosfera. Tras la fecundación se forma un cigoto (2n) que germina y desarrolla el esporofito (2n), que queda unido al gametofito y está formado por un pie delgado en cuyo extremo se diferencia una cápsula, que es el esporangio, donde se forman esporas haploides (n) por meiosis. Las esporas al germinar forman una estructura filamentosa de pocas células llamada protonema, que se fija al sustrato y desarrolla el gametofito.

**4** Los musgos viven en medios terrestres, pero necesitan ambientes con mucha humedad, ya que no tienen tejidos conductores, ni verdaderos órganos (raíz, tallo y hojas). Al no poseer estructuras especializadas, la absorción, el intercambio de gases y el transporte de sustancias por el interior de la planta los realizan directamente a través de toda su superficie por difusión entre sus células y el medio que las rodea. Por ello, para asegurarse la nutrición de todas sus células, no pueden crecer y su tamaño es muy reducido. Sin embargo, los helechos al tener tejidos conductores de la savia ya no tienen su crecimiento limitado y pueden alcanzar un tamaño mucho mayor.

**5** Las flores que son polinizadas por el viento producen grandes cantidades de polen de poco peso, con superficie lisa y que flotan en el aire, el tiempo suficiente para asegurar su transporte a largas distancias. Sus flores no presentan pétalos ni nectarios, puesto que no deben atraer a los insectos, sino que aparecen reunidas en estructuras que, al ser más flexibles, permiten ser movidas por el viento desprendiendo así el polen. Las flores que han de recibirlo tienen estigmas largos y libres para facilitar la polinización.

**6** La polinización consiste en la transferencia de los granos de polen desde la antera hasta el estigma de la misma o de otra flor, mientras que la fecundación es la unión del gameto masculino con el femenino dando lugar al cigoto.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Dado que la polinización es el paso previo para que se produzca la fecundación, se puede dar la polinización sin fecundación posterior, pero no al revés.

**7** A es el gametofito masculino y B el gametofito femenino. En A hay dos núcleos: el superior, es el generativo y el inferior, el vegetativo. En B hay: en la parte superior, tres células, la oosfera y a sus lados las sinérgidas; en el centro están los núcleos polares, y en la parte inferior tres células llamadas antípodas.

**8** Las semillas contienen un embrión bien desarrollado, con raíz, tallo y hojas, y además nutrientes para las primeras etapas del desarrollo de la plántula. La formación del embrión antes de la dispersión de la semilla le permite sobrevivir en condiciones desfavorables, y el poseer un tejido nutritivo de reserva incrementa las probabilidades de supervivencia de la plántula joven. También tienen una cubierta protectora.

**9** Tiene la ventaja de que las plantas puedan propagarse a lugares distintos de donde han sido formadas, y además, la de evitar la competencia por el suelo y la luz que se generaría en caso de que todas las semillas germinaran en el mismo lugar.

La desventaja podría ser que las condiciones del nuevo medio no fueran adecuadas para su supervivencia.

**10** Las plantas transgénicas son plantas genéticamente modificadas, a las que mediante técnicas de ingeniería genética se les introducen en su material genético original genes procedentes de otras especies (transgenes). El objetivo es producir plantas con nuevos caracteres deseados: propiedades organolépticas y nutritivas, o resistencia a herbicidas, enfermedades (como las producidas por plagas) o condiciones extremas (de temperatura, aridez o salinidad).

## Control A

**1** Hay dos tipos: la reproducción asexual propiamente dicha, mediante esporas, y la multiplicación vegetativa.

Las esporas son células germinales especiales, generalmente unicelulares, que tienen capacidad para originar directamente un nuevo individuo. Se forman en unos órganos llamados esporangios.

La multiplicación vegetativa se produce a partir de células somáticas por fragmentación y división. Se lleva a cabo gracias a las yemas, estructuras con células meristemáticas que mantienen la capacidad de división.

**2** La figura representa el ciclo biológico de los helechos. El esporofito (2n) del helecho es la planta que se observa, y en el interior de los esporangios, que están en el envés de los frondes, se forman las esporas por meiosis, que son haploides (n). Al caer al suelo en condiciones idóneas, las esporas germinan formando un pequeño gametofito haploide de unos centímetros, con forma laminar acorazonada y color verde, que se llama prótalo. En su parte inferior se forman los gametangios, que originan los gametos. Producida la fusión de los gametos, se forma un cigoto diploide, y tras sucesivas mitosis se desarrolla un pequeño embrión que, en sus primeros momentos, vive a expensas del prótalo hasta que se desarrolla como un esporofito joven que puede hacer vida autónoma.

**3** Semejanzas: presentan ciclos vitales diplohaplontes en los que se diferencian una generación gametofítica, que se reproduce por gametos y es haploide (n), y otra esporofítica, que se reproduce por esporas y es diploide, excepto las esporas, que se forman por meiosis y son haploides (n). Los órganos sexuales femeninos se denominan arquegonios y los masculinos anteridios; los gametos se denominan anterozoide el masculino y oosfera el femenino y sus características son similares, el masculino se desplaza gracias a los flagelos y el femenino es inmóvil.

Diferencias: En los musgos presenta mayor desarrollo el gametofito (plantita formada por rizoides, cauloides y filoides) que el esporofito, y en los helechos el esporofito (2n) es la fase dominante, con raíz, tallo y hojas llamadas frondes. En los musgos el esporofito vive sobre el gametofito y en los helechos son independientes el gametofito y el esporofito.

**4**

| | Flores polinizadas | |
|---|---|---|
| | **Por el viento** | **Por insectos** |
| **Tamaño** | Pequeñas | Grandes |
| **Pétalos** | Verdes o con poco color | Colores vistosos |
| **Néctar** | No tienen | Sí tienen |
| **Estambres** | Sobresalen de la flor y a menudo cuelgan | En el interior de la flor |
| **Carpelos** | Sobresalen de la flor y algunos son plumosos | En el interior de la flor |
| **Granos de polen** | Ligeros y secos | Pesados |
| **Cantidad de polen** | Mucho | Poco |

**5** La doble fecundación en las angiospermas se produce tras la polinización, cuando el grano de polen (microspora) germina en el estigma, produciendo un tubo polínico que crece a través del carpelo. Cuando el tubo polínico llega al ovario, penetra hasta alcanzar el gametofito femenino, se rompe y libera los dos gametos masculinos (núcleos espermáticos); uno de ellos se fusiona con el núcleo del gameto femenino (oosfera) para formar el cigoto diploide, a partir del cual se desarrollará el embrión. El otro núcleo espermático se une al núcleo secundario del gametofito femenino, dando lugar a un núcleo triploide (3n) del que derivará el endospermo.

**6** En las gimnospermas los gametofitos están en los conos o estróbilos. Los conos masculinos presentan escamas en cuya base hay dos sacos polínicos; en ellos se producen, por meiosis, microsporas que se transforman en granos de polen o gametofitos masculinos.

En los conos femeninos se encuentran los óvulos o primordios seminales, en cuyo interior se diferencia la célula madre de las megasporas, que experimenta una meiosis y produce cuatro células haploides; tres de ellas degeneran y la megaspora que queda desarrolla el gametofito femenino tras sucesivas mitosis.

**7** En los musgos, la planta que se observa es el gametofito, y el esporofito, mucho más reducido, depende de él. En los helechos el gametofito y el esporofito son independientes, pero ya es el esporofito la planta dominante siendo el gametofito muy reducido (unos 2 cm). En las espermafitas (gimnospermas y angiospermas) el esporofito es la planta que vemos y los gametofitos, de tamaño microscópico, se forman en el interior de la flor.

La evolución ha favorecido el desarrollo del esporofito diploide sobre el gametofito haploide debido a que la dotación cromosómica diploide supone una gran ventaja adaptativa, pues al estar cada carácter del individuo regido por dos genes aumenta la estabilidad genética.

**8** a) 8; b) 9; c) 6; d) 3; e) 5; f) 2; g) 4; h) 7; i) 1.

**9** Las semillas que son dispersadas por los animales son las que recorren mayores distancias debido a que estos últimos pueden desplazarse durante varios días antes de desprenderse de las mismas.

Para ello, los frutos tienen espinas, ganchos o rebordes mediante los que se adhieren a los animales que rozan la planta. Otra característica es que son frutos carnosos que tienen colores llamativos y sabores apetitosos para los animales.

**10** La micropropagación consiste en el cultivo *in vitro* de células, preferentemente embrionarias, en un tubo de ensayo sobre un medio nutritivo especial y en unas condiciones ambientales idóneas y asépticas. Las ventajas del cultivo *in vitro* son las siguientes: se realiza en un espacio reducido, tiene lugar en condiciones estériles con lo que se evitan pérdidas por plagas y enfermedades, las condiciones de crecimiento son óptimas (humedad, temperatura, luz, etc.) y la multiplicación es muy rápida.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Cuando estudiamos las plantas, uno de los primeros conceptos que nos llama la atención como alumnos es la existencia de dos tipos de individuos en cada especie: los que se reproducen sexualmente por gametos (gametofitos) y los que lo hacen asexualmente por esporas (esporofitos). Una vez que aprendemos que las plantas se reproducen mediante un ciclo diplohaplonte, descubrimos particularidades del mismo en algunos grupos de plantas.

En clase nos cuentan que en los musgos y los helechos, que seguramente nos habrán parecido plantas «especiales» al verlas en el campo, gametofito y esporofito no son igualmente visibles. Así, en los musgos (briofitas) los individuos más visibles son los gametofitos y en los helechos (pteridofitas) lo son los esporofitos.

**1** Al existir una reproducción sexual, el ciclo diplohaplonte incluye una meiosis que asegura la constancia del número de cromosomas de la especie. ¿En qué momento del ciclo se realiza la meiosis?

- ☐ **a.** Durante la primera división del cigoto.
- ☐ **b.** Durante la fecundación.
- ☐ **c.** Durante la gametogénesis.
- ☐ **d.** Durante la esporogénesis.

**2** Pero ¿qué pasa con las plantas que nos resultan más familiares? Las plantas productoras de semillas, las espermatofitas, también tienen un esporofito protagonista. De hecho, se considera que sus gametofitos son parásitos de sus esporofitos. ¿Cuál de las siguientes relaciones es la correcta?

- ☐ **a.** Grano de polen - gameto masculino.
- ☐ **b.** Grano de polen - gametofito masculino.
- ☐ **c.** Saco embrionario - gameto femenino.
- ☐ **d.** Ovocélula - gametofito femenino.

**3** ¿En cuál de los siguientes grupos de plantas se presentan gametofitos y esporofitos independientes?

- ☐ **a.** Gimnospermas.
- ☐ **b.** Helechos o pteridofitas.
- ☐ **c.** Angiospermas.
- ☐ **d.** Musgos o briofitas.

**4** Al estudiar botánica nos encontramos tantas palabras (espermatofitas, angiospermas, gimnospermas, cormofitas, briofitas, pteridofitas…) que la confusión está asegurada. Es importante tener muy claro lo que significa cada una de ellas. ¿Qué afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Las espermatofitas se caracterizan porque tienen flores y producen semillas. | |
| Tanto las angiospermas como las gimnospermas son espermatofitas. | |
| Las cormofitas son briofitas. | |
| Los pinos y abetos son angiospermas. | |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** El mayor jardín de Europa, el jardín Keukenhof (Holanda), se caracteriza por sus más de siete millones de plantas bulbosas repartidas en 32 hectáreas. Son estas angiospermas, tulipanes, jacintos, narcisos…, las que le proporcionan su gran atractivo. ¿Cuál es la diferencia fundamental entre las angiospermas y las gimnospermas?

- ☐ **a.** Las gimnospermas no producen frutos y las angiospermas sí.
- ☐ **b.** Todas las gimnospermas son árboles y todas las angiospermas son herbáceas.
- ☐ **c.** Las gimnospermas tienen flores desnudas y las angiospermas flores con corola.
- ☐ **d.** Las gimnospermas son de hoja perenne y las angiospermas de hoja caduca.

**6** El hecho de que las flores llamen, por lo general, nuestra atención a veces nos anima a querer saber más de ellas; por ejemplo, que las estructuras femeninas y las masculinas, junto con el resto de estructuras que forman la flor completa, reciben el nombre de verticilo por estar todas a la misma altura. ¿Cuáles son los verticilos florales?

- ☐ **a.** Cáliz, sépalos, androceo y ovario.
- ☐ **b.** Cáliz, periantio, androceo y gineceo.
- ☐ **c.** Cáliz, corola, androceo y gineceo.
- ☐ **d.** Corola, pétalos, anteras y ovario.

**7** «La mayoría de las flores están organizadas de tal manera que se facilite la transferencia del polen de una flor a otra». Este postulado sugiere que las plantas con flores poseen mecanismos para:

- ☐ **a.** Asegurar la polinización entomógama.
- ☐ **b.** Impedir el empobrecimiento genético de la especie.
- ☐ **c.** Reducir la pérdida de gametos.
- ☐ **d.** Asegurar la polinización anemógama.

**8** También en Holanda se encuentra el primer ejemplar cultivado en Europa de *Ginkgo biloba*, un auténtico fósil viviente originario de China. Actualmente no se conocen especies que compartan sus características: es único en su clase. En los brotes cortos de los ejemplares masculinos se forman inflorescencias amarillas agrupadas en amentos cilíndricos; los ejemplares femeninos presentan flores agrupadas de dos en dos o de tres en tres. Aunque producen unas semillas blandas de color marrón amarillento, no dan lugar a auténticos frutos porque sus flores carecen de ovarios. Las hojas del ginkgo tienen una forma muy característica y cuando llega el otoño adquieren un precioso color dorado.

Según esta información, ¿cómo clasificarías al *Ginkgo biloba*?

- ☐ **a.** Cormofita, espermatofita y gimnosperma.
- ☐ **b.** Briofita, angiosperma y conífera.
- ☐ **c.** Briofita y pteridofita.
- ☐ **d.** Cormofita, espermatofita y angiosperma.

**9** Una vez en el suelo, las semillas del ginkgo «atraen» a diferentes animales, que se alimentan de ellas, para su dispersión. Una vez que son depositadas con los excrementos, solo necesitan que se den las condiciones adecuadas para su germinación.

¿Cuáles son estas condiciones?

- ☐ **a.** Humedad, temperatura adecuada y luz.
- ☐ **b.** Temperatura adecuada, humedad y oxígeno.
- ☐ **c.** Humedad, luz y oxígeno.
- ☐ **d.** Temperatura adecuada, luz y oxígeno.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-11.** Entender los mecanismos de reproducción asexual y la reproducción sexual en las plantas. | **B5-11.1.** Distingue los mecanismos de reproducción asexual y la reproducción sexual en las plantas. | 1, 2 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-12.** Diferenciar los ciclos biológicos de briofitas, pteridofitas y espermafitas y sus fases y estructuras características. | **B5-12.1.** Diferencia los ciclos biológicos de briofitas, pteridofitas y espermafitas y sus fases y estructuras características. | 2, 3, 4, 5, 6 y 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B5-14.** Conocer los mecanismos de diseminación de las semillas y los tipos de germinación. | **B5-14.1.** Distingue los mecanismos de diseminación de las semillas y los tipos de germinación. | 8 |

1 **d.** Durante la esporogénesis.

2 **b.** Grano de polen - gametofito masculino.

3 **b.** Helechos o pteridofitas.

4

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Las espermatofitas se caracterizan porque tienen flores y producen semillas. | Falso |
| Tanto las angiospermas como las gimnospermas son espermatofitas. | Verdadero |
| Las cormofitas son briofitas. | Falso |
| Los pinos y abetos son angiospermas. | Falso |

5 **a.** Las gimnospermas no producen frutos y las angiospermas sí.

6 **c.** Cáliz, corola, androceo y gineceo.

7 **b.** Impedir el empobrecimiento genético de la especie.

8 **d.** Cormofita, espermatofita y angiosperma.

9 **b.** Temperatura adecuada, humedad y oxígeno.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Solucionario

Pág. 277

**PARA COMENZAR**

1 Porque florece solo una vez en su vida y muere tras la floración.

2 Dos, asexual y sexual. Asexualmente se reproduce mediante estolones, que son tallos rastreros que, de trecho en trecho, en los nudos, tienen yemas que enraízan formando nuevas plantas. La reproducción sexual se produce por semillas que se forman tras la polinización y fecundación de las flores.

3 R. G. Reproducción asexual.

4 A lo largo del tiempo se ha producido una coevolución o evolución paralela de las plantas y sus polinizadores, lo que ha sido importante para el éxito de ambos grupos de seres vivos. Es fácil observar cómo las características de las flores están relacionadas con las de los animales que las polinizan, y del mismo modo los insectos y otros animales polinizadores poseen las características adecuadas para obtener su alimento de las flores que polinizan.

5 El principal atributo de los seres vivos es su capacidad de reproducirse y perpetuar la especie.

6 Sí, ya que dejan semillas o estructuras reproductivas que al año siguiente, cuando las condiciones son adecuadas, brotan dando lugar a una nueva planta.

Pág. 279

1 Las esporas son células germinales especiales, que se forman en esporangios y tienen capacidad para originar directamente un nuevo individuo. Sin embargo, la multiplicación vegetativa se produce a partir de células somáticas por fragmentación y división.

2 Los estolones, rizomas, tubérculos y bulbos. Estos órganos tienen yemas que son estructuras con células meristemáticas que mantienen la capacidad de división.

3 Porque en la reproducción sexual son dos los progenitores que participan en la producción de nuevas plantas, cuyas características resultarán de la combinación del ADN de dichos progenitores y, por tanto, serán genéticamente distintos.

**SABER HACER**

4 El acodo consiste en doblar y enterrar parcialmente la rama de un árbol o arbusto del que se quiere obtener otro ejemplar sin separarlo del de origen. Pasado un tiempo, las yemas de la rama enterrada forman raíces y entonces ya se puede separar de la planta madre.

Las estaquillas o esquejes son fragmentos de ramas de plantas que tienen yemas y, al plantarlos en el suelo, si las condiciones son favorables, desarrollan raíces y forman nuevas plantas idénticas al árbol de procedencia.

El injerto es una rama de una planta que tiene yemas y que se hace crecer sobre otro tallo ya enraizado que actúa de portainjerto. El resultado es una planta mezcla de dos: una que aporta los nutrientes y se encuentra en la parte inferior, y otra situada en la parte superior.

Pág. 280

5 La parte más aparente de los musgos es el gametofito, plantita formada por rizoides, cauloides y filoides, y la menos, el esporofito.

6 El protonema es una estructura filamentosa rastrera que se forma tras la germinación de una espora haploide y, a partir de él se forma el gametofito de los musgos, constituido por una plantita provista de falsas raíces (rizoides), falsos tallos (cauloides) y falsas hojas (filoides).

7 Los gametangios son los órganos sexuales de los musgos, que se forman durante el periodo reproductor en la fase de gametofito.

8 Son haploides (n).

9 No, ya que aunque viven en el medio terrestre, necesitan ambientes con mucha humedad para completar su ciclo vital. Los anterozoides (gametos masculinos) necesitan el agua para llegar nadando hasta el arquegonio, donde se produce la fecundación y se forma un cigoto diploide, a partir del cual se desarrolla el esporofito.

10 R. G. Ver la figura en la página 280 del libro del alumno. Reconocerá el arquegonio, que tiene forma de botella, y el cigoto, que está en su interior. Los gametangios se desarrollan en los extremos de los cauloides del gametofito del musgo.

Pág. 281

11 El gametofito de los helechos se denomina prótalo, mide unos centímetros, es de color verde y su forma es laminar acorazonada. Su dotación genética es haploide (n).

12 Los órganos sexuales, anteridios y arquegonios, se desarrollan sobre el gametofito.

13 Los frondes son las hojas del esporofito de los helechos que están divididas en una serie de pequeñas hojitas o foliolos. Los esporangios son estructuras donde se forman las esporas, y los soros son agrupaciones de esporangios que al comenzar el verano aparecen en el envés de los frondes (abultamientos de color pardo).

14 Tanto los gametos como las esporas son células reproductoras, pero los gametos intervienen en la reproducción sexual y las esporas en la asexual. Se necesitan dos gametos para formar un individuo que será genéticamente diferente a sus progenitores, mientras que una sola espora da lugar a un individuo genéticamente idéntico a su progenitor.

Pág. 283

15 En las gimnospermas, los gametos masculinos se forman en los conos masculinos y, dentro de estos, en los gametofitos masculinos, que son los granos de polen; los gametos femeninos se forman en los conos femenimos y, dentro de estos, en el interior de un arquegonio del gametofito femenino.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**16** Los granos de polen son transportados por el aire o por cualquier otro sistema, y llegan al gametofito femenino. La fecundación comienza cuando el grano de polen forma un tubo polínico que llega al arquegonio, donde uno de los núcleos espermáticos se une con la oosfera para formar un cigoto diploide, el otro núcleo espermático degenera.

**17** El endospermo de la semilla de las plantas gimnospermas procede de los tejidos del gametofito que rodean al arquegonio.

**18** Los conos o estróbilos de las gimnospermas son estructuras productoras de esporas y están formados por hojas modificadas, llamadas escamas o brácteas, dispuestas alrededor de un eje. Las piñas son los conos femeninos que, tras la fecundación por los granos de polen, cambian su aspecto tomando una consistencia leñosa.

Pág. 285

**19** El saco embrionario de las angiospermas está formado por 8 núcleos haploides que dan lugar a 7 células: en uno de los polos está la oosfera (gameto femenino) y dos células llamadas sinérgidas, en el polo opuesto hay tres células llamadas antípodas, y en el centro los dos núcleos restantes se fusionan y forman el núcleo secundario diploide.

**20** En las angiospermas el gametofito masculino es el grano de polen germinado y el gametofito femenino se denomina el saco embrionario.

**21** La polinización cruzada consiste en la transferencia de los granos de polen desde las anteras de una flor hasta el estigma de la flor de otro individuo; con ella se produce una mezcla de material genético de distintos ejemplares. Sin embargo, en la autopolinización el polen se transfiere de una flor a otra de la misma planta.

**22** La polinización consiste en la transferencia de los granos de polen desde la antera hasta el estigma de la misma o de otra flor, mientras que la fecundación es la unión del gameto masculino con el femenino para dar lugar al cigoto.

**23** La doble fecundación de las plantas angiospermas se produce tras la polinización, cuando el grano de polen (microspora) germina en el estigma, produciendo un tubo polínico que crece a través del carpelo. A continuación, el tubo polínico llega al ovario, penetra hasta alcanzar el gametofito femenino, se rompe y libera los dos gametos masculinos (núcleos espermáticos); uno de ellos se fusiona con el núcleo del gameto femenino (oosfera) para formar el cigoto diploide, a partir del cual se desarrollará el embrión. El otro núcleo espermático se une al núcleo secundario del gametofito femenino, dando lugar a un núcleo triploide (3n) del que derivará el endospermo.

Pág. 286

**24** Las semillas representan la principal forma de dispersión de las plantas espermafitas, su éxito frente a las esporas, en el medio terrestre, se debe a tres razones principales:

– La semilla contiene un embrión pluricelular con raíz, tallo y hojas embrionarias, mientras que las esporas están constituidas por una sola célula.
– La semilla contiene endospermo, un tejido con misión nutritiva para los primeros momentos del desarrollo; en cambio, las esporas poseen pocas reservas alimenticias.
– Las semillas están protegidas por cubiertas, mientras las esporas apenas poseen protección.

Pág. 287

**25** En la germinación epigea, el hipocotilo de la semilla se alarga y arrastra en su crecimiento a los cotiledones y al ápice del tallo, de manera que estas estructuras sobresalen por encima del suelo.

En la germinación hipogea, el hipocotilo apenas se alarga y los cotiledones permanecen dentro de los tegumentos y enterrados; es la parte basal de la yema terminal la que crece y empuja al embrión hacia el exterior.

Pág. 288

**26** Desde el comienzo de la agricultura, el ser humano ha tratado de incrementar la producción y los rendimientos de sus cultivos. Aunque siempre se han usado ciertos rudimentos biotecnológicos, en la actualidad, la aplicación de los conocimientos en biología celular y molecular ha conducido al desarrollo de lo que se conoce como biotecnología vegetal.

La biotecnología vegetal es el conjunto de técnicas, basadas actualmente en los conocimientos en biología celular y molecular, que utilizan plantas o partes de ellas para la mejora de la producción vegetal y sus derivados.

Pág. 289

**EN RESUMEN**

**27**

| Reproducción asexual | Reproducción sexual |
|---|---|
| Interviene un solo progenitor o planta madre. | Intervienen generalmente dos progenitores. |
| Da lugar a individuos genéticamente iguales a la planta madre. | Se generan plantas genéticamente diferentes a sus progenitores. |
| Se produce: mediante esporas (células germinales) o por multiplicación vegetativa (a partir de células somáticas) por fragmentación y división. | Se produce mediante la unión de los gametos (células germinales) que se fusionan en el momento de la fecundación para dar lugar al cigoto. |
| En la multiplicación vegetativa de las cormofitas intervienen órganos específicos como estolones, tubérculos, rizomas y bulbos. | Ciclos biológicos diplohaplontes: con alternancia de generaciones: esporofito y gametofito. |

**28** La principal característica de la reproducción de las plantas es que sus ciclos biológicos son diplohaplontes, alternándose generaciones haploides y diploides. El esporofito es la planta diploide que se reproduce por esporas y estas se forman por meiosis, siendo por lo tanto haploides (n). El gametofito es la planta haploide que se reproduce por gametos.

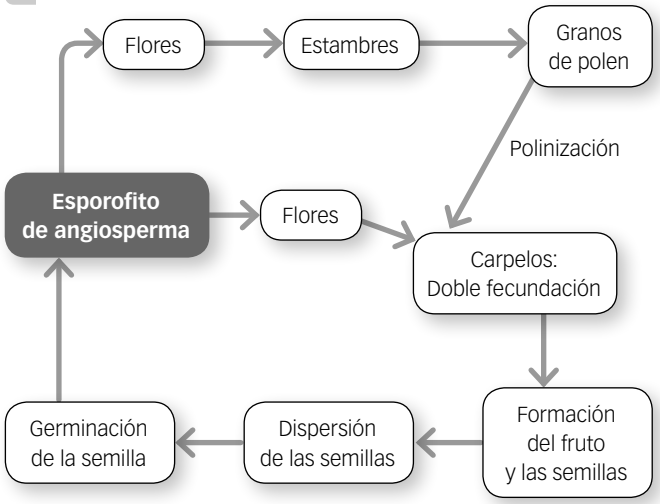
**29** – Semejanzas: presentan ciclos vitales diplohaplontes en los que se diferencian una generación gametofítica, que se reproduce por gametos y es haploide (n), y otra esporofítica que se reproduce por esporas y es diploide, excepto las esporas que se forman por meiosis y son haploides (n). Los órganos sexuales femeninos se denominan arquegonios y los masculinos anteridios; los gametos se denominan anterozoide el masculino y oosfera el femenino, y sus características son similares; el masculino se desplaza gracias a los flagelos y el femenino es inmóvil.

– Diferencias: En las briofitas presenta mayor desarrollo el gametofito que el esporofito y en las pteridofitas es al revés. En las briofitas el esporofito vive sobre el gametofito y en las pteridofitas son independientes el gametofito y el esporofito.

**30** R: G. Ver figura página 282 del libro del alumno.

**31** R. G. Ver figura página 284 del libro del alumno.

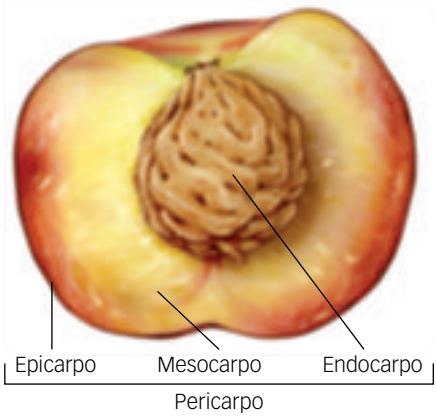
**32**




La flor es el órgano reproductor de las angiospermas y en ellas se realizan las siguientes etapas: en primer lugar el polen producido en los estambres tiene que ser transportado al órgano femenino de la flor (carpelo), proceso denominado polinización, tras el cual se produce la fecundación, es decir, la unión de los gametos y la formación del cigoto. A continuación, el cigoto se desarrolla transformándose en el embrión de una nueva planta que permanece protegido en el interior de la semilla y, al mismo tiempo, se forma el fruto.

Las semillas pueden permanecer en estado latente durante largos periodos. Su dispersión es necesaria para que las plantas puedan propagarse a otros lugares. Finalmente, cuando la semilla encuentre las condiciones necesarias para germinar dará lugar a una nueva planta.

**33** R. L.




**34** Las ventajas del cultivo *in vitro* respecto a otros tipos de propagación artificial son las siguientes: se realiza en un espacio reducido, tiene lugar en condiciones estériles, con lo que se evitan pérdidas por plagas y enfermedades, las condiciones de crecimiento son óptimas (humedad, temperatura, luz, etc.) y la multiplicación es muy rápida.

Pág. 290

**PARA REPASAR**

**35** La reproducción asexual propiamente dicha, mediante esporas, y la multiplicación vegetativa. Las diferencias entre ellas son:

Las esporas son células germinales especiales, generalmente unicelulares, que tienen capacidad para originar directamente un nuevo individuo. Se forman en unos órganos llamados esporangios. En una planta, la fase de su ciclo vital que se reproduce por esporas es el esporofito.

La multiplicación vegetativa se produce a partir de células somáticas, por fragmentación y división. Los musgos se multiplican mediante la fragmentación de sus cauloides, al morir o destruirse las partes más viejas. En otros casos, la multiplicación vegetativa se realiza mediante propágulos, que son masas de células a partir de las que se puede desarrollar un nuevo individuo. En la multiplicación vegetativa de las cormofitas intervienen órganos específicos, como estolones, rizomas, tubérculos y bulbos. Se lleva a cabo gracias a las yemas, estructuras con células meristemáticas que mantienen la capacidad de división.

**36** En la multiplicación vegetativa de las cormofitas intervienen los siguientes órganos específicos: estolones, como en el fresal; rizomas, como en el lirio; tubérculos, como la patata, y bulbos, como la cebolla. Se lleva a cabo gracias a las yemas, estructuras con células meristemáticas que mantienen la capacidad de división y que están presentes en dichos órganos.

**37** Las esporas son células germinales especiales, generalmente unicelulares, que tienen capacidad para originar directamente un nuevo individuo. Se forman en unos órganos llamados esporangios. En una planta, la fase de su ciclo vital que se reproduce por esporas es el esporofito. El esporofito que se desarrolla a partir del cigoto es diploide (2n) y las esporas que se forman en los esporangios por meiosis son haploides (n).

**38** En los musgos el protonema es una estructura filamentosa rastrera que se forma tras la germinación de una espora haploide, por lo tanto, es haploide (n). A partir de él se forma el gametofito haploide (n) de los musgos, constituido por una plantita provista de falsas raíces (rizoides), falsos tallos (cauloides) y falsas hojas (filoides).

**39** **a)** Arquegonio haploide (n).
**b)** Cápsula diploide (2n).
**c)** Protonema haploide (n).
**d)** Anterozoide haploide (n).
**e)** Filoide haploide (n).

**40** **a)** Es una planta pteridofita, helecho.
**b)** A corresponde a la fase de esporofito y B a la de gametofito.
**c)** La meiosis se produce al formase las esporas que, por tanto, son haploides (n).
**d)** 1. Soros; 2. Esporangio; 3. Espora (n); 4. Gametofito, llamado prótalo (n); 5. Gametangios femeninos, arquegonios; 6. Gametangios masculinos, anteridios; 7. Detalle de un anteridio; 8. Anterozoides nadando hacia el arquegonio para fecundar a la oosfera; 9. Detalle de un arquegonio en el que están entrando los anterozoides; 10. Oosfera que tras la fecundación dará lugar al cigoto (2n); 11. Prótalo; 12. Embrión que dará lugar al esporofito (2n).

**41** En briofitas y pteridofitas el gameto masculino es el anterozoide y el femenino la oosfera. En espermafitas, el gameto masculino son los núcleos espermáticos y el femenino la oosfera.

**42** Semejanzas: presentan ciclos vitales diplohaplontes en los que se diferencian una generación gametofítica, que se reproduce por gametos y es haploide (n), y otra esporofítica que se reproduce por esporas y es diploide, excepto las esporas, que se forman por meiosis y son haploides (n). Los órganos sexuales femeninos se denominan arquegonios y los masculinos anteridios; los gametos se denominan anterozoide el masculino y oosfera el femenino y sus características son similares; el masculino se desplaza gracias a los flagelos y el femenino es inmóvil.

Diferencias: En los musgos presenta mayor desarrollo el gametofito (plantita formada por rizoides, cauloides y filoides) que el esporofito, y en los helechos el esporofito (2n) es la fase dominante, con raíz, tallo y hojas llamadas frondes. En los musgos el esporofito vive sobre el gametofito y en los helechos son independientes el gametofito y el esporofito.

**43** Las briofitas son las plantas terrestres más sencillas que carecen de vasos conductores.

Las pteridofitas ya están más evolucionadas que las briofitas y poseen ya tejidos conductores y verdaderos órganos vegetativos: raíz, tallo y hojas.

**44** Las plantas espermafitas, a diferencia de las pteridofitas, forman semillas como estructuras de dispersión.

**45** Los conos o estróbilos de las gimnospermas son estructuras productoras de esporas y están formados por hojas modificadas, llamadas escamas o brácteas, dispuestas alrededor de un eje. Las piñas son los conos femeninos que, tras la fecundación por los granos de polen, cambian su aspecto, tomando una consistencia leñosa.

**46** R. G. Ver la figura en la página 285 del libro del alumno.

**47** **a)** El ovario, parte inferior del carpelo (órgano femenino) de la flor, contiene en su interior los óvulos o primordios seminales, que constan de: la nucela o macroesporangio, el funículo, que une la nucela a la pared del ovario, y los tegumentos externos, con una abertura llamada micropilo.
**b)** La antera, parte superior del estambre (órgano masculino) de la flor, formada por dos tecas que tienen dos sacos polínicos cada una; en ellos se producen los granos de polen.
**c)** El micropilo es la abertura del óvulo o primordio seminal que está en el interior del ovario de la flor. En el interior del óvulo se forma el saco embrionario que contiene la oosfera o gameto femenino.
**d)** El estigma es la parte superior ensanchada del carpelo de la flor, cuya superficie es pegajosa para que se adhieran los granos de polen.
**e)** Los tépalos de una flor son los pétalos y sépalos que tienen la misma coloración.

**48** La ventaja de la polinización cruzada frente a la autopolinización radica en la producción de nuevas combinaciones genéticas en la población, que aseguran la variabilidad de la especie y, en consecuencia, la posibilidad de sobrevivir a los cambios en el medio ambiente.
En algunos casos, cuando tiene lugar la autopolinización las plantas resultantes son menos vigorosas que las nacidas de la polinización cruzada.

Por todo ello, a lo largo de la evolución, las plantas han desarrollado mecanismos para evitar la autopolinización y entre ellos están: a) cuando la planta tiene flores masculinas y femeninas, estas florecen en diferentes momentos; b) si las flores son hermafroditas, los órganos masculinos y femeninos maduran en tiempos distintos.

**49** Normalmente, las plantas que son polinizadas por el viento presentan granos de polen más pequeños, más ligeros y con una superficie lisa y seca con el fin de facilitar el transporte a largas distancias. Sus flores no presentan pétalos ni nectarios, puesto que no deben atraer a los insectos, sino que aparecen reunidas en estructuras que, al ser más flexibles, permiten ser movidas por el viento, desprendiendo así el polen.

Las flores polinizadas por insectos presentan granos de polen más grandes, con sustancias pegajosas o estructuras para engancharse al cuerpo de los animales. Desarrollan estructuras y coloraciones muy vistosas que atraen a los insectos, desprenden ciertos olores que resultan agradables a los insectos y quedan atraídos por ellos, y producen néctar, que es una sustancia líquida y azucarada que permite a los insectos obtener una fuente de energía rápidamente asimilable.

**50** R. G. Ver la figura en la página 286 del libro del alumno.

Las partes de la semilla son el embrión, el endospermo y los tegumentos protectores. Desempeñan las siguientes

funciones: el embrión es el precursor de la planta adulta, el endospermo es un tejido con misión nutritiva para los primeros momentos del desarrollo, y los tegumentos envuelven y protegen a ambos.

Las partes del embrión son: el ápice radical o radícula, el hipocotilo y los cotiledones.

Desempeñan las siguientes funciones: el ápice radical o radícula es la raíz embrionaria, el hipocotilo es un elemento de unión que termina en una yema terminal llamada plúmula, y los cotiledones son dos hojas embrionarias donde se suelen almacenar nutrientes.

**51** El fruto está compuesto de una o varias semillas rodeadas de un tejido protector, el pericarpo, formado por el desarrollo de las paredes del ovario. El pericarpo está constituido por tres capas: el epicarpo, la capa más externa; el mesocarpo, la capa intermedia, y el endocarpo, la más interna.

Los frutos simples derivan de una flor con un solo ovario, mientras que los complejos están formados por el ovario y, además, por otras partes de la flor.

**52** A. Semilla de leguminosa dispersada por animales. B. Fruto carnoso y apetitoso adaptado a la dispersión por los animales. C. Fruto alado. D. Fruto con un penacho de pelos en el extremo (vilano), adaptados a la dispersión por el viento. E. Fruto con ganchos que le permiten adherirse a la superficie de los animales que rozan la planta.

**53** Entre los factores que afectan a la germinación están: el agua, los gases, la temperatura y la viabilidad de la semilla, es decir, el periodo de tiempo que conservan su capacidad para germinar, y que es extremadamente variable, dependiendo de las condiciones de almacenamiento y del tipo de semilla.

La germinación es el proceso por el que termina el periodo de latencia y se reanuda el crecimiento y la diferenciación del embrión. Comienza con la imbibición, un proceso pasivo en el que la semilla absorbe gran cantidad de agua. La germinación incluye además una serie de acontecimientos metabólicos y morfogenéticos que tienen como resultado la transformación del embrión en una plántula y la de esta en una planta adulta.

**54** Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la contaminación genética se define como «La diseminación incontrolada de información genética (que frecuentemente alude a transgenes) hacia genomas de otros organismos que, en su forma natural, no contienen tal información». Por tanto, en el tema que nos ocupa hace referencia a la transmisión de genes, desde un organismo transgénico (OGM) a especies autóctonas.

Pág. 291

**PARA PROFUNDIZAR**

**55** Porque las yemas son estructuras con células meristemáticas que mantienen la capacidad de división. Según su posición se distinguen tres tipos de yemas: terminal o apical, axilar y adventicia. La yema terminal se encuentra en un ápice del tallo y es la encargada del crecimiento en longitud del tallo. La yema axilar se encuentra situada en la axila de las hojas y de ella salen las ramificaciones secundarias del tallo. Y, por último, la yema adventicia puede estar en cualquier otro lugar del tallo, de la raíz o en las hojas.

**56** Un esqueje es un fragmento de una rama de una planta que, una vez cortado, se introduce en el suelo y, si las condiciones son favorables, desarrolla raíces y forma nuevas plantas idénticas al árbol de procedencia.

Las auxinas inducen la formación de raíces en los esquejes de tallos y el desarrollo de raíces adventicias.

**57** **a)** Acodo.

**b)** Injerto.

**c)** Esqueje.

**58** Tienen flagelos para nadar desde los anteridios hasta el arquegonio, donde está la oosfera. Las espermafitas son plantas más adaptadas a la vida terrestre y no necesitan el agua para su reproducción como les ocurre a las briofitas y pteridofitas.

**59** **a)** En las gimnospermas, el endospermo procede de los tejidos del gametofito que rodean al arquegonio y es diploide (2n). En las angiospermas, como consecuencia de la doble fecundación, se forman el cigoto diploide y un núcleo triploide del que derivará el endospermo (3n).

**b)** En las gimnospermas, el gametofito femenino tiene en su interior dos o tres arquegonios, cada uno con una ovocélula u oosfera. En las angiospermas, el gametofito femenino es el saco embrionario, que está formado por ocho núcleos haploides que dan lugar a siete células: en uno de los polos está la oosfera (gameto femenino) y dos células llamadas sinérgidas, en el polo opuesto hay tres células llamadas antípodas, y en el centro los dos núcleos restantes se fusionan y forman el núcleo secundario diploide.

**60** **a)** Nucela-diploide (2n).

**b)** Ovario-diploide (2n).

**c)** Células sinérgidas-haploides (n).

**d)** Cotiledones-diploides (2n).

**e)** Endospermo de una planta angiosperma-triploide (3n).

**f)** Anteras-diploides (2n).

**g)** Embrión-diploide (2n).

**h)** Megaspora-haploide (n).

**i)** Primordio seminal u óvulo-diploide (2n).

**j)** Célula germinal del grano de polen-haploide (n).

**61** En los musgos, la planta que se observa es el gametofito y el esporofito, mucho más reducido, depende de él. En los helechos el gametofito y el esporofito son independientes, pero ya es el esporofito la planta dominante, siendo el gametofito muy reducido

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

(unos 2 cm). En las espermafitas (gimnospermas y angiospermas) el esporofito es la planta que vemos y los gametofitos, de tamaño microscópico, se forman en el interior de la flor.

En los ciclos vitales de las plantas terrestres, la evolución ha favorecido el desarrollo del esporofito diploide sobre el gametofito haploide. La dotación cromosómica diploide supone una gran ventaja adaptativa ya que, al estar cada carácter del individuo regido por dos genes, aumenta la estabilidad genética. Otra ventaja adaptativa es una menor dependencia del agua para el proceso de reproducción.

**62**

| | Briofitas | Pteridofitas | Espermafitas |
|---|---|---|---|
| **Esporofito** | Filamento sobre la planta | Planta del helecho | Planta |
| **Gametofito** | Planta musgo | Prótalo de tamaño reducido (unos 2 cm) | Microscópico en los conos y en las flores |

**63** En una planta monoica un mismo individuo presenta los dos sexos, pudiendo tener flores masculinas y femeninas por separado, o bien hermafroditas.

**64** Se refiere a flores que presentan polinización anemófila, realizada por el viento.

Para que la polinización por el viento tenga éxito se requiere que las plantas produzcan grandes cantidades de polen y que los individuos de la misma especie crezcan juntos (grandes poblaciones de la especie), ya que este polen es transportado a cortas distancias comparado con el transportado por los insectos. Además, los granos de polen deben ser secos y muy ligeros y, con frecuencia, están dotados de dispositivos que favorecen la flotación en el aire. Así, por ejemplo, el polen de las coníferas, pinos y abetos, tiene unas pequeñas expansiones laterales que le sirve de flotadores en el aire.

**65** R. L. En función del número de semillas que contienen, los frutos pueden ser monospermos, una sola semilla, y polispermos, muchas semillas.

**66** **a)** Los tegumentos de la semilla derivan de los tegumentos externos del óvulo o primordio seminal.

**b)** El saco embrionario del primordio seminal deriva de la megaspora haploide que, a su vez, procede de la división por meiosis de una célula de la nucela llamada célula madre de la megaspora.

**c)** El endospermo de la semilla de las gimnospermas deriva de los tejidos del gametofito que rodean al arquegonio.

**d)** El endospermo de la semilla de las angiospermas se forma tras la fusión de un núcleo espermático (gameto masculino) con el núcleo secundario del gametofito femenino, dando lugar a un núcleo tripoide (3n) del que derivará el endospermo.

**e)** El pericarpo del fruto deriva de las paredes del ovario.

**67** La epizoocoria y endozoocoria son dos formas de dispersión de frutos y semillas en las que intervienen los animales (zoocoria). Se denomina epizoocoria cuando las semillas o los frutos presentan dispositivos (sustancias adhesivas o apéndices como espinas, ganchos, etc.) para quedar retenidos en la piel o en las plumas de los animales. Sin embargo, en la endozoocoria los frutos, carnosos y apetitosos, son ingeridos por animales, que liberan y dispersan en sus heces las semillas sin haberlas digerido.

Los dos mecanismos de zoocoria pueden haber permitido a las plantas del continente americano llegar al continente europeo.

**68** R. L.

Pág. 293

**CIENCIA EN TU VIDA**

**69** Porque germinarían.

**70** Porque, entre los factores que favorecen la germinación de las semillas, están la presencia de agua y temperaturas suaves.

**71** R. L.

**72** Los bancos de germoplasma contienen colecciones de material vivo, sobre todo en forma de semillas, pero también como partes de la planta: hojas o tallos, polen e incluso cultivos de tejidos *in vitro*. Por tanto, contribuyen a la biodiversidad protegiendo y conservando aquellas especies raras o amenazadas de peligro de extinción, así como las especies y variedades vegetales endémicas. Su objetivo prioritario es la conservación de especies endémicas o amenazadas para evitar así su extinción.

**73** La pérdida de biodiversidad agraria, debido a la creciente dependencia de unas pocas variedades comerciales de frutas, verduras y hortalizas, ha llevado a que miles de variedades tradicionales hayan desaparecido. La recuperación de dichas variedades tradicionales es muy importante de cara al futuro porque, si las enfermedades o un posible cambio climático diezmaran alguna de las pocas especies vegetales de las que dependemos para alimentar la creciente población del planeta, podríamos necesitar en el futuro cualesquiera de las variedades que se están perdiendo.

**74** R. L.

**Introducción y recursos** . . . . . **643**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 644
- Previsión de dificultades . . . . . 644
- Esquema conceptual . . . . . 645
- Te recomendamos . . . . . 646

**Enseñanza individualizada** . . . . . **647**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 648
    - Ficha 1. Identificación de las partes del aparato digestivo en los moluscos . . . . . 648
    - Ficha 2. Interpretación de un esquema fisiológico . . . . . 649
  - Trabaja con imágenes . . . . . 650
    - Ficha 3. Órganos del aparato digestivo (I) . . . . . 650
    - Ficha 4. Órganos del aparato digestivo (II) . . . . . 651
  - Trabajos de aula . . . . . 652
    - Ficha 5. La digestión intracelular de los animales . . . . . 652
    - Ficha 6. Enzimas digestivas y sus productos . . . . . 653
    - Ficha 7. Resumen de la actividad pancreática e intestinal . . . . . 654
    - Ficha 8. Órganos análogos a los pulmones . . . . . 656
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 658
    - Ficha 9. ¿Cómo y por qué pican los mosquitos? . . . . . 658
    - Ficha 10. Las aves, campeonas de la respiración del mundo animal . . . . . 659

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **661**

- Autoevaluación . . . . . 663
- Evaluación de contenidos . . . . . 664
  - Controles . . . . . 664
    - Control B . . . . . 664
    - Control A . . . . . 666
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 668
- Evaluación por competencias . . . . . 672
  - Prueba . . . . . 672
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 674

**Solucionario** . . . . . **677**

# Introducción y recursos

# NUTRICIÓN EN ANIMALES: DIGESTIÓN Y RESPIRACIÓN

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

Los animales necesitan materia y energía para vivir. La nutrición en el reino Animales integra cuatro funciones: digestión, respiración, transporte y excreción. Todas ellas se realizan de forma coordinada.

En esta unidad desarrollamos las dos primeras, junto con el estudio de los correspondientes órganos y aparatos que las desempeñan.

La digestión comprende la ingestión de los alimentos, su transformación química y mecánica, la absorción de los productos resultantes y la egestión de los no absorbidos. Estos procesos pueden tener lugar a nivel celular, en los organismos unicelulares o en aparatos digestivos, que la evolución ha ido conformando progresivamente desde las cavidades simples de los poríferos y cnidarios hasta la complejidad de los mamíferos.

La respiración, a este nivel, implica el intercambio gaseoso entre el medio externo y el medio interno. Como en el caso anterior, los procesos respiratorios en los organismos unicelulares se realizan en su totalidad en la célula sin que se requiera ningún tipo de aparato. Los aparatos respiratorios presentan una gran diversidad, atendiendo por una parte a la complejidad del grupo animal al que pertenecen y, por otra, al medio en el que viven esos animales. Esta última condición se justifica por la diferente concentración del oxígeno en el aire (medio terrestre) y en el agua. Sucede así que organismos del mismo grupo animal pero de hábitats diferentes presentan distintas estructuras respiratorias.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • La nutrición y los procesos digestivos en los animales.<br>• El aparato digestivo de los invertebrados.<br>• El aparato digestivo de los vertebrados.<br>• La nutrición y el proceso de la respiración en los animales.<br>• Las estructuras respiratorias en los invertebrados.<br>• Las estructuras respiratorias en los vertebrados. |
| SABER HACER | • Medir el aire que respiramos. |
| SABER SER | • Valorar la importancia de la biodiversidad.<br>• Reconocer la coherencia interna de la ciencia al asociar estructura y función en el estudio de los seres vivos.<br>• Reconocer la importancia del medio en la selección natural de estructuras anatómicas y en la de sus funciones inherentes. |

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

La principal dificultad que plantea esta unidad radica en la gran cantidad de estructuras funcionales que hay que explicar y que el alumno debe aprender si quiere entender cómo se realizan los procesos fisiológicos correspondientes. Las exposiciones teóricas deben completarse con disecciones de animales de mercado: decápodos, calamares, erizos, gallinas y otros. La observación de órganos y aparatos que se consigue con estas prácticas es difícilmente superable con otros métodos.

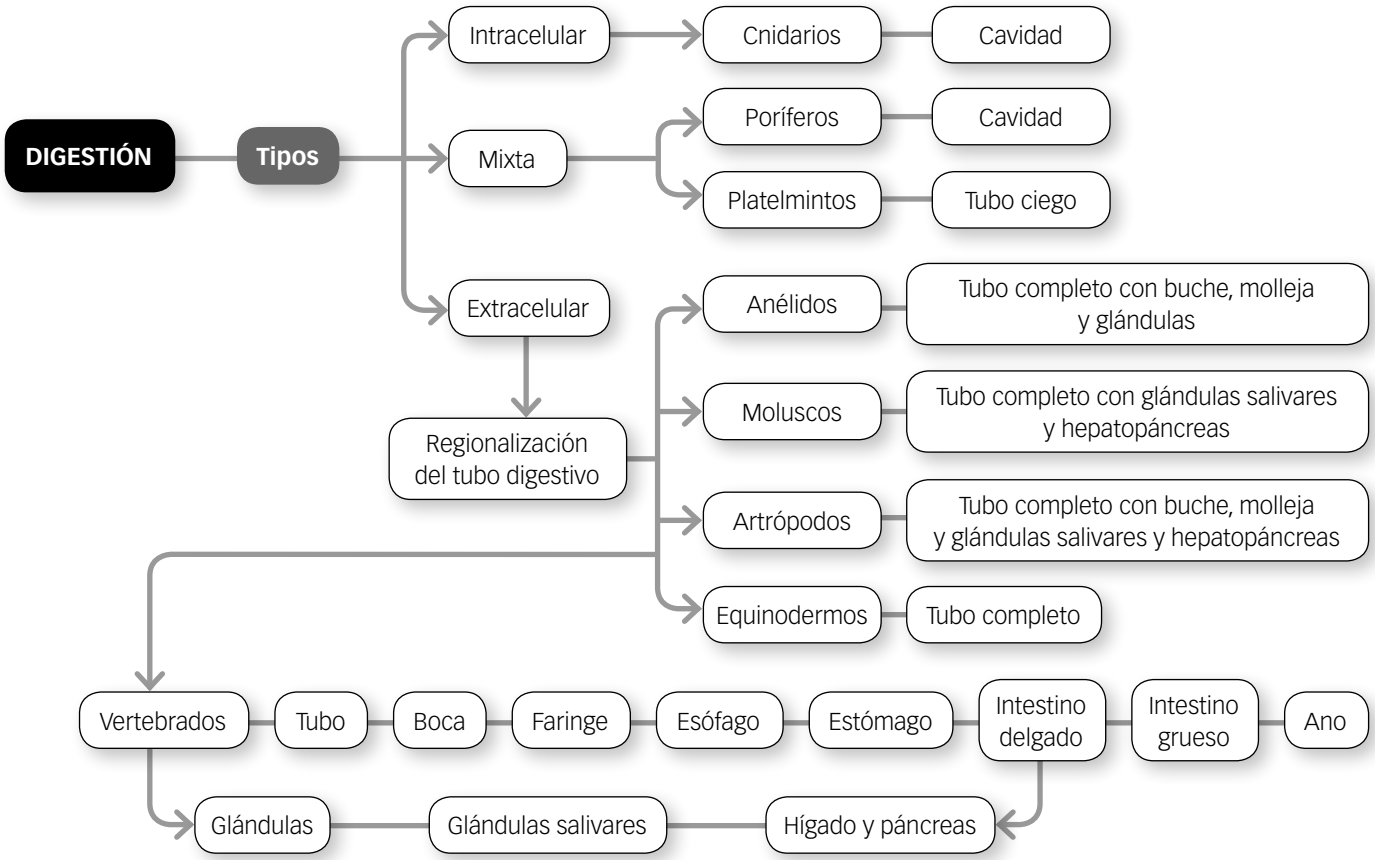
Dentro de los procesos de absorción se describen el transporte activo, la difusión facilitada y la difusión simple o pasiva. Conviene insistir sobre estos, ya que probablemente los alumnos no los hayan oído nunca o, en el mejor de los casos, recuerden los nombres de algunos. Debe insistirse en el papel selectivo de la membrana celular, que condiciona, afortunadamente, los procesos de intercambio de sustancias.

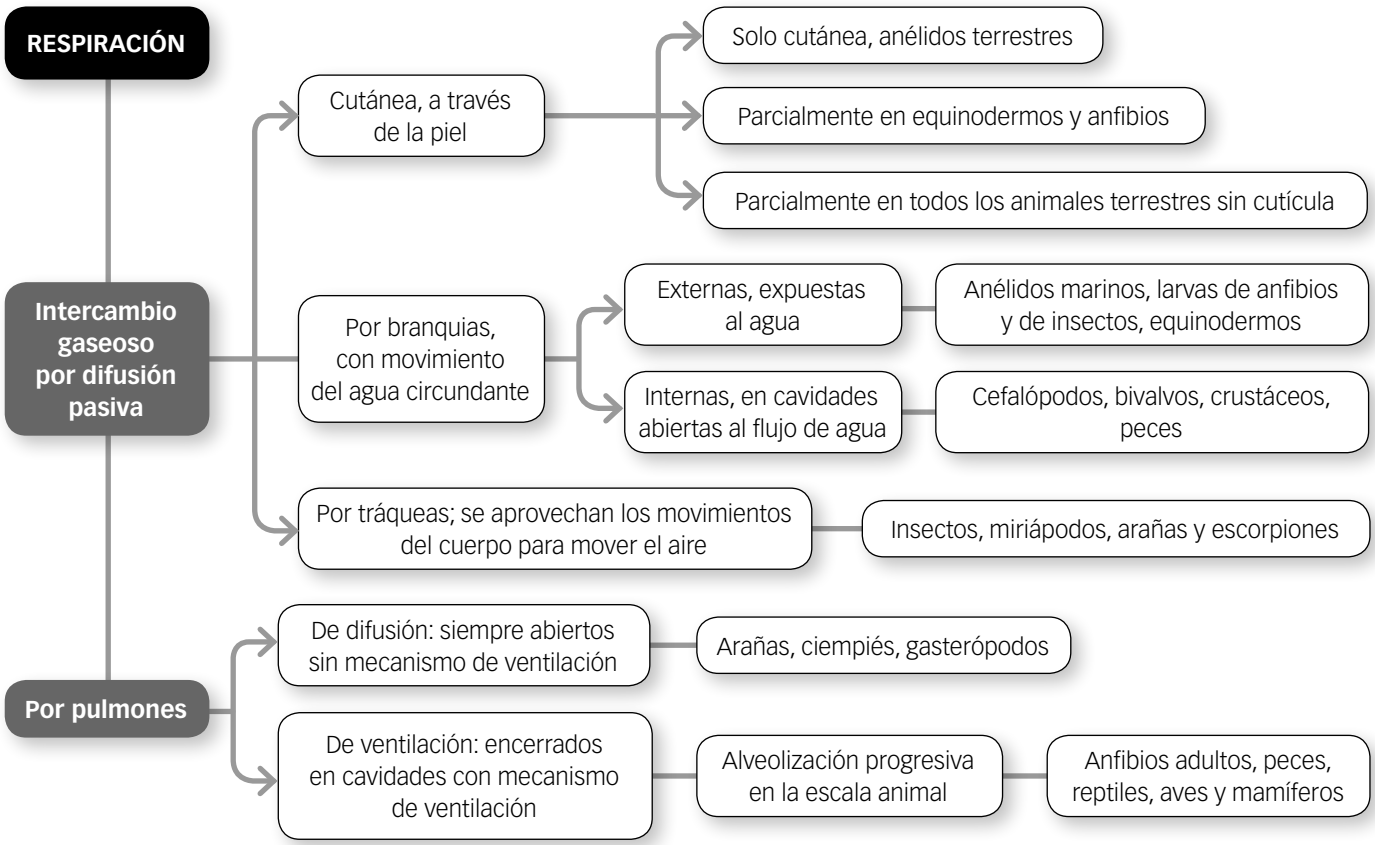
Para evitar errores conceptuales, conviene recordar que la ósmosis, que conocen los alumnos, es un paso de agua a través de una membrana semipermeable, que no permite el paso de solutos.

Dentro del estudio del aparato respiratorio se trabaja la difusión de gases a través de membranas. El motor del flujo es la diferente presión gaseosa a ambos lados de la membrana. Es preciso recordar que hablamos de presión parcial y que un gas, como el oxígeno, puede tener una presión parcial más alta a un lado de la membrana y otro gas, como el dióxido de carbono, puede tenerla más alta al otro lado, con lo cual los flujos serán opuestos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Proyecto Biosfera**
Página oficial del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Posibilidades de seleccionar diferentes unidades del currículo de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *1.º bachillerato proyecto biosfera.*

***Waste*. Periódico Ideal de Granada**
Página de medio ambiente y de información sobre animales, plantas, hongos, etc. Presenta numerosas guías de plantas, mariposas, aves, etc.
Palabras clave: *Ideal waste.*

**EOL. Encyclopedia of life**
Enciclopedia virtual promovida por E. O. Wilson, uno de los científicos de mayor prestigio en todo el mundo, y apoyada entre otras por la Fundación Smithsonian, el Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard y el Laboratorio de Biología Marina de Woods Hole. Contiene información sobre todos los grupos biológicos del planeta.
Palabras clave: *EOL encyclopedia life.*

**SINC. La ciencia es noticia**
Página web con todo tipo de noticias sobre ciencia, tecnología, biomedicina, salud, etc. Tiene un apartado dedicado a las ciencias naturales.
Palabras clave: *SINC ciencia noticia.*

**National Geographic**
Portal web con una enorme colección de fichas, animaciones, vídeos y otros recursos sobre la vida animal.
Palabras clave: *animales national geographic.*

## LIBROS Y REVISTAS

***Principios integrales de zoología***
**C. P. Hickman**. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España, 2015.
Versión actualizada y revisada de un clásico. Manual con excelentes ilustraciones y magnífico contenido textual, que contiene un DVD para conectarse a la red y buscar portales, actividades, etc. Incorpora las últimas tendencias en taxonomía de grupos.

***Fauna ibérica vv. vols. (obra en publicación)***
**VV. AA.** Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
Comprende claves completísimas de la fauna ibérica con caracteres diagnósticos precisos. Ayuda a identificar cualquier individuo de nuestra fauna.

***Zoología general***
**Storer; Stebbins; Usinger y Nybakken.** Ediciones Omega, 1982.
Excelente manual de zoología general con ilustraciones oportunas y texto de excepcional claridad. La primera parte se dedica a cuestiones de biología general y la segunda estudia los diversos *phila* del reino Animales incluyendo también los protozoos.

***Vida. La Ciencia de la Biología***
**W. K. Purves; D. Sadava; G.H. Orians y H.C. Heller.**
Editorial Médica Panamericana, 2006.
Es un libro de biología que recoge todo lo esencial y al mismo tiempo los últimos conocimientos, incluido lo referente al genoma humano, expuestos con una gran claridad. Trata de despertar el interés del alumno por esta ciencia y por la investigación.

***Biología***
**Curtis; Barnes; Schnek; Massarini.** Editorial Médica Panamericana, 2008.
Libro que continúa la ya larga tradición de Curtis, muy bien presentado, con recursos para el profesor y el alumno. Esquemas de una claridad excepcional con textos que iluminan las ilustraciones. Muchas figuras son mixtas, fotografía e ilustración, lo que contribuye a aclarar, por ejemplo, la estructura celular. El texto lleva intercaladas con precisión las llamadas que referencian las figuras.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

**National Geographic**
Gran colección de documentales de diversas series sobre el mundo animal, muchas de ellas gratuitas en YouTube.

**Discovery Max**
Diversas películas sobre la vida animal, muchas de ellas de acceso libre en YouTube.

**Filmografía básica.** Las siguientes películas presentan aspectos de la vida animal que tienen que ver con los contenidos de la unidad:

- ***Earth*** (Tierra, la película de nuestro planeta), 2007.
- ***Earthlings*** (Terrícolas), 2005.
- ***L'ours*** (El oso), 1988.
- ***La marche de l'empereur*** (El viaje del emperador), 2005.
- ***Guadalquivir,*** 2013.
- ***Home,*** 2009.
- ***Le peuple migrateur*** (Nómadas del viento), 2001.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

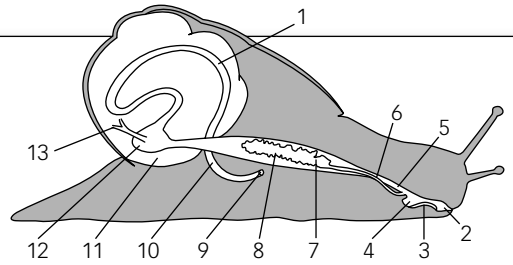
*Prácticas*

*Profundización*

# Identificación de las partes del aparato digestivo en los moluscos

Identifica los órganos del aparato digestivo de este caracol y relaciona cada uno con la función que realiza.

Los órganos que se muestran están desordenados y son los siguientes: boca, glándula salival, conducto salival, rádula, buche, estómago, intestino, cavidad bucal, recto, ano, esófago, hepatopáncreas y conductos hepáticos.




Recuerda que los caracoles son animales invertebrados. Son moluscos gasterópodos con una variada morfología en sus aparatos internos; algunos respiran por pulmones y otros por branquias. La mayoría poseen una concha externa, pero otros, como las babosas, no. La concha de este grupo suele ser espiral y los obliga a realizar todos los intercambios con el exterior por su abertura.

La digestión de los moluscos es externa; es decir, se realiza fuera de las células del cuerpo, en el tubo digestivo.

Te recomendamos que describas el proceso digestivo de este molusco paso a paso.

1. Debes seguir el trayecto del alimento de forma ordenada por el tubo digestivo, empezando por la boca y terminando por el ano.
2. Describe cada parte del aparato digestivo relacionándola con las partes adyacentes. Debes dejar claro la dirección que sigue el alimento.
3. Detente en las glándulas digestivas que acompañan al tubo digestivo y nombra las sustancias que segregan cada una.
4. Por último, cita de forma ordenada la función que se realiza en cada lugar.
   a) La ingestión del alimento se produce por captura de forma activa, por la **boca** (2), ayudándose con la **rádula** (3), que es una especie de lengua erizada y produce una digestión mecánica, ya que raspa los vegetales y les arranca fragmentos. Las partículas alimenticias se almacenan en la **cavidad bucal** (4).
   b) El par de **glándulas salivales** (7) producen la saliva, que vierten por el **conducto salival** (6) a la entrada del **esófago** (5).
   c) El esófago conduce al **buche** (8), que es un ensanchamiento en el que el alimento se mezcla con la saliva y comienza su digestión química por las enzimas salivales.
   d) El buche desemboca en el **estómago** (12), donde se realizará la digestión química.
   e) Las enzimas provienen de una gran glándula digestiva, el **hepatopáncreas** (11), que funciona como hígado y como páncreas; es decir, fabrica tanto bilis como jugo pancreático, que se vierte en el estómago por los **conductos hepáticos** (13).
   f) El estómago comunica con el **intestino** (1). En él se realizan dos funciones: la continuación de la digestión química empezada en el estómago y la absorción de los nutrientes resultantes por el sistema circulatorio.
   g) El último tramo del intestino es el **recto** (10); se produce la absorción de sales minerales y de agua. Los residuos de la digestión se compactan y las heces formadas se expulsan por el **ano** (9). A este proceso se le llama egestión o defecación.

## PRACTICA

**1** Realiza el dibujo del aparato digestivo de un pólipo:
a) Rotula sus partes.
b) Indica el recorrido del alimento mediante flechas.
c) Explica las funciones digestivas de cada parte.

**2** Realiza el dibujo del aparato digestivo de un insecto:
a) Rotula sus partes.
b) Indica el recorrido del alimento mediante flechas.
c) Explica las funciones digestivas de cada parte.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Orientaciones para un examen

## Interpretación de un esquema fisiológico

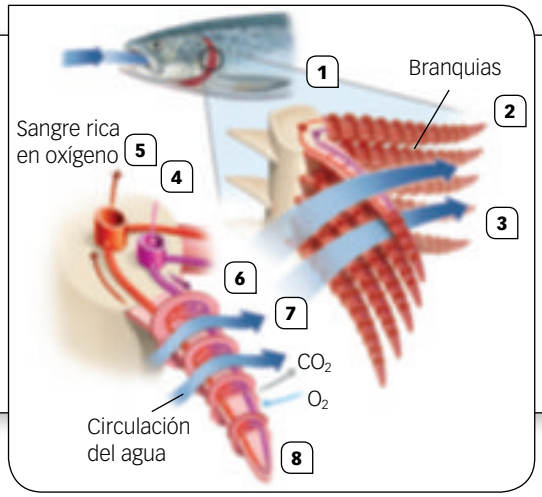
Identifica el esquema de la derecha.

a) Ponle un título que lo represente.

b) Nombra cada una de las partes numeradas.

c) Explica el proceso que ocurre en cada una de ellas.

d) ¿Cómo se llama este tipo de branquias que están protegidas?




Es posible que en una prueba el profesor te pida que identifiques un dibujo que no recuerdes o que incluso nunca hayas visto.

Debes hacer memoria de lo que has estudiado y reflexionar sobre los esquemas que sí conoces para compararlos con el que te proponen. Los rasgos básicos serán los mismos.

En este se ven dos estructuras de las que parten unas prolongaciones en forma de V y, muy importante, en la parte inferior las cruza una flecha. Ya debes haber reconocido la respiración branquial de un pez.

**a)** El título podría ser: «Estructura y funcionamiento de las branquias» o simplemente «La respiración branquial de los peces». Cualquiera puede valer, tu profesor solo quiere saber que entiendes lo que ves.

**b)** Las partes numeradas serían:

1: arcos branquiales
2: filamentos branquiales
3: flujo de agua a través de la branquia
4: capilar branquial con sangre pobre en oxígeno
5: capilar branquial con sangre rica en oxígeno
6: lamelas de los filamentos branquiales
7: flujo de agua entre las lamelas branquiales
8: dirección del flujo de sangre en las lamelas branquiales.

**c)** Las branquias están formadas por arcos branquiales que sostienen a los filamentos branquiales.

El pez hace fluir el agua entre ellos, proveniente de su faringe, para capturar el oxígeno que lleva.

Cada filamento branquial está formado por cientos de pequeñas láminas muy vascularizadas; son las lamelas branquiales. De este modo, la superficie de intercambio de la branquia aumenta muchas veces.

Las lamelas branquiales dejan pasar entre ellas el agua, pero en sentido contrario al flujo de la sangre que fluye por sus capilares.

Este sistema de contracorriente es muy eficaz y permite capturar muchísimo oxígeno, al tiempo que el pez desprende su dióxido de carbono.

Se considera que esta forma de respirar es un éxito evolutivo que permite a los animales acuáticos obtener el oxígeno necesario para su actividad vital de un medio marino que es muy pobre (0,9 %) si se compara con el medio aéreo (21 %).

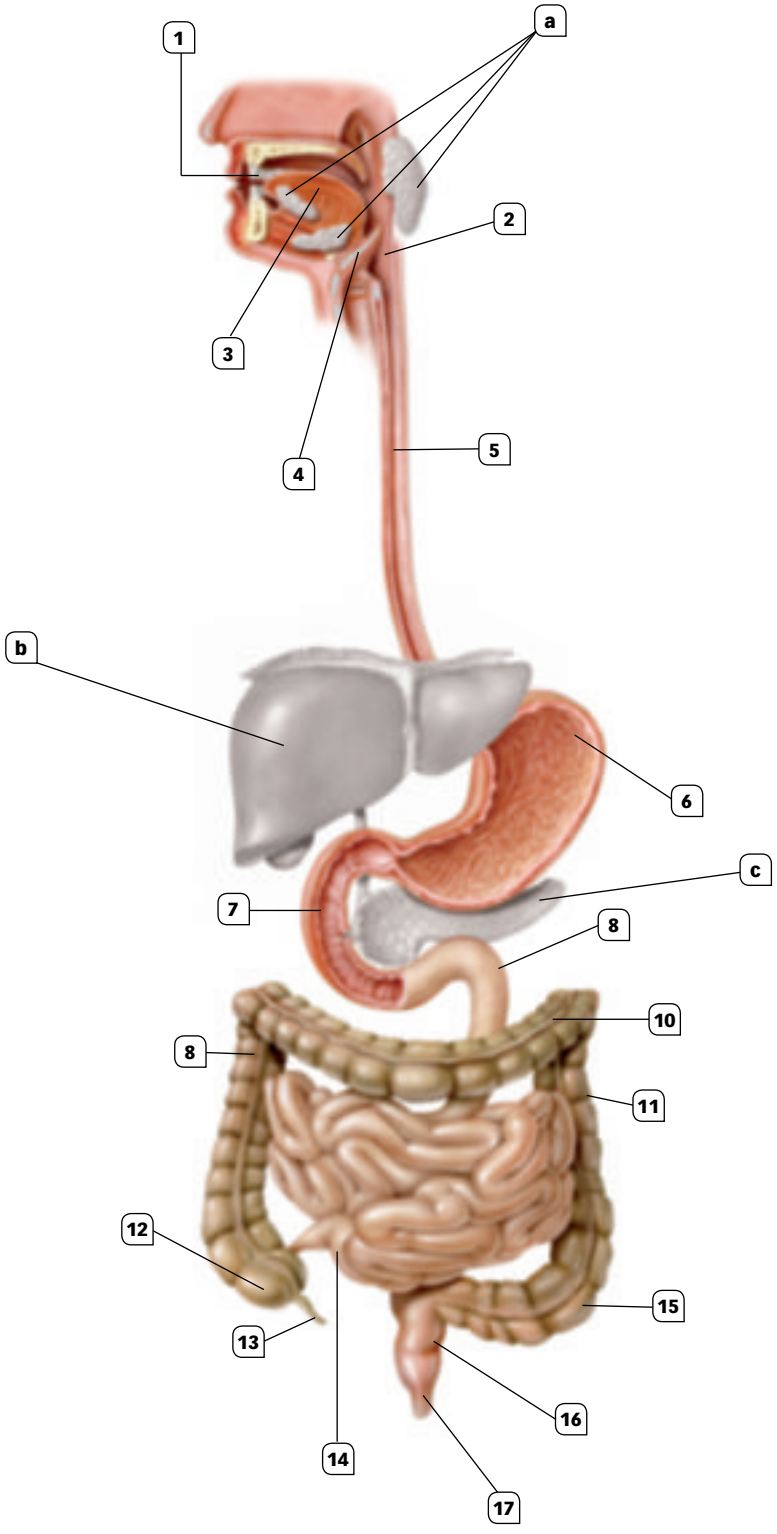
### PRACTICA

**1** Este animal es el *Ambystoma mexicanum*. Identifica las estructuras plumosas que rodean su cuello.

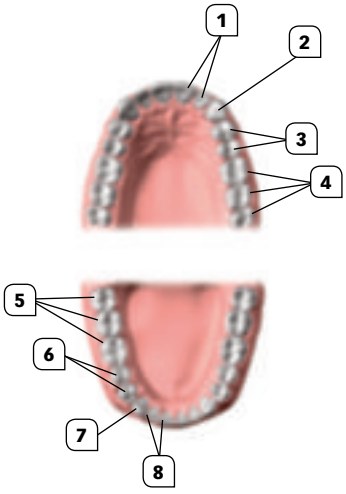
**2** Responde: ¿para qué se utilizan?, ¿cómo funcionan? y ¿qué ventajas e inconvenientes presentan estas estructuras frente a las que tienen otros seres como los peces?

**3** De los siguientes animales, indica cuáles tienen branquias internas y cuáles externas: larva de anfibio, anfibio adulto, larva de pez, pez adulto, anélido marino, crustáceo decápodo.

# Órganos del aparato digestivo (I)




**TIPOS DE DIENTES**




## ACTIVIDADES

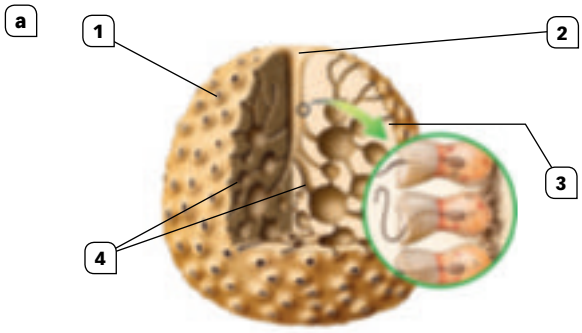
**1** Escribe el nombre de cada parte señalada en los distintos órganos del aparato digestivo.

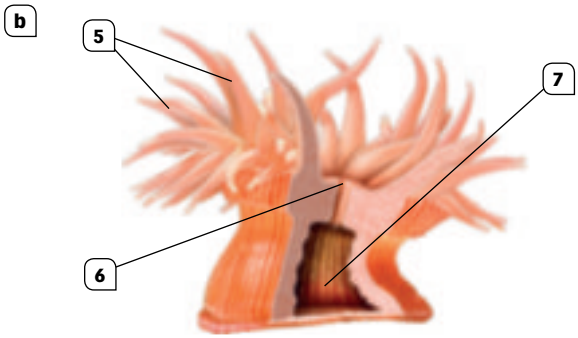
**2** Nombra los órganos a, b y c. ¿Cuál es su función?

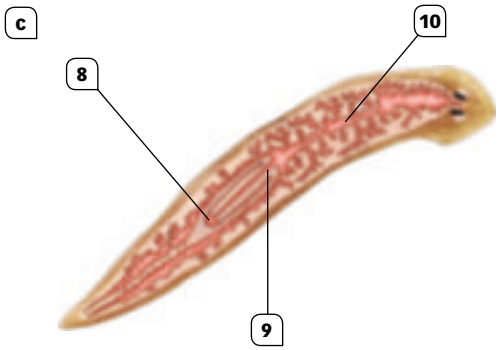
**3** Además de a, b y c, hay muchos otros elementos que realizan un papel semejante. ¿Por qué no aparecen en el dibujo?

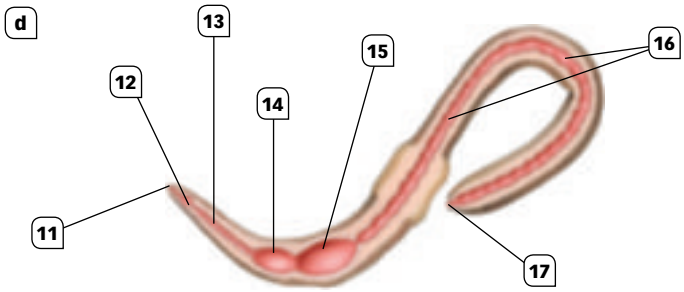
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

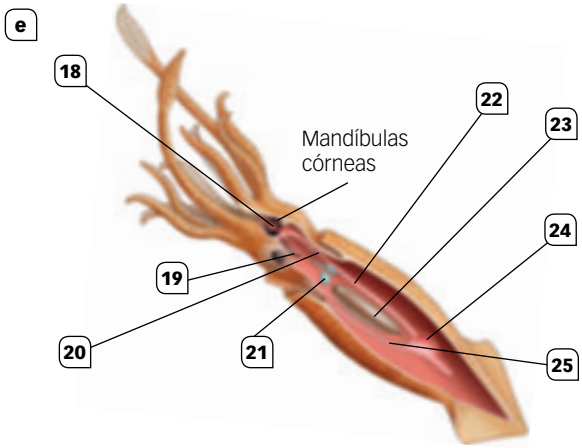
# Órganos del aparato digestivo (II)

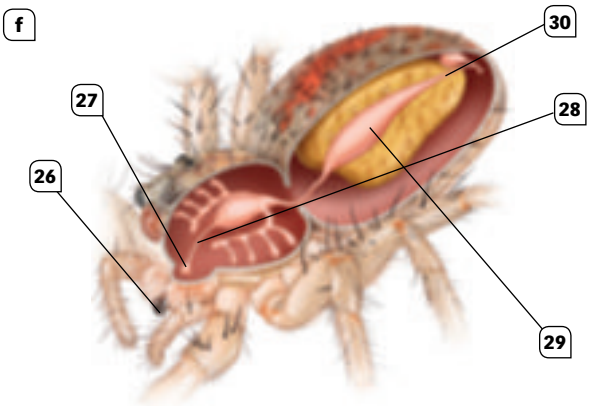


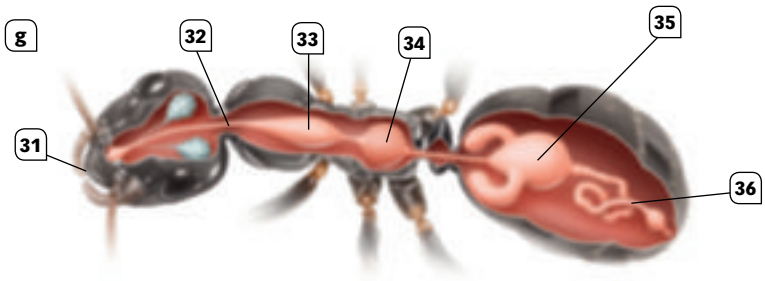



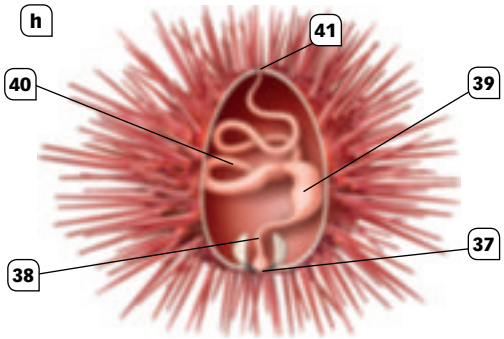




## ACTIVIDADES

**1** Escribe el nombre de los organismos a, b, c, d, e, f, g y h.

**2** Escribe el nombre de los órganos numerados del 1 al 41.

# La digestión intracelular de los animales

La **digestión intracelular** es aquella en la que las partículas alimenticias son englobadas por las propias células del animal y posteriormente digeridas en el interior de vacuolas digestivas, en las que se vierten las enzimas hidrolíticas de los lisosomas. Esta modalidad de digestión la realizan los protozoos y las esponjas. Los cnidarios y los platelmintos presentan digestión extracelular y digestión intracelular.

1. El alimento capturado queda englobado en una vacuola.
2. Los lisosomas vierten enzimas digestivas en la vacuola.
3. Fin de la digestión. La materia orgánica pasa al citoplasma.
4. Expulsión de residuos no digeribles.
5. Catabolismo. Se obtiene energía, $CO_2$ y $H_2O$ en la mitocondria a partir de glúcidos, lípidos y prótidos, con consumo de oxígeno.
6. Anabolismo. La célula construye lípidos, glúcidos y prótidos, con consumo de energía.
7. Excreción de agua, dióxido de carbono y amoniaco.

**Fases de la digestión intracelular en una ameba.** El alimento ingerido sufre una digestión por enzimas, que liberan los principios inmediatos aprovechables por la célula. Estos se utilizarán para obtener energía en las mitocondrias o para producir otras moléculas.

## ACTIVIDADES

**1** En los aparatos digestivos, la transformación de los alimentos pasa por las siguientes fases: captura e ingestión, digestión (mecánica y química), absorción y egestión. ¿Tienen esos procesos algún paralelismo con los que se producen en una célula?

**2** Las esponjas o poríferos realizan digestión intracelular. ¿Qué puede decirse de la organización celular de estos seres?

**3** ¿A qué órganos de los aparatos digestivos te recuerdan por su función los lisosomas celulares?

**4** ¿Qué proceso en los aparatos digestivos tiene cierta semejanza con lo que ocurre en el punto 3 de la secuencia descrita más arriba? ¿Y con lo que ocurre en el punto 4 de la misma secuencia?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enzimas digestivas y sus productos

| ENZIMA | SUSTRATO | PRODUCTOS OBTENIDOS | pH óptimo |
|---|---|---|---|
| Ptialina | Almidón | Dextrina y maltosa | 6,7 |
| Maltasa salival | Maltosa | Glucosa | 6,7 |
| Pepsina | Proteínas | Péptidos | 1,5-3 |
| Tripsina | Proteínas y péptidos | Péptidos sencillos | 8 |
| Quimiotripsina | | Péptidos sencillos | 8 |
| Carboxipeptidasa | | Separa el aminoácido con grupo ácido terminal | 8 |
| Lipasa pancreática | Grasas | Glicerina, ácidos grasos, glicéridos | 8 |
| Amilasa pancreática | Almidón | Maltosa | 7,1 |
| Ribonucleasa | ARN | Nucleótidos de ribosa | Alcalino |
| Desoxirribonucleasa | ADN | Nucleótidos de desoxirribosa | Alcalino |
| Enteroquinasa | Tripsinógeno | Tripsina | Alcalino |
| Aminopeptidasa | Péptidos | Separa el aminoácido con grupo amino terminal | 8 |
| Carboxipeptidasa duodenal | Péptidos | Separa el aminoácido con grupo ácido terminal | 8 |
| Dipeptidasas | Dipéptidos | Pares de aminoácidos | Alcalino |
| Maltasa | Maltosa | Glucosa | Alcalino |
| Lactasa | Lactosa | Glucosa y galactosa | Alcalino |
| Sacarasa | Sacarosa | Glucosa y fructosa | Alcalino |
| Lipasa intestinal | Glicéridos | Glicerina y ácidos grasos | Alcalino |

## ACTIVIDADES

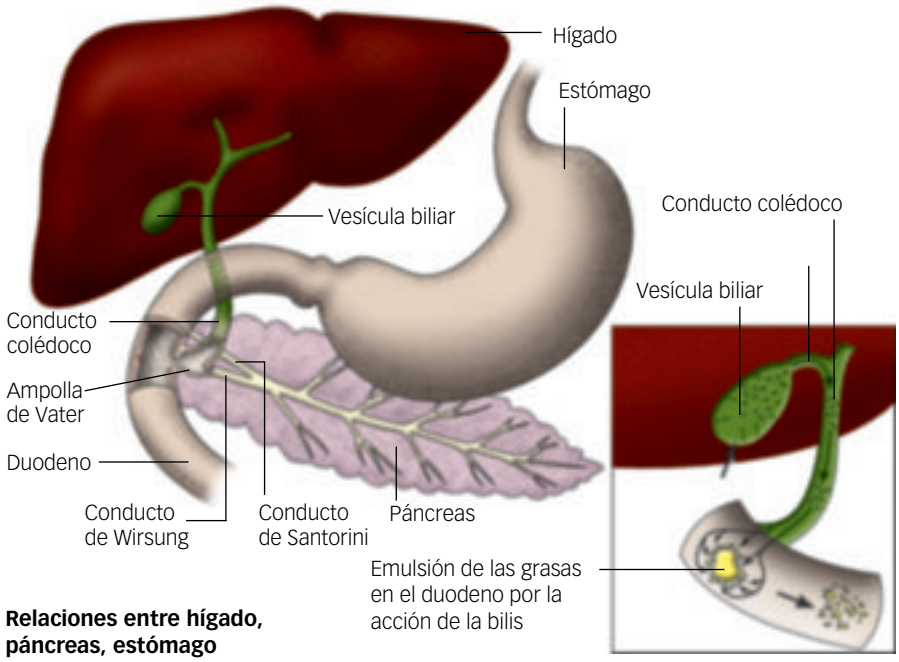
**1** Indica en qué organo del aparato digestivo se segregan las enzimas citadas en la primera columna de la tabla superior.

**2** Apoyándote en lo que se dice en esa tabla contesta las siguientes cuestiones:

- ¿Qué sustancias son las que se originan tras el primer ataque enzimático a las proteínas?
- ¿De qué sustancias proceden la glicerina y los ácidos grasos?
- ¿Qué sustancias componen la lactosa? ¿Y la sacarosa? ¿Y la maltosa?
- ¿Cuál es el efecto de la enteroquinasa?
- ¿Sobre qué sustancia actúa la ptialina? ¿Qué sustancias produce su actuación?
- ¿Quién se encarga de la digestión de las grasas (o lípidos)?

**3** Averigua el pH exacto al que actúan las enzimas cuyo pH no se detalla numéricamente.

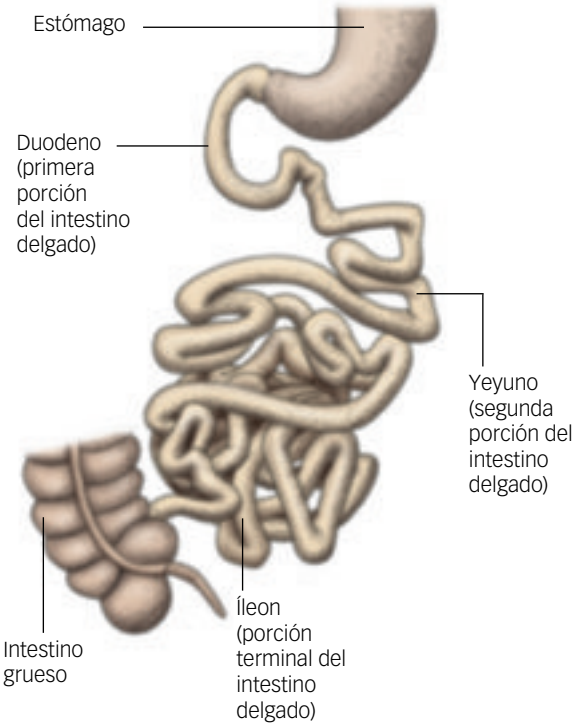
# Resumen de la digestión pancreática e intestinal




**Relaciones entre hígado, páncreas, estómago y duodeno.**

**LA DIGESTIÓN PANCREÁTICA**

| | | |
|---|---|---|
| Péptidos | Peptidasas activadas → | Péptidos sencillos y aminoácidos |
| Almidón | Amilasa pancreática → | Maltosas |
| Glicéridos | Lipasa pancreática → | Glicerina + ácidos grasos |
| Ácidos nucleicos | Nucleasas pancreáticas → | Nucleótidos |
| Fosfolípidos | Fosfolipasas → | Moléculas orgánicas + grupos fosfóricos |




**Esquema del intestino delgado humano.**

**LA DIGESTIÓN INTESTINAL**

| | | |
|---|---|---|
| Maltosa | Maltasa → | 2 moléculas de glucosa |
| Lactosa | Lactasa → | 1 glucosa + 1 galactosa |
| Sacarosa | Sacarasa → | 1 glucosa + 1 fructosa |
| Glicéridos | Lipasa intestinal → | Glicerina + ácidos grasos |
| Péptidos | Peptidasas → | Aminoácidos |
| Ácidos nucleicos | Nucleasa intestinal → | Nucleótidos |

| | | |
|---|---|---|
| Tripsinógeno (peptidasa pancreática inactiva) | Enteroquinasa* (enzima intestinal) → | Tripsina (peptidasa activa) |

* No participa en la digestión, sino en la activación de otra enzima.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ACTIVIDADES

**1** Supongamos que almuerzas un bocadillo de atún. Habrás ingerido proteínas del pan y del atún, almidón del pan y lípidos de la conserva y propios del atún. Esas sustancias habrán sufrido un ataque previo en la boca (amilasa salival, ataque parcial al almidón) y en el estómago (pepsina y lipasa gástrica). Como consecuencia, en el intestino habrán ingresado péptidos, almidón, maltosa, lípidos y otras sustancias.

a) Elabora una lista completa de las sustancias que ingresan en el intestino delgado.

b) Escribe la secuencia de las transformaciones que experimenta cada una de las sustancias que llegan al intestino delgado, hasta su absorción o eliminación.

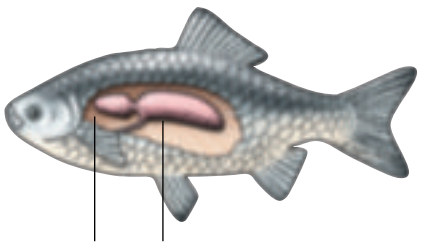
c) La denominada digestión pancreática se produce en el intestino. ¿Por qué se denomina así?

d) ¿Qué papel desempeña la bilis? ¿Qué órgano la segrega?

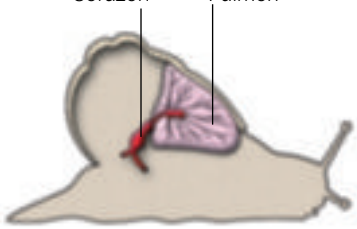
# Órganos análogos a los pulmones

1. **La vejiga natatoria de algunos peces.** Es una cavidad llena de aire que poseen la mayoría de los osteíctios. Sus paredes están muy vascularizadas y esto posibilita un rápido intercambio de gases entre ella y la sangre. Tiene **función hidrostática**. Al aumentar su volumen, el pez asciende por flotación y, al disminuir, el pez aumenta de densidad y desciende. Algunas vejigas natatorias están comunicadas con el esófago por el llamado **conducto neumático**. Esto permite la captura de aire por la boca y que la vejiga realice una cierta función respiratoria. Por ejemplo, en *Polypterus*, *Amia* y *Lepisosteus*. Este último llega a morir si no puede captar aire atmosférico. Se considera que a partir de los pulmones de los placodermos del Devónico, una línea evolutiva dio lugar a los pulmones de dipnoos y tetrápodos, y otra línea dio lugar a la vejiga natatoria. Algunos peces de aguas pobres en oxígeno aprovechan para la función respiratoria las paredes del intestino (por ejemplo, los *Hoplosternum*), del estómago (*Plecostomus*), o de la cavidad bucal (*Betta*). Los dos últimos géneros son frecuentes en los acuarios domésticos.
2. **El pulmón de algunos moluscos gasterópodos.** Los gasterópodos pulmonados, como el caracol terrestre, disponen de una cavidad a través de cuyas paredes se intercambian gases respiratorios: se trata del **pulmón**, que, en realidad, es la cavidad paleal del animal cuyo techo se ha vascularizado grandemente. El pulmón de estos moluscos comunica con el exterior a través de un orificio, el **pneumostoma**, situado en la parte superior derecha del cuerpo.
3. **Los pulmones en libro y los pulmones traqueales de los arácnidos.** Los **pulmones en libro** o **filotráqueas** de los arácnidos son invaginaciones globosas del tegumento que presentan su pared interior muy replegada, formando **láminas** finas y amplias, como las hojas de un libro. Por su interior discurre libremente el medio interno (**hemolinfa**). Las láminas se mantienen separadas por unas estructuras especiales que permiten que el aire se mueva libremente entre ellas. El intercambio gaseoso se produce entre este aire y el medio interno de las láminas. Luego, el medio interno distribuye el oxígeno por todo el cuerpo. En los escorpiones y muchas arañas, la hemolinfa posee el pigmento respiratorio **hemocianina**. Es decir, las filotráqueas funcionan como los pulmones de los vertebrados, mediante el concurso del aparato circulatorio. Funcionalmente, no siguen el modelo respiratorio traqueal, sino el pulmonar. Las filotráqueas son propias de arácnidos primitivos, como los escorpiones, y de algunas arañas.

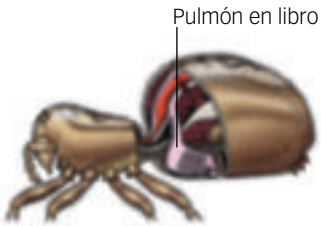
   Los **pulmones traqueales** de los arácnidos son similares a los pulmones en libro, pero su superficie respiratoria es un racimo de tubos (tráqueas) que llevan oxígeno a la hemolinfa. Son exclusivos de las arañas. Algunas de estas pueden presentar, a la vez, pulmones en libro, pulmones traqueales y tráqueas típicas, por lo que se ha sugerido que estos órganos muestran las sucesivas formas del aparato respiratorio en su adaptación a la vida terrestre.
4. **Los pulmones acuáticos de las holoturias (equinodermos).** Son dos evaginaciones de forma arborescente de la pared del tubo digestivo, que están llenándose y vaciándose de agua continuamente. La delgada pared que poseen permite el intercambio de gases a través de ella, que en gran parte pasan al sistema hemal que contiene hemoglobina.



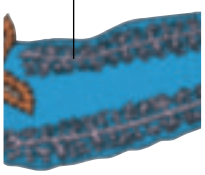
**Vejiga natatoria de un pez.**



**Pulmón de un gasterópodo.**



**Pulmón en libro o filotráquea de una araña.**



**Pulmón acuático de una holoturia.**

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ACTIVIDADES

1. ¿Desempeña la vejiga natatoria de los peces alguna función respiratoria? Explica su papel. Cita tres peces conocidos con vejiga natatoria y otros tres que no la posean. Averigua el significado de los términos *fisoclisto* y *fisóstomo*.

2. ¿Qué diferencia hay, desde el punto de vista de su aparato respiratorio, entre los gasterópodos terrestres y los gasterópodos marinos?

3. ¿Qué animales poseen los denominados pulmones en libro o filotráqueas? ¿Cómo funcionan esos pulmones? ¿Qué animales presentan en su mismo cuerpo varios tipos de aparatos respiratorios?

4. Explica cómo respiran las holoturias o «pepinos de mar».

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## ¿Cómo y por qué pican los mosquitos?

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga cómo se alimentan los mosquitos y las consecuencias que ello tiene en la transmisión de enfermedades.

**Otras investigaciones sugeridas.** ¿A qué denominamos mosquitos? Los géneros *Aedes*, *Culex* y *Anopheles*. Aparato bucal de los mosquitos. Tipos de alimentación de machos y hembras. Selección de especies y órganos de los sentidos. Sensores de flujo y de repleción. Sustancias anestésicas y anticoagulantes en la saliva de los mosquitos. Cómo evitan la coagulación de la sangre las hembras hematófagas.

**Fuentes de la investigación**

- «El olfato de los mosquitos». J. R. Carlson, A. F. Carey. *Investigación y Ciencia*, septiembre 2011.
- «Lucha contra las infecciones. El ciclo de la malaria en los mosquitos». C. Cortés. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1998.
- *Biología.* N. Campbell, J. Reece, Editorial Médica Panamericana, 2007.

**Realización.** Equipos de cinco estudiantes para los carteles.

**Duración de la elaboración.** De una a dos semanas.

**Presentación.** Exposición con carteles en gran formato. Resumen del trabajo para colgar en la plataforma *on line* del centro.

### TEN EN CUENTA QUE

Cada especie de mosquito tiene preferencia por una u otra especie de vertebrado: anfibios, reptiles, aves o mamíferos. Así, la especie humana es la preferida por varias especies de mosquitos de los géneros *Culex, Anopheles* (en la fotografía) y *Aedes*.

El aparato bucal de los mosquitos es una estructura con extraordinaria complejidad: comprende un aparato perforador, un canal salivar situado en la hipofaringe y un conducto succionador que dirige la sangre succionada directamente al intestino.

Algunas especies de mosquitos están ampliando considerablemente su área de distribución por diversas causas, entre ellas, el incremento de los desplazamientos de las personas y el aumento de la temperatura debido al calentamiento global. El más próximo a nosotros es el mosquito tigre (en la fotografía).

### LO QUE DEBES SABER

- **Hematófago:** que se alimenta de sangre.
- ***Labium*:** estructura compleja del aparato bucal de los mosquitos que alberga los órganos sensores picadores y succionadores.
- **Labro:** conducto por donde se succiona el alimento, sangre o jugos azucarados.
- **Bombas:** órganos que impulsan la succión.
- **Labelos:** órganos en forma de sierra que perforan la piel de los animales.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Las aves, campeonas de la respiración del mundo animal

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga acerca de la anatomía y fisiología del aparato respiratorio de las aves.

**Otras investigaciones sugeridas.** Peculiaridades del medio aéreo y ecología de las aves. Anatomía del aparato respiratorio de las aves: pulmones, bronquios, parabronquios, capilares aéreos y sacos aéreos. Fisiología de la respiración en las aves: los cuatro tiempos del ciclo respiratorio. Musculatura especializada de la circulación de las aves.

**Fuentes de la investigación**

- *Waste*. Palabras clave: *ideal waste, aparato respiratorio, aves.*
- SINC. Palabras clave: *sinc, aparato respiratorio, aves.*
- *Biología*. N. Campbell, J. Reece, Editorial Médica Panamericana, 2007.
- *Biología*. S. N. Barnes, E. Curtis; A. Schnek; A. Massarini. Editorial Médica Panamericana, 2008.
- *Vida, la Ciencia de la Biología*. Purves, Sadava, Orians, Heller; Hills. Editorial Médica Panamericana, 2009.

**Realización.** Equipo de cinco, para cada una de las actividades propuestas.

**Duración de la elaboración.** Exposición, una o dos semanas; modelos, una o dos semanas; animaciones, una semana.

**Presentación.** Exposición con carteles en gran formato. Resumen del trabajo para colgar en la plataforma *on line* del centro. Elaboración de modelos físicos. Animaciones.

### TEN EN CUENTA QUE

Los halcones peregrinos, como el que aparece en la fotografía, pueden volar en picado a 400 km/hora. Esta velocidad es comparable a la velocidad de crucero de algunos aviones de caza de la Segunda Guerra Mundial.

Los charranes árticos realizan una emigración anual de 40 000 km. En el otoño boreal vuelan desde el Ártico hasta la Antártida, y en la primavera regresan de nuevo desde la Antártida a las tierras árticas de las que partieron.

Los vencejos tienen una actividad incesante y frenética. Desde el amanecer, y muchas veces antes, hasta después del anochecer, vuelan sin cesar persiguiendo y atrapando las nubes de mosquitos, tan abundantes en primavera y verano.

### LO QUE DEBES SABER

- **Parabronquios:** conductos tubulares entre los cuales hay túbulos muy finos, los capilares aéreos, que poseen una vascularización muy intensa.
- **Sacos aéreos:** cavidades globosas, situadas en posición anterior y posterior a los pulmones de las aves, que pueden contraerse y expandirse, dirigiendo el flujo gaseoso en la respiración.
- **Ciclo completo:** se denomina así al ciclo en cuatro tiempos, desde que el aire es inspirado hasta que es espirado.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 16 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Los seres vivos que, como la ballena, no pueden fabricar sus propios nutrientes se llaman:

- ☐ **a.** Heterótrofos.
- ☐ **b.** Autótrofos.
- ☐ **c.** Parásitos.
- ☐ **d.** Endogámicos.

**2** Desde un punto de vista global, los procesos digestivos comprenden:

- ☐ **a.** Nutrición, transporte y excreción.
- ☐ **b.** Captura e ingestión, digestión, absorción y egestión.
- ☐ **c.** Nutrición, relación y reproducción.
- ☐ **d.** Anabolismo y catabolismo.

**3** Los siguientes rasgos definen a algunos grupos de animales:

- ☐ **a.** Los arácnidos tienen un intestino ciego y realizan digestión mixta.
- ☐ **b.** Los cnidarios tienen un aparato digestivo completo con boca y ano.
- ☐ **c.** Los poríferos tienen digestión exclusivamente intracelular.
- ☐ **d.** Las solitarias (platelmintos) tienen un aparato digestivo hipertrofiado.

**4** El estómago de los rumiantes presenta:

- ☐ **a.** Una sola cavidad y tiene forma de huso.
- ☐ **b.** Una sola cavidad y tiene forma de un enorme saco.
- ☐ **c.** Dos cavidades denominadas proventrículo y molleja.
- ☐ **d.** Cuatro cavidades.

**5** Los pliegues, las vellosidades y las microvellosidades del intestino de aves y mamíferos producen:

- ☐ **a.** Una reducción de la superficie que conviene a la economía de la digestión.
- ☐ **b.** Una trampa para las bacterias y otros organismos patógenos.
- ☐ **c.** Una forma de facilitar el tránsito alimenticio.
- ☐ **d.** Un aumento de la superficie absorbente.

**6** Las superficies respiratorias son:

- ☐ **a.** Extensas, muy vascularizadas, gruesas y húmedas.
- ☐ **b.** Extensas, poco vascularizadas, delgadas y húmedas.
- ☐ **c.** Extensas, muy vascularizadas, delgadas y húmedas.
- ☐ **d.** Reducidas, muy vascularizadas, gruesas y húmedas.

**7** Las branquias son:

- ☐ **a.** Invaginaciones tubulares en el cuerpo de animales acuáticos.
- ☐ **b.** Expansiones de la epidermis superficial del cuerpo de animales acuáticos o de sus larvas con intensa vascularización.
- ☐ **c.** Sacos invaginados en el cuerpo de animales acuáticos en permanente contacto con el exterior.
- ☐ **d.** Sacos invaginados en el cuerpo de animales acuáticos en contacto regulado con el exterior.

**8** Los siguientes rasgos caracterizan a algunos grupos de animales:

- ☐ **a.** Los anélidos terrestres tienen respiración cutánea y los acuáticos respiran por branquias.
- ☐ **b.** Los moluscos respiran todos por pulmones.
- ☐ **c.** Las larvas de algunos vertebrados respiran por tráqueas.
- ☐ **d.** Los peces y los anfibios respiran por branquias internas.

**9** Dentro de los vertebrados:

- ☐ **a.** Anfibios, reptiles, aves y mamíferos respiran por pulmones.
- ☐ **b.** Solo anfibios, aves y mamíferos respiran por pulmones.
- ☐ **c.** Solo reptiles, aves y mamíferos respiran por pulmones.
- ☐ **d.** Solo aves y mamíferos respiran por pulmones.

**10** Los pulmones:

- ☐ **a.** Aumentan y disminuyen de volumen independientemente del estado de la caja torácica.
- ☐ **b.** Aumentan su volumen cuando se relaja el diafragma y se contraen los músculos intercostales.
- ☐ **c.** Disminuyen su volumen cuando se contraen el diafragma y los músculos intercostales.
- ☐ **d.** Aumentan su volumen cuando se contraen el diafragma y los músculos intercostales.

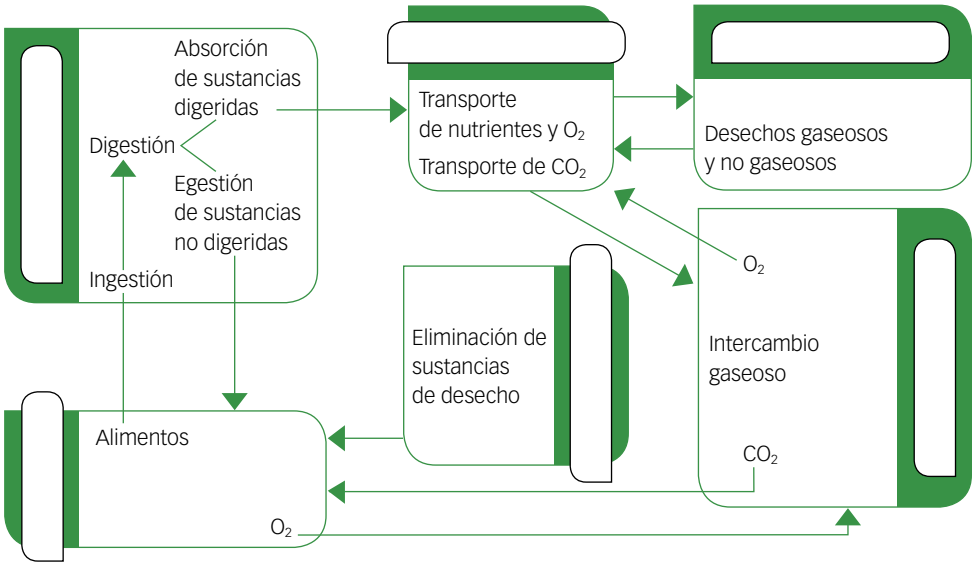
SOLUCIONES

**1** a, **2** b, **3** c, **4** d, **5** d, **6** c, **7** b, **8** a, **9** a, **10** d

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

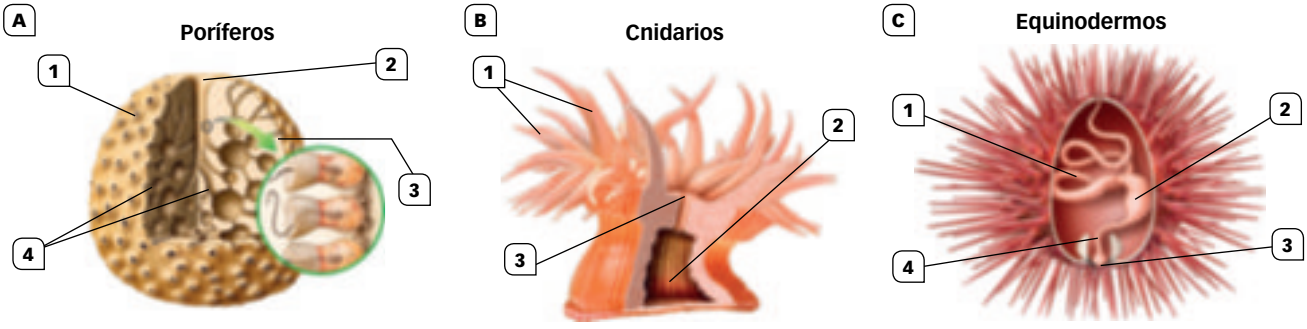
Nombre: Curso: Fecha:

**1** Completa el siguiente esquema con las palabras: aparato digestivo, aparato circulatorio, aparato respiratorio, aparato excretor, células, medio.




**2** El paso en los invertebrados a formas de mayor nivel estructural supone una mayor complejidad en su aparato digestivo. Explica con dos ejemplos de estructuras que aparecen progresivamente en qué consiste esa complejidad.

**3** Escribe los nombres de los órganos señalados con números.



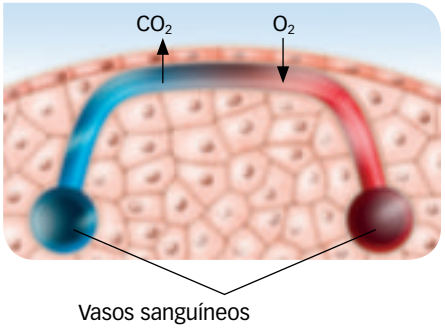

**4** ¿A qué grupo de animales pertenecen estos aparatos bucales? Denomínalos colocando el nombre correspondiente en cada figura: chupadora-succionadora, chupadora, masticadora, picadora-chupadora, masticadora-lamedora.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

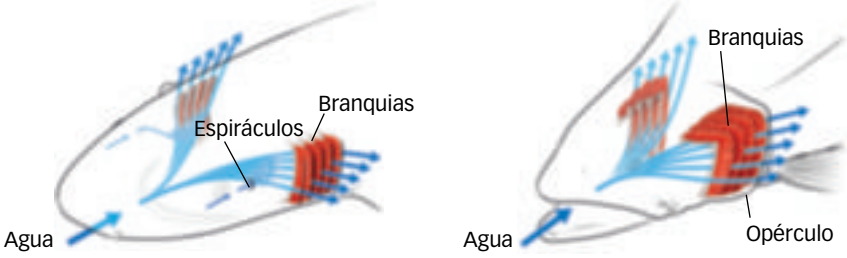
**5** Explica cómo se transforma en quimo el bolo alimenticio que llega al estómago.

**6** Los mecanismos mediante los que las sustancias resultantes de la digestión intestinal pasan a la sangre, a través de las células epiteliales, se denominan transporte activo, difusión facilitada y difusión pasiva. Explica en qué consisten los tres mecanismos citados.

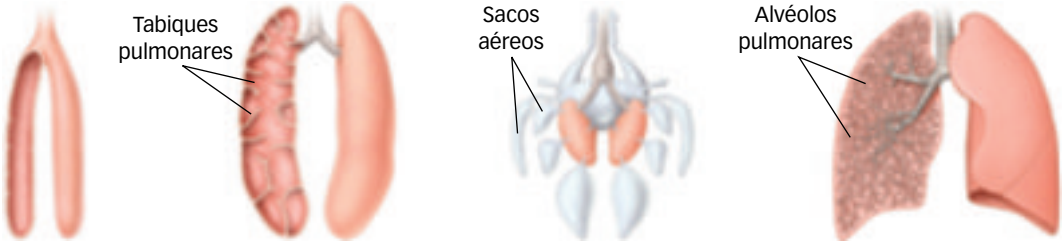
**7** Explica en qué consiste el mecanismo representado en la figura adjunta. ¿En qué tipos de animales se produce?




**8** Explica en qué consiste el mecanismo representado en la figura adjunta. ¿En qué tipos de animales se produce?




**9** Los pulmones experimentan un cambio a medida que progresamos en la escala de los vertebrados. La figura adjunta resume el proceso. ¿Puedes explicarlo?

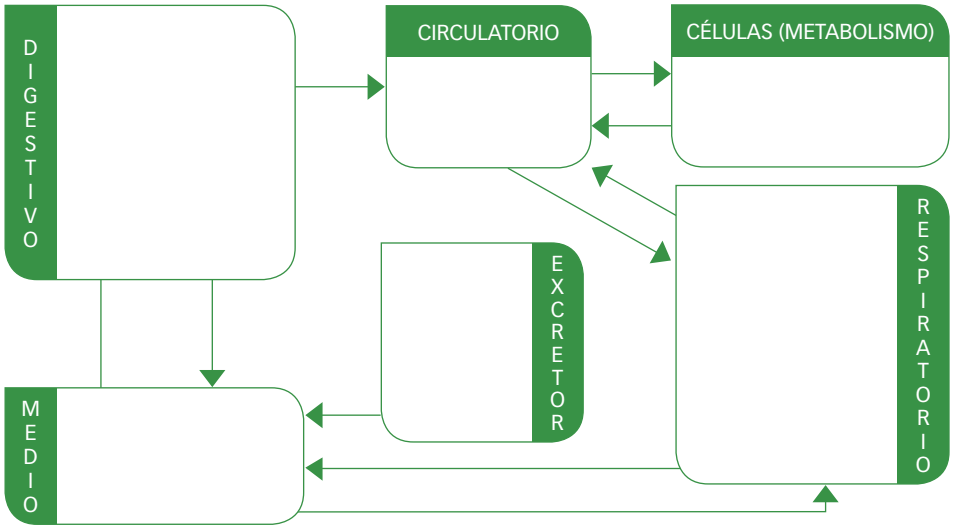



**10** Explica qué ocurre en el ser humano cuando se contraen los músculos intercostales y el diafragma.

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

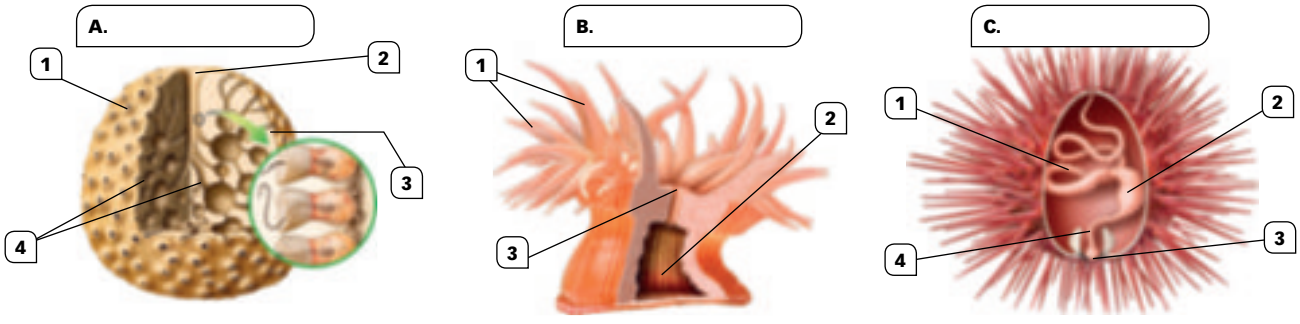
Nombre: Curso: Fecha:

**1** Completa el siguiente esquema:




**2** El paso de los invertebrados a formas de mayor nivel estructural supone un aumento de complejidad en su aparato digestivo. Explica con cuatro ejemplos de estructuras que aparecen progresivamente en qué consiste esa complejidad.

**3** Escribe los nombres de los órganos que señalan las líneas e indica a qué tipo de organismo representa cada esquema.



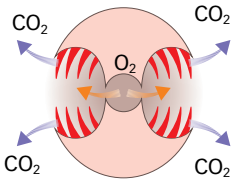

**4** Indica qué son los aparatos representados en la figura, cómo se denominan y a qué clase y grupo de animales pertenecen.

**5** Explica cómo ocurre la digestión en el estómago humano.

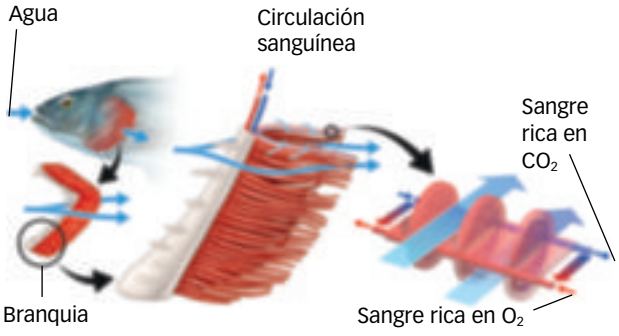
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** Explica cuál es el destino de las sustancias resultantes de la digestión intestinal. ¿Cómo pasan a la sangre?

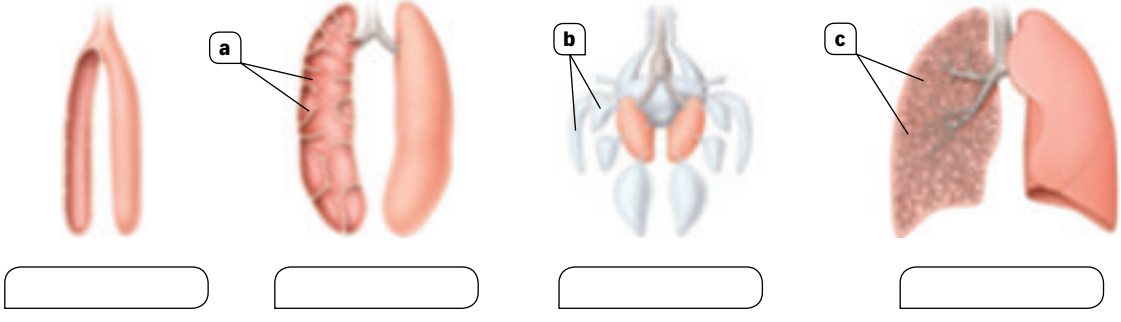
**7** Explica en qué consiste el mecanismo representado en la figura adjunta. ¿En qué tipos de animales se produce?




**8** Explica el mecanismo representado en la figura adjunta. ¿En qué animales se produce?




**9** ¿Qué representa el esquema adjunto? ¿De qué órganos se trata? Escribe el grupo de animales a los que pertenece cada uno de los órganos. ¿Cuál es el resultado de ese proceso? Nombra a, b y c.



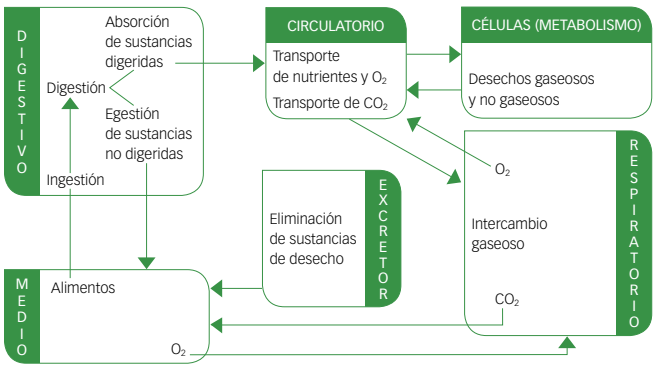

**10** Explica qué es la inspiración y la espiración, y cómo se producen en el ser humano.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B6-1.** Comprender los conceptos de nutrición heterótrofa y de alimentación. | **B6-1.2.** Conoce las características de la nutrición heterótrofa, distinguiendo los tipos principales. | 1 | 1 |
| **B6-2.** Distinguir los modelos de aparatos digestivos de los invertebrados. | **B6-2.1.** Reconoce y diferencia los aparatos digestivos de los invertebrados. | 2, 3 y 4 | 2, 3 y 4 |
| **B6-3.** Distinguir los modelos de aparatos digestivos de los vertebrados. | **B6-3.1.** Reconoce y diferencia los aparatos digestivos de los vertebrados. | 5 | 5 |
| **B6-4.** Diferenciar la estructura y función de los órganos del aparato digestivo y sus glándulas. | **B6-4.1.** Relaciona cada órgano del aparato digestivo con la función/es que realiza. | 5 | 5 |
| | **B6-4.2.** Describe la absorción en el intestino. | 6 | 6 |
| **B6-8.** Distinguir respiración celular de respiración (ventilación, intercambio gaseoso). | **B6-8.1.** Diferencia respiración celular y respiración, explicando el significado biológico de la respiración celular. | 7, 8 y 10 | 7, 8 y 10 |
| **B6-9.** Conocer los distintos tipos de aparatos respiratorios en invertebrados y vertebrados. | **B6-9.1.** Asocia los diferentes aparatos respiratorios con los grupos a los que pertenecen, reconociéndolos en representaciones esquemáticas. | 7, 8, 9 y 10 | 7, 8, 9 y 10 |

## Control B

**1**




**2** El alumno puede señalar dos de las cinco siguientes:

**a)** El paso de una digestión intracelular a una extracelular, con mecanismos intermedios de digestión mixta.

**b)** La aparición, junto a la digestión extracelular, de estructuras con función trituradora, que realizan una digestión mecánica previa a la digestión química.

**c)** La formación de glándulas digestivas, como el hepatopáncreas, que elaboran jugos con enzimas hidrolíticas para la digestión química.

**d)** La formación de dos aberturas en el tubo digestivo: la boca, de entrada de alimentos, y el ano, de salida de los residuos no digeridos ni absorbidos.

**e)** La regionalización del tubo digestivo en **órganos especializados** en funciones concretas, como la ingestión, la masticación, la digestión química o la absorción.

**3** A: Poríferos. 1: poros inalantes; 2: ósculo; 3: atrio; 4: canales.

B: Cnidarios. 1: tentáculos; 2: cavidad gastrovascular; 3: abertura.

C: equinodermos. 1: intestino; 2: estómago; 3: boca; 4: esófago.

**4** A los insectos.

chupadora-masticadora | picadora-chupadora | chupadora | masticadora | masticadora-lamedora

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** En el estómago, el bolo alimenticio sufre los efectos mecánicos de los movimientos peristálticos y los efectos químicos de la secreción gástrica o jugo gástrico, que contiene ácido clorhídrico y la enzima pepsina. La acción combinada del ácido y la enzima produce una hidrólisis parcial de las proteínas, que da péptidos. Esta mezcla, que además puede contener sustancias como hidratos de carbono (poli, di y monosacáridos), grasas y *mucus* segregado por las glándulas mucosas del estómago, se denomina quimo y su pH es muy ácido.

**6** Transporte activo: es el transporte en contra de gradiente de concentración, de aminoácidos dipéptidos y monosacáridos. Requiere proteínas transportadoras y supone gasto de energía.

Difusión facilitada: utilizada por los monosacáridos, se produce a favor de gradiente y requiere el concurso de proteínas transportadoras.

Difusión pasiva: utilizada por las vitaminas hidrosolubles (C y grupo B menos B12), se produce a favor de gradiente de concentración.

**7** Representa la respiración cutánea en la que, a través de un epitelio superficial, se intercambia oxígeno y dióxido de carbono. Esta respiración está muy generalizada en el mundo animal, excepto en los animales con cutícula, y es particularmente intensa en los anélidos terrestres, donde es exclusiva, y en los anfibios terrestres.

**8** El esquema adjunto representa la respiración branquial en los peces. Estos animales poseen branquias internas, estructuras filamentosas insertas en arcos branquiales. El mecanismo de intercambio gaseoso se verifica a contracorriente.

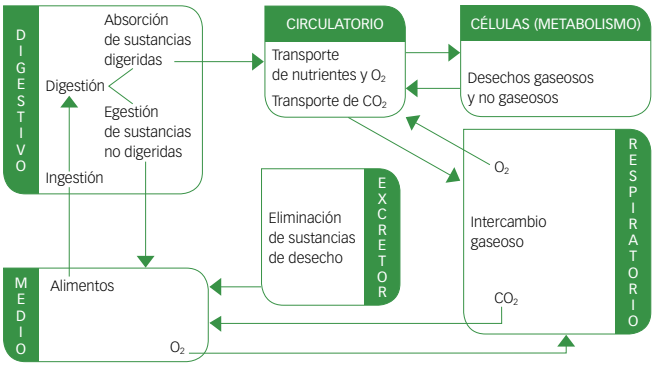
En los peces de esqueleto cartilaginoso (tiburones y rayas), el agua penetra por la boca y por unos orificios denominados espiráculos, pasa a la faringe y, tras bañar las branquias, sale por las hendiduras branquiales. En los peces óseos el agua penetra por la boca, llega a la cámara branquial, donde se alojan las branquias y, tras bañarlas, sale por debajo de una pieza protectora de estas, el opérculo.

**9** A medida que progresamos en la escala de los vertebrados, los pulmones experimentan una alveolización progresiva. Esto da lugar a un mayor aumento de superficie, lo que facilita el intercambio gaseoso y hace que los pulmones con mayor superficie sean más eficaces en la función respiratoria.

**10** Los pulmones están alojados en la caja o cavidad torácica protegidos por las pleuras. Cualquier movimiento de esta cavidad es seguido por los pulmones. Cuando se contraen los músculos intercostales, las costillas se desplazan hacia arriba lo que produce un aumento de la caja torácica. Cuando se contrae el diafragma, se aplana y también aumenta el volumen de la caja torácica. Por lo tanto, estas acciones conjuntas se traducen en un aumento del volumen de los pulmones, que se llenan de aire. Es la fase de inspiración.

## Control A

**1**




**2** La mayor complejidad del aparato digestivo, tanto anatómica como funcional, se debe a la evolución de los invertebrados a formas de mayor nivel estructural:

**a)** El paso de una digestión intracelular a una extracelular, con mecanismos intermedios de digestión mixta.

**b)** La aparición, junto a la digestión extracelular, de estructuras con función trituradora que realizan una digestión mecánica previa a la digestión química.

**c)** La formación de glándulas digestivas, como el hepatopáncreas, que elaboran jugos con enzimas hidrolíticas para la digestión química.

**d)** La formación de dos aberturas en el tubo digestivo: la boca, de entrada de alimentos, y el ano, de salida de los residuos no digeridos ni absorbidos.

**e)** La regionalización del tubo digestivo en órganos especializados en funciones concretas, como la ingestión, la masticación, la digestión química o la absorción.

**3** A: Poríferos. 1: poros inalantes; 2: ósculo; 3: atrio; 4: canales.
B: Cnidarios. 1: tentáculos; 2: cavidad gastrovascular; 3: abertura.
C: Equinodermos. 1: intestino; 2: estómago; 3: boca; 4: esófago.

**4** Son los aparatos bucales o bocas de los insectos. Corresponden a los siguientes tipos:
A: chupadora-succionadora, por ejemplo, moscas.
B: picadora-chupadora, por ejemplo, mosquitos.
C: chupadora, por ejemplo, mariposas.
D: masticadora, por ejemplo, saltamontes.
E: masticadora-lamedora, por ejemplo, avispas.

**5** El bolo alimenticio procedente de la boca llega al estómago después de atravesar la faringe y el esófago. La mucosa de la pared del estómago posee dos tipos de células secretoras: las células parietales, que producen ácido clorhídrico, y las células principales, que sintetizan la enzima pepsina. Esta solución acuosa de pepsina y ácido clorhídrico forma el jugo gástrico, que realiza la digestión gástrica de los alimentos ayudada por los movimientos peristálticos de los músculos de la pared gástrica, formándose una masa semilíquida denominada quimo, cuyo pH es muy bajo.

**6** Tras la actuación del jugo intestinal tenemos los constituyentes moleculares básicos de los principios inmediatos: monosacáridos, glicerol, ácidos grasos, aminoácidos, ácido fosfórico, bases nitrogenadas, pentosas y vitaminas. Estas sustancias han de atravesar las células del epitelio intestinal y pasar a los capilares sanguíneos. Tres son los procesos que se desarrollan para el citado transporte:

- Transporte activo: transporte en contra de gradiente de concentración, aminoácidos dipéptidos y monosacáridos. Requiere proteínas transportadoras y supone gasto de energía.
- Difusión facilitada: utilizada por monosacáridos y se produce a favor de gradiente. Requiere la presencia de proteínas transportadoras.
- Difusión pasiva: utilizada por las vitaminas hidrosolubles (C y grupo B, excepto B12). Se produce a favor de un gradiente de concentración.

**7** El esquema representa la respiración traqueal, que está presente en los insectos, los miriápodos y algunas arañas. Las tráqueas son invaginaciones tubulares de la superficie quitinosa. Estos tubos o tráqueas se ramifican por el interior del organismo de manera que cada vez son más estrechos y con paredes menos quitinizadas.

Las tráqueas más finas y sin quitina se llaman traqueolas y alcanzan a todas las células, por lo que se produce un intercambio de gases directo; de esta manera no es necesario ningún sistema de transporte de gases. Los orificios de comunicación con el exterior, que se denominan espiráculos, presentan mecanismos de cierre para evitar la desecación. La ventilación (es decir, la entrada y salida alternativa de aire) se lleva a cabo gracias a la contracción de los músculos abdominales.

**8** El esquema adjunto representa la respiración branquial en un pez teleósteo. Estos animales poseen branquias internas, estructuras filamentosas insertas en arcos branquiales. El agua penetra por la boca, llega a la cámara branquial, donde se alojan las branquias, y tras bañarlas sale por debajo de una pieza protectora de estas, el opérculo.

El intercambio gaseoso se verifica por un mecanismo de contracorriente que origina enriquecimiento de la sangre en $O_2$ y empobrecimiento en $CO_2$, y, simultáneamente, empobrecimiento del agua en $O_2$ y enriquecimiento en $CO_2$.

**9** A medida que progresamos en la escala de los vertebrados, los pulmones experimentan una alveolización progresiva. Esto da lugar a un mayor aumento de superficie, lo que facilita el intercambio gaseoso y hace que los pulmones con mayor superficie sean más eficaces en la función respiratoria.

Los órganos representados son pulmones que muestran ese proceso. De izquierda a derecha tenemos los pulmones de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Las estructuras señaladas son: a, tabiques pulmonares; b, sacos aéreos y c, alveolos pulmonares.

**10** Los pulmones están encerrados en la caja torácica protegidos por una doble capa serosa, las pleuras

Cualquier movimiento de la caja torácica es seguido por los pulmones. Cuando se contraen los músculos intercostales, las costillas se desplazan hacia arriba, lo que produce un aumento del volumen de la caja torácica. Cuando el diafragma se contrae, desciende y se aplana incrementando el volumen de la caja torácica. Por lo tanto, estas acciones conjuntas se traducen en un aumento del volumen de los pulmones, que se llenan de aire. Es la fase de inspiración.

Cuando los músculos intercostales se relajan, las costillas se desplazan hacia abajo, lo que produce una disminución del volumen de la caja torácica. Cuando el diafragma se relaja, asciende y el volumen de la caja torácica disminuye. Por lo tanto, estas acciones conjuntas se traducen en una disminución del volumen de los pulmones, que expulsan aire. Es la fase de espiración.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Para la mayoría de los animales, la celulosa no es un alimento, aunque es muy importante para facilitar la circulación de este a lo largo del tubo digestivo. Carecen de las enzimas necesarias para romper este gran polisacárido en sus componentes y extraer, de este modo, la energía contenida en su estructura. Las termitas y muchos herbívoros como los rumiantes son una excepción: no solo pueden digerirla, sino que constituye su principal fuente energética.

**1** ¿A qué es debido que los herbívoros y las termitas puedan digerir la celulosa?

- ☐ **a.** A que en su aparato digestivo dejan fermentar la celulosa durante mucho tiempo.
- ☐ **b.** A que estos animales sí que fabrican celulasa, la enzima que digiere la celulosa.
- ☐ **c.** A que en su aparato digestivo viven bacterias simbiontes que sí pueden digerir la celulosa.
- ☐ **d.** A que su estómago está dividido en cuatro cavidades y en una de ellas se puede digerir la celulosa.

**2** Si comparamos el aparato digestivo de las termitas y el de las vacas, podemos ver que los aparatos digestivos de los animales pueden ser muy distintos.

Uno de sus avances evolutivos es la aparición de los esfínteres. ¿En qué grupo de animales aparecen en el tubo digestivo por primera vez estas estructuras?

- ☐ **a.** En los moluscos.
- ☐ **b.** En los anélidos.
- ☐ **c.** En los mamíferos.
- ☐ **d.** En los vertebrados.

**3** ¿En cuál de estos grupos el estómago limita con el resto del tubo digestivo por un par de esfínteres?

- ☐ **a.** En las aves.
- ☐ **b.** En los reptiles.
- ☐ **c.** En los mamíferos.
- ☐ **d.** En los vertebrados.

**4** Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas.

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Cuando se abre el cardias, el quilo sale del estómago hacia el duodeno. | |
| Cuando se abre el píloro, el bolo alimenticio entra en el estómago. | |
| El píloro comunica el esófago con el estómago. | |
| El cardias está situado en la zona superior del estómago. | |

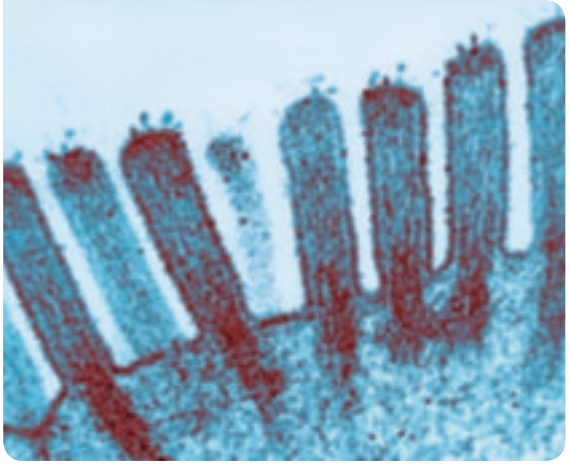
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** Los aparatos digestivos de los animales pueden ser muy variados porque están especializados y adaptados al régimen alimenticio del animal y a su modo de vida. Pero la digestión que se realiza a nivel celular es mucho más homogénea y siempre son los mismos orgánulos los que se encargan de ese proceso.

¿Qué orgánulo es el encargado de la digestión intracelular?

- ☐ **a.** El aparato de Golgi.
- ☐ **b.** Las mitocondrias.
- ☐ **c.** El núcleo.
- ☐ **d.** Los lisosomas.

**6** También hay diferencias entre los distintos grupos animales a la hora de absorber los nutrientes. Así, en los vertebrados es característica la intervención de las vellosidades del intestino delgado, a cuyos capilares sanguíneos van a parar parte de las sustancias absorbidas. Ciertas moléculas pasan a los vasos quilíferos, donde se integran con la linfa para, posteriormente, ser llevados hasta la sangre.



¿Qué sustancias son las que pasan por los vasos quilíferos antes de llegar a la sangre?

- ☐ **a.** Las que resultan de la digestión de las proteínas.
- ☐ **b.** Las que resultan de la digestión de las grasas.
- ☐ **c.** Las que resultan de la digestión de los ácidos nucleicos.
- ☐ **d.** Las que resultan de la digestión de los glúcidos.

**7** Asimismo, los animales, que presentan diferencias en cuanto al modo de realizar el intercambio gaseoso con el medio, tienen algo en común en esta función.

¿Cuáles son las características comunes a todas las superficies respiratorias?

- ☐ **a.** Son muy reducidas, con pocos vasos sanguíneos y muy delgadas.
- ☐ **b.** Siempre son poco extensas, delgadas y húmedas.
- ☐ **c.** Son extensas, con gran cantidad de capilares, delgadas y húmedas.
- ☐ **d.** Tienen muy poca superficie, están poco vascularizadas, son muy finas y están muy húmedas.

**8** Algunos gasterópodos como el caracol terrestre presentan una respiración típicamente pulmonar, pero sus pulmones no son iguales que los de los vertebrados. Decimos que se trata de pulmones de difusión mientras que los de vertebrados son pulmones con ventilación mecánica.

¿Qué diferencias existen entre los pulmones por difusión como los del caracol y los pulmones de ventilación? Indica qué frases son verdaderas y cuáles son falsas.

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Los pulmones de difusión se ventilan pasivamente. | |
| En los pulmones de ventilación mecánica no hay difusión de gases. | |
| El aire llega a los pulmones de difusión después de pasar por la tráquea y los bronquios. | |
| Para ventilar los pulmones de ventilación mecánica se gasta energía; para ventilar los de difusión, no. | |

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-1.** Comprender los conceptos de nutrición heterótrofa y de alimentación. | **B6-1.2.** Conoce las características de la nutrición heterótrofa, distinguiendo los tipos principales. | 5 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-2.** Distinguir los modelos de aparatos digestivos de los invertebrados. | **B6-2.1.** Reconoce y diferencia los aparatos digestivos de los invertebrados. | 2 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-3.** Distinguir los modelos de aparatos digestivos de los vertebrados. | **B6-3.1.** Reconoce y diferencia los aparatos digestivos de los vertebrados. | 2, 3 y 4 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-4.** Diferenciar la estructura y función de los órganos del aparato digestivo y sus glándulas. | **B6-4.1.** Relaciona cada órgano del aparato digestivo con la función/es que realizan. | 1 y 6 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-8.** Distinguir respiración celular de respiración (ventilación, intercambio gaseoso). | **B6-8.1.** Diferencia respiración celular y respiración, explicando el significado biológico de la respiración celular. | 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Aprender a aprender**<br>**Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor** | **B6-9.** Conocer los distintos tipos de aparatos respiratorios en invertebrados y vertebrados. | **B6-9.1.** Asocia los diferentes aparatos respiratorios con los grupos a los que pertenecen, reconociéndolos en representaciones esquemáticas. | 8 |

1 **c.** A que en su aparato digestivo viven bacterias simbiontes que sí pueden digerir la celulosa.

2 **d.** En los vertebrados.

3 **d.** En los vertebrados.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Cuando se abre el cardias, el quilo sale del estómago hacia el duodeno. | Falso |
| Cuando se abre el píloro, el bolo alimenticio entra en el estómago. | Falso |
| El píloro comunica el esófago con el estómago. | Falso |
| El cardias está situado en la zona superior del estómago. | Verdadero |

**5** **d.** Los lisosomas.

**6** **b.** Las que resultan de la digestión de las grasas.

**7** **c.** Son extensas, con gran cantidad de capilares, delgadas y húmedas.

**8**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Los pulmones de difusión se ventilan pasivamente. | Verdadero |
| En los pulmones de ventilación mecánica no hay difusión de gases. | Falso |
| El aire llega a los pulmones de difusión después de pasar por la tráquea y los bronquios. | Falso |
| Para ventilar los pulmones de ventilación mecánica se gasta energía; para ventilar los de difusión, no. | Verdadero |

# Solucionario

Pág. 295

**PARA COMENZAR**

**1** La alimentación es el proceso de adquisición e ingestión de alimentos. Para un animal como la ballena implica la captura e ingestión de grandes cantidades de krill que es su alimento. Supone la consideración de lo que se ingiere, el alimento y la del organismo que lo ingiere: carnívoro, detritívoro, herbívoro, etc. La nutrición es un proceso global que permite a un ser vivo obtener materia y energía para poder vivir y reproducirse. Comprende, en los animales, la ingestión, la digestión, la absorción, el transporte, la respiración y la excreción.

**2** Nutrición heterótrofa.

**3** Es una denominación convenida. Todos los seres vivos «consumen» materia y energía, pero los consumidores tienen que tomarla de otros seres vivos, son incapaces de producirla por sí mismos.

**4** Digestivo, circulatorio, respiratorio y excretor.

**5** Sus células respiran con la provisión de aire que tienen sus pulmones. Para llenarlos de aire debe emerger.

**6** La ballena tiene respiración pulmonar por ventilación y cutánea (mucho menor). Otros sistemas respiratorios son: traqueal, branquial y pulmonar difusivo.

**7** No, porque no tienen branquias.

Pág. 296

**1** Las moléculas complejas no pueden, salvo excepciones, ser absorbidas. Por lo tanto, han de ser descompuestas en sus componentes moleculares más sencillos. El aparato encargado de ello es el digestivo.

**2** Extracelular, por el escenario donde se degradan los alimentos y porque las enzimas digestivas son segregadas por órganos digestivos internos y específicos que vierten al exterior.

**3** Las reacciones químicas biológicas se favorecen cuando el sustrato se expone más a la enzima que lo transforma. La división en partículas de un sólido aumenta mucho su superficie, con lo que la exposición aumenta.

Pág. 297

**4** Porque no lo hay. Estos animales poseen cavidades multifunción, pero no órganos digestivos especializados. Es un sistema de captación de alimento e incorporación directa.

**5** Sí. El punto de vista evolutivo (selección natural, deriva y mutación) ayuda a entender la complejidad: los órganos y sistemas se orientan para producir mayor éxito biológico. El resultado es la eficacia y el precio, la complejidad.

Pág. 298

**6** En un endoparásito el gasto biológico es la reproducción: hay que producir numerosísimos descendientes si se quiere sobrevivir, por lo tanto, hay que tener aparatos reproductores hipertrofiados. La alimentación, en cambio, no es un problema. Viven inmersos en un mar de nutrientes obtenidos por la digestión realizada por el hospedador. Lo eficaz es absorberlos rápidamente. Un aparato digestivo para hacer lo que ya ha hecho el hospedado carece de toda lógica biológica.

**7** Las esponjas, los briozoos, los poliquetos sedentarios, algunos crustáceos como los cirrípedos (percebes), moluscos bivalvos (almejas, mejillones) y los tunicados (ascidias).

Pág. 300

**8** Omnívoros, carnívoros e insectívoros, sí. No los mantienen los herbívoros, que no tienen caninos y solo tienen incisivos en la mandíbula inferior.

**9** Incisivos: cortar y roer. Muy desarrollados en los roedores (excepcionales en los castores).

Caninos: perforar y desgarrar. Muy desarrollados en los félidos (leones, tigres, gatos), cánidos (perros, zorros, lobos), en los dinosaurios terápodos y en los carnívoros en general.

Premolares: desgarrar y aplastar. Los omnívoros e insectívoros los tienen muy desarrollados; en los herbívoros su función es aplastar.

Molares: aplastar (herbívoros), desgarrar y aplastar (carnívoros).

**10** En la boca la digestión química es consecuencia de la acción de la amilasa salival, que rompe los enlaces glucosídicos del almidón y produce disacáridos. La digestión mecánica se ejerce por los dientes: (triturar, desgarrar, cortar, aplastar…) y por la lengua (amasar).

**11** Los esfínteres son anillos musculares que controlan el paso de alimento de unas zonas a otras. El tubo digestivo humano posee varios esfínteres:

– Cardias, control mecánico, involuntario: regula el tránsito del esófago al estómago y evita la regurgitación desde este al esófago.
– Píloro, control químico, involuntario: regula el paso del quimo al duodeno.
– Válvula ileocecal, control mecánico, involuntario: no es propiamente un esfínter; regula el paso del íleon al colon.
– Ano, control mecánico, voluntario e involuntario: regula la salida de las heces.

Pág. 301

**12** El estómago poligástrico es característico de los mamíferos rumiantes. La comida, apenas masticada, pasa desde la boca hasta la panza o rumen. Allí, se digiere la celulosa gracias a la celulasa de bacterias simbiontes. El alimento pasa a la redecilla o retículo, donde se completa la digestión. Esta cavidad se va vaciando al enviar pequeñas cantidades de comida hacia la boca, donde se tritura y mastica

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

de nuevo. La comida, muy triturada y parcialmente digerida, llega al libro u omaso, donde se produce una gran absorción de agua. Por último, pasa al cuajar o abomaso, donde se segrega jugo gástrico.

**13** Los tipos de células del estómago según su función son:

– Células parietales: producen HCl.
– Células principales: producen pepsinógeno, que por acción del HCl se activa a pepsina, que transforma las proteínas en péptidos.
– Células caliciformes: segregan mucina, que da consistencia al quimo y evita que el ácido dañe las paredes internas del estómago.
– Fibras musculares: longitudinales, transversales y oblicuas. Responsables del peristaltismo estomacal.

**14** En las aves la función digestiva estomacal se reparte entre el proventrículo (digestión química) y la molleja (digestión mecánica).

En los rumiantes todas las cavidades tienen función digestiva. La más parecida al estómago humano, por su función, es el abomaso.

Pág. 302

**15** Las vellosidades, las microvellosidades y los pliegues intestinales aumentan considerablemente la superficie de absorción, por lo que se favorece, en consecuencia, la absorción.

**16** La actividad de las enzimas depende del pH. El quimo es muy ácido y al llegar al intestino debe ser neutralizado. En el duodeno se vierte la secreción pancreática o jugo pancreático, que es rico en bicarbonato, que es alcalino y neutraliza el ácido del estómago, y una batería de enzimas que requieren un pH alcalino pare poder actuar. La bilis y el jugo intestinal también son alcalinos.

**17** La bilis es necesaria para la emulsión de las grasas. Esta emulsión, al aumentar la superficie atacable por las lipasas pancreática e intestinal, favorece la digestión de estas sustancias.

Pág. 303

**18**

| Transporte activo | Difusión facilitada | Difusión pasiva |
|---|---|---|
| En contra de gradiente de concentración | A favor de gradiente de concentración | A favor de gradiente de concentración |
| Con proteína mediadora | Con proteína mediadora | Sin mediadores |
| Con gasto de energía | Sin gasto de energía | Sin gasto de energía |
| Específico | Específico | No específico |

**19** Impiden que la absorción de agua, de nutrientes y de vitaminas sea completa.

Pág. 304

**20** La figura representa el mecanismo de difusión pasiva de $O_2$ y $CO_2$ a través de una membrana que podría representar una membrana respiratoria. Esta difusión se produce a favor de la presión parcial de cada uno de los gases. En la primera figura se observa cómo la concentración de $O_2$ (presión parcial) es mayor en el lado izquierdo, mientras que la de $CO_2$ es mayor en el lado derecho. Al cabo de un tiempo, cuando las concentraciones de ambos gases son iguales a ambos lados de la membrana, cesará el proceso.

**21** Para realizar la respiración celular. El $CO_2$ que eliminan procede de las reacciones de oxidación de la respiración celular.

**22** Los animales muy activos necesitan hacer llegar a sus células mucho oxígeno, sobre todo a aquellos órganos con un metabolismo intenso como el corazón y el cerebro. Por la misma razón, la tasa de producción de $CO_2$ es elevada y la célula debe deshacerse de este gas. De ello se deduce que la eficacia en el intercambio gaseoso en estos animales debe ser elevada.

**23** Mediante secreciones mucosas que retienen agua y, además, en el caso de los pulmones y también de las tráqueas, manteniéndolos encerrados en cavidades que dificultan la pérdida de agua, que es un producto de la respiración celular.

Pág. 305

**24** La difusión directa se realiza en pulmones primitivos, que constituyen el primer esbozo de un pulmón. Son por tanto órganos especializados, aunque muy sencillos. En la respiración cutánea el intercambio gaseoso se realiza en toda la superficie de la piel, sin diferenciarse estructuras especializadas.

**25** En la respiración traqueal no se precisa transporte de gases porque la distancia entre el medio y las células es pequeña y los movimientos del cuerpo del insecto movilizan los gases suficientemente.

Pág. 307

**26** En los moluscos que respiran por branquias el agua penetra en la cavidad paleal cuando la musculatura del manto se relaja. Cuando dicha musculatura se contrae, el agua es expulsada de dicha cavidad por estructuras especiales, como los sifones, y también por la cavidad del collar en los cefalópodos. En moluscos bivalvos y gasterópodos además hay estructuras ciliadas que producen remolinos que mueven el agua.

**27** Aunque pueden vivir en el medio acuático utilizando otras estrategias, no pueden respirar utilizando el oxígeno disuelto en agua. Las tráqueas (propias de insectos y de algunos arácnidos) y los pulmones de difusión (de los arácnidos) carecen de la eficacia fisiológica para extraer el oxígeno disuelto en el agua, ya que la presión parcial de este gas en este medio es mucho más baja que en el aire.

Pág. 309

**28** Si los pulmones humanos fuesen lisos como los de los anfibios, su superficie sería mucho menor. Los alvéolos multiplican la superficie de los pulmones lisos por un factor de 50. Se estima que la superficie pulmonar oscila entre 40 y 80 $m^2$. Por tanto, la eficiencia de los pulmones humanos alveolados para realizar el intercambio gaseoso es entre 40 y 80 veces mayor que si fuesen lisos.

**29** El grado de actividad de los vertebrados está relacionado con el proceso de alveolización, ya que en los más activos la necesidad de oxígeno es más elevada y la alveolización ha permitido incrementar la superficie de contacto con el aire y, por consiguiente, la superficie de intercambio de gases.

**30** Las larvas de los anfibios tienen branquias externas, poco organizadas morfológicamente, más sensibles a la acción de los depredadores y que requieren el movimiento del animal para producir un flujo de agua que permita el intercambio gaseoso.

Las branquias internas de los peces tienen un alto grado de organización para realizar el flujo gaseoso a contracorriente, están protegidas en cavidades y tienen un mecanismo de flujo acuático a contracorriente que facilita el intercambio gaseoso.

**31** Todos los reptiles respiran mediante pulmones de ventilación, que son órganos seleccionados por la evolución para actuar en el medio terrestre.

**32** Los sacos aéreos de las aves, dotados de movimientos de expansión y contracción, se parecen más fisiológicamente a los pulmones de los mamíferos que los denominados pulmones en sentido estricto.

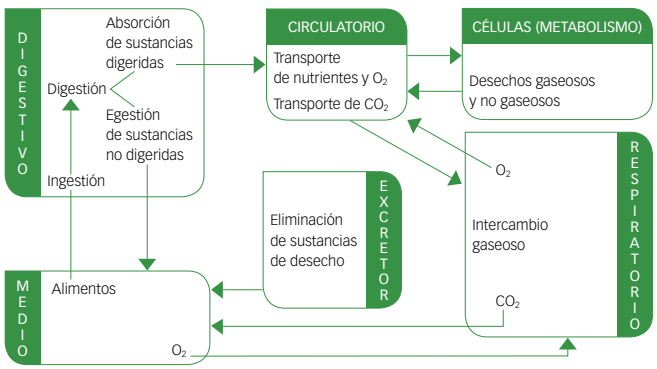
Pág. 310

**33** Los mamíferos como focas y ballenas disponen en sus músculos y en su medio interno de unas proteínas especiales, las globinas, con capacidad para fijar elevadas cantidades de oxígeno, que pueden ir liberando a medida que el animal lo necesita.

Pág. 311

**EN RESUMEN**

**34**




**35** Ingestión: proceso de incorporación al organismo del alimento presente en el medio.

Digestión: transformación de los alimentos en moléculas sencillas mediante procesos mecánicos (digestión mecánica) o químicos (digestión química).

Absorción: paso al medio interno de los productos de la digestión.

Egestión: eliminación de los productos no absorbidos tras la digestión.

**36** – Transporte activo: transporta, en contra de gradiente de concentración, aminoácidos dipéptidos y monosacáridos. Requiere proteínas transportadoras y supone gasto de energía. Es específico.

– Difusión facilitada: utilizada por monosacáridos, se produce a favor de gradiente y requiere el concurso de proteínas transportadoras. Es específico.

– Difusión pasiva: utilizada por las vitaminas hidrosolubles (C y grupo B, excepto B12), se produce a favor de gradiente de concentración. No requiere elementos transportadores. Es inespecífico.

**37**

| Grupo animal | Tipo de digestión |
|---|---|
| Poríferos | Intracelular |
| Cnidarios | Mixta |
| Platelmintos | Mixta |
| Todos los demás | Extracelular |

**38**

| Órganos respiratorios | Ejemplos |
|---|---|
| Piel | Anélidos terrestres, equinodermos |
| Pulmones de ventilación | Mamíferos, aves, reptiles, anfibios |
| Branquias internas | Peces, crustáceos, moluscos acuáticos |
| Tráqueas | Insectos, miriápodos y algunos arácnidos |
| Branquias externas | Larvas de anfibios, ajolotes, larvas de insectos, anélidos poliquetos marinos |
| Pulmones de difusión | Arácnidos, moluscos terrestres |

**39** Todos los órganos del aparato digestivo necesitan el aporte de $O_2$ y la retirada de $CO_2$, que gestiona el aparato respiratorio.

Todos los órganos del aparato respiratorio necesitan los nutrientes gestionados por el aparato digestivo.

**40** – Branquias internas: tiburón, calamar, buey de mar.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

– Tráqueas: avispa, mosquito, araña de jardín.
– Respiración cutánea: lombriz de tierra, erizo de mar, ser humano.
– Pulmones: caballo, boa, caracol.

Pág. 312

**PARA REPASAR**

**41** – Captura e ingestión: proceso de incorporación al organismo del alimento presente en el medio.
– Digestión: transformación de los alimentos en moléculas sencillas mediante procesos mecánicos (digestión mecánica) o químicos (digestión química).
– Absorción: paso al medio interno de los productos de la digestión.
– Egestión o defecación: eliminación de los productos no absorbidos tras la digestión.

**42** Digestión extracelular es aquella que se realiza en tubos y cavidades pertenecientes a un aparato digestivo mediante la acción de enzimas segregadas por órganos especializados.

La digestión intracelular es aquella que se realiza dentro de las células.

Algunos organismos presentan ambos tipos de digestión. Se dice que tienen digestión mixta.

| Grupo animal | Tipo de digestión |
|---|---|
| Poríferos | Intracelular |
| Cnidarios | Mixta |
| Platelmintos | Mixta |
| Todos los demás | Extracelular |

**43** Los mecanismos utilizados en el mundo animal para realizar la digestión física son desgarre, trituración, perforación y aplastamiento. Son realizados mediante mandíbulas en animales invertebrados, con los dientes dentro de los vertebrados y con ayudas de piedrecillas (mollejas).

Movimientos de agitación, movimientos peristálticos producidos en el interior de órganos digestivos, y movimientos de mezcla (boca y lengua).

**44** A: glándulas salivares. B: buche. C: molleja. D: ciegos gástricos. E: cloaca.

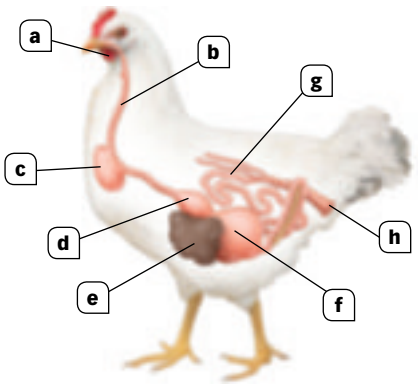
**45** **a)** Alimento es cualquier animal, vegetal o alguna de sus partes o derivados que puede consumir otro ser vivo y que contiene nutrientes. También puede ser un producto sintético que contenga nutrientes. Nutrientes son biomoléculas orgánicas (nucleótidos, glúcidos, lípidos y proteínas) e inorgánicas (agua y sales minerales) necesarias para el mantenimiento de la vida.
Los nutrientes deben ser digeridos hasta producir sus componentes moleculares sencillos capaces de ser absorbidos.

**b)** Ingestión es la toma de un alimento desde el medio y su incorporación al proceso digestivo. Deglución es el paso de un alimento de la boca al estómago.

**c)** Digestión es la transformación química y mecánica de los alimentos. Absorción de nutrientes es el paso de los sillares moleculares de los nutrientes al medio interno.

**d)** La excreción es el proceso por el cual se eliminan sustancias de desecho, la mayoría procedentes del metabolismo celular. La egestión es la eliminación de los productos no asimilados tras la digestión. También se llama defecación. En los animales con aparato digestivo se realiza a través del ano.

**46**




A: pico; B: esófago; C: buche; D: proventrículo; E: hígado; F: molleja; G: intestino; H: cloaca.

**47**

| Moléculas | Lugar del tubo digestivo |
|---|---|
| Maltosa | Intestino delgado |
| Almidón | Boca e intestino delgado |
| Grasas | Intestino delgado |
| Disacáridos | Intestino delgado |
| Proteínas | Estómago |
| Péptidos | Intestino delgado |

**48**

| Nutriente | Enzima |
|---|---|
| Polisacáridos | Amilasas salival y pancreática. |
| Disacáridos | Maltasa, lactasa y sacarasa del jugo intestinal. |
| Proteínas | Pepsina estomacal. |
| Péptidos | Carboxipeptidasa, tripsina, quimiotripsina pancreática y aminopeptidasa intestinal. |
| Grasas | Lipasa pancreática y enterolipasa intestinal. |
| Ácidos nucleicos | Nucleasas pancreática e intestinal. |

**49** Los mecanismos de absorción de nutrientes en los vertebrados son:

– Transporte activo: transporta, en contra de gradiente de concentración, aminoácidos dipéptidos y monosacáridos. Requiere proteínas transportadoras y supone gasto de energía. Es específico.
– Difusión facilitada: utilizada por monosacáridos, se produce a favor de gradiente y requiere el concurso de proteínas transportadoras. Es específico.
– Difusión pasiva: utilizada por las vitaminas hidrosolubles, (C y grupo B, menos B12), se produce a favor de gradiente de concentración. No requiere elementos transportadores. Es inespecífico.

La absorción de una molécula de grasa requiere la hidrólisis de la grasa por la acción de las lipasas en glicerol y ácidos grasos. Los ácidos grasos y los monoglicéridos ingresan por difusión en las células del epitelio intestinal donde son resintetizados formando triglicéridos en el retículo endoplasmático. Estos triglicéridos son empaquetados con el colesterol y los fosfolípidos en quilomicrones cubiertos de proteínas. Los quilomicrones pasan a los vasos linfáticos de las vellosidades intestinales o vasos quilíferos por difusión a través de la membrana y desde aquí a los linfáticos mayores, que vierten su contenido en la sangre. Por el contrario, nutrientes como la glucosa son bombeados en contra de los gradientes de concentración por las membranas epiteliales. Este transporte activo permite que atraviesen el epitelio e ingresen en los capilares sanguíneos.

**50** En el intestino delgado se producen los mecanismos descritos en la cuestión anterior y se absorben aminoácidos, grasas, monosacáridos y productos hidrolizados de los ácidos nucleicos. En el intestino grueso se absorben agua y sales minerales, además de vitaminas B y K, y aminoácidos.

**51** Las bacterias del intestino grueso en los mamíferos sintetizan vitaminas del grupo B y K, y aminoácidos. Las bacterias y otros microorganismos de la panza de los rumiantes tienen actividad celulásica.

**52** En los rumiantes, la comida, apenas masticada, pasa desde la boca hasta la panza o rumen. Allí, se digiere la celulosa gracias a la celulasa de bacterias simbiontes. El alimento pasa a la redecilla o retículo, donde se completa la digestión. Esta cavidad se va vaciando al enviar pequeñas cantidades de comida hacia la boca, donde se tritura y mastica de nuevo. La comida, muy triturada y parcialmente digerida, llega al libro u omaso, donde se produce una gran absorción de agua. Por último, pasa al cuajar o abomaso, donde se segrega jugo gástrico.

**53**

| Organismo | Tipo de respiración |
|---|---|
| Esponjas | Celular |
| Peces óseos | Branquias |
| Reptiles | Pulmones |
| Insectos | Tráqueas |
| Moluscos terrestres | Pulmones de difusión |
| Moluscos acuáticos | Branquias internas |

**54** **a)** Está representado el aparato respiratorio de un saltamontes. Los elementos del mismo son las tráqueas, que presentan abultamientos denominados sacos aéreos.

**b)** La respiración en las tráqueas se produce por difusión. El flujo del aire lo producen los músculos abdominales del insecto.

**c)** Que la longitud de las tráqueas viene limitada por el flujo pasivo del aire, por lo que los insectos tienen limitado su tamaño.

**55** Las aves tienen sacos aéreos que actúan como verdaderos pulmones, impulsando el aire a través de ellos. Su ciclo respiratorio consta de cuatro tiempos:

– El aire es inhalado hacia los sacos aéreos posteriores.
– Los sacos aéreos se contraen y fuerzan al aire a pasar entre los parabronquios, zonas intensamente vascularizadas.
– El aire fluye desde los pulmones hacia los sacos aéreos anteriores.
– El aire es espirado.

Estas cuatro fases hacen que el contacto del aire con el órgano respiratorio sea rápido e intenso.

**56** En los mamíferos y anfibios, por ejemplo, la piel del cuerpo y las mucosas. Para la mayoría de los animales la eficacia de esta respiración es muy baja. La superficie pulmonar de un ser humano es 40 veces mayor que la superficie de la piel y las mucosas.

**57** a, 3; b, 4; c, 2; d, 2; d, 1; e, 1; f 4.

Pág. 313

**PARA PROFUNDIZAR**

**58** Por la observación anatómica de su aparato digestivo y por la constatación de su hábitat. Si se trata de un invertebrado observaría su aparato bucal y la existencia de elementos filtradores. Si se trata de un vertebrado, la observación de la dentadura sería definitiva.

**59** **a)** En la serosa, en la mucosa y en las capas musculares.

**b)** Las capas musculares.

**c)** En la mucosa.

**60**

| COMPOSICIÓN DE LOS JUGOS DIGESTIVOS | | | |
|---|---|---|---|
| **Saliva** | **Jugo gástrico** | **Jugo intestinal** | **Jugo pancreático** |
| Amilasa<br>Mucina | Pepsina<br>HCl<br>Mucina | Disacaridasas<br>Peptidasas<br>Nucleasas | Amilasa<br>Lipasas<br>Tripsina<br>Quimiotripsina<br>Nucleasas |

**61**

| Órgano | Función | Grupo animal |
|---|---|---|
| **Poros inhalantes** | Digestiva, circulatoria, excretora y respiratoria | Poríferos |
| **Hepatopáncreas** | Digestiva | Moluscos |
| **Tráqueas** | Respiratoria | Insectos |
| **Rádula** | Digestiva | Moluscos |
| **Parabronquios** | Respiratoria | Aves |
| **Linterna de Aristóteles** | Digestiva | Equinodermos |
| **Cavidad paleal** | Respiratoria, excretora y circulatoria | Moluscos |
| **Buche** | Digestiva | Aves, insectos |

**62** El estómago de cuatro cámaras de los rumiantes es una adaptación perfecta a la alimentación herbívora, rica en celulosa. Este polisacárido es muy difícil de digerir, por lo que los animales herbívoros deben realizar una digestión larga y compleja, con procesos fermentativos de bacterias simbióticas de actividad celulásica, y procesos de remasticación o rumiado para, finalmente, someter a los alimentos fermentados a la acción de jugos gástricos. La existencia de cuatro cámaras permite distribuir los procesos espacialmente.

**63** Porque no tienen dientes. El estómago triturador cumple ese papel.

**64** Porque la digestión de los polisacáridos, parte esencial de su dieta, se ha realizado ya en el estómago.

**65** R. G. El alumno debe tener en cuenta que la absorción se produce en el intestino delgado y que las enzimas que actuarán a lo largo del tubo digestivo son amilasa y maltasa para el almidon, lipasas para la grasa, y pepsina y peptidasas para la proteína. Los productos finales serán glucosa, ácidos grasos y glicerol y aminoácidos, respectivamente.

**66** No tiene función nutritiva en el ser humano. Su papel es facilitador y estimulador del tránsito intestinal, lo que evita el estreñimiento y las enfermedades degenerativas del tracto intestinal.

**67** La ausencia de la enzima lactasa mantiene en el intestino la lactosa sin digerir hasta que es eliminada por el flujo intestinal. No obstante, antes de ser eliminada puede provocar irritación en la mucosa gástrica.

Otra intolerancia muy frecuente es la intolerancia al gluten.

**68**

| | Glándulas salivares | Glándulas del estómago | Páncreas | Glándulas intestinales |
|---|---|---|---|---|
| **Enzimas** | Amilasa | HCl y pepsina | Amilasa<br>Lipasas<br>Tripsina<br>Quimiotripsina<br>Nucleasas | Disacaridasas<br>Peptidasas<br>Nucleasas |
| **Sustrato** | Almidón | Proteínas | Almidón<br>Grasas<br>Péptidos<br>Péptidos<br>Ácidos nucleicos | Disacáridos<br>Péptidos pequeños<br>Ácidos nucleicos |
| **Productos que liberan** | Maltosa | Péptidos | Maltosa<br>Glicerina y ácidos grasos<br>Péptidos pequeños<br>Bases nitrogenadas, ribosa y ácido fosfórico | Glucosa, galactosa y fructosa<br>Aminoácidos<br>Bases nitrogenadas, ribosa y ácido fosfórico |

**69** El agua se mueve en las branquias por diversos mecanismos según el grupo animal de que se trate.

**a)** En los peces cartilaginosos existen unas bolsas branquiales cuya expansión hace que entre el agua a las branquias y cuya contracción fuerza al agua a salir. En los peces óseos el agua entra y sale por movimientos de expansión y contracción de las cámaras branquiales que albergan las branquias.

**b)** Los moluscos lamelibranquios y gasterópodos producen el flujo de agua que rodea a las branquias mediante contracciones del manto y con la ayuda de órganos ciliados; los cefalópodos, fundamentalmente, mediante contracciones y relajaciones alternadas del manto.

**c)** Los crustáceos decápodos mueven el agua alrededor de las branquias gracias a un saliente en forma de paleta, que es una prolongación de la segunda maxila que se mueve de adelante hacia atrás.

**70** Consiste en que la sangre de las branquias y el agua se mueven en direcciones contrarias, con lo cual la toma de oxígeno y la cesión de dióxido de carbono por la sangre se produce con un rendimiento muy alto. Ello permite a los animales con branquias extraer del agua el oxígeno disuelto aunque su concentración, en relación con el aire, sea muy baja.

**71** Todos los problemas. Las branquias son delicadas estructuras flotadoras que colapsan en el medio aéreo, se pegan unas a otras y disminuyen dramáticamente su superficie, por lo que no pueden funcionar en ese medio.

**72** El aparato respiratorio tiene función excretora en tanto que elimina un producto metabólico indeseable como es el $CO_2$. Por otra parte, los órganos excretores necesitan el concurso del aparato respiratorio para obtener oxígeno y garantizar la eliminación de $CO_2$.

**73** **a)** Para el $O_2$ sería $760 \times 210$ ml/210,3 $=$ 758,91 mm Hg.

Para el $CO_2$ sería $760 \times 0{,}3/210{,}3 = 1{,}09$ mm Hg.

**b)** En el ser humano el descenso de oxígeno en el aire que respiramos se traduce en taquicardia, debilidad muscular y pérdida de la coordinación.

**74** Porque sus órganos respiratorios no están adaptados para este medio. Las branquias son delicadas estructuras flotadoras que colapsan en el medio aéreo, se pegan unas a otras y disminuyen dramáticamente su superficie, por lo que no pueden funcionar en ese medio.

Pág. 315

**CIENCIA EN TU VIDA**

**75** Una egagrópila es una regurgitación gástrica. No ha sufrido el proceso de digestión intestinal y muy poco el estomacal. Un excremento es el producto final de una digestión completa.

El estudio de las egagrópilas permite reconstruir el régimen alimenticio de un ave y sus hábitos predadores.

**76** R. L.

**77** R. L.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Introducción y recursos** . . . . . **689**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 690
- Previsión de dificultades . . . . . 690
- Esquema conceptual . . . . . 691
- Te recomendamos . . . . . 692

**Enseñanza individualizada** . . . . . **693**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 694
    - Ficha 1. Cálculos matemáticos sobre el gasto cardiaco y el latido cardiaco . . . . . 694
    - Ficha 2. Cálculo de la filtración y la reabsorción en los riñones . . . . . 695
  - Trabaja con imágenes . . . . . 697
    - Ficha 3. Sistemas circulatorios sanguíneos . . . . . 697
    - Ficha 4. Órganos excretores . . . . . 698
  - Trabajos de aula . . . . . 699
    - Ficha 5. Los medios internos circulantes de los animales . . . . . 699
    - Ficha 6. El funcionamiento cardiaco y su regulación . . . . . 700
    - Ficha 7. Regulación hídrica en los peces cartilaginosos marinos . . . . . 702
    - Ficha 8. La formación de orina en el riñón humano . . . . . 703
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 704
    - Ficha 9. Cuidemos el corazón y las arterias: ¡nos va la vida en ello! . . . . 704
    - Ficha 10. ¡Vaya una forma de excretar! . . . . . 705

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **707**

- Autoevaluación . . . . . 709
- Evaluación de contenidos . . . . . 710
  - Controles . . . . . 710
    - Control B . . . . . 710
    - Control A . . . . . 712
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 714
- Evaluación por competencias . . . . . 718
  - Prueba . . . . . 718
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 720

**Solucionario** . . . . . **723**

# Introducción y recursos

# NUTRICIÓN EN ANIMALES: CIRCULACIÓN Y EXCRECIÓN

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

La presente unidad, segunda de las dedicadas a la nutrición, desarrolla las funciones de circulación y excreción.

Partimos de la definición de medio interno, que ayuda a conceptualizar la necesidad del aparato circulatorio y del excretor. A continuación, se definen las funciones básicas del aparato circulatorio como vehículo de alimentos y oxígeno entre los órganos digestivos y respiratorios y las células, así como del $CO_2$ y los residuos metabólicos entre estas y los órganos de eliminación correspondientes.

Los componentes de los sistemas circulatorios –fluidos, vasos y órganos de propulsión– son estudiados seguidamente para pasar a clasificar los sistemas circulatorios en abiertos y cerrados. Se realiza una panorámica del árbol evolutivo dentro del reino Animales y se establecen la estructura y función del aparato circulatorio de cada grupo. Especial interés tiene el estudio de la linfa como característica del aparato circulatorio de los vertebrados.

El estudio de la excreción parte del concepto de *homeostasis*. Definida esta función como la eliminación de los productos indeseables del metabolismo, se analiza el tipo de sustancias que se excretan y que nos permiten agrupar a los animales por modalidades excretoras. Analizamos después los diferentes aparatos excretores en el árbol del reino, desde aquellos en los que no existe un aparato diferenciado hasta la complejidad del riñón de los mamíferos.

Finalmente, se estudian algunos mecanismos excretores especializados, como son los que se encargan del exceso de sal en vertebrados e invertebrados, y de las funciones excretoras de órganos plurifuncionales, como el hígado o la piel.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • El sistema de transporte para el intercambio de sustancias con el exterior.<br>• El sistema circulatorio sanguíneo.<br>• El sistema circulatorio sanguíneo de los invertebrados.<br>• El sistema circulatorio sanguíneo de los vertebrados.<br>• El sistema circulatorio linfático.<br>• La excreción: órganos y mecanismos de excreción. |
| SABER HACER | • Identificar tipos de células en la sangre de un vertebrado. |
| SABER SER | • Valorar la importancia del conocimiento de nuestros aparatos circulatorio y excretor para cuidar de nosotros mismos y llevar una vida saludable. |

## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

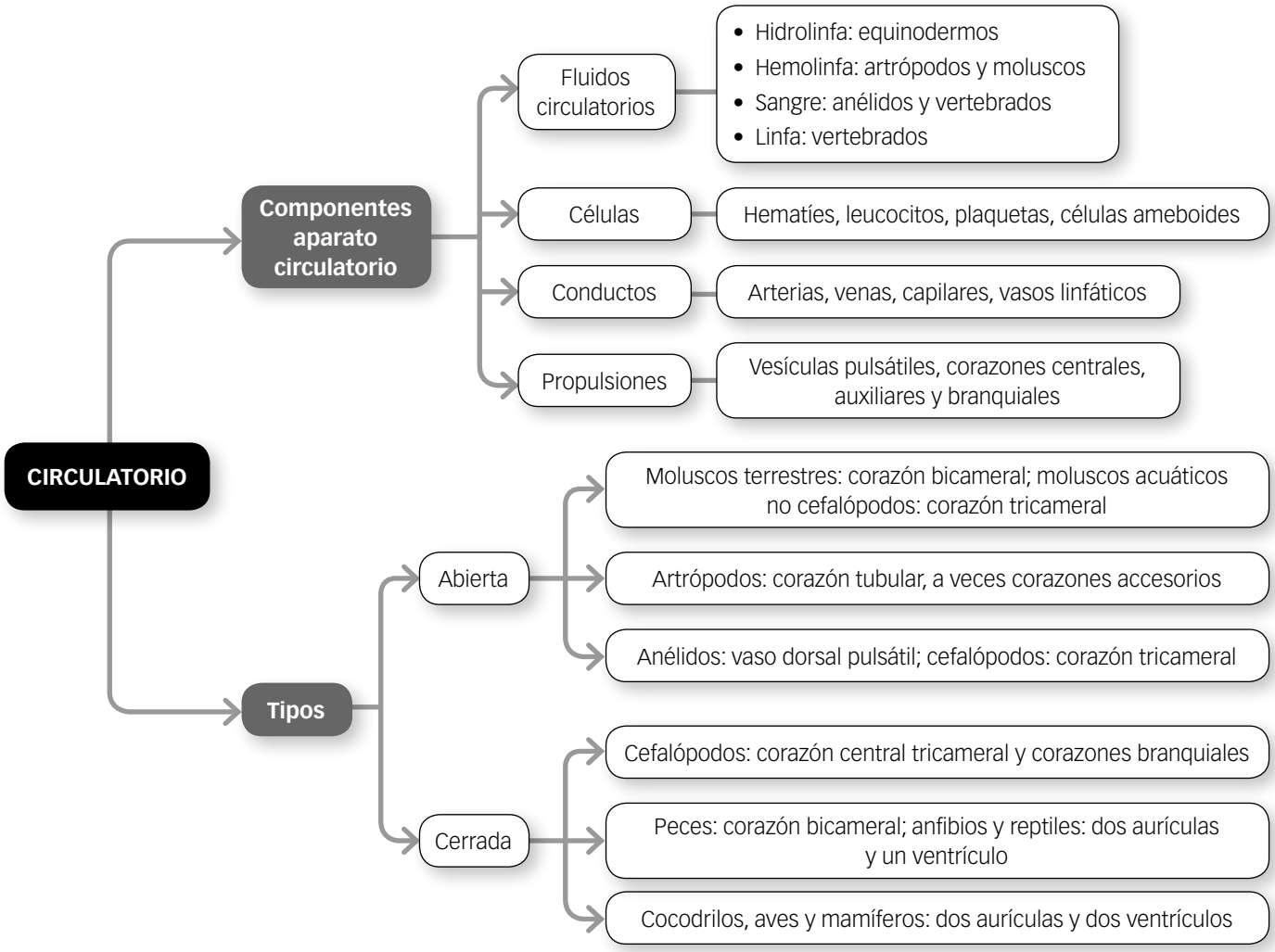
Igual que en la unidad anterior, la principal dificultad para el alumnado al trabajar esta unidad radica en la gran cantidad de estructuras funcionales que hay que explicar y que el alumno debe aprender si quiere entender cómo se realizan los procesos fisiológicos correspondientes. Las exposiciones teóricas deben completarse con disecciones de animales muertos de mercado como crustáceos, calamares, erizos de mar, aves y otros. La observación de órganos y aparatos que se consigue con estas prácticas es difícilmente superable con otros métodos.

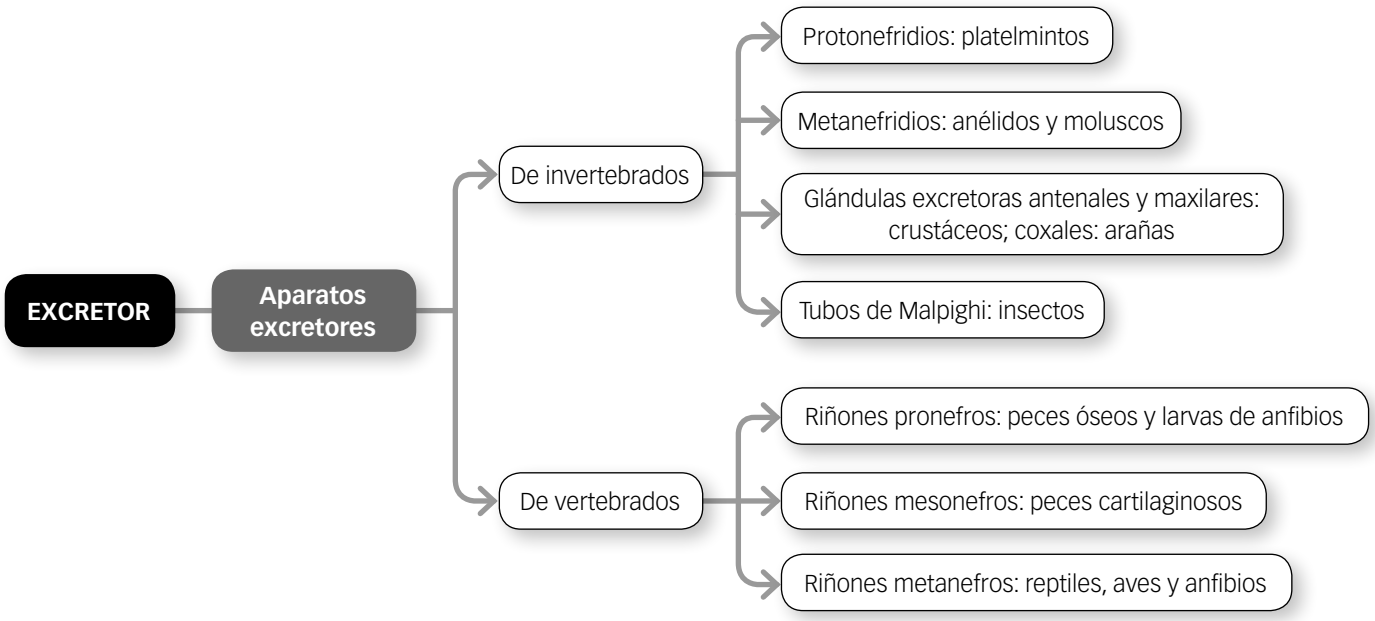
La comprensión de los sistemas circulatorios abiertos tampoco resulta fácil por cuanto, intuitivamente, se tiende a pensar más en los sistemas cerrados, más familiares al alumno. Recomendamos la modelización y el uso de animaciones para superar esta dificultad.

Dos conceptos que deben ser cuidados especialmente son el de *medio interno* y el de *homeostasis*. El primero es de más fácil tratamiento porque puede dominarse definiendo los elementos que lo forman en los diferentes grupos animales. El segundo, más complejo, requiere la conceptualización previa del equilibrio fisicoquímico en los sistemas biológicos y de capacidad de reacción frente a los cambios del medio externo e interno.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Proyecto Biosfera**
Página oficial del INTEF del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Posibilidades de seleccionar diferentes contenidos del currículo de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *proyecto biosfera 1.º bachillerato.*

**Waste**
Página de medio ambiente y de información sobre animales, plantas, hongos, etc. Presenta numerosas guías. Periódico *Ideal* de Granada.
Palabras clave: *Ideal waste.*

**EOL. Encyclopedia of life**
Enciclopedia virtual promovida por E. O. Wilson, uno de los científicos de mayor prestigio en todo el mundo y apoyada entre otras por la Fundación Smithsonian, el Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard y el Laboratorio de Biología Marina de Woods Hole. Contiene información sobre todos los grupos biológicos.
Palabras clave: *EOL encyclopedia life.*

**SINC. La ciencia es noticia**
Página web con todo tipo de noticias sobre ciencia, tecnología, biomedicina, salud, etc. Tiene un apartado dedicado a las ciencias naturales.
Palabras clave: *SINC ciencia noticia.*

**National Geographic**
Portal web con una enorme colección de fichas, animaciones, vídeos y otros recursos sobre la vida animal.
Palabras clave: *animales national geographic.*

### APP PARA TABLETS Y SMARTPHONES

**SoloCiencia.** App sobre Ciencia y Tecnología (Lexur).

**Noticias Ciencia (NativeScience).** Noticias de ciencia y tecnología en inglés que se actualiza diariamente (Mobefy).

## LIBROS Y REVISTAS

***Principios integrales de zoología***
**Hickman**. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España, 2015.
Versión actualizada y revisada de un clásico. Manual con excelentes ilustraciones y contenido textual, con un DVD para conectarse a la red y buscar portales, actividades, etc. Incorpora las últimas tendencias en taxonomía.

***Fauna ibérica v. vol.*** (obra en publicación)
**VV. AA.** Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
Revista que comprende claves completísimas de la fauna ibérica con caracteres diagnósticos precisos. Ayuda a identificar cualquier individuo de nuestra fauna.

***Zoología general***
**Storer; Stebbins; Usinger y Nybakken.**
Ediciones Omega, 1986.
Excelente manual de zoología general con ilustraciones y texto de excepcional claridad. La primera parte se dedica a cuestiones de biología general y la segunda a los *phila* del reino Animales incluyendo los protozoos.

***Vida. La Ciencia de la Biología***
**W. K. Purves; D. Sadava; G.H. Orians y H.C. Heller.**
Editorial Médica Panamericana, 2009.
Libro de biología que recoge lo esencial y al mismo tiempo los últimos conocimientos, incluido lo referente al genoma humano, expuestos con claridad. Trata de despertar el interés por esta ciencia y por la investigación.

***Biología***
**Curtis; Barnes; Schnek; Massarini.** Editorial Médica Panamericana, 2008.
Libro que continúa la ya larga tradición de Curtis, con recursos para el profesor y el alumno. Esquemas de gran claridad con textos que iluminan las ilustraciones. Muchas figuras son mixtas, fotografía e ilustración, lo que contribuye a aclarar, por ejemplo, la estructura celular. El texto lleva intercaladas con precisión llamadas que referencian las figuras.

***Biología***
**Campbell; Reece.** Editorial Médica Panamericana, 2007.
Excelente texto de biología general que desarrolla con particular acierto los capítulos sobre nutrición. Imágenes claras y texto ameno y con frecuentes referencias a aspectos evolutivos. Exposición clara y centrada en lo significativo.

## DVD Y PELÍCULAS

**National Geographic**
Gran colección de documentales sobre el mundo animal, muchas de ellas gratis en YouTube.

**Discovery Max**
Diversas películas sobre la vida animal, muchas de ellas gratis en YouTube.

**Filmografía básica:** las siguientes películas presentan aspectos de la vida animal que tienen que ver con los contenidos de la unidad:

- ***Earth*** (Tierra, la película de nuestro planeta), 2007.
- ***Earthlings*** (Terrícolas), 2005.
- ***L'ours*** (El oso), 1988.
- ***La marche de l'empereur*** (El viaje del emperador), 2005.
- ***Guadalquivir***, 2013.
- ***Home***, 2009.
- ***Le peuple migrateur*** (Nómadas del viento), 2001.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Cálculos matemáticos sobre el gasto cardiaco y el latido cardiaco

Una persona realiza un ejercicio físico durante 20 minutos y se mide su frecuencia cardiaca cada 5 minutos. Si el volumen sistólico es de 0,07 L/latido, calcula el gasto cardiaco en cada uno de los momentos.

La frecuencia cardiaca de los vertebrados depende de la tasa metabólica (oxígeno consumido por gramos de peso corporal) y del tamaño del cuerpo.

¿Qué conclusión puedes obtener a la vista de las frecuencias cardiacas de los siguientes mamíferos? Gato: 125 latidos/min, elefante: 25 latidos/min, musaraña pigmea: 800 latidos/min, humano: 70 latidos/min, ratón: 400 latidos/min.

| Tiempo | Frecuencia cardiaca | Gasto cardiaco |
|---|---|---|
| Inicio | 70 | |
| 5 minutos | 85 | |
| 10 minutos | 104 | |
| 15 minutos | 120 | |
| 20 minutos | 131 | |

El gasto cardiaco es el volumen de sangre que bombea el corazón por minuto. Para calcularlo, hay que multiplicar la frecuencia cardiaca (latido por minuto) por el volumen sistólico, que es la cantidad de sangre que expulsa en cada latido, en este caso: 0,07 L/min.

**Gasto cardiaco =**
**= frecuencia cardiaca × volumen sistólico**

Así podemos calcular el gasto cardiaco de esa persona en los diferentes momentos tras el inicio del ejercicio. En la segunda pregunta debemos tener en cuenta que uno de los factores que influye en dicha frecuencia es el tamaño del cuerpo de los vertebrados. En la lista de animales, la graduación de mayor a menor tamaño sería:

elefante (25 latidos/min) → humano (70 latidos/min) → → gato (125 latidos/min) → ratón (400 latidos/min) → → musaraña pigmea (800 latidos/min)

| Tiempo | Frecuencia cardiaca | Gasto cardiaco |
|---|---|---|
| Inicio | 70 | 4,9 L/min |
| 5 minutos | 85 | 5,95 L/min |
| 10 minutos | 104 | 7,28 L/min |
| 15 minutos | 120 | 8,4 L/min |
| 20 minutos | 131 | 9,17 L/min |

Vemos que esta gradación coincide con una frecuencia cardiaca cada vez mayor.

Por lo que podemos concluir que la frecuencia cardiaca aumenta según disminuye el tamaño de los animales vertebrados.

## PRACTICA

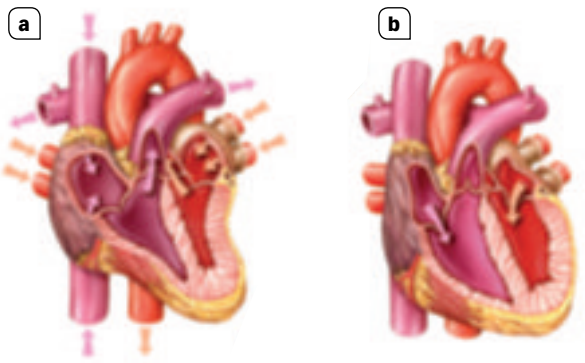
**1** Los siguientes dibujos representan dos momentos del recorrido de la sangre durante el latido cardiaco en un corazón de mamífero.

a) Indica qué movimientos se producen en cada caso.

b) Nombra los vasos de salida y entrada, las cavidades del corazón y las válvulas cardiacas.

c) Indica cuándo se produce la abertura y el cierre de válvulas.

d) ¿Qué evita el reflujo de sangre hacia las aurículas cuando se contraen los ventrículos?




**2** Realiza unos diagramas del corazón de peces, anfibios, reptiles y aves, indicando las cavidades que tiene cada uno y señalando el sentido de la circulación de la sangre.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Cálculo de la filtración y la reabsorción en los riñones

La tabla adjunta representa la concentración plasmática de algunos compuestos en la especie humana, así como de las cantidades filtradas y excretadas en los riñones. En los riñones entran aproximadamente 1,2 L/min de sangre, de los que 0,6 L corresponden a plasma sanguíneo.

| Componentes | Concentración plasmática | Cantidad de plasma filtrado en 24 h | Cantidad en la orina en 24 h | % reabsorbido en 24 h | % eliminado en 24 h |
|---|---|---|---|---|---|
| Agua | 93 % | 180 L | 1,5 L | | |
| Glucosa | 1 g/L | 180 g | 0 g | | |
| Urea | 0,3 g/L | 56 g | 30 g | | |
| $Na^+$ | 3,65 g/L | 560 g | 5 g | | |
| $K^+$ | 0,2 g/L | 29 g | 2,2 g | | |
| $Cl^-$ | 3,65 g/L | 560 g | 9 g | | |

a) ¿Dónde se produce la filtración del plasma en los riñones, y dónde la reabsorción del filtrado?

b) Calcula el porcentaje de agua filtrada.

c) Halla el porcentaje de cada uno de los componentes que ha sido reabsorbido en el riñón y el porcentaje que se ha eliminado en la orina.

**a)** La primera cuestión es directa y para contestarla debemos localizar concretamente las partes en las que se realiza cada proceso.

La filtración se produce en la cápsula de Bowman de cada una de las nefronas. La reabsorción se efectúa en diferentes lugares de los túbulos de la nefrona e incluso en el tubo colector, dependiendo de las distintas sustancias que se reabsorban.

**b)** Para responder a esta cuestión, primero calculamos la cantidad de agua que entra en los riñones. Sabemos que en el plasma hay aproximadamente un 93 % de agua, por lo que para averiguar la cantidad que entra en los riñones calculamos el 93 % de 0,6 L/min, que es **0,56 L/min**.

Como necesitamos conocer la cantidad en 24 horas, multiplicamos 0,56 L por 60 min y después por 24 h, lo que nos da un total aproximado de 806 L/día. Para calcular el porcentaje de agua dividimos la cantidad filtrada entre la cantidad de agua que entra, y multiplicamos por 100.

$$\frac{180}{806} \times 100 = 22{,}3\,\%$$

**c)** En el caso de la glucosa se han filtrado 180 g en el transcurso de 24 horas; la orina carece de glucosa, luego el porcentaje eliminado es del 0 % y el de glucosa reabsorbida es del 100 %.

Para calcular el porcentaje de cada uno de los otros componentes que se han eliminado, dividimos la cantidad que hay de orina entre la cantidad filtrada y la multiplicamos por 100. Si se han filtrado 180 L/día de agua y la orina de un día contiene 1,5 L, 1,5/180 × 100 = = 0,83% eliminada, el 99,17 % se ha reabsorbido.

En el caso de la urea se han filtrado 56 g; la orina contiene 30 g, por lo que se elimina el 53,57 % de la cantidad de urea que se ha filtrado y el 46,43 % que se ha reabsorbido. Para el sodio sería 5/560 × 100 = 0,89 % eliminado y el 99,11 % reabsorbido. Para el potasio sería 2,2/29 × 100 = 7,59 % eliminado y 92,41 % reabsorbido. En el caso del cloro sería 9/560 × 100 = 1,61 % eliminado y 98,39% reabsorbido.

| Componentes | % reabsorbido en 24 h | % eliminado en 24 h |
|---|---|---|
| Agua | 99,17 | 0,83 |
| Glucosa | 100 | 0 |
| Urea | 46,43 | 53,57 |
| $Na^+$ | 99,11 | 0,89 |
| $K^+$ | 92,41 | 7,59 |
| $Cl^-$ | 98,39 | 1,61 |

# Orientaciones para un examen

## PRACTICA

**1** Basándote en los datos de la tabla siguiente:

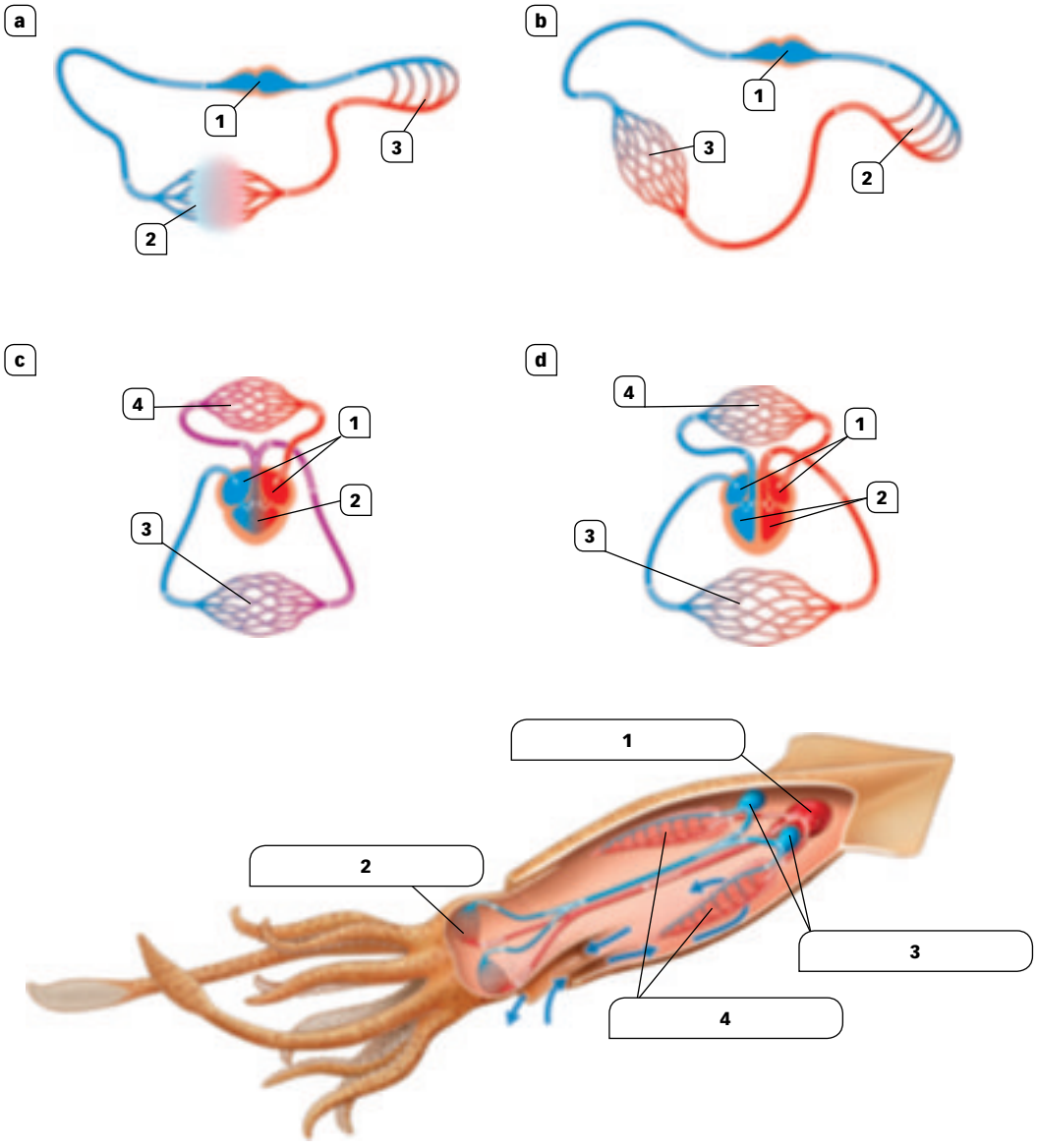
| | Aire atmosférico | | Aire alveolar | | Sangre rica en oxígeno | Sangre pobre en oxígeno |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gas** | **%** | **Presión en mm Hg** | **%** | **Presión en mm Hg** | **Presión en mm Hg** | **Presión en mm Hg** |
| **$O_2$** | 21 | 159 | 14 | 101 | 100 | 40 |
| **$CO_2$** | 0,04 | 0,3 | 5,6 | 39 | 40 | 46 |

a) Explica el sentido del movimiento del oxígeno y del dióxido de carbono en los alvéolos pulmonares.

b) ¿Qué sucedería si la presión del oxígeno disminuyese como ocurre a medida que ascendemos en altitud? ¿Cómo pueden vivir los habitantes de Cuzco y La Paz, que están a 3 400 y 3 600 m de altitud?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Sistemas circulatorios sanguíneos




## ACTIVIDADES

**1** Indica el nombre de los tipos de sistemas circulatorios a, b, c y d, y de los diferentes órganos numerados.

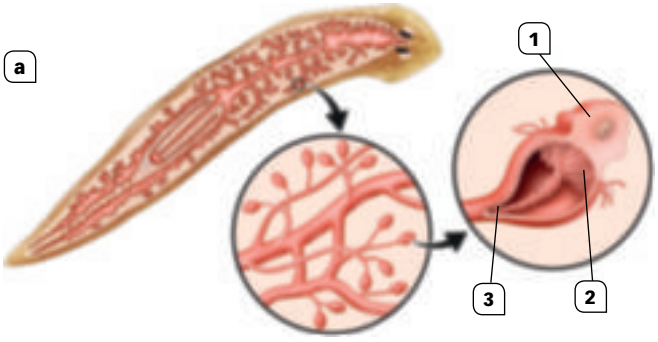
**2** Indica un animal o grupo de animales para cada tipo de sistema.

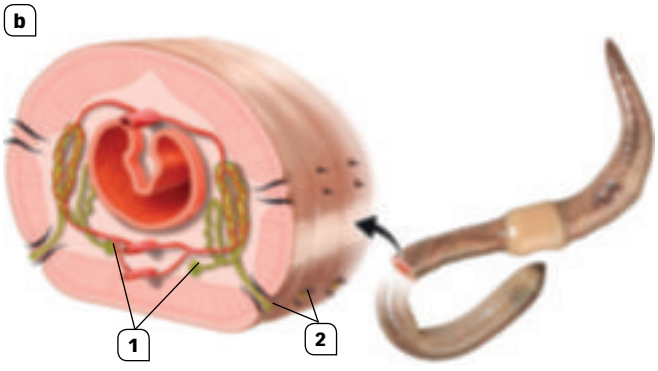
**3** ¿Cuál de esos sistemas te parece más eficiente? ¿Por qué?

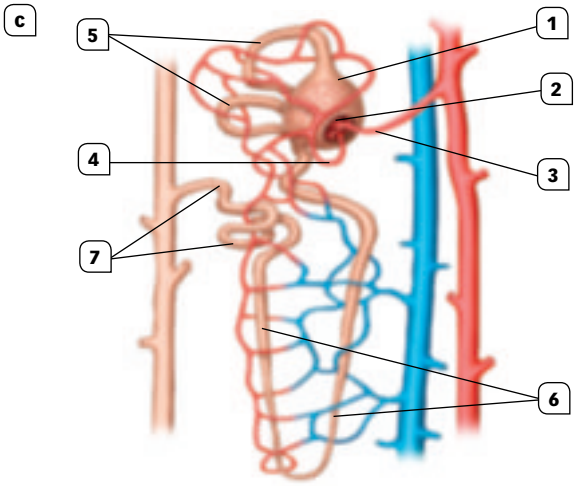
**4** ¿Qué tipo de animal es el representado en la figura inferior? ¿Cómo es su sistema circulatorio?

**5** En ese mismo animal, ¿qué papel tienen los órganos representados entre el corazón y las branquias? ¿Cómo se llaman?

# Órganos excretores




## ACTIVIDADES

**1** Escribe los nombre de los órganos representados en las figuras a, b y c, e indica a qué grupo de animales pertenecen.

**2** Indica el nombre de las partes señaladas con números de cada uno de esos órganos.

**3** ¿Qué órgano te parece más eficiente y desarrollado?

**4** ¿Qué representan los dos conductos situados a la derecha de la tercera figura?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Los medios internos circulantes de los animales

Un medio interno circulante contiene los siguientes elementos:

- Un líquido constituido por sustancias inorgánicas (agua, sales) y por sustancias orgánicas (glucosa, aminoácidos, proteínas plasmáticas, etc.).
- Células en suspensión en dicho líquido.

Además, muchos medios internos también presentan pigmentos respiratorios (hemoglobina, hemocianina, hemeritrina, etc.), que son moléculas muy especiales, capaces de captar el oxígeno gaseoso cuando el medio es rico en él, como sucede en los tejidos superficiales permeables, y liberarlo cuando pasan a condiciones de escasez de oxígeno, como sucede en los tejidos interiores del animal.

| MEDIO | PIGMENTOS RESPIRATORIOS | ANIMALES EN LOS QUE SE ENCUENTRA | CÉLULAS QUE CONTIENE |
|---|---|---|---|
| | Sin pigmento. | Equinodermos. | Amebocitos. |
| **Hemolinfa** | Sin pigmento. | Artrópodos de respiración traqueal (insectos, numerosos arácnidos y miriápodos) y muchos otros pequeños grupos de invertebrados. | Puede tener amebocitos y hemocitos. |
| | Hemoglobina. | **Plasmática:** anélidos oligoquetos y poliquetos. Excepcionalmente, también en algunas especies de moluscos e insectos.<br>**Intracelular:** en unos pocos anélidos poliquetos. Excepcionalmente, también en escasas especies de holoturias, moluscos e insectos. | |
| | Clorocruorina. | **Siempre plasmática:** exclusiva de unas pocas familias de anélidos poliquetos (por ejemplo, los serpúlidos y los sabélidos). | |
| | Hemeritrina. | **Siempre intracelular:** exclusiva de una familia de anélidos poliquetos y de los sipuncúlidos, los priapúlidos y los braquiópodos. | |
| | Hemocianina. | **Siempre plasmática:** aparece en moluscos, crustáceos, escorpiones y en el cangrejo cacerola de las Molucas. | |
| **Sangre** | Hemoglobina. | **Siempre intracelular:** en los vertebrados. | Eritrocitos, leucocitos y plaquetas. |
| **Linfa** | Sin pigmento. | En los vertebrados. | Leucocitos, principalmente, linfocitos. |

## ACTIVIDADES

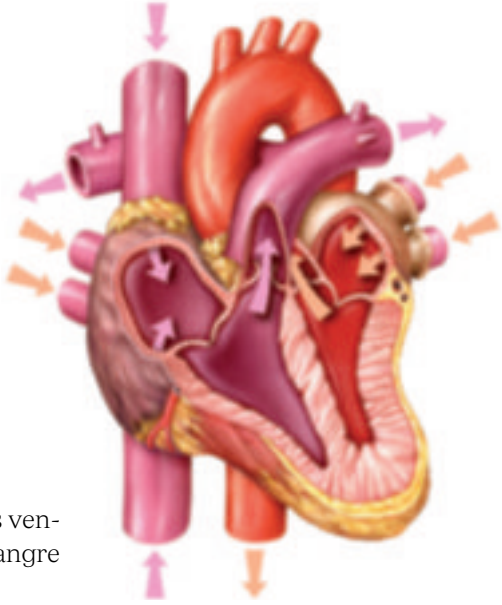
1. ¿Qué característica comparten la linfa y la hidrolinfa?
2. Relaciona las siguientes letras y números: 1) hidrolinfa; 2) hemolinfa; 3) sangre; 4) linfa; a) vertebrados; b) anélidos; c) equinodermos.
3. Cita dos pigmentos respiratorios que siempre circulan disueltos en el plasma y otros dos que siempre lo hacen dentro de células.
4. ¿Qué son los amebocitos? ¿En qué grupos se encuentran?
5. ¿Cuál es el grupo animal que presenta tres pigmentos respiratorios? ¿Cuáles son?
6. ¿De qué grupo es exclusiva la hemeritrina?

# El funcionamiento cardiaco y su regulación

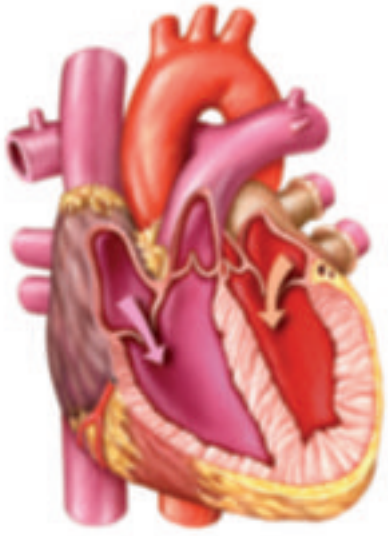
La contracción rítmica del corazón produce el **latido cardiaco**, que consta de dos tipos de movimientos: contracción, o **sístole**, y relajación, o **diástole**:

- **Diástole auricular.** Las aurículas se relajan y entra sangre que proviene de las venas.
- **Sístole auricular.** Las aurículas se contraen y pasa sangre a los ventrículos.
- **Diástole ventricular.** Los ventrículos se relajan y entra sangre en ellos.
- **Sístole ventricular.** Los ventrículos se contraen e impulsan sangre fuera del corazón por las arterias. Con la contracción se cierran las válvulas tricúspide y mitral, evitando el retorno de sangre a las aurículas.

**Diástole auricular y sístole ventricular**

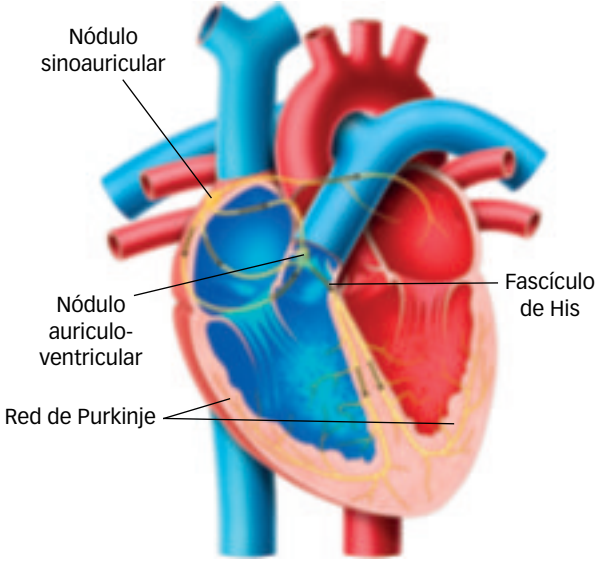


**Sístole auricular y diástole ventricular**



Sístole y diástole son simultáneas: al contraerse las aurículas se dilatan los ventrículos, y viceversa.

La contracción se debe a un impulso nervioso que se inicia en el **nódulo sinoauricular** de la aurícula derecha y se extiende a través de las aurículas derecha e izquierda, hasta llegar a una segunda área de excitación, el **nódulo auriculoventricular**. Sus células transmiten el impulso nervioso, con un ligero retraso, por un conjunto de fibras musculares especiales, el **fascículo de His**, hacia la punta inferior de los ventrículos. El impulso asciende por fibras de las paredes: la **red de Purkinje**. Su disposición hace que la contracción de los ventrículos se inicie en el ápice y se continúe hacia arriba, de forma que el bombeo sea más eficaz y propicie la contracción simultánea de los dos ventrículos.




El control sobre el sistema circulatorio se lleva a cabo mediante el **centro de control cardiovascular**, situado en el bulbo raquídeo del encéfalo.

- Cuando este centro de control recibe información de los receptores sensoriales situados en el sistema circulatorio, la integra y envía las órdenes oportunas a través de nervios.
  - Si recibe información para aumentar o disminuir el diámetro de los vasos y variar así el flujo sanguíneo, los nervios que lo conectan a los vasos envían la orden para su dilatación o su contracción.
  - Si recibe información para controlar la frecuencia del ritmo cardiaco –y, por tanto, el gasto cardiaco–, los nervios comunican al nódulo sinoauricular la orden de incrementarla o disminuirla. Al cambiar la frecuencia, varía la presión sanguínea y, como consecuencia, el diámetro de los vasos.
- A su vez, el centro de control cardiovascular influye en la secreción de hormonas como la adrenalina, que aumenta la frecuencia del ritmo cardiaco y, de este modo, el gasto cardiaco.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ACTIVIDADES

1. ¿Dónde se localiza el control del sistema circulatorio humano?

2. ¿Qué es un ciclo cardiaco? Explica su secuencia.

3. ¿Por qué cuando los ventrículos se contraen no pasa sangre a las aurículas?

4. ¿Qué tejido forman los nodos cardiacos? ¿Y el fascículo de His y la red de Purkinje?

5. ¿Qué hormona aumenta el ritmo cardiaco para solucionar situaciones de riesgo?

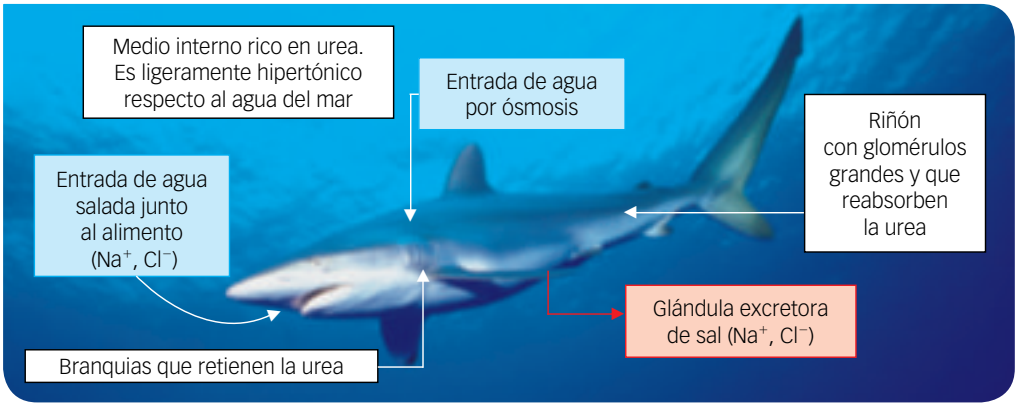
6. ¿Qué es el gasto cardiaco y cómo se calcula?

# Regulación hídrica en los peces cartilaginosos marinos

Los peces cartilaginosos marinos, como, por ejemplo, los tiburones, han elaborado una estrategia diferente para mantener en su medio interno una salinidad inferior a la del mar. Para evitar la salida de agua de sus células, acumulan una gran cantidad de urea en su medio interno (100 veces más que los mamíferos). Esto ha hecho necesaria una adaptación evolutiva de todo su organismo para soportar concentraciones que en otros animales son tóxicas.

Su medio interno resulta así ligeramente hipertónico respecto al agua de mar. Para evitar que este se enriquezca en sal y pierda urea a nivel de las branquias, ligeramente permeables a estas sustancias, los tiburones utilizan las siguientes estrategias:

- Poseen una glándula secretora de sal al final del intestino recto.
- Sus riñones presentan glomérulos desarrollados y son capaces de reabsorber la urea de la orina en formación.
- Sus branquias poseen células especializadas en evitar la pérdida de urea.

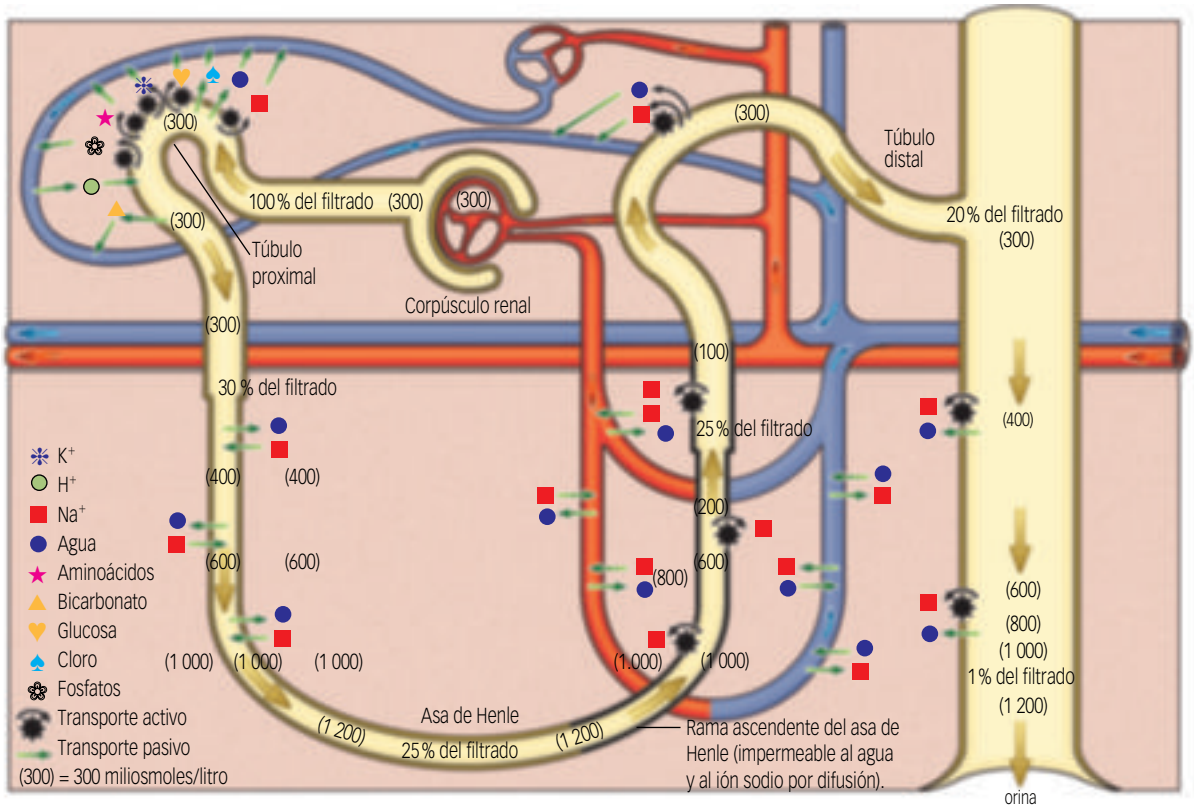



## ACTIVIDADES

1. ¿Necesitan eliminar la sal los peces marinos? ¿Sucede lo mismo en los peces de agua dulce?
2. ¿Se realiza igual la excreción en los peces cartilaginosos marinos que en los peces óseos marinos?
3. ¿Por dónde eliminan la sal los peces marinos cartilaginosos? ¿Cuál es su estrategia principal para no perder agua y eliminar la sal?
4. ¿Dónde buscarías para encontrar en un tiburón las glándulas excretoras de sal?
5. ¿Podrías saber de qué tipo de pez se trata haciendo un análisis del contenido en urea y sal de los líquidos corporales de ambos?
6. ¿Podríamos los seres humanos acumular en nuestros tejidos tanta urea como los tiburones? ¿Por qué?
7. ¿Por qué reabsorben la urea los riñones de los tiburones y rayas?
8. Algunos tiburones pueden vivir en agua dulce y en agua salada. Busca en la red qué sistema utilizan para mantener su homeostasis.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# La formación de orina en el riñón humano




**Formación de la orina**

## ACTIVIDADES

**1** Explica qué estructura aparece esquematizada en el dibujo y a qué órgano pertenece. ¿Qué función de nutrición desarrolla?

**2** Enumera las distintas partes de dicha estructura.

**3** La excreción en el ser humano comprende tres procesos: indica cuáles son, en qué consisten y en qué parte de la figura superior están representados.

**4** ¿Dónde se elimina agua? ¿Dónde se absorbe? ¿Qué cantidad de orina se obtiene por cada 5 litros de filtrado?

**5** En la piel hay unas estructuras que fabrican una sustancia que es una orina diluida. ¿Cómo se llaman? ¿Son tan complejas como estas, igual o más sencillas?

**6** Hay datos de gran valor diagnóstico en medicina que se obtienen mediante el análisis de orina. ¿Puedes explicar por qué?

**7** ¿Qué indican las cifras entre paréntesis en el esquema superior? ¿Qué indican las cifras fuera de paréntesis?

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Cuidemos el corazón y las arterias: ¡nos va la vida en ello!

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga el papel de las enfermedades cardiovasculares, los factores de riesgo y las formas de prevenirlas.

**Otras investigaciones sugeridas.** Investiga el papel de las enfermedades cardiovasculares: isquemias y hemorragias. Enfermedades isquémicas del corazón, placas de ateroma, enfermedades vasculares periféricas, trombosis. Factores de riesgo genéticos, influencia de la dieta, consumo de tabaco y sedentarismo. Alimentación cardiosaludable.

**Fuentes de la investigación**

En la red

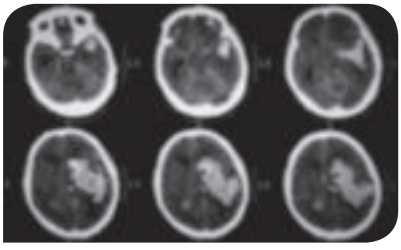
- SEC. Página de la Sociedad Española de Cardiología. Palabras clave: *SEC, salud cardiovascular*.
- NIH, Medlineplus. Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. Palabras clave: *medlineplus*, *enfermedades cardiovasculares*.
- Texas Heart Institute. Página web del instituto de cardiología de Texas. Palabras clave: *THI salud cardiovascular*.
- «El corazón». Temas *Investigación y Ciencia* N.º 42, octubre/diciembre 2005.

**Realización.** Tres equipos de tres estudiantes y un coordinador.

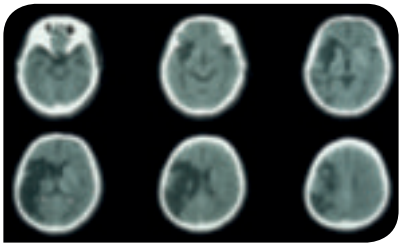
**Duración de la elaboración.** Dos semanas.

**Presentación de los resultados.** Diapositivas y un informe que puede subirse a la plataforma del centro. Exposición en conferencia a los padres y madres del centro.

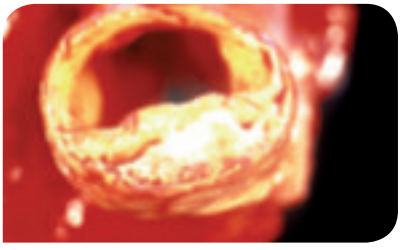
### TEN EN CUENTA QUE



Las enfermedades hemorrágicas cerebrales están causadas por la rotura de un vaso, lo que daña irreversiblemente el tejido nervioso.



Las enfermedades isquémicas cerebrales están causadas por la falta de riego en una región cerebral, lo que causa un infarto cerebral, es decir, la muerte de las neuronas de esa región.



Las placas de ateroma son depósitos de colesterol en la túnica interna de una arteria. Pueden llegar a obstruir el vaso causando infartos.

### LO QUE DEBES SABER

- **Trombo:** coágulo de sangre que bloquea el flujo sanguíneo.
- **Infarto de miocardio:** enfermedad isquémica del corazón en la que se produce la muerte de una zona del miocardio debido a la falta del riego sanguíneo. En muchos casos la interrupción de sangre se debe a una obstrucción causada por un depósito de colesterol dentro de las paredes de una arteria coronaria.
- **Arteria coronaria:** nombre que reciben las arterias que riegan el miocardio.
- **LDL (*low density lipotrein*):** colesterol «malo», asociación del colesterol a una proteína que favorece el depósito del mismo en las arterias.
- **HDL (*high density lipotrein*):** «colesterol bueno», asociación del colesterol a una proteína que lo transporta al hígado.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## ¡Vaya una forma de excretar!

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga diferentes formas de excreción en vertebrados como respuesta adaptativa al medio.

**Otras investigaciones sugeridas.** La excreción en los murciélagos vampiros. La excreción en vertebrados de aguas dulces y en aguas saladas. Excreción en animales de aguas temporales. Osmorregulación y excreción. Animales osmorreguladores y osmoconformistas. La excreción en vertebrados que viven en el desierto.

**Fuentes de la investigación**

- *Vida. La Ciencia de la Biología*. W. K. Purves; D. Sadava; G. H. Orians y H. C. Heller. Editorial Médica Panamericana, 2009.
- *Biología*. Campbell; Reece. Editorial Médica Panamericana, 2007.
- *Fisiología animal comparada*. R. Hill, Editorial Reverté, 2010.
- *Fisiologia general y comparada*. William Hoar, Ediciones Omega, 1977.
- *Fisiología animal y evolución*. Gustavo Barja, Ediciones Akal, 1993.

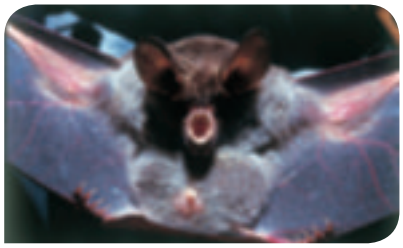
**Realización.** Equipos de cinco estudiantes

**Duración de la elaboración.** Dos semanas.

**Presentación de los resultados.** Póster de gran formato con dibujos y fotografías abundantes. Colgarlo en la web del departamento y/o del centro.

### TEN EN CUENTA QUE

Los salmones nacen en ríos, pasan la mayor parte de su vida en el mar. Para reproducirse vuelven al mismo río donde nacieron, donde las hembras desovan y son fecundadas. Todavía no se conoce cómo pueden reconocer sus lugares de nacimiento.



Existen tres especies de murciélagos vampiros que atacan a los mamíferos y a las aves, causando a veces serios perjuicios en las granjas de aves de corral. También pueden «atacar» a seres humanos mientras duermen.

Los jerbos, tambien llamados «ratas del desierto», son roedores que viven en zonas de extrema aridez en las zonas desérticas de África septentrional y de Asia. Por ello están adaptados al consumo de poca agua líquida.

### LO QUE DEBES SABER

- **Anádromos:** peces que viven en el mar y remontan los ríos para desovar y reproducirse, como el salmón.
- **Catádromos:** se dice de los peces, como la anguila, que viven en ríos y lagos y descienden al mar para desovar y reproducirse.
- **Osmorregulación:** mecanismos para controlar la presión osmótica del medio interno de los animales. Tiene dos componentes: la entrada de agua y solutos, y la excreción o eliminación de los productos resultantes del metabolismo y de solutos salinos ingeridos.
- **Osmorregulador:** animal, terrestre o de agua dulce, que controla y regula la presión osmótica de su medio interno dentro de límites estrechos.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 17 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Indica cuál de las siguientes funciones no la realiza el aparato circulatorio:

- ☐ **a.** Retira y transporta los productos de excreción de las células.
- ☐ **b.** Lleva hormonas desde las glándulas endocrinas hasta los órganos donde actúan.
- ☐ **c.** Transporta anticuerpos y células especializadas en la defensa del cuerpo.
- ☐ **d.** Transporta los péptidos desde el estómago al intestino delgado.

**2** La hemolinfa es el fluido circulatorio de:

- ☐ **a.** Equinodermos, artrópodos y moluscos.
- ☐ **b.** Solo de los equinodermos.
- ☐ **c.** Artrópodos y moluscos.
- ☐ **d.** Vertebrados, artrópodos y moluscos.

**3** Al examinar un frotis de sangre humana observamos un grupo de linfocitos que son:

- ☐ **a.** Células pequeñas con hemoglobina y sin núcleo.
- ☐ **b.** Células pequeñas con un gran núcleo que ocupa casi todo el citoplasma.
- ☐ **c.** Células pequeñas con gránulos marcados y núcleo grande y lobulado.
- ☐ **d.** Células de gran tamaño con núcleo de forma arriñonada.

**4** Un sistema circulatorio abierto es aquel en el que:

- ☐ **a.** El fluido circulatorio puede ocupar senos o lagunas.
- ☐ **b.** Existe solo en animales acuáticos.
- ☐ **c.** Existe solo en animales acuáticos muy pequeños y transparentes.
- ☐ **d.** Circula siempre en arterias, capilares y venas.

**5** La circulación cerrada doble e incompleta es una circulación:

- ☐ **a.** Cerrada cuyo corazón tiene dos aurículas y un ventrículo.
- ☐ **b.** En parte abierta y en parte cerrada.
- ☐ **c.** Que solo se da en anélidos.
- ☐ **d.** Que contiene dos o más pigmentos respiratorios.

**6** Los artrópodos poseen un corazón:

- ☐ **a.** Tabicado, localizado dentro de una cavidad pericárdica.
- ☐ **b.** Tubular, situado en posición dorsal dentro de una cavidad pericárdica.
- ☐ **c.** Con dos aurículas y un ventrículo.
- ☐ **d.** Con dos aurículas y dos ventrículos parcialmente tabicados.

**7** La cápsula de Bowman, el túbulo contorneado y el asa de Henle son partes de:

- ☐ **a.** Los protonefridios.
- ☐ **b.** Los metanefridios.
- ☐ **c.** Las nefronas.
- ☐ **d.** Los túbulos de Malpighi.

**8** La excreción comprende tres etapas:

- ☐ **a.** Emulsión, filtración y selección.
- ☐ **b.** Nutrición, metabolismo y condensación.
- ☐ **c.** Filtración, reabsorción y disolución.
- ☐ **d.** Filtración, reabsorción y excreción.

**9** Los productos de excreción de los animales son:

- ☐ **a.** Urea, ácido úrico y amoniaco.
- ☐ **b.** Urea, ácido cítrico y amoniaco.
- ☐ **c.** Urea, ácido cítrico y ácido úrico.
- ☐ **d.** Glucosa, amoniaco y ácido úrico.

**10** Los metanefridios son órganos excretores propios de:

- ☐ **a.** Anélidos y poríferos.
- ☐ **b.** Anélidos y moluscos.
- ☐ **c.** Cnidarios y poríferos.
- ☐ **d.** Arácnidos y peces.

SOLUCIONES

**1** d, **2** c, **3** b, **4** a, **5** a, **6** b, **7** c, **8** d, **9** a, **10** b

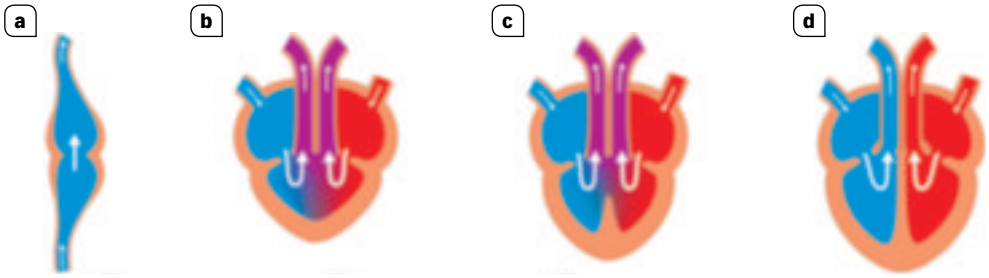
# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué es el medio interno? Describe las principales características del medio interno en los animales.

**2** Cita las principales funciones del aparato circulatorio.

**3** Observa las imágenes de corazones e indica qué tipo de corazones representan, cuántas cavidades se distinguen en cada uno de ellos y qué tipo de sangre circula por ellos. Señala a qué grupo de animales vertebrados pertenece cada uno de los corazones.




**4** Relaciona los elementos de las dos columnas.

1. Circulación abierta
2. Corazón tubular en posición dorsal
3. Invertebrados con circulación cerrada
4. Artrópodos cuya hemolinfa no tiene pigmentos respiratorios
5. Artrópodos cuya hemolinfa tiene pigmentos respiratorios
6. Vertebrados con circulación simple
7. Circulación doble e incompleta
8. Circulación doble y completa
9. Dos vasos longitudinales conectados por vasos laterales en cada segmento

a. Anfibios y reptiles
b. Artrópodos con respiración traqueal
c. Moluscos no cefalópodos y artrópodos
d. Anélidos
e. Aves y mamíferos
f. Anélidos y moluscos cefalópodos
g. Artrópodos
h. Peces
i. Artrópodos con respiración branquial o pulmonar

**5** ¿Qué animales tienen corazones accesorios y qué función realizan?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

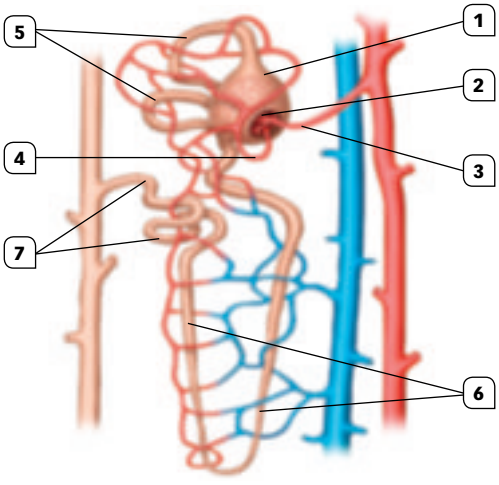
**6** Señala las diferencias entre los aparatos circulatorios abiertos y cerrados; simples y dobles, y completos e incompletos.

**7** Cita los componentes del sistema linfático e indica cómo se produce el movimiento de la linfa.

**8** ¿Qué animales tienen glándulas salinas? Razónalo.

**9** ¿Cuáles son las principales sustancias de desecho que eliminan los animales? Indica el tipo de sustancias que elimina cada grupo de animales.

**10** Indica lo que representa la figura y complétala con el nombre de las partes que se señalan.



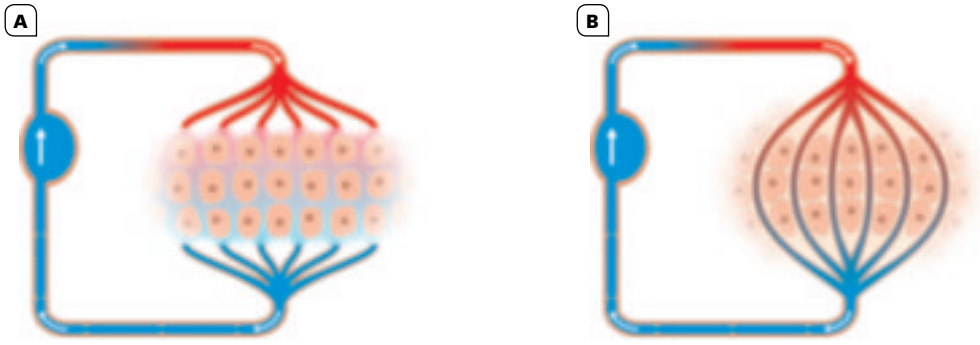
# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

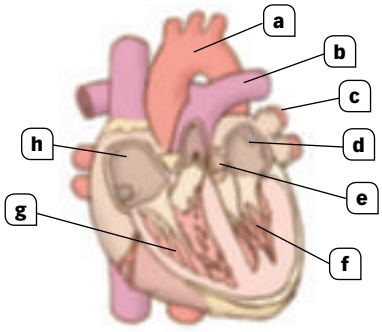
**1** Cita los componentes del sistema circulatorio e indica su función.

**2** Explica las diferencias entre los líquidos de transporte de los invertebrados.

**3** Explica la diferencia entre los dos sistemas circulatorios representados y cita ejemplos de animales que los presenten.




**4** Cita las partes del corazón que se observan en la figura y señala mediante flechas el recorrido de la sangre. Indica cómo es el tipo de sangre que circula por cada lado del corazón, de dónde viene y a dónde va.




**5** Semejanzas y diferencias entre el sistema circulatorio de los moluscos cefalópodos y no cefalópodos.

**6** ¿Qué es el ciclo cardiaco? ¿Y el gasto cardiaco? Calcula el gasto cardiaco de una persona que tiene una frecuencia cardiaca de 80 latidos/minuto y un volumen sistólico (volumen que sale del ventrículo izquierdo en cada latido) de 0,07 L.

**7** Cita la funciones del sistema circulatorio linfático.

**8** Define excreción y homeostasis.

**9** Realiza un dibujo sencillo de una nefrona y señala sus partes. Indica en qué consisten y dónde se realizan la filtración, la reabsorción y la secreción.

**10** Relaciona los elementos de las dos columnas.

1. Glándulas salinas o de la sal
2. Glándulas calcíferas
3. Túbulos de Malpighi
4. Glándulas verdes
5. Metanefridios
6. Protonefridios
7. Riñones
8. Glándulas sudoríparas
9. Difusión directa
10. Difusión en los pies ambulacrales

a. Insectos, miriápodos y muchos arácnidos
b. Mamíferos
c. Vertebrados
d. Crustáceos decápodos
e. Platelmintos
f. Anélidos y moluscos
g. Reptiles, aves y mamíferos marinos
h. Algunos anélidos, como la lombriz de tierra
i. Equinodermos
j. Poríferos, cnidarios y nematodos

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B6-6.** Comprender los conceptos de circulación abierta y cerrada, circulación simple y doble incompleta o completa. | **B4-6.1.** Relaciona circulación abierta y cerrada con los animales que la presentan, sus ventajas e inconvenientes. | 1, 4 y 6 | 1, 2 y 5 |
| | **B4-6.2.** Asocia representaciones sencillas del aparato circulatorio con el tipo de circulación (simple, doble, incompleta o completa). | 2, 3 y 5 | 3, 4 y 6 |
| **B6-7.** Conocer la composición y función de la linfa. | **B6-7.1.** Indica la composición de la linfa, identificando sus principales funciones. | 7 | 7 |
| **B6-10.** Definir el concepto de excreción y relacionarlo con los objetivos que persigue. | **B6-10.1.** Define y explica el proceso de la excreción. | — | 8 |
| **B6-11.** Enumerar los principales productos de excreción y señalar las diferencias apreciables en los distintos grupos de animales en relación con estos productos. | **B6-11.1.** Enumera los principales productos de excreción, clasificando los grupos de animales según los productos de excreción. | 9 | — |
| **B6-12.** Describir los principales tipos de órganos y aparatos excretores en los distintos grupos de animales. | **B6-12.2.** Describe los principales aparatos excretores de los animales, reconociendo las principales estructuras de estos a partir de representaciones esquemáticas. | 8 | 10 |
| **B6-13.** Estudiar la estructura de las nefronas y el proceso de formación de la orina. | **B6-13.1.** Localiza e identifica las distintas regiones de una nefrona. | 10 | 9 |
| | **B6-13.2.** Explica el proceso de formación de la orina. | 10 | 9 |
| **B6-14.** Conocer mecanismos específicos o singulares de excreción en vertebrados. | **B6-14.1.** Identifica los mecanismos específicos o singulares de excreción de los vertebrados. | 8 | 10 |

**Control B**

**1** Es el medio que rodea a las células, del que toman lo que necesitan y al que vierten los desechos. Está formado por el conjunto de líquidos extracelulares de un organismo.

En los invertebrados sencillos, el medio interno está constituido por el plasma intersticial, que baña directamente todas las células. De este modo, en nematodos, platelmintos, poríferos y cnidarios, tanto la eliminación de sustancias como la incorporación de nutrientes y oxígeno se realizan de forma directa entre las células y el plasma. En animales acuáticos de pequeño tamaño, el intercambio se ve favorecido por los movimientos corporales, que facilitan la circulación y propulsión del agua del medio a través de las cavidades del cuerpo. En el resto de los animales, un aparato circulatorio realiza el transporte de sustancias. En general, este aparato está formado por un líquido circulatorio, vasos de diferente calibre por los que circula el líquido a todas las partes del organismo, y uno o varios corazones que lo impulsan.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**2** Transporta oxígeno desde las superficies respiratorias hasta las células, y dióxido de carbono de las células a las superficies respiratorias.

Lleva nutrientes desde el aparato digestivo hacia todas las células.

Retira y transporta los productos de excreción de las células.

Lleva hormonas desde las glándulas endocrinas hasta los órganos donde actúan.

Transporta anticuerpos y células especializadas en la defensa del cuerpo.

Mantiene la temperatura corporal constante en los animales homeotermos.

**3** Las imágenes representan los corazones tabicados de los vertebrados.

**a)** Es el corazón de los peces, que está dividido en dos cámaras: una aurícula y un ventrículo, y por él circula sangre venosa.

**b)** Representa el corazón de los anfibios, que consta de tres cavidades: dos aurículas y un ventrículo; la aurícula izquierda recibe sangre rica en oxígeno de los pulmones y la aurícula derecha recibe la sangre pobre en oxígeno de los demás órganos; del ventrículo sale la sangre mezclada.

**c)** Es el corazón de los reptiles no cocodrilianos, con tres cavidades, igual que en los anfibios, pero aquí el ventrículo tiene una ligera separación en dos mitades, con lo que se mezcla menos la sangre.

**d)** Representa el corazón de los reptiles cocodrilianos, las aves y los mamíferos, que está dividido en cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos totalmente separados. La zona derecha del corazón recibe sangre pobre en oxígeno de los órganos y la envía a los pulmones. La parte izquierda recibe sangre rica en oxígeno desde los pulmones y la envía a todo el cuerpo.

**4** 1.c; 2.g; 3.f; 4.b; 5.i; 6.h; 7.a; 8.e; 9.d.

**5** Los artrópodos y los moluscos. Los artrópodos que presentan circulación abierta tienen corazones accesorios para facilitar el paso del líquido circulante hacia las patas y las alas. Los moluscos acuáticos tienen corazones branquiales (accesorios) para aumentar la presión de la sangre y acelerar la circulación a través de las branquias.

**6** En el aparato circulatorio abierto el líquido que circula por los vasos se vierte a senos o lagunas y espacios intercelulares. En el aparato circulatorio cerrado el líquido circula siempre por el interior de los vasos.

Los aparatos circulatorios simples son aquellos que poseen un circuito único y la sangre pasa una vez por el corazón al dar una vuelta completa al circuito. En los aparatos circulatorios dobles existen dos circuitos y la sangre pasa dos veces por el corazón al completar una vuelta completa.

En el aparato circulatorio completo la sangre rica en oxígeno no se mezcla con la sangre pobre en oxígeno, mientras que en el aparato circulatorio incompleto se mezclan parcialmente en el corazón, pues solo existe un ventrículo.

**7** Está formado por linfa, vasos linfáticos y, en algunos animales, estructuras y órganos linfáticos (sacos linfáticos en reptiles, y ganglios en aves y mamíferos, que retienen cuerpos extraños; órganos linfáticos, que producen linfocitos).

El movimiento de la linfa se produce por la contracción de las propias paredes de los vasos linfáticos y por la presencia de válvulas internas, que impiden el retroceso de la linfa. Además, en peces, anfibios, reptiles y algunas aves existen corazones linfáticos como sistema accesorio de propulsión de la linfa.

**8** Los animales marinos necesitan mecanismos especiales para eliminar el exceso de sales, ya que los riñones no pueden fabricar una orina tan concentrada como en los mamíferos. En reptiles, aves marinas y mamíferos marinos esta función la realizan las glándulas salinas o de la sal. En estas glándulas se filtra la sangre con exceso de sal y se eliminan sales al exterior en gotas muy concentradas. La concentración de cloruro de sodio, en ocasiones, es casi el doble que la del agua del mar.

**9** Las principales sustancias que eliminan los animales son dióxido de carbono y derivados nitrogenados, a causa de su toxicidad; y agua y sales minerales, debido a que han de mantener una cantidad y concentración adecuadas en el medio interno del animal. Los derivados nitrogenados se producen en las reacciones de degradación de las proteínas y ácidos nucleicos y son: amoniaco, ácido úrico y urea.

Los animales amoniotélicos son acuáticos y, a diferencia de otros que transforman el amoniaco en otro producto de excreción, estos lo eliminan directamente, entre ellos larvas de anfibios y anélidos acuáticos; crustáceos, moluscos y otros invertebrados acuáticos; y la mayoría de los peces.

Los animales uricotélicos son aves, reptiles, moluscos terrestres, la mayoría de los insectos y muchos artrópodos terrestres que, adaptados a vivir en ambientes secos, lo excretan sin perder mucha agua (como una pasta blanca semisólida).

Los animales ureotélicos son mamíferos, anfibios, anélidos terrestres y algunos insectos y peces óseos, que expulsan urea disuelta en un líquido acuoso.

**10** La figura representa la nefrona, que es la unidad anatómica y funcional del riñón.

1. Cápsula de Bowman. 2. Glomérulo. 3. Arteriola aferente. 4. Arteriola eferente. 5. Túbulo contorneado proximal. 6. Asa de Henle. 7. Túbulo contorneado distal.

## Control A

**1** En general, el sistema circulatorio de la mayoría de los animales está formado por:

Líquido circulatorio. Es el medio líquido en el que se transportan las diferentes sustancias, bien en disolución o unidas, como en el caso de los gases, a determinados pigmentos respiratorios.

Vasos. Son tubos de diferente calibre, por cuyo interior circulan los líquidos de transporte a todas las partes

del organismo. Existen varios tipos: arterias, venas, capilares y vasos linfáticos.

Sistema de propulsión. Según el grupo animal, los líquidos circulatorios se mueven mediante distintos mecanismos. Estos se clasifican en función de la existencia o no de cámaras contráctiles, y del número y características de estas: vasos pulsátiles, corazón tubular, corazón tabicado y corazones accesorios.

**2** La hidrolinfa, característica de equinodermos, es incolora y tiene una composición en sales muy parecida al agua de mar y algunas células fagocitarias. Carece de función transportadora de gases respiratorios.

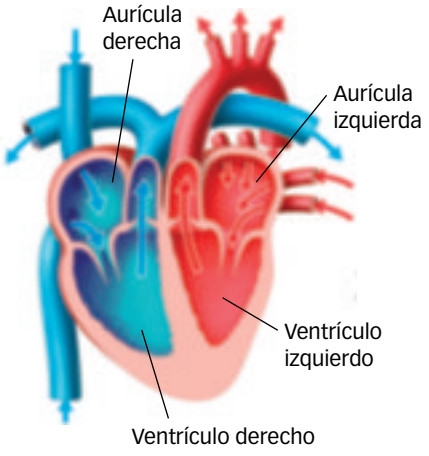
La hemolinfa, típica de artrópodos y moluscos, contiene amebocitos, células con función defensiva, y pigmentos respiratorios: hemocianina, en artrópodos, cefalópodos y la mayoría de los gasterópodos pulmonados; o hemoglobina, en bivalvos y algunos gasterópodos pulmonados.

La sangre, característica de anélidos, posee hemoglobina, hemeritrina y clorocruorina como pigmentos respiratorios.

**3** **a)** Sistema circulatorio abierto o lagunar. En este tipo de sistema no hay una red de capilares, sino que el líquido que es transportado por los vasos se vierte a senos o lagunas y espacios intercelulares, que constituyen el hemocele. De esta forma, el líquido circulatorio, la hemolinfa, baña todas las células y se produce el intercambio de nutrientes y gases. Posteriormente, el líquido vuelve al circuito a través de otros vasos que lo recogen de esas lagunas. Presentan circulación abierta los moluscos no cefalópodos y los artrópodos.

**b)** Sistema circulatorio cerrado. En este tipo de sistema el líquido circula siempre por el interior de los vasos. Las arterias y venas se comunican por una red de capilares con paredes muy finas, a través de las cuales se intercambian sustancias: nutrientes, gases o productos de excreción. Tienen circulación cerrada los anélidos, los moluscos cefalópodos y todos los vertebrados.

**4** En el corazón se observan las cuatro cavidades: aurícula derecha, aurícula izquierda, ventrículo derecho y ventrículo izquierdo, y las válvulas mitral y tricúspide.




La zona derecha del corazón recibe sangre pobre en oxígeno de los órganos y la envía a los pulmones. La parte izquierda recibe sangre rica en oxígeno desde los pulmones y la envía a todo el cuerpo.

**5** – Diferencias. En los moluscos no cefalópodos la circulación es abierta mientras que en los cefalópodos, que tienen mayor tamaño y también un metabolismo más intenso, la circulación es cerrada.

En los moluscos no cefalópodos con circulación abierta, la hemolinfa circula desde el hemocele, que es muy reducido, hacia las branquias o el pulmón; en el caso de los moluscos terrestres, y de ellas a la o las aurículas; tras pasar la hemolinfa al ventrículo, este la bombea al resto del organismo.

Los cefalópodos que presentan circulación cerrada tienen un relevante sistema capilar a nivel de las branquias, donde se lleva a cabo el intercambio gaseoso con el medio.

– Semejanzas. Ambos grupos poseen un corazón tabicado, de dos o tres cámaras, localizado dentro de una cavidad pericárdica. Los moluscos acuáticos presentan corazones accesorios, corazones branquiales, que aceleran la circulación a través de las branquias.

**6** El ciclo cardiaco es el movimiento del corazón y consta de dos fases bien diferenciadas: una contracción muscular o sístole y una relajación o diástole, que produce la entrada de sangre. La secuencia es:
sístole auricular → diástole auricular → sístole ventricular → diástole ventricular → y de nuevo sístole auricular.

El gasto cardiaco es el volumen total de sangre que el corazón bombea por minuto. Se calcula multiplicando la frecuencia cardiaca (número de latidos por minuto) por el volumen sistólico (litros de sangre bombeados en cada latido).

Gasto cardiaco = frecuencia cardiaca (latidos/min) × × volumen sistólico (L/latido).

Gasto cardiaco = 60 latidos/min × 0,07 L/latido = = 4,2 L/min.

**7** El sistema circulatorio linfático lleva a cabo las siguientes funciones:

– Drena el exceso de plasma intersticial y lo conduce a la circulación venosa; este exceso se debe a que a nivel de los capilares sanguíneos se filtra más plasma del que se recoge en la circulación de retorno.

– Transporta las grasas absorbidas en las vellosidades intestinales por los vasos quilíferos.

– Desempeña una función de defensa del organismo. Los ganglios linfáticos filtran la linfa y retienen cuerpos extraños; contienen células almacenadas, como los macrófagos que se encargan de eliminarlos mediante fagocitosis, incluso a las bacterias. Los linfocitos, glóbulos blancos encargados de producir anticuerpos y desarrollar la respuesta inmune, se producen en los órganos del sistema linfático: ganglios linfáticos, médula ósea roja, bazo y timo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**8** La excreción es una etapa de la nutrición que consiste en la eliminación de los productos de desecho procedentes del metabolismo celular. En la mayoría de los animales, las sustancias no gaseosas son eliminadas por órganos excretores, a los que son transportadas por el aparato circulatorio.

La homeostasis es la capacidad de los organismos para mantener constantes las condiciones de su medio interno. Los órganos excretores contribuyen a la homeostasis al eliminar sustancias inútiles, tóxicas o que se encuentran en exceso en el organismo.

**9**
1. Cápsula de Bowman.
2. Glómerulo.
3. Arteriola aferente.
4. Arteriola eferente. .
5. Túbulo contorneado proximal.
6. Asa de Henle.
7. Túbulo contorneado distal.

La filtración se realiza desde el glomérulo hacia la cápsula de Bowman y consiste en la salida de fluido desde el medio interno a través del epitelio de una sola capa de células. Se produce por diferencias de presión. No se filtran las células sanguíneas ni la mayoría de las proteínas del plasma. El líquido filtrado tiene una composición parecida al plasma y contiene glucosa, aminoácidos, vitaminas, sales minerales, agua y otros nutrientes, así como productos de desecho, por lo que el líquido filtrado, la orina inicial, incluye muchas sustancias útiles.

La reabsorción se produce en los túbulos de la nefrona y consiste en recuperar las sustancias útiles (como glucosa, agua y algunos iones) por difusión simple o por transporte activo. Es un proceso rápido, de manera que los productos inútiles o tóxicos no tengan tiempo de reingresar al medio interno.

La secreción se realiza desde los capilares hacia los túbulos de la nefrona y es la entrada por transporte activo de sustancias de desecho desde el medio interno a los túbulos, para dar lugar a la orina final.

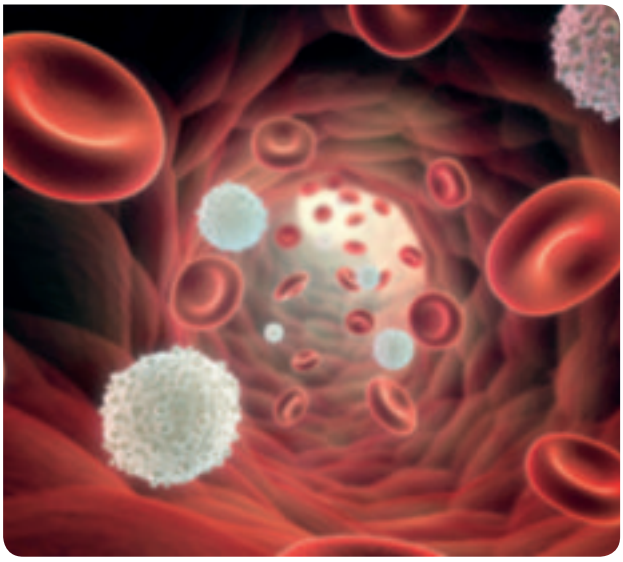
**10** 1. g; 2. h; 3. a; 4. d; 5. f; 6. e; 7. c; 8. b; 9. j; 10. i.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Los animales pluricelulares están formados por un gran número de células, muchas de las cuales son interiores y, por ello, están alejadas del medio externo del que tomar nutrientes y al que expulsar los desechos procedentes de su metabolismo.

Esta realidad hace necesaria la existencia de algún tipo de circulación de líquidos que distribuya nutrientes por todas las células y recoja los productos de desecho para su expulsión. Excepto en un escaso número de casos (poríferos, cnidarios y algunos parásitos), los animales pluricelulares cuentan con un aparato circulatorio que se encarga de ese trabajo, aparato que, además del cometido ya expuesto, cumple con otras funciones imprescindibles en la coordinación de todos los órganos y aparatos que forman parte del individuo.



**1** Además de las relacionadas con la nutrición, ¿qué otras funciones lleva a cabo el aparato circulatorio?

- ☐ **a.** Transporta oxígeno a las superficies respiratorias y mantiene la temperatura constante en los animales poiquilotermos.
- ☐ **b.** Mantiene la temperatura constante en los animales homeotermos y transporta anticuerpos.
- ☐ **c.** Transporta hormonas en algunos animales y anticuerpos en otros.
- ☐ **d.** Transporta hormonas desde las glándulas exocrinas y mantiene la temperatura constante en los animales poiquilotermos.

**2** Los líquidos circulatorios, que transportan todas las moléculas necesarias para el mantenimiento de la vida, tienen una composición diferente para los distintos tipos de animales, con necesidades distintas.

Señala qué frases son verdaderas y cuáles son falsas.

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| La hidrolinfa es característica de los equinodermos y carece tanto de pigmentos respiratorios como de células fagocitarias defensivas. | |
| La sangre es exclusiva de los vertebrados y posee hemoglobina como pigmento respiratorio. | |
| Tienen hemolinfa artrópodos y moluscos; contiene células con función defensiva y varios tipos de pigmentos respiratorios. | |
| La linfa recoge el exceso de líquidos intersticiales y los devuelve al torrente sanguíneo en los vertebrados. | |

**3** En los animales pluricelulares es imprescindible la presencia de un medio interno que llegue a todas las células, les proporcione información y nutrientes, y recoja información y metabolitos de desecho.

¿Qué líquidos forman parte del medio interno?

- ☐ **a.** Los líquidos intracelulares.
- ☐ **b.** Los líquidos extracelulares.
- ☐ **c.** Los líquidos circulantes.
- ☐ **d.** Todos los líquidos del cuerpo, tanto intracelulares como extracelulares.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** El esquema muestra el corazón de un determinado grupo de animales que, según se puede observar, está formado por dos aurículas y un ventrículo. Las flechas indican la dirección en la que circula la sangre.

¿A qué grupo de animales podría pertenecer este corazón?

- ☐ **a.** Truchas.
- ☐ **b.** Ranas.
- ☐ **c.** Cocodrilos.
- ☐ **d.** Pájaros.

**5** Algunos de los órganos y glándulas que forman parte del aparato digestivo de los vertebrados también cumplen funciones excretoras y ayudan en la eliminación de ciertas sustancias que, de acumularse en el organismo, resultarían tóxicas.

¿Cuál de los siguientes órganos, además de participar en la digestión, tiene funciones excretoras en los vertebrados?

- ☐ **a.** Páncreas.
- ☐ **b.** Colon.
- ☐ **c.** Estómago.
- ☐ **d.** Hígado.

**6** Todo aparato excretor debe evitar que sustancias todavía válidas sean expulsadas al exterior. Por ello, su trabajo no consiste simplemente en recibir la sustancia que se debe excretar y expulsarla al exterior, sino que debe seguir un determinado protocolo.

¿En qué procesos se puede resumir este protocolo en el caso de los vertebrados?

- ☐ **a.** Filtración y eliminación.
- ☐ **b.** Reabsorción y eliminación.
- ☐ **c.** Reabsorción, transporte y eliminación.
- ☐ **d.** Filtración, reabsorción y secreción.

**7** El aparato excretor ha variado mucho a lo largo de la historia evolutiva de los animales. Entre los primeros órganos excretores que aparecieron en los platelmintos hasta los riñones de los vertebrados, existe una gran variedad de estructuras excretoras.

¿Cuál de los siguientes grupos de palabras incluye algún término que no está relacionado con la excreción?

- ☐ **a.** Protonefridios, metanefridios, nefronas.
- ☐ **b.** Glándulas verdes, nefronas, tubos de Malpighi.
- ☐ **c.** Células flamígeras, asa de Henle, egestión.
- ☐ **d.** Nefrona, túbulo contorneado distal, glomérulo.

**8** Uno de los productos que deben ser excretados es la urea, pues, aunque no es muy tóxica, resulta perjudicial si se acumula en los organismos. Se forma en el catabolismo de moléculas nitrogenadas, como los aminoácidos. Para que los restos de estas moléculas resulten más solubles y, por lo tanto, más fáciles de eliminar, se combinan con $CO_2$ y forman la urea. Esta es expulsada con la orina y, en menor medida, con el sudor.

¿Cuáles son las moléculas que más contribuyen a la formación de los desechos nitrogenados?

- ☐ **a.** Los glúcidos.
- ☐ **b.** Las grasas.
- ☐ **c.** Las proteínas.
- ☐ **d.** Las sales minerales.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-5.** Conocer la importancia de pigmentos respiratorios en el transporte de oxígeno. | **B6-5.1.** Reconoce la existencia de pigmentos respiratorios en los animales. | 1 y 2 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-6.** Comprender los conceptos de circulación abierta y cerrada, circulación simple y doble, incompleta o completa. | **B6-6.1.** Relaciona circulación abierta y cerrada con los animales que la presentan, sus ventajas e inconvenientes. | 3 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-6.** Comprender los conceptos de circulación abierta y cerrada, circulación simple y doble, incompleta o completa. | **B6-6.1.** Asocia representaciones sencillas del aparato circulatorio con el tipo de circulación (simple, doble, incompleta o completa). | 4 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-11.** Enumerar los principales productos de excreción y señalar las diferencias apreciables en los distintos grupos de animales en relación con estos productos. | **B6-11.1.** Enumera los principales productos de excreción, clasificando los grupos de animales según los productos de excreción. | 8 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**<br>**Aprender a aprender** | **B6-12.** Describir los principales tipos de órganos y aparatos excretores en los distintos grupos de animales. | **B6-12.1.** Describe los principales aparatos excretores de los animales, reconociendo las principales estructuras de estos a partir de representaciones esquemáticas. | 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-13.** Estudiar la estructura de las nefronas y el proceso de formación de la orina. | **B6-13.1.** Localiza e identifica las distintas regiones de una nefrona. | 7 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-13.** Estudiar la estructura de las nefronas y el proceso de formación de la orina. | **B6-13.2.** Explica el proceso de formación de la orina. | 6 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-14.** Conocer mecanismos específicos o singulares de excreción en vertebrados. | **B6-14.1.** Identifica los mecanismos específicos o singulares de excreción de los vertebrados. | 5 |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**1** **b.** Mantiene la temperatura constante en los animales homeotermos y transporta anticuerpos.

**2**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| La hidrolinfa es característica de los equinodermos y carece tanto de pigmentos respiratorios como de células fagocitarias defensivas. | Falso |
| La sangre es exclusiva de los vertebrados y posee hemoglobina como pigmento respiratorio. | Falso |
| Tienen hemolinfa artrópodos y moluscos; contiene células con función defensiva y varios tipos de pigmentos respiratorios. | Verdadero |
| La linfa recoge el exceso de líquidos intersticiales y los devuelve al torrente sanguíneo en los vertebrados. | Verdadero |

**3** **b.** Los líquidos extracelulares.

**4** **b.** Ranas.

**5** **d.** Hígado.

**6** **d.** Filtración, reabsorción y secreción.

**7** **c.** Células flamígeras, asa de Henle, egestión.

**8** **c.** Las proteínas.

# Solucionario

Pág. 317

**PARA COMENZAR**

1 Ambos son órganos pulsátiles. Pero la faringe del *Caenorhabditis* impulsa alimento, mientras que los corazones son impulsores de fluido circulatorio.

2 El embrión del pez cebra, como los de todos los animales en sus primeras fases, se compone de unas pocas células, por lo que el intercambio de nutrientes con el medio se realiza directamente. La fase embrionaria, denominada gástrula, recuerda mucho a los cnidarios más sencillos.

3 El corazón impulsa los fluidos circulatorios. Cuanto más complejo y de mayor tamaño es el animal, mayor potencia y control se necesita y, por lo tanto, mayor complejidad presenta el corazón.

4 No, no todos los nutrientes son absorbidos. Estos se expulsan por difusión directa a través de las células de la superficie corporal.

5 Es así en poríferos y cnidarios, pero hay excepciones notables. Los platelmintos carecen de aparato circulatorio diferenciado y poseen aparato excretor.

6 R. L. El sistema excretor es muy semejante en todos los mamíferos. Consta de un aparato urinario formado por riñones metanefros, uréteres, vejiga urinaria y uretra.

Pág. 318

1 Es el medio que rodea a las células, es decir, el conjunto de líquidos extracelulares de un organismo del que toman lo que necesitan y al que vierten sus desechos. Los residuos metabólicos vertidos en él se retiran mediante el sistema circulatorio.

2 En las esponjas todo el cuerpo está recorrido por una corriente que penetra por los poros inhalantes, baña la cavidad central, o espongiocele, y sale por el ósculo. En los cnidarios el agua penetra por el orificio buco-anal, baña la cavidad gastrovascular y sale por él. De esta corriente pasan nutrientes y oxígeno al plasma intersticial, que los cede a las células. Estas devuelven al plasma intersticial $CO_2$ y residuos metabólicos, que pasan del plasma a la corriente.

Pág. 319

3 No transportan gases con función respiratoria la linfa ni la hidrolinfa.

4 **a)** La clorocruorina se encuentra en la sangre de los anélidos.

**b)** La hemoglobina se encuentra en la sangre de los anélidos y vertebrados, y en la hemolinfa de los bivalvos y de algunos gasterópodos pulmonados.

**c)** La hemeritrina se localiza en la sangre de los anélidos.

**d)** La hemocianina se presenta en la hemolinfa de los artrópodos, cefalópodos y en la mayoría de gasterópodos pulmonados.

**SABER HACER**

5 A: linfocitos; B: granulocitos; C: monocitos; D: plaquetas; E: glóbulos rojos.

Pág. 320

6 En los que presentan dos aurículas y un ventrículo o dos ventrículos parcialmente tabicados.

Pág. 321

7 En la circulación cerrada simple el circuito es único y la sangre pasa una sola vez por el corazón, al dar una vuelta completa al circuito a lo largo del cuerpo. En la circulación cerrada doble la sangre pasa dos veces por el corazón, recorriendo un circuito pulmonar y otro circuito sistémico.

8 En la circulación doble y completa, la sangre que vuelve al corazón desde el circuito pulmonar viene cargada de oxígeno y con bajo nivel de $CO_2$, mientras que la que regresa desde el sistémico viene empobrecida en oxígeno y con una concentración elevada de $CO_2$.

9 En los sistemas circulatorios abiertos el fluido circulatorio se denomina genéricamente hemolinfa. Baña todas las células y es el sustrato de los intercambios de nutrientes, desechos y gases.

Pág. 322

10

| Animales que presentan circulación abierta | Tipo de corazón que poseen | Líquido circulatorio |
|---|---|---|
| Moluscos no cefalópodos terrestres | Corazón con una aurícula y un ventrículo | Hemolinfa |
| Moluscos no cefalópodos acuáticos | Corazón con dos aurículas y un ventrículo | Hemolinfa |
| Artrópodos | Corazón tubular dorsal<br>Corazones accesorios | Hemolinfa |

11 Los corazones accesorios de artrópodos facilitan el paso de la hemolinfa a las patas y las alas.

12 En los artrópodos con respiración branquial la hemolinfa posee hemocianina, que al pasar por las branquias capta oxígeno. La hemolinfa de los artrópodos con respiración traqueal carece de pigmentos respiratorios; los gases son obtenidos por los tejidos directamente a través de las tráqueas.

Pág. 323

13 Ambos grupos poseen circulación cerrada y hemoglobina, aunque los anélidos poseen además clorocruorina y hemoeritrina. Otra analogía estriba en que ambos poseen

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

sistemas auxiliares propulsores. Se diferencian notablemente en la estructura del corazón, que es tubular en los anélidos y tricameral (dos aurículas y un ventrículo) en los cefalópodos. También son diferentes los órganos propulsores auxiliares, que son los arcos aórticos en los anélidos y corazones branquiales en los cefalópodos.

**14** Porque tras pasar por los órganos la sangre llega a las branquias con poca presión. Los corazones branquiales incrementan la presión de la sangre que, tras circular por las branquias, vuelve al corazón.

Pág. 324

**15** Los peces tienen circulación simple. Su corazón está dividido en dos cámaras: una aurícula, que recibe la sangre y, a continuación, un ventrículo que impulsa la sangre hacia las branquias. En estas, la sangre se oxigena y cede dióxido de carbono; después, recorre la arteria aorta dorsal hacia los órganos. El retorno al corazón se realiza por venas que dan a una cámara alargada, el seno venoso, anterior a la aurícula.

Los anfibios tienen circulación incompleta. Su corazón posee tres cavidades: dos aurículas y un ventrículo. La aurícula izquierda recibe sangre rica en oxígeno de los pulmones y la aurícula derecha recibe la sangre pobre en oxígeno de los demás órganos. Desde las aurículas, la sangre pasa al ventrículo, que, aunque no está tabicado, tiene una estructura interna especial que impide la mezcla completa de sangre en su interior.

**16** Por la vena pulmonar a la aurícula izquierda.

Pág. 326

**17** El sistema circulatorio linfático se encarga de drenar el plasma intersticial y llevar los productos de drenaje al circuito venoso; transportar las grasas absorbidas en la digestión intestinal; mantener la concentración de proteínas en el plasma intersticial; y formar células del sistema inmunitario.

Los órganos linfoides, en donde se producen los linfocitos, son: el bazo y el timo en los peces; la médula ósea roja, el bazo y el timo en anfibios y reptiles; la médula ósea roja, el bazo, el timo, la bolsa de Fabricio y los ganglios linfáticos en las aves que los tienen; la médula ósea roja, el bazo, el timo y los ganglios linfáticos en los mamíferos.

Pág. 327

**18** Los principales productos de excreción son el $CO_2$ y los productos nitrogenados: la urea, el ácido úrico y el amoniaco. La eliminación de estas sustancias es necesaria porque se trata de sustancias tóxicas. También el agua y las sales minerales se excretan para mantener las condiciones fisicoquímicas óptimas del medio interno.

Pág. 329

**19** Las glándulas excretoras son los órganos excretores de crustáceos y arañas. Se localizan en las antenas (glándulas verdes) o maxilares de los crustáceos, o en las coxas de las arañas. Las glándulas consisten en una cámara glandular, que recoge el filtrado; un tubo excretor, en el que se realiza la absorción de algunas sustancias; una vejiga muscular, que almacena las sustancias excretadas; y un poro excretor por el que se vierten al exterior.

**20** Presentan vejiga urinaria los crustáceos, los peces, los anfibios, las tortugas, los lagartos y los mamíferos. En peces, anfibios y reptiles actúa como un reservorio de agua. En crustáceos y mamíferos, como un depósito de orina.

Pág. 330

**21** Porque, debido al medio donde viven, toman gran cantidad de sal que, de no eliminarse mediante órganos excretores auxiliares, aumentaría la presión osmótica hasta valores incompatibles con la vida.

**22** Los mamíferos. Estas glándulas, que se localizan en la capa profunda de la piel en contacto con los capilares sanguíneos, elaboran una especie de orina diluida, el sudor, que excretan a través de un poro superficial. Además de la función excretora, el sudor contribuye a regular la temperatura corporal.

Pág. 331

**EN RESUMEN**

**23** El aparato circulatorio está formado por un líquido circulatorio, vasos de diferente calibre por los que circula el líquido que llegan a todas las partes del organismo y uno o varios corazones que lo impulsan.

El líquido circulatorio transporta nutrientes a todas las partes del cuerpo. Además, tiene *per se*, y por las células que contienen funciones respiratorias e inmunitarias.

Los vasos, de diferente calibre y constitución, conducen el fluido circulatorio. Se distinguen arterias, que conducen el fluido que sale del corazón; venas, que retornan el fluido circulatorio, y capilares, que distribuyen el fluido por todos los órganos e interconectan las arterias y las venas.

El corazón es el órgano que bombea el fluido circulatorio. Puede haber uno o varios según el grupo animal considerado.

**24**

| Grupo | Tipo de sistema circulatorio | Fluido circulatorio | Tipo de corazón |
|---|---|---|---|
| Moluscos no cefalópodos terrestres | Abierto | Hemolinfa con hemocianina o hemoglobina | Corazón bicameral (aurícula y ventrículo) |
| Moluscos no cefalópodos acuáticos | Abierto | Hemolinfa con hemoglobina | Corazón tricameral (dos aurículas y un ventrículo) |

**24** *Continuación.*

| Grupo | Tipo de sistema circulatorio | Fluido circulatorio | Tipo de corazón |
|---|---|---|---|
| Moluscos cefalópodos | Cerrado | Hemolinfa con hemocianina | Corazón tricameral (dos aurículas y un ventrículo) |
| Equinodermos | Abierto | Hidrolinfa | Ampolla ambulacral |
| Artrópodos con respiración branquial o pulmonar | Abierto | Hemolinfa con hemocianina | Corazón tubular, a veces corazones accesorios |
| Artrópodos con respiración traqueal | Abierto | Hemolinfa sin hemocianina | Corazón tubular, a veces corazones accesorios |
| Anélidos | Cerrado simple | Sangre con clorocruorina, hemeritrina y hemoglobina | Corazón tubular o vaso dorsal y arcos aórticos |
| Peces | Cerrado simple | Sangre con hemoglobina | Corazón bicameral (aurícula y ventrículo) |
| Anfibios | Cerrado doble incompleto | Sangre con hemoglobina | Corazón tricameral (dos aurículas y un ventrículo) |
| Reptiles | Cerrado doble incompleto, excepto los cocodrilianos, que es completo | Sangre con hemoglobina | Corazón tricameral (dos aurículas y un ventrículo). Los cocodrilianos, corazón tetracameral tabicado completo con dos aurículas y dos ventrículos |
| Aves | Cerrado doble completo | Sangre con hemoglobina | Corazón tetracameral tabicado completo. Dos aurículas y dos ventrículos |
| Mamíferos | Cerrado doble completo | Sangre con hemoglobina | Corazón tetracameral tabicado completo. Dos aurículas y dos ventrículos |

**25**

| Producto excretado | Grupo animal | Cómo se elimina |
|---|---|---|
| Urea | Mamíferos | Disuelta en la orina u otros líquidos |
| Urea | Anfibios | Disuelta en la orina u otros líquidos |
| Urea | Anélidos terrestres | Disuelta en la orina u otros líquidos |
| Urea | Algunos insectos | Disuelta en la orina u otros líquidos |
| Urea | Peces óseos | Disuelta en la orina u otros líquidos |
| Ácido úrico | Aves | Como una pasta semisólida |
| Ácido úrico | Reptiles | Como una pasta semisólida |
| Ácido úrico | Moluscos terrestres | Como una pasta semisólida |
| Ácido úrico | La mayoría de los insectos | Como una pasta semisólida |
| Ácido úrico | Muchos artrópodos terrestres | Como una pasta semisólida |
| Amoniaco | Larvas de anfibios | Directamente al medio |
| Amoniaco | Anélidos acuáticos | Directamente al medio |
| Amoniaco | Crustáceos | Directamente al medio |
| Amoniaco | Moluscos | Directamente al medio o transformándolo en otro producto |
| Amoniaco | La mayoría de los peces | Directamente al medio |

**26** R. G., R. L. El alumno debe representar la cápsula de Bowman (filtración), el glomérulo, las arteriolas aferente y eferente, los túbulos contorneados proximal y distal, y el asa de Henle.

Pág. 332

**PARA REPASAR**

**27** Los poríferos, cnidarios, nematodos y platelmintos no poseen aparato circulatorio diferenciado en el que, tanto la eliminación de sustancias como la incorporación de nutrientes y oxígeno, se realicen de forma directa entre las células y el plasma.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**28**

| Pigmento respiratorio | Grupo animal |
|---|---|
| Clorocruorina | Anélidos |
| Hemoglobina | Anélidos, vertebrados, bivalvos y algunos gasterópodos pulmonados |
| Hemeritrina | Anélidos |
| Hemocianina | Artrópodos, cefalópodos y en la mayoría de gasterópodos pulmonados |

**29** Los insectos poseen un sistema circulatorio abierto con un corazón tubular dorsal. Muchos tienen corazones auxiliares. Los anélidos presentan un sistema circulatorio cerrado con un corazón tubular dorsal y arcos aórticos pulsátiles. R. G.

**30** Ver la respuesta a la actividad 24.

**31** Presentan corazones accesorios los artrópodos, para conducir la sangre a las patas y alas. Los moluscos no cefalópodos terrestres tienen corazones branquiales. Los anélidos tienen órganos propulsores auxiliares, los arcos aórticos.

**32** En el ciclo cardiaco se produce la contracción muscular o sístole, que va a permitir la eyección de la sangre, y la relajación o diástole, que permite la entrada de la sangre a las cavidades cardiacas. Durante el ciclo se produce la sucesión de diferentes fases: la sístole o contracción auricular a la que sigue en la diástole auricular, sístole ventricular, diástole ventricular y, de nuevo, el inicio del ciclo con una nueva sístole auricular. La contracción auricular comienza gracias al impulso generado en el nódulo sinoauricular, localizado en la aurícula derecha, que se trasmite al nódulo auriculoventricular y se extiende por el fascículo de His hacia la punta del corazón. Desde ahí asciende por las paredes de los ventrículos por la red de Purkinje haciendo que estos se contraigan simultáneamente, de abajo hacia arriba.

**33** A: mamíferos, aves y cocodrilianos. B: reptiles. C: peces. D: anfibios.

**34** **a)** Doble y completa.

**b)** Mamíferos, aves y cocodrilianos.

**c)** R. G. Debe reflejarse en el dibujo que en el corazón izquierdo la sangre entra por las venas pulmonares y sale por la arteria aorta, y en el corazón derecho entra por las venas cavas y sale por la arteria pulmonar.

**d)** Sangre rica en oxígeno (vasos en color rojo): arteria aorta y sus derivaciones y venas pulmonares. Sangre pobre en oxígeno (vasos en color azul): arteria pulmonar y venas cavas y subclavias y sus ramas.

**35** El proceso de la nutrición se completa con la excreción, que corresponde a la eliminación de los productos procedentes del metabolismo celular. El aparato excretor mantiene la homeostasis eliminando sustancias tóxicas o indeseables generadas en el metabolismo.

**36** Ureotélicos: excretan urea; por ejemplo, el ser humano.

Uricotélicos: excretan ácido úrico; por ejemplo, las tortugas.

Amoniotélicos: excretan amoniaco; por ejemplo, las almejas.

**37** a, 4; b, 3; c, 5; d, 2; e, 1.

**38** Por difusión a través de los pies ambulacrales.

**39** Se asemejan en que ambos se encargan de la excreción. Se diferencian en que los protonefridios están constituidos por túbulos interconectados en los que penetran por difusión los productos de desecho de los líquidos intercelulares que, movilizados por las células flamígeras, se vierten al exterior por poros, mientras que los metanefridios, recogen el líquido de la cavidad celómica por medio de un embudo o nefrostoma (filtración), que se continua por un túbulo, muy vascularizado (reabsorción y la secreción), resultando una orina que se expulsa por un nefridioporo. En la lombriz de tierra hay dos metanefridios por anillo.

Los protonefridios son los órganos excretores de los platelmintos, mientras que los metanefridios lo son de anélidos y moluscos.

**40** Las cloacas se abren en los tramos finales de los aparatos digestivos y excretores. Las encontramos en peces cartilaginosos, reptiles, anfibios, aves y mamíferos monotremas.

**41** Son sustancias de desecho el ácido úrico y la urea. Se pueden utilizar el agua, las sales minerales, la glucosa, los aminoácidos y las vitaminas.

Pág. 333

**PARA PROFUNDIZAR**

**42** R. L. Los animales homotermos mantienen constante, dentro de límites muy estrechos, la temperatura corporal, independientemente de la temperatura del medio. Para ello se valen del sistema circulatorio, que recorre mediante una red capilar muy tupida todos los órganos del cuerpo. El calor de las reacciones metabólicas es cedido a los fluidos circulatorios, que lo ceden en las zonas más frías y lo recuperan en las más calientes. El mecanismo de vasoconstricción y vasodilatación ayuda a realizar eficazmente ese intercambio.

**43** Los nutrientes y las sustancias de excreción son distribuidos por el agua contenida en el plasma sanguíneo. El oxígeno es distribuido por el pigmento respiratorio hemoglobina contenido en los glóbulos rojos.

**44** Los capilares están compuestos por una capa de células, el endotelio, cubierta por una membrana basal. Las venas y arterias están constituidas desde fuera hacia la luz del vaso sanguíneo por una túnica adventicia de tejido conjuntivo, una túnica media de tejido muscular y una túnica interna formada por una lámina elástica y el endotelio. La capa media es considerablemente más gruesa en las arterias, y las venas poseen válvulas formadas por repliegues hacia la luz del conducto, de la túnica media y de la túnica interna.

**45** Porque en los sistemas cerrados, un mismo esfuerzo muscular vehicula mayor cantidad de sangre. En los sistemas

abiertos o lagunares, la sangre experimenta una caída de presión al salir de las arterias a las cavidades, lo que hace el esfuerzo de los propulsores mucho menos eficaz.

**46** R. G.

**a)** Los alumnos deben marcar como zonas de salida las dibujadas en color rojo, que corresponden al extremo arterial del capilar. En esta zona la diferencia de presiones empuja el líquido hacia el exterior del capilar. Las zonas de entrada corresponden a las dibujadas en color azul, el extremo venoso del capilar. En esta región la diferencia de presiones se invierte, lo que origina un movimiento de líquido hacia el interior del vaso.

**b)** La salida de plasma sanguíneo y la entrada de líquido intersticial depende de un gradiente de presiones. No obstante, la filtración y absorción a nivel capilar no constituyen el mecanismo principal en el intercambio de nutrientes y productos de desecho, ya que la principal fuerza de empuje para ambos es el gradiente de concentraciones. El intercambio de nutrientes y desechos se efectúa mediante difusión, difusión facilitada y transporte activo.

**c)** No. Pero los límites entre células endoteliales son elásticos y determinan espacios abiertos o poros. Por ellos pueden filtrarse grandes moléculas e incluso células (diapédesis).

**47** Los cefalópodos son animales que pueden alcanzar gran tamaño y que tienen un metabolismo muy activo. Un sistema cerrado es mucho más eficiente (ver actividad 45) que uno abierto, por lo que la evolución ha seleccionado este tipo de circuito en lugar del abierto.

**48** Ventrículo izquierdo → arteria aorta → arteriolas → capilares → vénulas → venas → vena cava → aurícula derecha → ventrículo derecho → arteria pulmonar → arteriolas pulmonares → capilares pulmonares → vénulas pulmonares → venas pulmonares → aurícula izquierda y de nuevo → ventrículo izquierdo.

**49** Si se produce un descenso del número de glóbulos rojos y no hay un mecanismo compensatorio, la capacidad de fijación de oxígeno por la sangre disminuye.
Del mismo modo, si se produce un descenso en la cantidad de hemoglobina transportada en los glóbulos rojos sin que exista un mecanismo compensatorio, la capacidad de fijación de oxígeno por la sangre también disminuye.

**50** R. L. El gasto cardiaco = n.° de latidos × volumen sistólico.

**51** Gasto cardiaco = frecuencia cardiaca × volumen sistólico, luego:

Frecuencia cardiaca = gasto cardiaco / volumen sistólico.
En nuestro ejemplo:

Frecuencia cardiaca (latidos/min) = 5000 mL / 70mL · $min^{-1}$ = = 71 latidos / $min^{-1}$.

**52** La adrenalina es una hormona que se segrega cuando el cerebro interpreta un estímulo como señal de peligro. Produce:

– Vasodilatación en los vasos que van a los músculos y vasoconstricción en los vasos periféricos.
– Aceleración del ritmo cardiaco, para que la sangre lleve alimento y oxígeno con más velocidad a los músculos.
– Vasodilatación bronquial para que entre más oxígeno a los pulmones y, desde ellos, al torrente circulatorio.
– Liberación de glucosa hepática, fuente de energía para el movimiento muscular.

**53** Los denominados animales amoniotélicos excretan amoniaco, muy tóxico, que es preciso verter rápidamente al medio acuático, donde se diluye, o transformarlo rápidamente en otro producto. Son todos animales acuáticos: larvas de anfibios y anélidos acuáticos, crustáceos, moluscos y otros invertebrados acuáticos, y la mayoría de los peces.

Los animales uricotélicos excretan ácido úrico, poco soluble, que tiende a precipitar. Para excretarlo disuelto se necesitaría mucha agua. Por ello, se excreta como una pasta semisólida que puede eliminarse sin emplear mucha agua en disolverlo. Pertenecen a este grupo animales que viven en medios secos y que, por ello o por otras causas, no pueden perder mucha agua: aves, reptiles, moluscos terrestres, la mayoría de los insectos y muchos artrópodos terrestres.

La urea es soluble y poco tóxica, por lo que no necesita eliminarse disuelta en gran cantidad de agua. La urea es el principal producto de excreción de los animales ureotélicos: mamíferos, anfibios, anélidos terrestres y algunos insectos y peces óseos, que la expulsan disuelta en un líquido acuoso.

**54** En estado larvario los anfibios son amoniotélicos. En estado adulto son ureotélicos.

**55** **a)**

| Sustancia | Porcentaje reabsorbido |
|---|---|
| Agua | 99 % |
| Glucosa | 100 % |
| Proteínas | — |
| Lípidos | — |
| Urea | 50 % |
| Sodio | 0,49 % |
| Potasio | 7,6 % |
| Cloro | 14,5 % |

**b)** La filtración glomerular supone el paso de dos barreras: la pared de los capilares del glomérulo y el epitelio interno de la cápsula. Esta barrera no puede ser atravesada por moléculas cuyo peso molecular exceda 65 000, que es el caso de las proteínas plasmáticas. Las proteínas con peso molecular inferior a 65 000 pueden ser filtradas, pero se reabsorben en el túbulo contorneado proximal. Tampoco se encuentran lípidos en el filtrado glomerular: el colesterol circula en el plasma unido a proteínas. Los ácidos grasos y la glicerina tampoco atraviesan la barrera glomerular.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**56** Es frecuente referirse a la diabetes como «el hambre en medio de la abundancia». En las personas diabéticas la glucosa no puede atravesar la membrana plasmática de las células y se acumula en la sangre. Los glomérulos de un adulto sano filtran aproximadamente 180 g de glucosa cada día. En circunstancias normales, casi toda esta glucosa se reabsorbe y menos del 1 % se excreta en la orina. Al aumentar la concentración en sangre aumenta también su tasa de filtrado. Los pacientes no excretan glucosa en la orina hasta que su concentración de glucosa en la sangre es superior a 180 mg/dl, lo que no ocurre normalmente en las personas sin diabetes.

**57** **a)** En los animales marinos existen mecanismos concretos para eliminar el exceso de sales, ya que los riñones no pueden fabricar una orina tan concentrada como en los mamíferos. Esta función la realizan las glándulas salinas o de la sal. En estas glándulas se filtra la sangre con exceso de sal y se eliminan sales al exterior en gotas muy concentradas.

**b)** Los peces marinos viven en un medio en el que la concentración de sales es muy elevada. Esta alta concentración determina la salida por ósmosis de agua del cuerpo. Para compensar la pérdida, los peces óseos ingresan agua por las branquias y eliminan después la sal mediante células especializadas que presentan en estas estructuras y a través de los riñones. Su orina es muy concentrada y poco abundante.

Los peces cartilaginosos retienen cloruro y urea en la sangre, de manera que esta y los líquidos de los tejidos son ligeramente hipertónicos con respecto al agua del mar. Absorben una pequeña cantidad de agua a través de las branquias y de la bucofaringe. La producción de orina es pequeña. Algunos poseen glándulas de la sal, localizadas a nivel del recto, para eliminar la sal del agua marina que adquieren con el alimento.

**58** El sudor es una orina diluida.

**59** Para reducir los niveles de calcio algunos anélidos disponen de glándulas calcíferas Estas glándulas eliminan la gran cantidad de calcio, absorbido del suelo con el alimento, al segregar iones de calcio al intestino para ser eliminados de la sangre por el tubo digestivo.

Pág. 335

### CIENCIA EN TU VIDA

**60** La onda P representa la propagación del impulso eléctrico (despolarización) a través de las aurículas, inmediatamente antes de su contracción.

El complejo QRS, que incluye las ondas Q, R y S, se corresponde con la propagación del impulso (despolarización) a través de los ventrículos, justo antes de su contracción. En este complejo se encuentra incluida la relajación (diástole) de las aurículas.

La onda T representa las corrientes debidas a la recuperación (repolarización) de los ventrículos.

La onda U, que a veces puede verse justo detrás de la onda T, se cree que es producida por la repolarización ventricular de las células de Purkinje.

**61** R.L. Los desfibriladores son aparatos para producir la desfibrilación cardiaca mediante la liberación de una cantidad controlada de energía eléctrica a través de electrodos, que se aplican sobre el tórax o que se implantan directamente en el endocardio. Esta descarga eléctrica produce una despolarización, que permite interrumpir la fibrilación y recuperar un ritmo cardiaco normal.

**62** Como todo profesional, los médicos cardiólogos deben fomentar la investigación, ya que a través del estudio de las distintas patologías y de los resultados obtenidos con la aplicación de los diferentes tratamientos será posible obtener datos que permitan mejorar la atención a los pacientes.

# UNIDAD 18. RELACIÓN DE ANIMALES: RECEPTORES Y EFECTORES


**Introducción y recursos** . . . . . **733**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 734
- Previsión de dificultades . . . . . 735
- Esquema conceptual . . . . . 735
- Te recomendamos . . . . . 736

**Enseñanza individualizada** . . . . . **737**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 738
    - Ficha 1. Análisis del mecanismo de acción de las feromonas . . . . . 738
    - Ficha 2. Estudio de la función de relación utilizando un texto periodístico . 739
  - Trabaja con imágenes . . . . . 740
    - Ficha 3. Globo ocular . . . . . 740
    - Ficha 4. Órgano auditivo . . . . . 741
  - Trabajos de aula . . . . . 742
    - Ficha 5. Las formaciones tegumentarias en animales invertebrados . . . 742
    - Ficha 6. La contracción muscular. . . . . 744
    - Ficha 7. Las articulaciones óseas. . . . . 745
    - Ficha 8. Cálculo de la estatura de tu cuerpo a partir de la longitud de los huesos de las extremidades . . . . . 746
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 747
    - Ficha 9. ¡Tus ojos te delatan! . . . . . 747
    - Ficha 10. Escuchar colores, ver sonidos, probar olores, oler palabras… . . 748


 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **749**

- Autoevaluación . . . . . 751
- Evaluación de contenidos . . . . . 752
  - Controles . . . . . 752
    - Control B . . . . . 752
    - Control A . . . . . 754
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 756
- Evaluación por competencias . . . . . 760
  - Prueba . . . . . 760
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 762

**Solucionario** . . . . . **763**

# Introducción y recursos

# RELACIÓN DE ANIMALES: RECEPTORES Y EFECTORES

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

Los animales además de percibir estímulos son capaces de reaccionar ante ellos. Esta capacidad de reacción constituye la base de la función de relación que desarrollamos en esta unidad.

Comenzamos con una visión general de las tres etapas de esta función: recepción de la información a cargo de los receptores y órganos de los sentidos, percepción o procesamiento de la información y elaboración de la respuesta que llevan a cargo los centros nerviosos y, por último, ejecución de la respuesta que realizan los órganos efectores, músculos y glándulas.

A continuación, damos un repaso a los diferentes tipos de receptores de los animales, empezando por los más sencillos de los invertebrados hasta llegar a los órganos de los sentidos más complejos de los vertebrados. Analizamos también los receptores y órganos de los sentidos específicos de algunos grupos, como la línea lateral de los peces, la ecolocalización, la capacidad de percibir el campo magnético terrestre, etc.

Seguidamente se hace una descripción de los efectores que ejecutan las respuestas. Las respuestas motoras, ligadas generalmente al comportamiento, implican un movimiento y dependen del aparato locomotor con sus dos componentes, uno dinámico, que es el sistema muscular, y otro estático, que es el sistema esquelético. Desarrollamos la locomoción en los diferentes grupos de invertebrados y vertebrados, resaltando las distintas estrategias que han desarrollado los animales para adaptarse a las características del medio en que se mueven.

Los animales también pueden responder a los estímulos mediante la secreción de tres tipos de sustancias: hormonas, neurohormonas y feromonas. Analizamos el tipo de sustancias que segregan los diferentes grupos de animales destacando su función, que puede estar relacionada con el comportamiento o ligada a la homeostasis.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Tipos de receptores y efectores.<br>• Receptores de invertebrados.<br>• Receptores de vertebrados.<br>• Respuesta motora.<br>• Respuesta secretora frente a estímulos. |
| SABER HACER | • Relacionar el movimiento articular con los tipos de palancas. |
| SABER SER | • Reconocer que en muchos cultivos y plagas la lucha biológica mediante feromonas es una alternativa al control químico mediante productos fitosanitarios.<br>• Valorar la necesidad de utilizar las trampas de feromonas para obtener información sobre la dinámica de las poblaciones de las plagas y contribuir así al control de las mismas. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

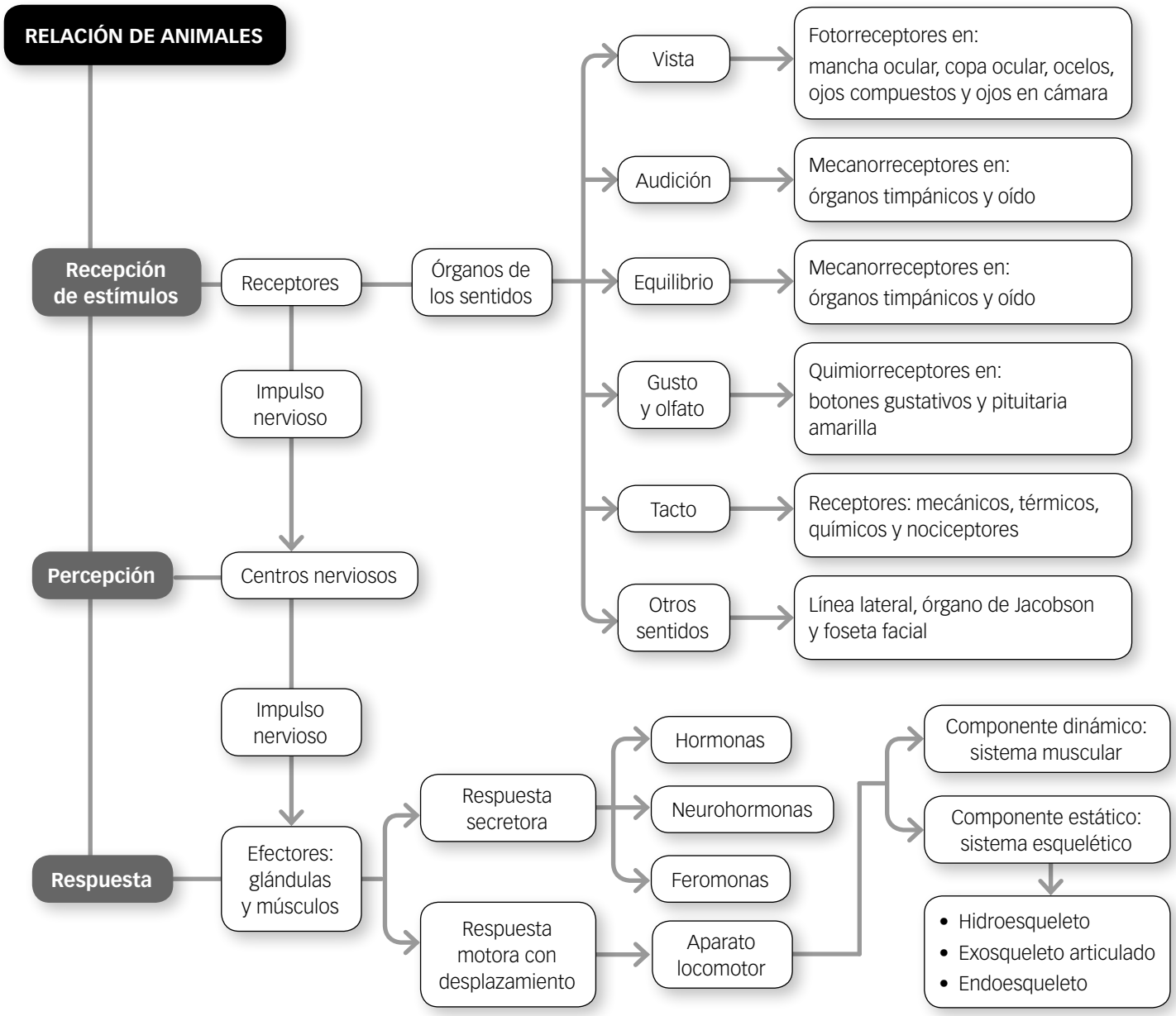
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Dado que el sistema nervioso desempeña un papel central en la función de relación, pero su estudio se llevará a cabo a lo largo de la unidad siguiente, es necesario que el alumnado comprenda desde el principio el esquema general de esta función y lo sepa aplicar a la vida concreta de los organismos.

La información del medio interno y del medio externo del organismo se transmite por medio de impulsos nerviosos desde los receptores a los centros nerviosos que procesan la información. Dichos centros elaboran la respuesta y transmiten las instrucciones, también por medio de impulsos nerviosos, a los órganos efectores, músculos y glándulas que ejecutan las respuestas. Conviene dejar claro que las respuestas a los estímulos, ya sean motoras o secretoras, regulan la fisiología del organismo y su relación con el medio ambiente.

Conviene estudiar la diversidad de órganos receptores y de efectores empezando por las formas más sencillas de los invertebrados hasta las más complejas de los vertebrados. Es importante abordar al mismo tiempo la anatomía y la fisiología de los diferentes órganos de los sentidos, pues la diversidad de estructuras y recursos responde a diferentes estrategias para adaptarse al modo de vida y solucionar los problemas de supervivencia del organismo.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**EOL. Encyclopedia of Life**
Enciclopedia virtual promovida por E. O. Wilson, uno de los científicos de mayor prestigio en todo el mundo y apoyada entre otras por la Fundación Smithsonian, el Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard y el Laboratorio de Biología Marina de Woods Hole. Contiene información sobre todos los grupos biológicos del planeta.
Palabras clave: *EOL encyclopedia life.*

**MedlinePlus**
Portal de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos (en español). Información, enlace, vídeos y multimedia, etc. En el apartado «Temas de salud» se pueden consultar las dolencias, los síntomas, la explicación de las enfermedades y los posibles tratamientos tanto del aparato locomotor (huesos, articulaciones y músculos) como de los órganos de los sentidos (ojos y visión, oídos, nariz y garganta, piel, etc.).
Palabras clave: *Medlineplus spanish.*

**Anatomía funcional**
Página de la Universidad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de Granada. Con información, esquemas y dibujos sobre huesos, músculos, articulaciones, etc.
Palabras clave: *anatomía funcional.*

**SINC. La ciencia es noticia**
Página web con todo tipo de noticias sobre ciencia, tecnología, biomedicina, salud, etc. Tiene un apartado dedicado a las ciencias naturales.
Palabras clave: *SINC ciencia noticia.*

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

**3D Bones and Organs.** Aplicación sobre anatomía humana (Education Mobile).

**Atlas de anatomía humana.** Aplicación en la que se pueden consultar los huesos, músculos, arterias, venas, etc. (Sobbota).

**Esqueleto humano en 3D y Sistema muscular en 3D.** Dos aplicaciones con imágenes en 3D e información sobre cada uno de los huesos y músculos del cuerpo humano (Unity).

## LIBROS Y REVISTAS

***Principios integrales de zoología***
**C. P. Hickman; L. S. Roberts y otros.** Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2013.
Nueva revisión de un libro ya clásico de zoología en el que hay que destacar la claridad de exposición de los conceptos.

***Vida. La Ciencia de la Biología***
**W. K. Purves; D. Sadava; G. H. Orians y H. C. Heller.** Editorial Médica Panamericana, 2006.
Es un libro de biología que recoge todo lo esencial y al mismo tiempo los últimos conocimientos, incluido lo referente al genoma humano, expuestos con una gran claridad. Trata de despertar el interés del alumno por esta ciencia y por la investigación.

***Biología***
**Curtis; Barnes; Schnek; Massarini**. Editorial Médica Panamericana, 2008.
Libro que continúa la ya larga tradición de Curtis, muy bien presentado, con recursos para el profesor y el alumno y esquemas de una claridad excepcional con textos que iluminan las ilustraciones. Muchas figuras son mixtas, fotografía e ilustración, lo que contribuye a aclarar, por ejemplo, la estructura celular. El texto lleva intercaladas con precisión las llamadas que referencian las figuras.

***Anatomía Funcional***
**Christy Cael.** Editorial Médica Panamericana, 2013.
Libro con ilustraciones en color que ayuda a comprender cómo funcionan las estructuras anatómicas para producir el movimiento.

***El planeta viviente***
**David Attenborough.** Salvat Editors, 1986.
El autor es un conocido divulgador científico, al que le fue concedido el Premio Principe de Asturias en 2009.
En este libro, basado en una serie televisiva de la BBC, proporciona información sobre las sorprendentes adaptaciones que presentan los seres vivos para sacar el máximo partido del medio en el que viven. Se podría destacar, entre otros, el capítulo «Comunidad de los cielos», dedicado a los animales que vuelan.

***«Los cinco sentidos»***
Temas *Investigación y Ciencia*, n.º 39. Editorial Prensa Científica.
Monográfico de la revista *Investigación y Ciencia* que revisa diferentes aspectos de los sentidos del ser humano, analizando su funcionamiento y curiosidades.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Análisis del mecanismo de acción de las feromonas

Observa la siguiente tabla sobre la influencia de la feromona de castas en el desarrollo de larvas en un hormiguero y contesta a las cuestiones que se plantean sobre ello.

| Larva en contacto con feromona | | |
|---|---|---|
| Tres días | Cinco días | Más de doce días |
| | | |

a) ¿Cómo influye la hormona de la casta en la organización social de las hormigas en un hormiguero?

b) Define feromona y explica dónde se forman, cómo se transportan y qué estructuras las detectan en el cuerpo del animal.

c) ¿Existe relación entre la formación de hormigas macho y el nivel de exposición a la feromona de castas?

Recuerda que las feromonas forman parte de la función de relación de los seres vivos.

**a)** La prevalencia de la feromona durante el desarrollo de la larva determinará un proceso de diferenciación. Según el tiempo de exposición a dicha feromona en el desarrollo de la larva, se originarán individuos de una casta u otra en el sistema jerárquico de la organización social de estos insectos. Así pues, larvas que hayan estado en contacto con la feromona durante tres días originarán individuos que pertenecen a la casta de hormigas obreras; si el tiempo de contacto con la larva es de cinco días se originarán individuos de la casta de los soldados, y si son doce o más días originarán princesas, que serán futuras reinas.

**b)** Aquí se te pide que demuestres tus conocimientos sobre las feromonas. Recuerda que son sustancias de naturaleza química elaboradas por animales vertebrados e invertebrados que, una vez liberadas al exterior, actúan sobre individuos de la misma especie. Suelen tener consecuencias relacionadas con cambios en el comportamiento, aunque también en procesos de desarrollo y diferenciación individual, como es este supuesto. Son secretadas al exterior por glándulas y, por tanto, se trata de glándulas que, atendiendo al lugar donde vierten su producto, se clasifican como exocrinas. Las feromonas actúan en pequeñas cantidades, rasgo que comparten con las hormonas, pero no viajan por sangre, sino a través del aire. Las estructuras en el individuo diana, que detectan la presencia de feromonas, son los quimiorreceptores.

**c)** No, no existe ninguna relación. Contestar correctamente esta pregunta obliga a que relaciones tus conocimientos sobre la reproducción. Todos los individuos que proceden del desarrollo embrionario a partir de huevos producidos por fecundación de los gametos femeninos y masculinos, con independencia de la prevalencia de la feromona y de la casta, son individuos del sexo femenino. Es decir, las hormigas obreras, soldado y futuras reinas son individuos sexuados femeninos que proceden de la fecundación de células sexuales masculinas y femeninas. Sin embargo, los machos en las hormigas son individuos que proceden de un tipo de reproducción particular, la partenogénesis, que, si bien se considera sexual, no hay fecundación, ya que el óvulo comienza solo el desarrollo embrionario sin que medie la fecundación.

## PRACTICA

**1** Cuando las hormigas encuentran comida dejan un rastro que permite que otras puedan localizar dicha fuente de alimentos. ¿Crees que puede tratarse de una feromona marcadora de pistas? Explica cómo sería el mecanismo de acción en este contexto.

**2** Las mariposas macho son capaces de detectar la presencia de mariposas hembras a mucha distancia, algunas incluso a 20 km. ¿Qué tipo de sustancias crees que intervienen en estos reconocimientos? Realiza un modelo sencillo que explique este mecanismo.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Estudio de la función de relación utilizando un texto periodístico

Lee atentamente el texto y contesta a las preguntas que se formulan a continuación:

**Investigan a una mariposa que daña los bosques**

Un equipo de científicos españoles ha descubierto el mecanismo por el cual se producen sus feromonas sexuales.

Según explicó a Efe la investigadora del Instituto de Biología Molecular y Celular de Barcelona (CSIC), Gemma Fabris, que ha dirigido la investigación, el hallazgo proporciona una «posible diana» para elaborar insecticidas específicos con los que combatir las plagas de procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*).

El estudio revela que solo una enzima multifuncional, codificada por un único gen, está implicada en la producción de las feromonas sexuales de esta especie de mariposa nocturna. El equipo de científicos descubrió que, a causa de la acción de esa enzima, la feromona sexual de la procesionaria del pino presenta una estructura «poco común» y en forma de «Z».

En las mariposas, las feromonas sexuales son compuestos químicos de estructura muy sencilla que se producen a partir de ácidos grasos, en un órgano especializado de las hembras denominado glándula feromonal. En los procesos de producción de las feromonas sexuales participa un tipo de enzimas denominado desaturasas, que cataliza la formación de dobles y triples enlaces en las cadenas de ácidos grasos precursores. Estos enlaces, señaló Fabris, varían en número, posición y geometría entre las diferentes especies, lo que contribuye a la especificidad del fenómeno de atracción.

Los investigadores descubrieron mediante la clonación y expresión funcional en levadura de las desaturasas de este insecto que solo una enzima multifuncional participa en la producción de las feromonas, algo que ocurre por primera vez en el reino animal.

*ADN Mundo*, 02-10-2007

a) Identifica el receptor, el estímulo y el efector que participan en el comportamiento sexual de la mariposa de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*).

b) ¿Cuáles son los dos nuevos aspectos que aporta este hallazgo científico?

**a)** Recuerda que la función de relación permite a los organismos percibir estímulos del medio y responder a ellos con respuestas. La mariposa de la procesionaria del pino tiene una pauta de comportamiento sexual determinada por la feromona sexual. La información que deberías obtener del texto para contestar es:

a) En la procesionaria del pino el estímulo es la feromona sexual, que se produce a partir de ácidos grasos sobre los que participan las enzimas desaturasas formando enlaces dobles y triples específicos. Esta feromona es segregada por una glándula exocrina llamada glándula feromonal, que existe en el abdomen de las mariposas hembras.

b) Los receptores (quimiorreceptores y exterorreceptores) de este estímulo (feromona) se encuentran en las antenas plumosas de la mariposa macho.

c) El reconocimiento de la feromona en la célula receptora genera un impulso nervioso que llegará a centros nerviosos implicados, donde dicha señal será procesada y enviará la información a los efectores.

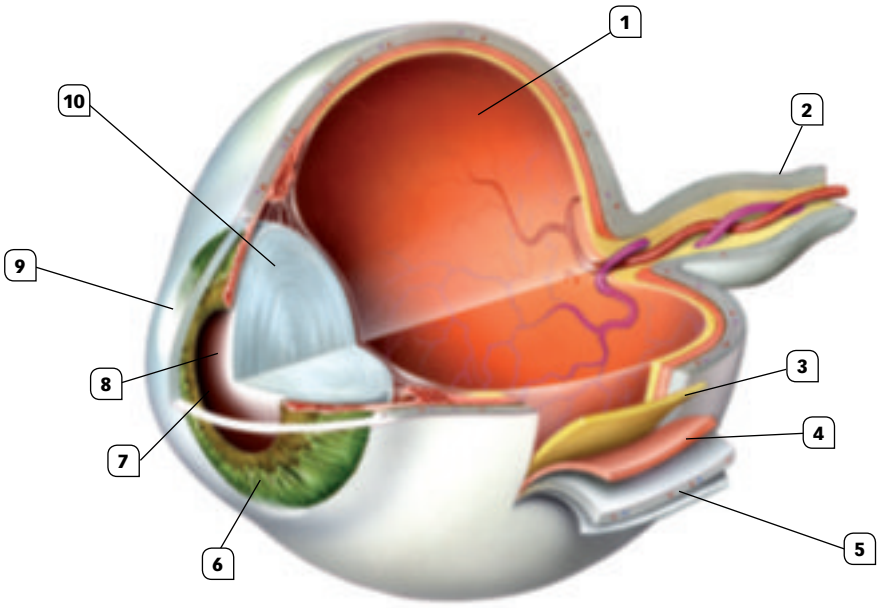
d) Será una respuesta motora, que se traducirá en un movimiento. Por tanto, el órgano efector será el músculo que permitirá el batir de las alas. La detección de feromona en distintos intervalos de tiempo permitirá conocer la dirección y sentido que debe llevar para el encuentro con la hembra y realizar la cópula.

**b)** El descubrimiento de que solo es necesaria una enzima multifuncional para la síntesis de feromonas y, por otro lado, la posibilidad de diseñar sustancias que bloqueen la síntesis de feromonas para así evitar la reproducción y controlar las plagas de procesionaria.

## PRACTICA

**1** Elabora un texto que refleje un ejemplo concreto de la función de relación en vertebrados. Debes utilizar los siguientes términos: nervio óptico, adrenalina, estímulo visual, células diana, sangre, glándula de secreción interna, centros nerviosos, musculatura estriada cardiaca y cápsula suprarrenal.

# Globo ocular




## ACTIVIDADES

**1** Escribe los nombres correspondientes a las estructuras señaladas.

**2** Indica cómo se denomina este tipo de ojo y qué grupos de animales lo presentan. ¿Qué otros tipos de órganos visuales conoces?

**3** ¿En qué parte del globo ocular están los fotorreceptores? Indica los tipos de fotorreceptores que tienen los vertebrados y las diferencias entre ellos.

**4** Señala el recorrido de la luz por el interior del globo ocular hasta llegar a los receptores.

**5** ¿Qué ocurre cuando la luz llega a los receptores?

**6** ¿Cuál es la función de la pupila? ¿Y la del cristalino?

**7** Algunos animales tienen los ojos en la parte anterior de la cabeza, como el ser humano, y otros los tienen en posición lateral. Representa el campo visual de cada uno de ellos y responde:

a) ¿Cuál de ellos tiene mayor campo visual?

b) ¿En cuál de ellos es mayor el campo de visión de los dos ojos a la vez?

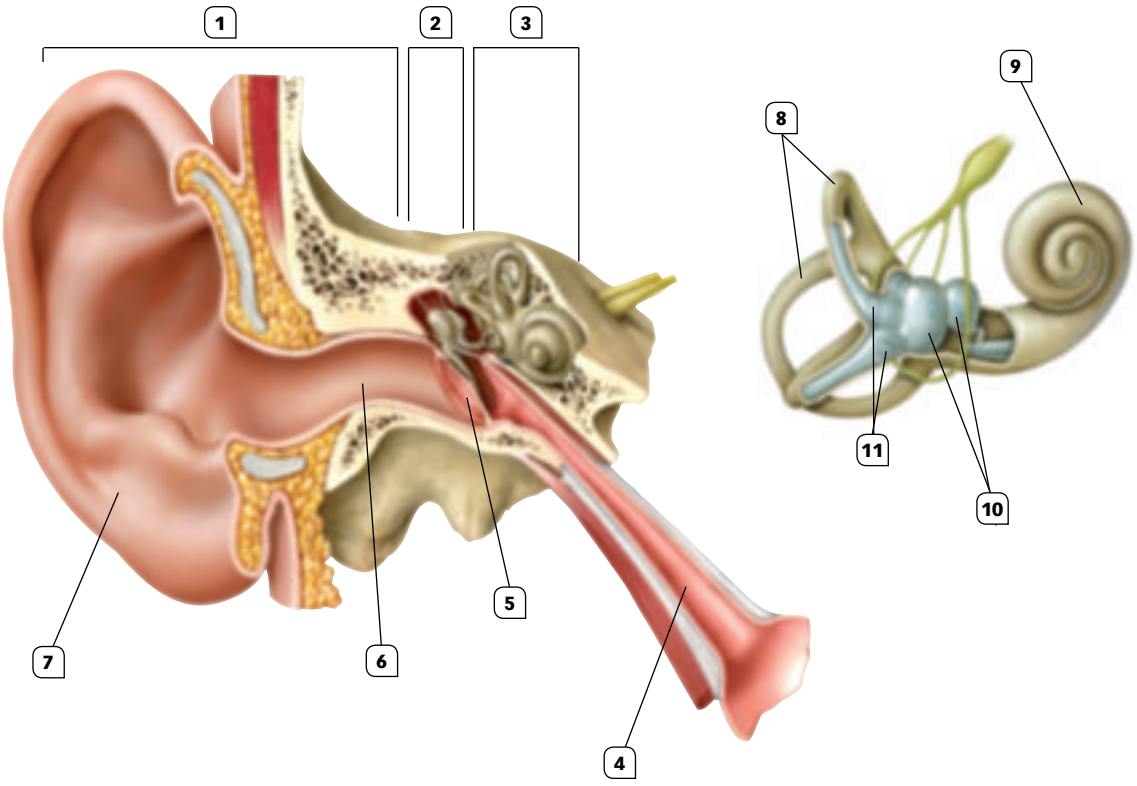
c) ¿Qué ventajas tiene la visión binocular?

d) ¿Qué tipo de visión le conviene más a un depredador? ¿Y a su presa?

**8** De la siguiente lista de animales señala los que tienen los ojos en posición lateral y los que los tienen en la parte anterior de la cabeza: tigre, merluza, paloma, búho, caballo y lémur.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Órgano auditivo




## ACTIVIDADES

1. Escribe los nombres correspondientes a las estructuras señaladas.
2. Indica qué grupo de animales poseen un oído similar al representado.
3. ¿Qué otros órganos auditivos conoces?
4. ¿Qué tipo de receptores hay en el oído y dónde se localizan?
5. Además de la audición, ¿qué otro sentido reside en el oído? Explica cómo funciona ese sentido en los invertebrados.
6. ¿Qué función desempeña el pabellón auricular u oreja?
7. ¿Qué ocurre cuando las ondas sonoras llegan al oído? ¿Y cuando la señal llega a los receptores?
8. Describe el oído interno y explica su funcionamiento.

# Las formaciones tegumentarias en animales invertebrados

El tegumento es la envoltura externa del cuerpo de los animales y se compone de la piel (epidermis y dermis), así como de otras estructuras que se forman a partir de ella y que pueden quedar en el exterior o en el interior del animal para darle protección; estas estructuras son las **formaciones tegumentarias**.

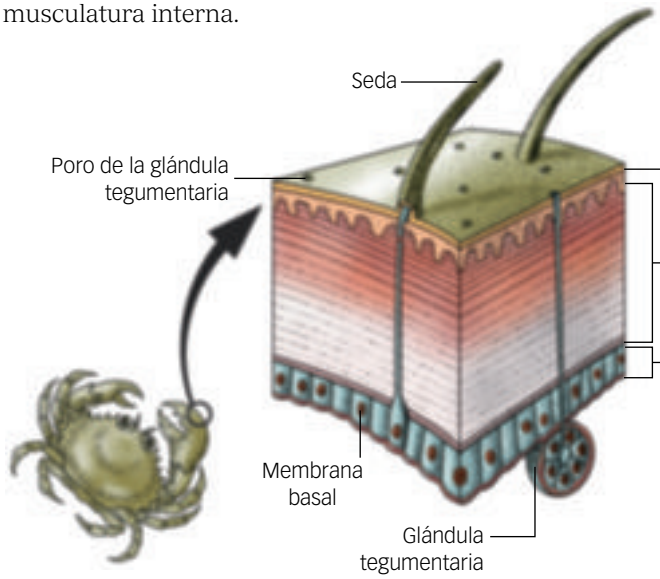
En algunos invertebrados, como, por ejemplo, los **anélidos** o gusanos cilíndricos segmentados, hay una cubierta orgánica muy fina segregada por la epidermis, denominada **cutícula**; se compone de fibras proteicas y a veces de polisacáridos, que forman una cubierta elástica y transparente. En los **moluscos**, la **concha** es también un producto de secreción de las células del tejido epitelial de la zona denominada **manto**; la concha se compone no solo de cristales de carbonato cálcico, sino también de materia orgánica de naturaleza proteica, denominada **conquiolina**.

**Anélidos poliquetos.**

**Molusco cefalópodo del género *Nautilus*.**

Sin embargo, donde las formaciones tegumentarias están más desarrolladas en los invertebrados es en el gran grupo de los **artrópodos**. En ellos, la epidermis segrega una **cutícula** muy compleja que posee varias capas y se compone de proteínas, lípidos y principalmente de **quitina**, un polisacárido complejo. Esta cutícula puede ser blanda y flexible, como en las arañas, o bien estar más o menos endurecida, como en los insectos y en los crustáceos; en este último caso, su dureza se incrementa al estar impregnada de carbonato de calcio. La cutícula actúa como exoesqueleto protector y como soporte articulado que posibilita los movimientos del animal, al ser movido por la musculatura interna.

**Artrópodo (crustáceo).**




Se compone de proteínas y lípidos y es una capa impermeble.

Se compone de proteínas y de quitina formando varias capas.

En los **equinodermos** (erizos de mar, estrellas de mar y holoturias), la dermis forma unas estructuras tegumentarias de naturaleza calcárea en forma de **placas**, **discos** o **espículas** microscópicas, que actúan como un **endoesqueleto**, puesto que están recubiertas por la epidermis.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

## ACTIVIDADES

**1** El tegumento en los animales tiene una función protectora. Explica de qué protege.

**2** ¿Qué otras funciones desempeña el tegumento de los animales?

**3** Indica los tipos de receptores que pueden tener en la piel los invertebrados.

**4** La quitina es el segundo polímero natural más abundante después de la celulosa.

a) ¿Qué tipo de polímero es?

b) ¿Qué grupo de invertebrados tienen quitina y qué estructura forma?

c) Indica las características de dicha estructura así como su importancia.

d) ¿Por qué en los crustáceos es más visible esta estructura?

**5** La cutícula de los anélidos también es de naturaleza orgánica. ¿De qué sustancias está formada?

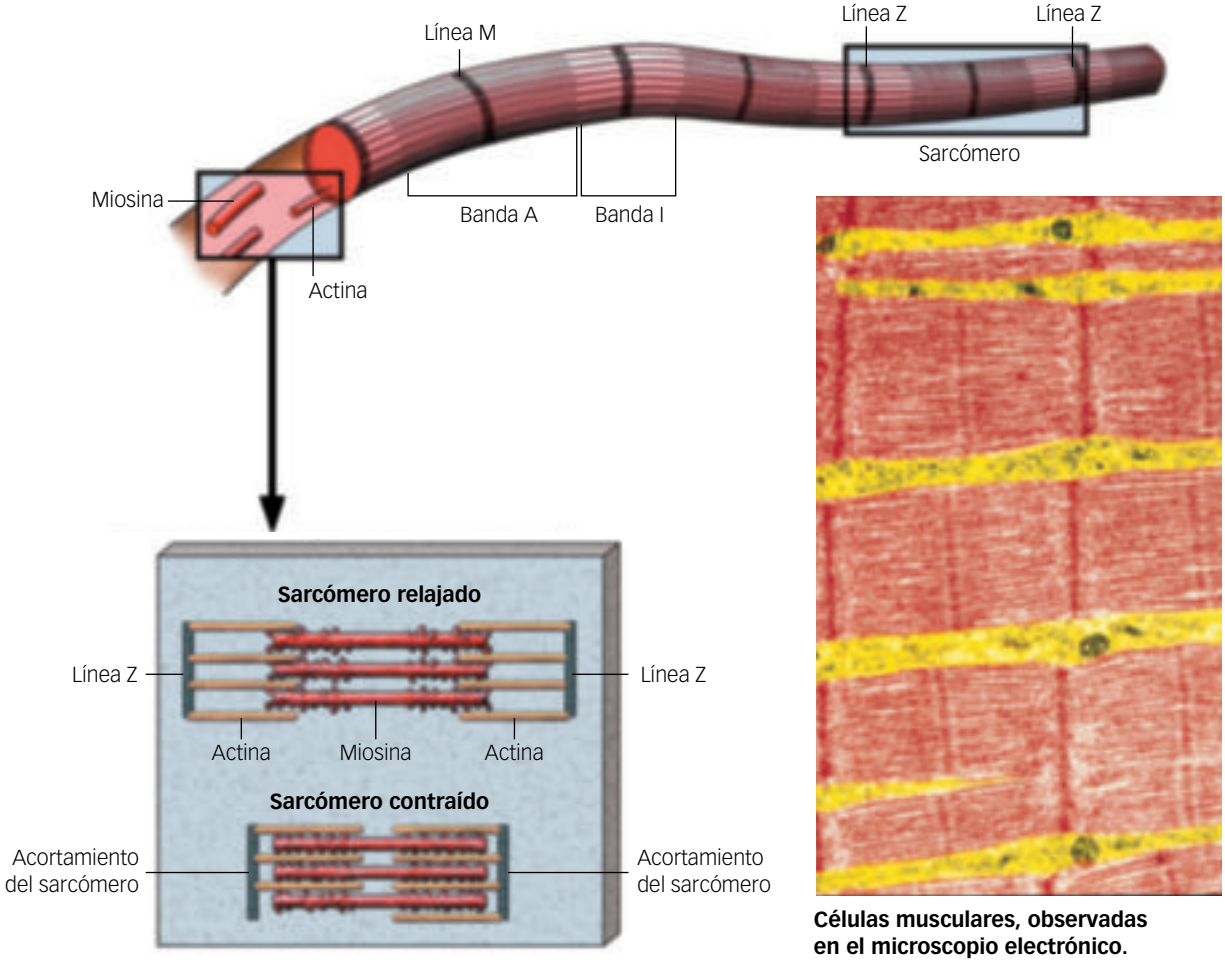
**6** Indica qué tienen en común y en qué se diferencian la concha de los moluscos y las estructuras tegumentarias de los erizos.

# La contracción muscular

Cuando una fibra muscular es estimulada por la llegada de impulsos nerviosos, se liberan numerosos iones de calcio del retículo sarcoplasmático, que actúan a nivel de los miofilamentos de miosina produciendo conexiones y desconexiones sucesivas con los miofilamentos de actina, de modo que estos se van deslizando sobre los de miosina, acortando de esta manera el sarcómero, la miofibrilla y, por tanto, también el músculo.

El proceso de contracción muscular requiere suministro energético para que pueda realizarse. La energía procede del **adenosín trifosfato** (**ATP**), que al hidrolizarse por acción de una enzima proporciona una molécula de ADP (adenosín difosfato) y energía (ATP + $H_2O$ → → ADP + Pi + energía). Sin embargo, los músculos estriados de los vertebrados carecen de suficiente ATP para poder llevar a cabo una contracción muscular prolongada, debido a lo cual disponen de reservas de una molécula energética, el **fosfato de creatina**, que puede originar ATP mediante la reacción:

fosfato de creatina + ADP → ATP + creatina




**Células musculares, observadas en el microscopio electrónico.**

## ACTIVIDADES

**1** En este tipo de músculo, estriado, los miofilamentos de actina y miosina se agrupan en unidades morfológicas y fisiológicas llamadas sarcómeros. Observa la figura y describe el sarcómero. ¿Qué diferencia hay entre el sarcómero relajado y el sarcómero contraído?

**2** ¿Qué se requiere para que la fibra muscular se contraiga? ¿Qué ocurre a continuación en su retículo sarcoplasmático (RE)? ¿Qué sucede luego en el sarcómero? ¿Qué más se necesita?

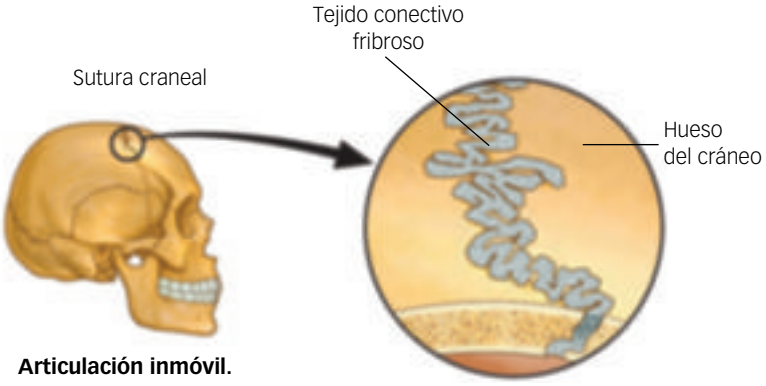
**3** Explica qué es el ATP. ¿Y el fosfato de creatina?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

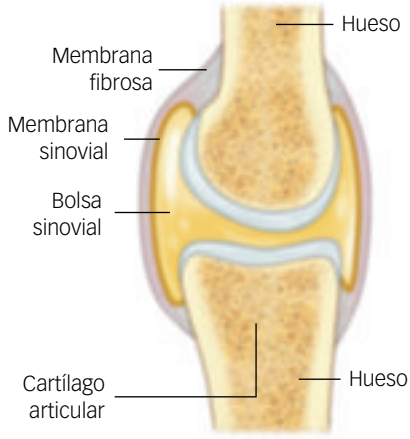
# Las articulaciones óseas

Los huesos se unen entre sí mediante las articulaciones, de las que hay tres tipos.

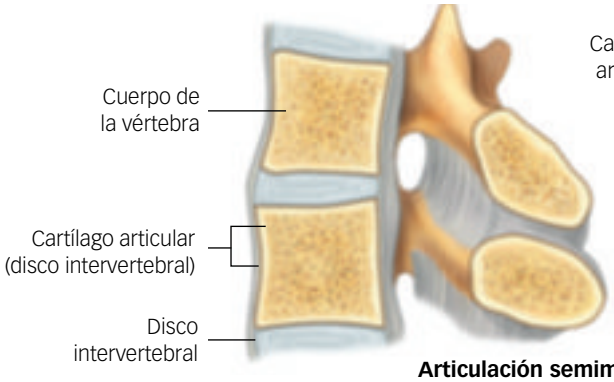
- **Las sinartrosis.** Son las articulaciones inmóviles; es decir, aquellas que no permiten movimientos relativos de los huesos. En este tipo de articulación el tejido existente entre los huesos puede ser de tipo **conjuntivo fibroso**, como ocurre en las articulaciones de los huesos planos del cráneo, o bien **cartilaginoso**, como el existente en la unión de las costillas con el esternón.
- **Las anfiartrosis.** Son las articulaciones semimóviles; es decir, las que permiten un ligero movimiento de los huesos; entre estos existen pequeñas **piezas cartilaginosas** como, por ejemplo, los discos intervertebrales que unen los cuerpos de las vértebras.
- **Las diartrosis.** Son las articulaciones móviles, es decir, las que permiten un notable movimiento relativo de los huesos. Por ejemplo, las articulaciones entre los huesos largos de las extremidades. Las superficies de los huesos que forman estas articulaciones están tapizadas por una lámina fina de **cartílago articular**, que es la que soporta el rozamiento del movimiento de los huesos. Además, en este tipo de articulación hay una **bolsa sinovial**: una cavidad delimitada por una membrana, la **membrana sinovial**, que contiene un líquido incoloro y viscoso llamado **líquido sinovial**, el cual actúa a modo de lubricante. Los huesos de este tipo de articulaciones están unidos por fuera de la bolsa sinovial por medio de **ligamentos** de tejido conjuntivo fibroso.



**Articulación inmóvil.**



**Articulación móvil.**



**Articulación semimóvil.**

## ACTIVIDADES

**1** ¿Qué diferencia hay entre hueso y cartílago? ¿Por qué hay cartílago y no hueso en la superficie de los huesos que forman las articulaciones móviles?

**2** ¿Qué es la bolsa del líquido sinovial? ¿Qué función desempeña?

**3** ¿Es lo mismo un tendón que un ligamento? ¿Qué tienen en común y en qué se diferencian? Indica la función de los mismos.

**4** ¿Qué son los discos intervertebrales? ¿De qué están formados?

# Cálculo de la estatura de tu cuerpo a partir de la longitud de los huesos de las extremidades

**Material necesario**

- Huesos reales o de plástico de un esqueleto, regla graduada o cinta métrica.

Estudiando y analizando gran cantidad de huesos del cuerpo humano, los antropólogos han logrado deducir la relación que existe entre la longitud de los huesos largos de las extremidades (fémur, húmero) y la estatura total del individuo. Se utilizan las fórmulas de Pearson, que son las siguientes:

En el sexo femenino:

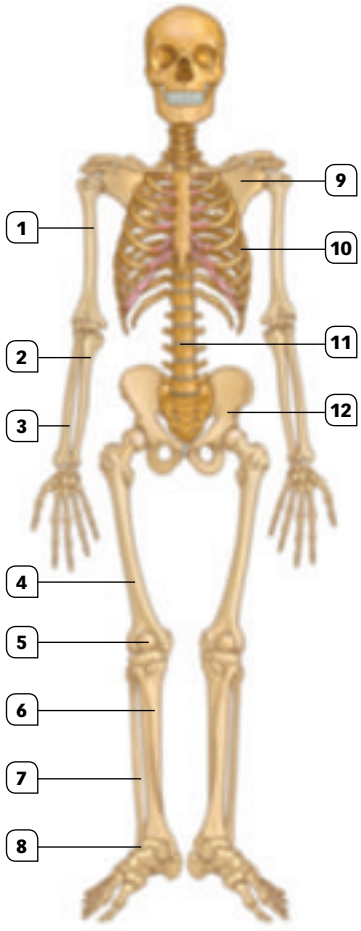
Estatura en cm = 1,94 × longitud del fémur en cm + 72,84

Estatura en cm = 2,75 × longitud del húmero en cm + 71,48

En el sexo masculino:

Estatura en cm = 1,88 × longitud del fémur en cm + 81,31

Estatura en cm = 2,89 × longitud del húmero en cm + 70,64



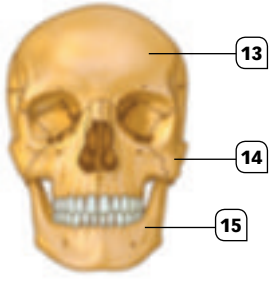

**Procedimiento**

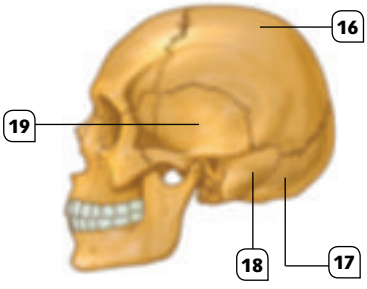
Identifica huesos de extremidades de los que dispongas en el laboratorio de tu centro escolar, como fémures o húmeros, y mide su longitud. Es posible que no sepas el sexo de la persona a la que pertenecían: calcularás su estatura según las anteriores fórmulas, primero como si fuera de sexo femenino y después como si fuera de sexo masculino.

Intenta calcular tu estatura midiendo lo más exactamente posible la longitud del fémur, desde la articulación externa de la rodilla hasta el saliente externo más superior de la cabeza del fémur, y la longitud del húmero, desde la articulación del codo hasta el hombro. Es posible que haya diferencias entre las medidas obtenidas y la real, ya que no has medido huesos directamente.

Efectúa los siguientes cálculos:

- ¿Cuál será la estatura aproximada de un hombre que tiene un fémur de 461 mm de longitud? ¿Y la de una mujer que tiene un húmero de 32 cm?
- Una mujer tiene una estatura de 1,65 m. ¿Cuál será la longitud aproximada de su fémur? ¿Y de su húmero?




## ACTIVIDADES

**1** Indica el nombre de todos los huesos señalados en la figura con un número.

**2** Clasifica los huesos anteriores en tres grupos según su forma: largos, planos e irregulares.

**3** Cita ejemplos de articulaciones móviles, semimóviles e inmóviles entre los huesos anteriores.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## ¡Tus ojos te delatan!

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga acerca de las adaptaciones anatómicas y fisiológicas de los ojos de los vertebrados.

**Otras investigaciones sugeridas.** Conocer las estructuras que forman el ojo de los vertebrados y que contribuyen al proceso de la visión. Relacionar la posición de los ojos, su tamaño, la forma de la pupila, la presencia de párpados, etc., con el tipo de visión. Adaptaciones de los animales depredadores y de las presas. Adaptaciones de los animales nocturnos.

**Fuentes de la investigación**

- «¿Víctima o verdugo? Está en las pupilas de tus ojos». Javier Sampedro. *El País*, 7 agosto 2015.
- *Vida. La Ciencia de la Biología*. W. K. Purves; D. Sadava; G. H. Orians y H. C. Heller. Editorial Médica Panamericana, 2006.
- *Principios integrales de Zoología*. VV. AA. Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2013.
- La visión en los animales (I, II, III) – Ocularis. Palabras clave: *visión en los animales ocularis*.

**Realización.** Equipos de tres alumnos.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

**Presentación.** Elaboración de un cartel con fotografías e información sobre las adaptaciones que presentan los ojos de diferentes grupos de vertebrados, según su modo de vida.

### TEN EN CUENTA QUE

En los vertebrados la posición más frecuente de los ojos es lateral o frontal. Pero también hay otras, como la de este pez de aguas poco profundas, cuyos ojos se dirigen hacia arriba de forma similar a un periscopio.

La diversidad de pupilas en los vertebrados responde a las necesidades de mejorar la visión para sobrevivir en su medio. En los felinos, como gatos y otros animales nocturnos, la posición de los ojos es frontal y la pupila tiene forma de ranura vertical. Los herbívoros tienen los ojos en posición lateral y algunos, como ovejas y cabras, tienen las pupilas en forma de ranura horizontal.

El tamaño de los ojos también varía de unas especies a otras según su tipo de vida. El tarsero filipino es una especie de primate que presenta grandes ojos en relación con su pequeño tamaño. Tiene los ojos como todos los primates: en posición frontal.

### LO QUE DEBES SABER

- **Visión estereoscópica o binocular:** visión en la que los dos ojos se utilizan conjuntamente para crear una imagen tridimensional. Permite percibir la profundidad y la distancia a la que están los objetos.
- **Retina:** capa interna del globo ocular donde están los fotorreceptores, conos responsables de la visión en color y bastones de la visión en blanco y negro.
- **Pupila:** orificio en la parte central del iris por donde penetra la luz al interior del globo ocular. Su función es regular la cantidad de luz que llega a la retina.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Escuchar colores, ver sonidos, probar olores, oler palabras…

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga sobre la sinestesia.

**Contenidos sugeridos.** ¿Qué entendemos por sinestesia? ¿Con qué frecuencia se presenta entre la población? ¿Cómo se produce? ¿Qué tipos de sensaciones tienen los individuos sinestésicos y cuáles son las más frecuentes?

**Fuentes de la investigación**

- «Cuando el rojo suena a do». M. Gómez-Robledo. *El País*, 3 junio 2014.
- «Cuadros salados, canciones violetas». S. C. Fanjul. *El País*, 11 diciembre 2010.
- «La sinestesia: ¿una alucinación?» P. Pinel. *Investigación y Ciencia*, julio-agosto 2009.
- «El mundo de los sentidos. Sinfonía en rojo». D. Nikolic y U. M. Jürgens. *Investigación y Ciencia*, septiembre-diciembre 2013.
- «Escuchar colores, saborear formas». V. S. Ramachandran y E. M. Hubbard. *Investigación y Ciencia*, julio 2003.
- *Sinestesia. El color de las palabras, el sabor de la música, el lugar del tiempo*… A. Callejas y J. Lupiánez. Editorial Alianza, 2012.

**Realización.** Equipos de tres estudiantes.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

**Presentación.** Realización de un mural y exposición del trabajo en el aula.

### TEN EN CUENTA QUE

La sinestesia es una forma distinta de percibir que consiste en que un estímulo determinado produce una percepción adicional. No es ni bueno ni malo y según algunos expertos no se trata de una patología sino de un fenómeno neurológico. La primera descripción de la sinestesia la realizó el doctor G. T. L. Sachs en 1812.

Un sinestésico puede saborear la música, oler palabras, ver letras y palabras en colores (siempre el mismo), percibir sabores al tocar objetos, etc. Hay muchas combinaciones posibles.

No es un fenómeno frecuente pero sí mucho más de lo que se pensaba al principio. Es difícil averiguarlo porque los individuos sinestésicos creen que todos perciben lo mismo que ellos y muchos se enteran por casualidad de que lo son. Se da con mayor incidencia en los autistas.

Se ha relacionado la sinestesia con el arte y se cree que grandes artistas han sido sinestésicos; entre ellos cabe citar a Franz Liszt, Nikolai Rimsky-Korsakov y Wassily Kandinsky.

### LO QUE DEBES SABER

- **Sinestesia:** fenómeno que se produce en individuos cuyas percepciones sensoriales se mezclan entre sí.
- **Neurológico:** relacionado con el sistema nervioso central y periférico.
- **Percepción:** proceso que se realiza en los centros nerviosos cuando reciben información procedente de los receptores como, por ejemplo, la percepción visual, olfativa, táctil, térmica, gustativa, etc.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 18 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Los propiorreceptores nos informan de:

- ☐ **a.** Los cambios del medio interno.
- ☐ **b.** El medio externo del animal.
- ☐ **c.** Las variaciones de presión.
- ☐ **d.** La postura corporal.

**2** Los órganos efectores:

- ☐ **a.** Ejecutan las respuestas.
- ☐ **b.** Procesan la información que reciben de los sentidos.
- ☐ **c.** Interpretan la información y elaboran una respuesta.
- ☐ **d.** Reciben un estímulo y lo transforman en una señal nerviosa.

**3** Los estatocistos:

- ☐ **a.** Contienen receptores de ondas sonoras.
- ☐ **b.** Están en la línea lateral de los peces.
- ☐ **c.** Informan sobre la posición del animal y sus variaciones.
- ☐ **d.** Son los órganos del equilibrio de los vertebrados.

**4** El osfradio es:

- ☐ **a.** El órgano del equilibrio de los artrópodos.
- ☐ **b.** Un órgano de los moluscos que detecta las características químicas del agua.
- ☐ **c.** El ojo típico de los cefalópodos.
- ☐ **d.** Una estructura sensorial que está en la parte anterior del cuerpo de los nematodos.

**5** Los ojos compuestos:

- ☐ **a.** Están formados por estructuras simples denominadas omatidios.
- ☐ **b.** Están formados por estructuras simples denominadas ocelos.
- ☐ **c.** Son los más complejos y están presentes en los vertebrados.
- ☐ **d.** Se denominan también ojos en cámara.

**6** La línea lateral de los peces:

- ☐ **a.** Contiene quimiorreceptores que detectan la salinidad del agua.
- ☐ **b.** Contiene los distintos tipos de receptores táctiles.
- ☐ **c.** Contiene mecanorreceptores que detectan las vibraciones del agua.
- ☐ **d.** Detecta el campo magnético y les permite orientarse.

**7** La visión estereoscópica:

- ☐ **a.** Permite tener un amplio campo de visión.
- ☐ **b.** Permite distinguir la distancia a la que se encuentran los objetos.
- ☐ **c.** La presentan los animales que tienen ojos compuestos.
- ☐ **d.** Se debe a la presencia de zonas de gran concentración de fotorreceptores.

**8** Los artrópodos presentan:

- ☐ **a.** Un esqueleto hidrodinámico que les facilita el vuelo.
- ☐ **b.** Un esqueleto interno articulado.
- ☐ **c.** Un esqueleto externo articulado.
- ☐ **d.** Un esqueleto externo articulado formado por dos valvas.

**9** Los élitros de los insectos son:

- ☐ **a.** Alas endurecidas que les facilitan el vuelo.
- ☐ **b.** Alas endurecidas no aptas para volar.
- ☐ **c.** Alas finas y transparentes adecuadas para volar.
- ☐ **d.** Antenas con función táctil.

**10** Las feromonas:

- ☐ **a.** Son hormonas que regulan el medio interno de los animales.
- ☐ **b.** Se producen en las glándulas de secreción externa.
- ☐ **c.** Intervienen en la homeostasis del organismo.
- ☐ **d.** Intervienen en el comportamiento de los animales.

SOLUCIONES

**1** d, **2** a, **3** c, **4** b, **5** a, **6** c, **7** b, **8** c, **9** d, **10** d

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué es un receptor? Describe los tipos de receptores en función del estímulo al que son sensibles.

**2** Identifica el siguiente órgano de los invertebrados y explica su funcionamiento.

**3** Indica las funciones de los quimiorreceptores gustativos y olfativos en los invertebrados terrestres.

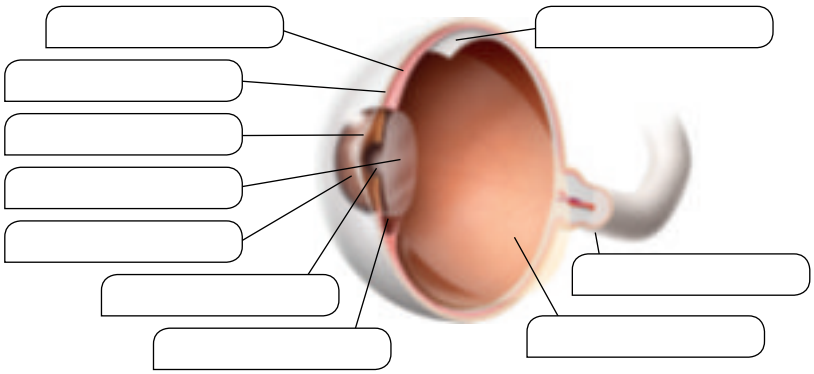
**4** Completa la siguiente tabla.

| Órgano sensorial | Receptores | Animal que los presenta y localización |
|---|---|---|
| **Osfradio** | | |
| **Omatidio** | | |
| **Anfidios y fasmidios** | | |

**5** ¿Qué animales perciben el campo magnético terrestre? ¿Para qué les sirve?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** Completa la figura poniendo los nombres de las partes que se indican. ¿Dónde están los fotorreceptores?



**7** ¿En qué consiste la respuesta secretora frente a los estímulos? Indica los tipos de sustancias que se segregan y los órganos que las producen.

**8** Completa la siguiente tabla.

| Esqueleto | Grupo de animales que lo presentan |
|---|---|
| **Hidroesqueleto** | |
| **Esqueleto formado por dos valvas** | |
| **Exoesqueleto articulado** | |
| **Esqueleto interno** | |

**9** Cita algunas estrategias que han desarrollado los mamíferos para desplazarse en el medio en el que viven.

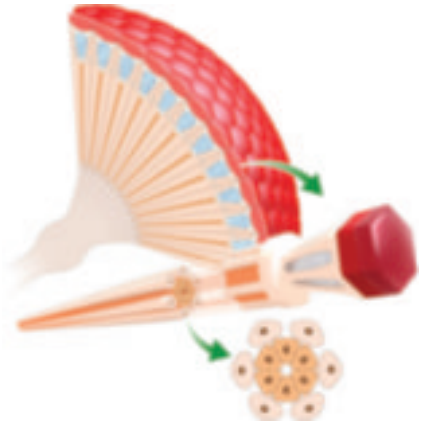
**10** Explica cómo se produce la locomoción y su importancia para los animales.

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Decribe las tres etapas de la función de relación.

**2** Observa la siguiente figura y responde.



a) ¿De qué órgano se trata?

b) Descríbelo.

c) Indica qué grupo de animales lo presentan.

**3** Completa la siguiente tabla.

| Órgano | Receptores | Grupo animal que los presenta y localización |
|---|---|---|
| **Línea lateral** | | |
| **Órgano de Jacobson** | | |
| **Órganos otolíticos** | | |

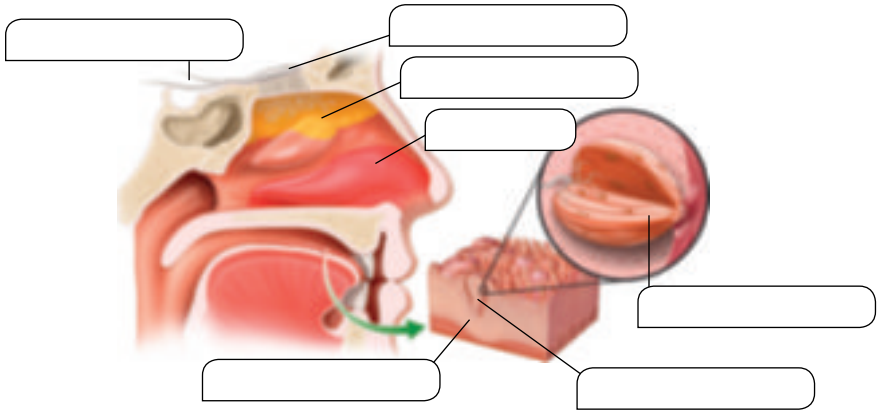
**4** ¿En qué consiste la ecolocalización? Cita ejemplos de animales que la presenten.

**5** a) ¿Por qué los ojos de los peces no tienen párpados ni glándulas lacrimales y los del resto de vertebrados sí? ¿Qué es la membrana nictitante?

b) ¿Qué ventaja proporciona la posición lateral de los ojos en la mayoría de las aves y mamíferos? ¿Y la posición frontal?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** Observa la figura y señala la localización de los receptores olfativos y gustativos de los vertebrados.



a) ¿Qué diferencias hay entre la pituitaria roja y la amarilla?

b) ¿Por qué los receptores gustativos han de permanecer húmedos?

**7** Indica los componentes del aparato locomotor de los animales y la función de los mismos.
Explica cómo se realiza la locomoción en los equinodermos.

**8** Describe las diferencias entre las glándulas endocrinas y las exocrinas. ¿A qué se denomina glándulas mixtas?

**9** ¿Qué son las feromonas? ¿Qué tipo de función desempeñan en los invertebrados? ¿Qué otro tipo de hormonas producen los invertebrados?

**10** Cita adaptaciones de las aves relacionadas con la locomoción.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B6-16.** Conocer los principales componentes del sistema nervioso y su funcionamiento. | **B6-16.1.** Define estímulo, receptor, transmisor, efector. | 1 | 1 |
| | **B6-16.2.** Identifica distintos tipos de receptores sensoriales y nervios. | 2, 3, 4, 5 y 6 | 2, 3, 4, 5 y 6 |
| **B6-22.** Enumerar las glándulas endocrinas en vertebrados, las hormonas que producen y las funciones de estas. | **B6-22.1.** Describe las diferencias entre glándulas endocrinas y exocrinas. | 7 | 8 y 9 |
| **B6-29.** Reconocer las adaptaciones más características de los animales a los diferentes medios en los que habitan. | **B6-29.1.** Identifica las adaptaciones animales a los medios aéreos.<br>**B6-29.2.** Identifica las adaptaciones animales a los medios acuáticos.<br>**B6-29.3.** Identifica las adaptaciones animales a los medios terrestres. | 8, 9 y 10 | 7 y 10 |

## Control B

**1** Los receptores son estructuras encargadas de recibir un estímulo. Pueden estar constituidos por una o varias células especializadas. Los más sencillos son simples terminaciones nerviosas o células aisladas, especializadas y en contacto directo con neuronas. En otras ocasiones, los receptores se encuentran situados en estructuras más complejas, los órganos de los sentidos. En función del estímulo al que son sensibles, se diferencian:

– Quimiorreceptores: son sensibles a estímulos de naturaleza química. Por ejemplo, son quimiorreceptores los receptores olfativos y gustativos.

– Termorreceptores: informan sobre variaciones de temperatura. Entre ellos se encuentran los corpúsculos termorreceptores de la piel de los vertebrados.

– Fotorreceptores: detectan estímulos luminosos, como por ejemplo, los receptores de la visión.

– Mecanorreceptores: son sensibles a estímulos mecánicos, como variaciones de presión, roce, sonido, gravedad, etc.; por ejemplo, los receptores del tacto.

**2** Es un estatocisto, órgano del equilibrio de los invertebrados de vida libre. Los estatocistos están constituidos por una cavidad hueca, tapizada internamente por células mecanorreceptoras, provistas de cilios hacia el interior. Dentro de la cavidad se encuentra una pequeña estructura esférica de cristales o masas calcáreas, que se mueven libremente, el estatolito. El movimiento de cada estatolito es detectado por las células receptoras gracias a la presión ejercida sobre los cilios internos. El mensaje es transmitido por los nervios hacia los centros nerviosos y, así, el animal permanece informado sobre su estado de equilibrio y movimiento; esta información le permite orientarse y desplazarse.

**3** Estos dos sentidos están muy interrelacionados. En ambos casos, se trata de la distinción de sustancias químicas, disueltas en un líquido en el caso del gusto, y transportadas por el aire en el caso del olfato.

En los invertebrados terrestres, los quimiorreceptores del gusto se relacionan con la función de nutrición.

Los quimiorreceptores olfativos están relacionados con varias funciones al intervenir en el apareamiento (reproducción), la captura de presas (alimentación), el reconocimiento del territorio (relación) y la comunicación entre individuos de la misma especie (relación).

**4**

| Órgano sensorial | Receptores | Animal que los presenta y localización |
|---|---|---|
| **Osfradio** | Mecanorreceptor y quimiorreceptor | Moluscos. Cavidad paleal |
| **Omatidio** | Fotorreceptor | Artrópodos. Ojos compuestos |
| **Anfidios y fasmidios** | Quimiorreceptores | Nematodos. Los anfidios en la parte anterior del cuerpo y los fasmidios en la posterior |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** Los animales que realizan grandes migraciones son capaces de orientarse gracias a su capacidad para percibir el campo magnético terrestre. Entre estos animales se encuentran peces, aves y mamíferos como delfines y ballenas.

**6** A la izquierda de arriba abajo: coroides, esclerótica, córnea, cristalino, iris, pupila y humor acuoso. A la derecha y de arriba abajo: retina, nervio óptico y humor vítreo. Los fotorreceptores se encuentran en la retina.

**7** Además de la respuesta motora, los animales pueden responder a un estímulo mediante la secreción de tres tipos de sustancias:

– Secreciones glandulares. En este tipo de respuestas, los órganos efectores son glándulas. Son respuestas que están ligadas, básicamente, a la homeostasis de los animales.

– Secreciones neuronales. Los órganos efectores en este tipo de respuesta son neuronas secretoras, encargadas de segregar un tipo de hormonas llamadas neurohormonas.

– Feromonas. La secreción de estas sustancias, de composición química muy variada, se debe a la actividad de órganos efectores, glándulas, o son productos metabólicos que se expulsan al medio con la excreción o con la defecación. Las feromonas son captadas por quimiorreceptores de otros animales de su misma especie e intervienen en funciones relacionadas con el comportamiento.

**8**

| Esqueleto | Grupo de animales que lo presentan |
|---|---|
| **Hidroesqueleto** | Cnidarios, platelmintos, nematodos y anélidos |
| **Esqueleto formado por dos valvas** | Moluscos bivalvos |
| **Exoesqueleto articulado** | Artrópodos |
| **Esqueleto interno** | Vertebrados |

**9** Algunas adaptaciones de las extremidades de los mamíferos son:

– Presencia de membranas entre los dedos de las extremidades en los voladores, como los murciélagos.

– Desplazamiento mediante el contacto simultáneo con el suelo de los dedos de las cuatro extremidades en los corredores o marchadores, como el guepardo.

– Transformación de las extremidades en aletas en los nadadores, como los delfines y ballenas.

– Desarrollo destacado de las extremidades traseras en los saltadores.

**10** El sistema muscular se asocia al sistema esquelético, en aquellos animales que lo poseen, conformando el aparato locomotor. El sistema esquelético constituye el componente estático del aparato locomotor, mientras el sistema muscular es la parte dinámica.

La capacidad de desplazamiento de los animales es una de las características que ha contribuido a su éxito evolutivo, puesto que ha permitido la invasión y adaptación a diversos biotopos. Las distintas estrategias que los animales han desarrollado para desplazarse dependen de las características del medio en que se mueven: acuático, terrestre o aéreo.

## Control A

**1** La recepción de un estímulo consiste en la obtención de la información de las condiciones del entorno y de las condiciones internas del animal. De esta función se encargan los receptores, muchos de los cuales están en los órganos de los sentidos. Una vez que el animal recibe un estímulo a través de un receptor, este lo transforma en una señal nerviosa que es enviada a un centro nervioso.

La percepción de las sensaciones captadas por medio de los receptores se realiza en los centros nerviosos, donde las señales nerviosas son procesadas y se elabora una respuesta adecuada al tipo de estímulo percibido.

Las instrucciones se transmiten, también por medio de impulsos nerviosos, a los órganos efectores, músculos y glándulas, que ejecutan las respuestas.

**2** **a)** Es el ojo compuesto.

**b)** Está formado por la unión de muchas estructuras simples repetidas. Cada una de estas estructuras simples se denomina omatidio. La visión que ofrece este tipo de ojo recibe el nombre de visión en mosaico y es la suma de lo que se recibe en todos los omatidios.

**c)** Artrópodos.

**3**

| Órgano | Receptores | Grupo animal que lo presenta y localización |
|---|---|---|
| **Línea lateral** | Mecanorreceptor | A ambos lados del cuerpo de peces y larvas de anfibios |
| **Órgano de Jacobson** | Quimiorreceptor<br>Receptores específicos para feromonas | Órgano vomeronasal (en el hueso vómer entre la nariz y la boca) en serpientes y muchos lagartos |
| **Órganos otolíticos** | Mecanorreceptor | Oído interno de vertebrados |

**4** Consiste en la capacidad que tienen algunos animales de detectar las ondas producidas por el eco. Estos animales emiten un ultrasonido de baja frecuencia que, al chocar con un objeto, produce un eco que puede ser detectado y así pueden orientarse y desplazarse incluso en la oscuridad. Es característica de mamíferos como los murciélagos y los delfines.

**5** **a)** Los ojos de los vertebrados terrestres tienen párpados y glándulas lacrimales para mantener húmedo el globo ocular. Los peces, al vivir en el medio acuático, no los necesitan.

La membrana nictitante, o tercer párpado de reptiles, aves y tiburones, es una membrana transparente, entre los dos párpados horizontales y el ojo, que se pliega perpendicularmente a los otros párpados y protege la córnea.

**b)** La posición lateral de los ojos proporciona mayor campo de visión y la posición frontal proporciona la visión estereoscópica que permite distinguir la distancia a la que están los objetos.

**6** Los receptores olfativos están en la pituitaria amarilla, que está en la parte superior de las fosas nasales. Los receptores gustativos están en los botones gustativos que hay en la cavidad bucal, principalmente en la lengua.

**a)** La pituitaria amarilla es una parte de la mucosa que recubre las cavidades nasales y contiene los quimiorreceptores olfativos, y la pituitaria roja es la parte de la mucosa localizada en la parte inferior que filtra, calienta y humedece el aire.

**b)** Los quimiorreceptores del gusto deben permanecer húmedos, ya que las sustancias químicas a las que son sensibles estos receptores tienen que estar en disolución.

**7** El aparato locomotor es el encargado de llevar a cabo las respuestas motoras que implican desplazamiento y está formado por dos componentes: el sistema muscular y el sistema esquelético. El sistema esquelético constituye el componente estático del aparato locomotor, mientras el sistema muscular es la parte dinámica.

Los equinodermos tienen un aparato característico que, entre otras funciones, les sirve para la locomoción: el llamado aparato ambulacral, que se comporta como hidroesqueleto y reacciona como tal ante la presión de los músculos.

**8** Las glándulas son los órganos efectores de la respuesta secretora.

Las glándulas exocrinas producen sustancias muy variadas que vierten al exterior del cuerpo o a una cavidad que mantiene contacto con el exterior. Algunas de estas glándulas son las salivales, las sudoríparas y las lacrimales.

Las glándulas endocrinas producen hormonas, que son vertidas a la circulación sanguínea, y efectúan su acción a distancia de donde se han producido sobre células u órganos muy concretos, denominados órganos diana. Son glándulas endocrinas el tiroides y la hipófisis.

Una glándula mixta posee función tanto exocrina como endocrina. El páncreas es una glándula mixta, con una parte exocrina, que segrega jugo pancreático al interior del duodeno, y una parte endocrina que segrega insulina y glucagón a la sangre.

**9** Las feromonas son sustancias, de composición química muy variada, que pueden ser producidas en glándulas o bien son productos metabólicos que se expulsan al medio con la excreción o con la defecación. Las feromonas son captadas por quimiorreceptores de otros animales de su misma especie e intervienen en funciones relacionadas con el comportamiento. En los invertebrados, las feromonas de los insectos son las más estudiadas e intervienen en funciones como señalización del territorio, localización de individuos de distinto sexo e incluso en procesos de desarrollo y diferenciación individual.

Otras hormonas que producen los invertebrados son las neurohormonas, que son segregadas por algunas neuronas con función secretora.

**10** Según su hábitat y modo de vida, las aves pueden presentar uno o más mecanismos de locomoción, en el aire, en el agua y en la tierra.

Las extremidades delanteras, transformadas en alas, intervienen en el vuelo, junto con la cola y las patas traseras. La forma y tamaño de las alas varía en función del tipo de vuelo. Las patas traseras presentan diferentes estructuras accesorias (como una membrana interdigital) y variaciones en número y disposición de los dedos.

Muchas aves han perdido la capacidad de volar o bien esta es reducida y caminan o corren con facilidad, otras han adquirido otras capacidades, como el buceo en los pingüinos.

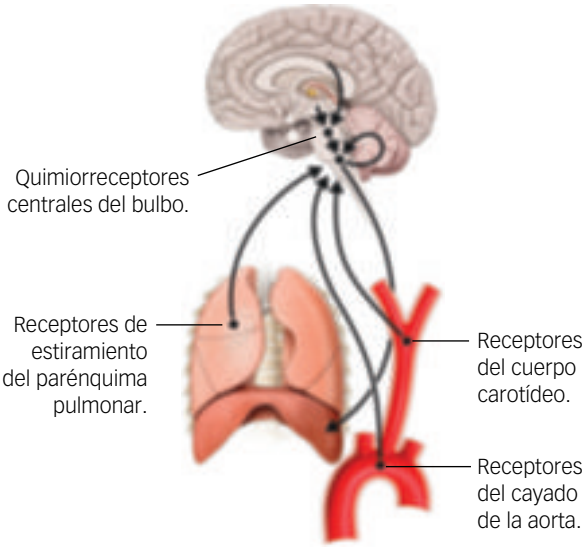
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Los animales no solo reciben información del medio, sino que también están informados de lo que ocurre en sus órganos. De este modo, todo su cuerpo se entera de lo que pasa en cada uno de sus órganos, aparatos o sistemas y, así, todos ellos realizan su trabajo coordinadamente.

Por ejemplo, en los humanos, a nivel de los cuerpos carotídeos y aórticos se localizan unas células especiales que continuamente analizan la concentración de $O_2$ y $CO_2$ en sangre. Estas células receptoras están en conexión con los centros respiratorios del bulbo raquídeo mediante los nervios glosofaríngeo y vago. Si detectan un aumento de la concentración del $CO_2$ respecto a la del $O_2$, los centros respiratorios reaccionan incrementando la frecuencia de los movimientos respiratorios y de los latidos del corazón.




**1** Atendiendo al origen del estímulo, ¿qué tipo de receptores son los que actúan tal y como se ha descrito en el texto?

- ☐ **a.** Externorreceptores.
- ☐ **b.** Propiorreceptores.
- ☐ **c.** Quimiorreceptores.
- ☐ **d.** Viscerorreceptores.

**2** Sin embargo, si atendemos a la naturaleza del estímulo, ¿a qué grupo de receptores pertenecen los descritos en el texto?

- ☐ **a.** Quimiorreceptores.
- ☐ **b.** Mecanorreceptores.
- ☐ **c.** Barorreceptores.
- ☐ **d.** Viscerorreceptores.

**3** Pero la regulación de la respiración es mucho más compleja; existen otros muchos receptores distribuidos por todo nuestro cuerpo que captan la necesidad de aumentar o disminuir la actividad del sistema respiratorio y la frecuencia cardiaca. Por ejemplo, en los músculos que intervienen en los movimientos de inspiración y espiración (intercostales, diafragma, etc.) existen receptores del estiramiento, fundamentalmente en los tendones y husos musculares de la musculatura intercostal, que informan del grado de distensión de la musculatura y, de forma refleja, controlan la fuerza de contracción de toda la musculatura respiratoria.

¿Qué tipo de receptores son estos?

- ☐ **a.** Viscerorreceptores si atendemos al origen del estímulo, y mecanorreceptores si atendemos a su naturaleza.
- ☐ **b.** Propiorreceptores si atendemos al origen del estímulo, y mecanorreceptores si atendemos a su naturaleza.
- ☐ **c.** Viscerorreceptores si atendemos al origen del estímulo, y quimiorreceptores si atendemos a su naturaleza.
- ☐ **d.** Propiorreceptores si atendemos al origen del estímulo, y quimiorreceptores si atendemos a su naturaleza.

**4** Cuando al centro respiratorio del bulbo raquídeo llega la información de que ha aumentado la concentración de $CO_2$ en la sangre, este envía a los músculos respiratorios la orden de que aumenten la frecuencia de los movimientos de inspiración y espiración.

¿Qué tipo de respuesta es la enviada desde el bulbo raquídeo hasta los músculos respiratorios?

- ☐ **a.** Una respuesta motora.
- ☐ **b.** Una respuesta efectora.
- ☐ **c.** Una respuesta secretora.
- ☐ **d.** Una respuesta sensorial.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** La mayoría de los invertebrados disponen de diferentes órganos de los sentidos que captan estímulos luminosos, químicos, diferencias de presiones, el sentido de una corriente de agua, etc. Es muy destacable el caso de un grupo que presenta un tipo de ojos muy parecido al de los vertebrados, es decir, un globo ocular capaz de percibir tanto las diferentes intensidades de luz como los diferentes colores.

¿Cuál es el grupo de invertebrados cuyos ojos son parecidos a los de los vertebrados?

- ☐ **a.** Los gasterópodos.
- ☐ **b.** Los cefalópodos.
- ☐ **c.** Los insectos.
- ☐ **d.** Los arácnidos.

**6** En los artrópodos podemos encontrar todo tipo de órganos de los sentidos: del equilibrio, del gusto, del tacto… Pero quizás los más destacables son sus ojos; presentan fundamentalmente dos tipos: los ocelos y los ojos compuestos.

¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles son falsas?

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Los ojos compuestos están formados por la agregación de muchos ocelos. | |
| Los ojos compuestos ofrecen un tipo de visión que conocemos como «visión en mosaico». | |
| Los cangrejos poseen un par de ojos compuestos localizados sobre pedúnculos móviles. | |
| La visión en mosaico es la suma de la información de un gran número de omatidios. | |

**7** En los peces y en las larvas de los anfibios existe un órgano de los sentidos muy específico: la línea lateral. Este órgano está formado por una especie de tubo lleno de un líquido y tapizado por mecanorreceptores con células ciliadas. En algunos casos, como el chicharro o el jurel (en la fotografía), se puede observar con facilidad porque está protegida por unas escamas mucho más duras que las del resto de su piel.

¿Qué informaciones proporciona la línea lateral?

| Información | Sí / No |
|---|---|
| La luminosidad del lugar por donde está nadando. | |
| La temperatura del agua. | |
| La profundidad a la que se encuentra. | |
| Los diferentes sonidos. | |
| La proximidad de un depredador. | |
| La concentración de $O_2$ del agua. | |

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-16.** Conocer los principales componentes del sistema nervioso y su funcionamiento. | **B6-16.1.** Define estímulo, receptor, transmisor, efector. | 1, 2, 3 y 4 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-16.** Conocer los principales componentes del sistema nervioso y su funcionamiento. | **B6-16.2.** Identifica distintos tipos de receptores sensoriales y nervios. | 3, 5, 6 y 7 |

**1** **d.** Viscerorreceptores.

**2** **a.** Quimiorreceptores.

**3** **b.** Propiorreceptores si atendemos al origen del estímulo y mecanorreceptores si atendemos a su naturaleza.

**4** **a.** Una respuesta motora.

**5** **b.** Los cefalópodos.

**6**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Los ojos compuestos están formados por la agregación de muchos ocelos. | Falso |
| Los ojos compuestos ofrecen un tipo de visión que conocemos como «visión en mosaico». | Verdadero |
| Los cangrejos poseen un par de ojos compuestos localizados sobre pedúnculos móviles. | Falso |
| La visión en mosaico es la suma de la información de un gran número de omatidios. | Verdadero |

**7**

| Información | Sí / No |
|---|---|
| La luminosidad del lugar por donde está nadando. | No |
| La temperatura del agua. | No |
| La profundidad a la que se encuentra. | Sí |
| Los diferentes sonidos. | No |
| La proximidad de un depredador. | Sí |
| La concentración de $O_2$ del agua. | No |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Solucionario

Pág. 337

**PARA COMENZAR**

1 Estímulos, como variaciones de presión, roces, sonidos, luz, variaciones de temperatura, sustancias químicas, etc., hacen reaccionar a los animales.

2 Los animales además de percibir estímulos externos e internos son capaces de reaccionar ante ellos, y el conjunto de respuestas que un animal desarrolla frente a los estímulos, sobre todo externos, constituye el comportamiento. Por ello, el desarrollo de los órganos de los sentidos guarda una relación directa con el comportamiento del animal.

3 R. L. El alumnado podrá citar entre otros los siguientes: quimiorreceptores como los olfativos y gustativos, termorreceptores, fotorreceptores, como los de la visión, mecanorreceptores, como los de la audición, y los del tacto.

4 Los animales pueden reaccionar ante los estímulos externos mediante el movimiento, que puede ser sin desplazamiento, como cerrar los párpados, o con desplazamiento del animal, como caminar o volar. Otro tipo de respuesta a un estímulo es la secreción de sustancias, como hormonas, feromonas, etc.

Pág. 338

1 Los termorreceptores informan de la temperatura exterior. Los fotorreceptores detectan la luz solar. Los mecanorreceptores detectan el sonido. Los viscerorreceptores proporcionan información sobre la cantidad de oxígeno en sangre. Los propiorreceptores informan acerca de la postura de una articulación.

2 Los receptores son estructuras encargadas de recibir un estímulo y pueden estar constituidos por una o varias células especializadas.

Los órganos de los sentidos son estructuras más complejas que agrupan los receptores correspondientes a un determinado tipo de estímulo, lo que facilita la recepción de los estímulos y protege a los receptores. Órganos de los sentidos son el tacto, el gusto, el olfato, el oído y la vista.

Pág. 339

3 La recepción de un estímulo consiste en la obtención de la información de las condiciones del entorno y de las condiciones internas del animal. De esta función se encargan los receptores, muchos de los cuales están en los órganos de los sentidos.

Una vez que el animal recibe un estímulo a través de un receptor, este lo transforma en una señal nerviosa que es enviada a un centro nervioso. Es en estos centros donde las señales nerviosas son procesadas y se interpreta la información que llevan; por tanto, en los centros nerviosos se lleva a cabo la percepción de las sensaciones captadas por medio de los receptores.

4 En general, las respuestas motoras están más relacionadas con el comportamiento, y las glandulares con la homeostasis.

Pág. 340

5 Los estatocistos son órganos del equilibrio que se encuentran en todos los grupos de invertebrados de vida libre, salvo en poríferos. En su interior se encuentra una pequeña esfera de cristales o masa calcárea, el estatolito, que se mueve libremente. El movimiento de cada estatolito es detectado por las células receptoras gracias a la presión ejercida sobre los cilios internos. El mensaje es transmitido por los nervios hacia los centros nerviosos y, así, el animal permanece informado sobre su estado de equilibrio y movimiento; esta información le permite orientarse y desplazarse.

6 En los invertebrados terrestres, los quimiorreceptores del gusto se encuentran aislados, en general, próximos a las estructuras bucales, y se relacionan con la función de nutrición. Los quimiorreceptores olfativos también se encuentran aislados y tienen una localización más variada, ya que están relacionados con diversas funciones.

El tacto está representado en los animales invertebrados por mecanorreceptores de distintos tipos (térmicos, químicos, nociceptores…), que, por lo general, no se agrupan en órganos concretos y se distribuyen por todo el cuerpo.

7 En los invertebrados los órganos de la audición agrupan un tipo de mecanorreceptores, los fonorreceptores o receptores de ondas sonoras. Solo algunos insectos, crustáceos y arácnidos presentan esta clase de órgano.

8 En los invertebrados, los quimiorreceptores olfativos están relacionados con varias funciones e intervienen en el apareamiento (reproducción), la captura de presas (alimentación), el reconocimiento del territorio (relación) y la comunicación entre individuos de la misma especie (relación).

Pág. 341

9 En los nematodos, los anfidios situados en la parte anterior de su cuerpo y los fasmidios, en su parte posterior, son órganos sensoriales que contienen células ciliadas quimiorreceptoras.

Pág. 342

10 Un osfradio es un órgano situado en la cavidad paleal de la mayoría de los moluscos, que contiene mecanorreceptores y quimiorreceptores mediante los cuales pueden determinar ciertas características químicas del agua.

11 En la mayoría de los artrópodos los órganos con función táctil se localizan en los palpos y en las antenas.

12 Los órganos de la visión más sencillos se encuentran en los cnidarios y son simples manchas oculares localizadas en la superficie del animal. Algo más complejas son

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

las copas oculares características de los platelmintos de vida libre y de algunos ectoparásitos.

Los anélidos y algunos gasterópodos, como los caracoles, presentan órganos de la visión más complejos, tipo ocelo, en los que los fotorreceptores se agrupan en una pequeña cavidad con un cristalino, aunque todavía carecen de estructuras anexas.

En los moluscos los órganos de la visión dependen del grupo. Salvo excepciones, los gasterópodos, como el caracol, presentan estructuras tipo ocelo en los tentáculos.

En los artrópodos es característica la presencia de dos tipos de ojos:

– Ocelos. Su número es variable y son muy sencillos. Son sensibles únicamente a las variaciones en la intensidad de la luz.
– Ojos compuestos. Están formados por la unión de muchas estructuras simples repetidas. Cada una de estas estructuras simples se denomina omatidio. La visión que ofrece este tipo de ojo recibe el nombre de visión en mosaico, y es la suma de lo que se recibe en todos los omatidios.

Los crustáceos poseen dos ojos compuestos localizados sobre pedúnculos móviles.

Los cefalópodos tienen ojos en cámara, parecidos a los de los vertebrados, formados por un globo ocular en cuyo fondo se agrupan los fotorreceptores, que son de dos tipos: conos y bastones. Son sensibles tanto a la intensidad de la luz como a sus diferentes longitudes de onda; es decir, son capaces de percibir tanto luces y sombras como colores. Tienen un cristalino rígido y un iris que regula la cantidad de luz que entra en el órgano. Algunas especies presentan dos tipos de ojos, uno adaptado a la luz solar y otro a la bioluminiscencia.

Pág. 344

**13** En la línea lateral de los peces hay mecanorreceptores que detectan cualquier vibración del agua.

Pág. 345

**14** Las glándulas lagrimales segregan lágrimas para humedecer el ojo; por ello, son necesarias en los vertebrados terrestres, pero no en los acuáticos.

**15** Las serpientes y muchos lagartos presentan un órgano con quimiorreceptores conocido como órgano de Jacobson. Gracias a él captan las partículas odoríferas del ambiente que recoge la lengua, que presenta receptores gustativos y táctiles. En este órgano también hay receptores específicos para feromonas mediante las que pueden detectar la presencia de otros animales.

Algunas serpientes, como la serpiente de cascabel, presentan una foseta facial, que es un órgano termosensitivo. Está formado por dos estructuras localizadas entre los ojos y la boca. En ellas se encuentran receptores capaces de captar las radiaciones infrarrojas, es decir, el calor emitido por otros cuerpos. Esto les permite detectar la presencia de otros animales aun cuando no puedan verlos.

**16** La agudeza visual de las aves se debe a la presencia de zonas con una gran concentración de fotorreceptores, denominadas fóveas. Además, muchas aves tienen los ojos en posición lateral, lo que les permite tener un amplio campo de visión. En otros casos, como el de búhos o lechuzas, los ojos se encuentran en posición frontal, lo que reduce el campo visual pero incrementa el área de visión estereoscópica.

**17** Los mamíferos presentan orejas. Son expansiones externas que ayudan a localizar la procedencia del sonido.

Pág. 346

**18** Los cnidarios, platelmintos, nematodos y anélidos presentan un esqueleto hidrodinámico o hidroesqueleto constituido por el líquido de las cavidades corporales. Este esqueleto da consistencia al cuerpo y puede servir como soporte a la musculatura, lo que es necesario para producir el movimiento.

El desplazamiento de los anélidos terrestres y de la mayoría de los marinos se debe a la acción combinada de su hidroesqueleto y sus músculos longitudinales y circulares. La disposición y funcionamiento antagónico de los músculos permite un desplazamiento horizontal ondulatorio, similar a los movimientos peristálticos por contracción y distensión.

Pág. 347

**19** El escarabajo (coleóptero) que está en posición central se desplaza por el suelo utilizando las patas (apéndices articulados), que se movilizan gracias al sistema muscular. Algunos coleópteros vuelan, aunque no con destreza, y muchas especies lo hacen solo si es imprescindible; otros están completamente inhabilitados para volar.

**20** Los apéndices de los artrópodos (*arthro*, articulado y *podo*, pie) son estructuras anatómicas (antenas, patas, etc.) formadas por varias piezas articuladas, y a ellos se debe el nombre del grupo. Los crustáceos tienen diez apéndices; los insectos, seis; los miriápodos, uno o un par por anillo; y los arácnidos, ocho.

Pág. 348

**21** Las adaptaciones de los mamíferos son:

Los marchadores o corredores como el guepardo, desplazamiento mediante el contacto simultáneo con el suelo de los dedos de las cuatro extremidades.

Los saltadores como los ualabíes, desarrollo destacado de las extremidades traseras.

Los nadadores como los delfines, transformación de las extremidades en aletas.

Los voladores como los murciélagos, presencia de membranas entre los dedos de las extremidades.

Pág. 349

**SABER HACER**

**22** En la palanca de primer género el punto de apoyo se encuentra entre la potencia y la resistencia. En la palanca de segundo género el punto de apoyo está en un extremo, junto a la resistencia, y en el otro extremo, la potencia (la resistencia se encuentra entre el punto de apoyo y la potencia). En la palanca de tercer género el punto de apoyo está en un extremo junto a la potencia, y la resistencia, en el otro extremo (el brazo de potencia se halla entre el punto de apoyo y la resistencia).

**23**

| Articulación | Tipo palanca | Potencia | Resistencia | Punto de apoyo |
|---|---|---|---|---|
| **a) Articulación coxofemoral (apoyo pierna derecha p. e.)** | 1.er género | Contracción glúteo menor y medio | Peso del cuerpo lado izquierdo de la cadera | Articulación coxofemoral |
| **b) Extensión codo** | 3.er género | Contracción tríceps | Peso antebrazo y mano | Articulación codo |
| **c) Extensión rodilla al levantarse** | Compleja (paradoja de Lombard) | Contracción recto anterior del cuádriceps — Contracción isquiotibiales | Contracción isquiotibiales — Contracción recto anterior del cuádriceps | Rodilla Pelvis — Rodilla Pelvis |
| **d) Extensión rodilla sentado** | 1.er género | Contracción cuádriceps y vastos | Peso pierna | Rodilla |

**24** 2.º género. Punto de apoyo: articulación maxilar (temporomandibular). Resistencia: últimos molares. Potencia: músculos masticadores.

**25** 2.º género. Punto de apoyo: parte anterior del pie. Resistencia: peso del cuerpo sobre el hueso talus. Potencia: contracción de los gemelos sobre el calcáneo.

**26** **a)** Palanca de primer género.
**b)** Palanca de tercer género.
**c)** Palanca de segundo género.

Pág. 350

**27** Las feromonas intervienen en múltiples funciones relacionadas con el comportamiento, como señalización del territorio, localización de individuos de distinto sexo, incluso en procesos de desarrollo y diferenciación individual.

**28** En la imagen de la derecha las jirafas liberan feromonas que intervienen, en este caso, en la localización de individuos del otro sexo. Las feromonas son captadas por quimiorreceptores (olfato) de otros animales de su misma especie e intervienen en funciones relacionadas con el comportamiento sexual.

Pág. 351

**EN RESUMEN**

**29**

| Órgano de los sentidos | Receptores |
|---|---|
| Gusto | Quimiorreceptores |
| Olfato | Quimiorreceptores |
| Vista | Fotorreceptores |
| Oído | Mecanorreceptores |
| Tacto | Mecanorreceptores y termorreceptores |

**30** Existen algunos órganos de los sentidos que son exclusivos de determinados grupos de animales. Los receptores que agrupan están relacionados con la función que desarrollan.

– Línea lateral. Es un órgano que presentan peces y larvas de anfibios. Se puede identificar como una línea longitudinal a cada lado del animal. Mediante este órgano, los peces y las larvas de anfibios pueden detectar las corrientes y la presión del agua, percibiendo así su posición, la profundidad a la que se encuentran o incluso la presencia de otros animales en sus proximidades.
– Foseta facial. Se trata de un órgano termosensitivo que se presenta en algunas serpientes, como la serpiente de cascabel. Está formado por dos estructuras localizadas entre los ojos y la boca. En ellas se encuentran receptores capaces de captar las radiaciones infrarrojas, es decir, el calor emitido por otros cuerpos. Esto les permite detectar la presencia de otros animales aun cuando no puedan verlos.
– Órgano de Jacobson. En las serpientes y en muchos lagartos se presenta un órgano vomeronasal formado por un par de fosetas palatinas cubiertas con un epitelio rico en quimiorreceptores. Capta las partículas odoríferas del ambiente que recoge la lengua bífida. En este órgano también existen receptores específicos para feromonas.
– El sentido de la migración. Algunos animales que realizan grandes migraciones son capaces de orientarse gracias a su capacidad para percibir el campo magnético terrestre. Entre estos animales se encuentran peces, aves y mamíferos, como delfines y ballenas.
– Ecolocalización. Mamíferos como los murciélagos o los delfines son capaces de detectar las ondas producidas por el eco. Para ello emiten un ultrasonido de baja frecuencia que, cuando choca con un objeto, produce un eco que puede ser detectado. Esto les permite orientarse y desplazarse incluso en la oscuridad.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**31** El sistema esquelético o esqueleto es una estructura o conjunto de estructuras, que en muchos animales funcionan conjuntamente con el sistema muscular para llevar a cabo su movimiento. El sistema esquelético constituye el componente estático del aparato locomotor, mientras el sistema muscular es la parte dinámica.

| Hidroesqueleto | Animales |
|---|---|
| **Hidroesqueleto** | Cnidarios, platelmintos, nematodos y anélidos |
| **Exoesqueleto** | Artrópodos |
| **Endoesqueleto** | Vertebrados |

**32** Los animales pueden responder a un estímulo mediante tres tipos de secreciones: secreciones glandulares (ligadas a la homeostasis de vertebrados), secreciones neuronales (sobre todo en invertebrados) y feromonas (relacionadas con el comportamiento).

– Secreciones glandulares. En este tipo de respuestas, los órganos efectores son glándulas. Según la naturaleza de las sustancias que producen y del lugar al que las vierten, se distinguen tres tipos de glándulas: exocrinas, endocrinas y mixtas.

– Secreciones neuronales. Los órganos efectores en este tipo de respuesta son neuronas secretoras, encargadas de segregar un tipo de hormonas llamadas neurohormonas.

– Feromonas**.** La secreción de estas sustancias, de composición química muy variada, se debe a la actividad de órganos efectores, glándulas, o son productos metabólicos que se expulsan al medio con la excreción o con la defecación. Las feromonas son captadas por quimiorreceptores de otros animales de su misma especie e intervienen en funciones relacionadas con el comportamiento.

Pág. 352

**PARA REPASAR**

**33** Los órganos de los sentidos en los artrópodos son:

Los órganos de la vista que contienen fotorreceptores, los ojos de dos tipos, ocelos y ojos compuestos.

Los órganos timpánicos para la audición, en algunos insectos, que contienen mecanorreceptores.

Los órganos del equilibrio o estatocistos que contienen mecanorreceptores, situados normalmente en las antenas.

Los sentidos del gusto y olfativos formados por quimiorreceptores.

El órgano del tacto con mecanorreceptores en los palpos y antenas.

**34** Los cefalópodos tienen ojos en cámara, parecidos a los de vertebrados, formados por un globo ocular en cuyo fondo se agrupan los fotorreceptores, que son de dos tipos: conos y bastones. Son sensibles tanto a la intensidad de la luz como a sus diferentes longitudes de onda; es decir, son capaces de percibir tanto luces y sombras como colores.

**35** a) 4; b) 5; c) 1; d) 3; e) 2.

**36** **a)** A. Esclerótica; B. Córnea; C. Pupila; D. Cristalino; E. Nervio óptico y F. Retina.

**b)** Capa esclerótica: función protectora.

Córnea: permite el paso de la luz a las porciones interiores y protege el iris y el cristalino.

Pupila: situada en la parte central del iris, permite el paso de la luz.

Cristalino: es una lente biconvexa situada entre el iris y el humor vítreo, permite enfocar los objetos.

Nervio óptico: convierte la luz que le llega en impulsos nerviosos.

Retina: está constituida por tejido fotorreceptor, formada por los conos y los bastones, la luz penetra en el interior del ojo a través de la retina.

**37** En los vertebrados los órganos del equilibrio están en el oído interno (con otolitos) y los de la audición también se encuentran en el oído interno.

**38** La pituitaria roja es una mucosa que recubre el interior de las fosas nasales y se encarga de filtrar, calentar y humedecer el aire. La pituitaria amarilla está localizada en la zona superior y agrupa los quimiorreceptores olfativos.

**39** Los botones gustativos son un conjunto de quimiorreceptores que deben permanecer siempre húmedos.

**40** Dejarían de percibir su posición, la profundidad a la que se encuentran o incluso la presencia de otros animales en sus proximidades.

**41** No es necesaria la presencia de orejas en los mamíferos acuáticos porque en el agua el sonido se transmite más rápidamente que en el aire.

**42** **a)** En un pulpo el osfradio tiene mecanorreceptores y quimiorreceptores que le permiten determinar ciertas características químicas del agua.

**b)** En un pez la línea lateral tiene células mecanorreceptoras que detectan cualquier vibración del agua, y gracias a este órgano detectan las corrientes y la presión del agua.

**43** Las aves carecen de pabellones auditivos u orejas que ayuden a localizar la procedencia del sonido, por eso tienen que girar la cabeza en dirección al sonido para percibirlo.

**44** Los animales ecolocalizadores emiten ultrasonidos que cuando chocan con un objeto rebotan y el eco que se produce les permite obtener información sobre la forma, distancia y dirección del objeto. Los murciélagos utilizan la ecolocalización de forma tan eficaz que son capaces de capturar pequeños insectos voladores incluso en la oscuridad total.

**45**

| Componente | Órgano de los sentidos |
|---|---|
| Retina | Ojo |
| Pituitaria roja | Nariz |
| Otolitos | Oído |
| Trompa de Eustaquio | Oído |
| Córnea | Ojo |
| Botones gustativos | Lengua |
| Columela | Oído |
| Fóvea | Ojo |
| Caracol | Oído |

**46** El aparato locomotor es el encargado de llevar a cabo las respuestas motoras que implican un desplazamiento. El aparato locomotor en los vertebrados está constituido por el sistema muscular (conjunto de músculos) y el sistema esquelético (conjunto de huesos o esqueleto interno).

**47** Los peces condrictios tienen un esqueleto más blando, formado por tejido cartilaginoso, por lo que también se les conoce como peces cartilaginosos.

**48** Se consideran animales vertebrados aquellos que poseen un esqueleto interno con columna vertebral compuesta por vértebras. Los erizos de mar poseen un esqueleto interno constituido por numerosas piezas calcáreas unidas rígidamente entre sí.

**49** En los moluscos, el órgano de locomoción es el pie musculoso, más o menos transformado según los grupos. Los cefalópodos presentan, además del pie, aletas, cuyo movimiento en animales como la sepia constituye el mecanismo principal de locomoción.

**50** Las alas de los insectos no son apéndices sino expansiones laterales del tórax que se articulan con el cuerpo y se mueven mediante músculos motores. Presentan gran variedad de modificaciones para adaptarse al tipo de vida; en algunos insectos, la transformación de las alas las ha inhabilitado para el vuelo.

**51** Las alas de las aves son las extremidades anteriores, que han sido transformadas y cubiertas de plumas. Intervienen en el vuelo, junto con la cola y las patas traseras. Según su hábitat y modo de vida, las aves pueden presentar uno o más mecanismos de locomoción, en el aire, en el agua y en la tierra. Muchas aves han perdido la capacidad de volar y otras han adquirido otras capacidades, como el buceo.

**52** Las hormonas se producen en las glándulas endocrinas o de secreción interna, mientras que las neurohormonas las producen neuronas secretoras.

**53** Las feromonas son secreciones exocrinas ya que se vierten al exterior con la excreción o la defecación.

**54** Porque la cavidad del tubo digestivo comunica con el exterior y las glándulas exocrinas vierten al exterior o a cavidades que comunican con el exterior.

Pág. 353

**PARA PROFUNDIZAR**

**55** Los fotorreceptores son receptores sensibles a la luz encargados de detectar los estímulos luminosos. Hay una gran variedad de fotorreceptores, desde simples células fotosensibles, que se distribuyen al azar por la superficie del cuerpo, hasta los ojos en cámara de los cefalópodos y los vertebrados. Los órganos de visión que contienen los fotorreceptores son los siguientes:

| Órganos de visión | Animales que los presentan |
|---|---|
| Manchas oculares | Cnidarios |
| Copas oculares | Platelmintos de vida libre y ectoparásitos |
| Tipo ocelo | Anélidos y algunos gasterópodos |
| Dos tipos de ojos: tipo ocelo y ojos compuestos | Artrópodos |
| Ojos tipo cámara como los de los vertebrados | Cefalópodos |
| Ojos tipo cámara formados por el globo ocular y órganos anexos | Vertebrados |

**56** En los invertebrados los órganos sensitivos que presentan mecanorreceptores son:

Los órganos de la audición, que agrupan un tipo de mecanorreceptor, los fonorreceptores o receptores de ondas sonoras. Solo algunos insectos, crustáceos y arácnidos presentan esta clase de órgano.

Los órganos del equilibrio, que están constituidos por georreceptores, mecanorreceptores que informan sobre la posición del animal y sus variaciones. Se denominan estatocistos y se encuentran en todos los grupos de invertebrados de vida libre, salvo en poríferos.

El tacto, que está representado en los animales invertebrados por mecanorreceptores de distintos tipos (térmicos, químicos, nociceptores…), que, por lo general, no se agrupan en órganos concretos y se distribuyen por todo el cuerpo. A pesar de esto, en algunos grupos destaca la función táctil de determinados órganos, como los palpos y antenas.

En los vertebrados los órganos sensitivos que presentan mecanorreceptores son el tacto, que se encuentra distribuido por toda la piel del animal; el órgano del equilibrio, que está en el oído interno, y el oído u órgano de la audición. En los peces la línea lateral también tiene este tipo de receptores, que captan las vibraciones del agua.

**57** **a)** Los pulpos son cefalópodos que poseen ojos en cámara muy parecidos a los de los vertebrados. Sus ojos son capaces de percibir luces y sombras, además de colores.

**b)** El pulpo de la experiencia anterior, gracias a que sus ojos diferenciaban los colores, relacionaba la bola de color

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

verde con el alimento y la bola de color rojo con la descarga eléctrica: por tanto, evitaba cualquier contacto con esta última.

**c)** La finalidad de variar las bolas de posición durante la experiencia es descartar que el pulpo accionara una u otra por la posición, así nos aseguramos que realmente acciona la bola porque diferencia el color y la asocia con la disponibilidad de alimento.

**58** a) 2: Los insectos voladores tienen un elevado número de facetas por ojo lo que les permite tener mayor campo visual.

b) 3: Los insectos endoparásitos tienen un escaso número de facetas por ojo, ya que no necesitan tener una buena visión puesto que no tienen que ir en busca de comida.

c) 1: Los insectos nocturnos tienen facetas de gran superficie en el ojo para captar la mayor cantidad de luz posible.

**59** Un mamífero, ya que es endotermo y regula su temperatura produciendo calor metabólicamente o activando la pérdida de calor.

**60** **a)** El modelo B permite una amplia área de visión estereoscópica y A, un mayor campo de visión.

**b)** Visión tipo A: sardina, cocodrilo y caballo.

Visión tipo B: chimpancé, búho y rana.

**c)** La visión de los animales depredadores nocturnos es la del modelo B, ojos frontales y mayor campo de visión estereoscópica.

**61** **a)** Los canales semicirculares del oído interno son los encargados del equilibrio dinámico, permiten apreciar los giros y los movimientos rotatorios a los que está sujeta la persona.

**b)** Se localiza en el oído interno.

**c)** Al girar la cabeza, la endolinfa que se encuentra en los canales semicirculares se mueve, el líquido desplaza miles de cilios microscópicos del interior de los canales, que transmiten señales nerviosas al cerebro sobre la posición de la cabeza. Y, en menos de un segundo, el cerebro envía información a los músculos adecuados para que podamos mantener el equilibrio.

**d)** En ocasiones, la endolinfa se sigue moviendo cuando ya hemos dejado de girar la cabeza, por eso es posible que nos mareemos. El cerebro estaría recibiendo dos mensajes contradictorios y no conoce cuál es exactamente la posición de la cabeza. En cuanto la endolinfa deja de moverse, el cerebro recibe la información adecuada, se recupera el equilibrio y la sensación de mareo desaparece.

**62** La ceguera puede deberse a una disfunción en el nervio óptico que conduce la información nerviosa hasta el cerebro.

**63** Las sensaciones que causan los alimentos son sabores, no solo gustos, ya que implican tanto al gusto como al olfato.

**64** R. L.

**65** R. L.

Pág. 355

**CIENCIA EN TU VIDA**

**66** Los beneficios del uso de feromonas para el control de plagas son:

– En un gran número de plagas y cultivos, la lucha biológica es una alternativa al control químico mediante productos fitosanitarios.

– Bajo ciertas condiciones, el método de empleo de feromonas permite reducir apreciablemente la población existente y contribuye al control de la plaga.

– Mediante el uso de trampas con feromonas se obtiene información sobre la dinámica de poblaciones y el momento de aplicación de los tratamientos.

**67** R. L.

**68** Cada plaga tiene su ciclo biológico y un número de generaciones al año, por lo que es necesario saber en cada lugar en qué momentos está activa la plaga en estado adulto y las distintas generaciones, que varían en función de la temperatura. Las trampas se deben colocar antes del inicio de la primera generación y tienen que ser adecuadas al tamaño del insecto y al nivel de su población. Por ello, no se recomienda colocar difusores de feromonas para diferentes especies en una misma trampa.

**69** La función de las trampas es atraer al mayor número posible de individuos de una especie y de esta forma obtener información para intervenir a tiempo sobre la plaga:

– Los primeros insectos que son capturados en la trampa permiten determinar la fecha de aparición y actividad de los adultos.

– Un recuento semanal de insectos capturados permite establecer la curva de vuelo de la especie en la zona.

– El seguimiento a largo plazo de las capturas muestra la evolución en el tiempo de la plaga (el incremento o descenso de la población).

– La ausencia de capturas en la trampa indica ausencia de insectos.

**70** Entre las funciones de los ingenieros agrónomos están:

– Asistir y adiestrar técnicamente a los agricultores y productores agropecuarios.

– Planificar y realizar estudios e investigaciones sobre el manejo de agrosistemas sostenibles.

– Redactar proyectos de diseño y construcción de infraestructuras agropecuarias.

– Desarrollar proyectos de mejora genética y agronómica, como el control de plagas y enfermedades en plantas y animales.

**71** Los ingenieros agrónomos idean y ponen en funcionamiento programas para valorar y gestionar el uso de los recursos naturales renovables, basados en el respeto al medio ambiente y en I+D, y desarrollan proyectos de obtención de biocombustibles en el campo de la agroenergética.

**Introducción y recursos** . . . . . **773**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 774
- Previsión de dificultades . . . . . 775
- Esquema conceptual . . . . . 775
- Te recomendamos . . . . . 776

**Enseñanza individualizada** . . . . . **777**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 778
    - Ficha 1. Análisis de esquemas de control hormonal mediante retroalimentación . . . . . 778
    - Ficha 2. Descripción de un esquema fisiológico . . . . . 779
  - Trabaja con imágenes . . . . . 780
    - Ficha 3. Actos voluntarios . . . . . 780
    - Ficha 4. Regulación de la metamorfosis y la muda . . . . . 781
  - Trabajos de aula . . . . . 782
    - Ficha 5. La conexión entre músculos y nervios . . . . . 782
    - Ficha 6. La regulación de los jugos gástricos . . . . . 783
    - Ficha 7. Las neurotoxinas . . . . . 784
    - Ficha 8. Las hormonas del deporte . . . . . 785
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 786
    - Ficha 9. Las meninges . . . . . 786
    - Ficha 10. La médula suprarrenal: acción hormonal . . . . . 787

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **789**

- Autoevaluación . . . . . 791
- Evaluación de contenidos . . . . . 792
  - Controles . . . . . 792
    - Control B . . . . . 792
    - Control A . . . . . 794
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 796
- Evaluación por competencias . . . . . 802
  - Prueba . . . . . 802
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 804

**Solucionario** . . . . . **807**

# Introducción y recursos

# COORDINACIÓN NERVIOSA Y HORMONAL EN ANIMALES

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

Los animales poseen un sistema de coordinación muy rápido que les permite integrar en poco tiempo la información recibida por los sentidos, elaborar una respuesta y ejecutarla; es el sistema nervioso, que bien podemos considerar como aquello que hace del comportamiento animal algo tan diferente al del resto de seres vivos.

Pero los animales poseen otro sistema de coordinación, no basado en rápidos impulsos electroquímicos, sino en sustancias químicas que actúan por contacto con sus receptores distribuidos por diversas células del organismo. Es el sistema endocrino u hormonal.

Ya hemos estudiado un sistema hormonal en las plantas, pero en los animales el sistema hormonal tiene dos características que lo hacen diferente al de las plantas. En primer lugar, el transporte de las hormonas por el interior del organismo es rápido, aunque no tanto como los impulsos nerviosos, porque se realiza por el aparato circulatorio, que cuenta en la mayor parte de los animales con un órgano que impulsa y acelera la circulación: el corazón. En segundo lugar, porque sus acciones se ven complementadas por la acción del sistema nervioso. De hecho, el sistema hormonal puede ser estudiado como un sistema de coordinación o simplemente como un sistema a través del cual el sistema nervioso ejecuta sus respuestas ante los estímulos externos o internos.

En el presente tema vamos a abordar todas estas cuestiones.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Sistema nervioso y hormonal en animales.<br>• Sistema nervioso de los invertebrados.<br>• Sistema nervioso de los vertebrados: anatomía y función.<br>• Coordinación hormonal.<br>• Sistema hormonal de los vertebrados. |
| SABER HACER | • Elaborar e interpretar los circuitos nerviosos que explican la realización de los diferentes tipos de actos de los animales vertebrados. |
| SABER SER | • Practicar y promover un estilo de vida respetuoso con la salud de nuestros sistemas de coordinación. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

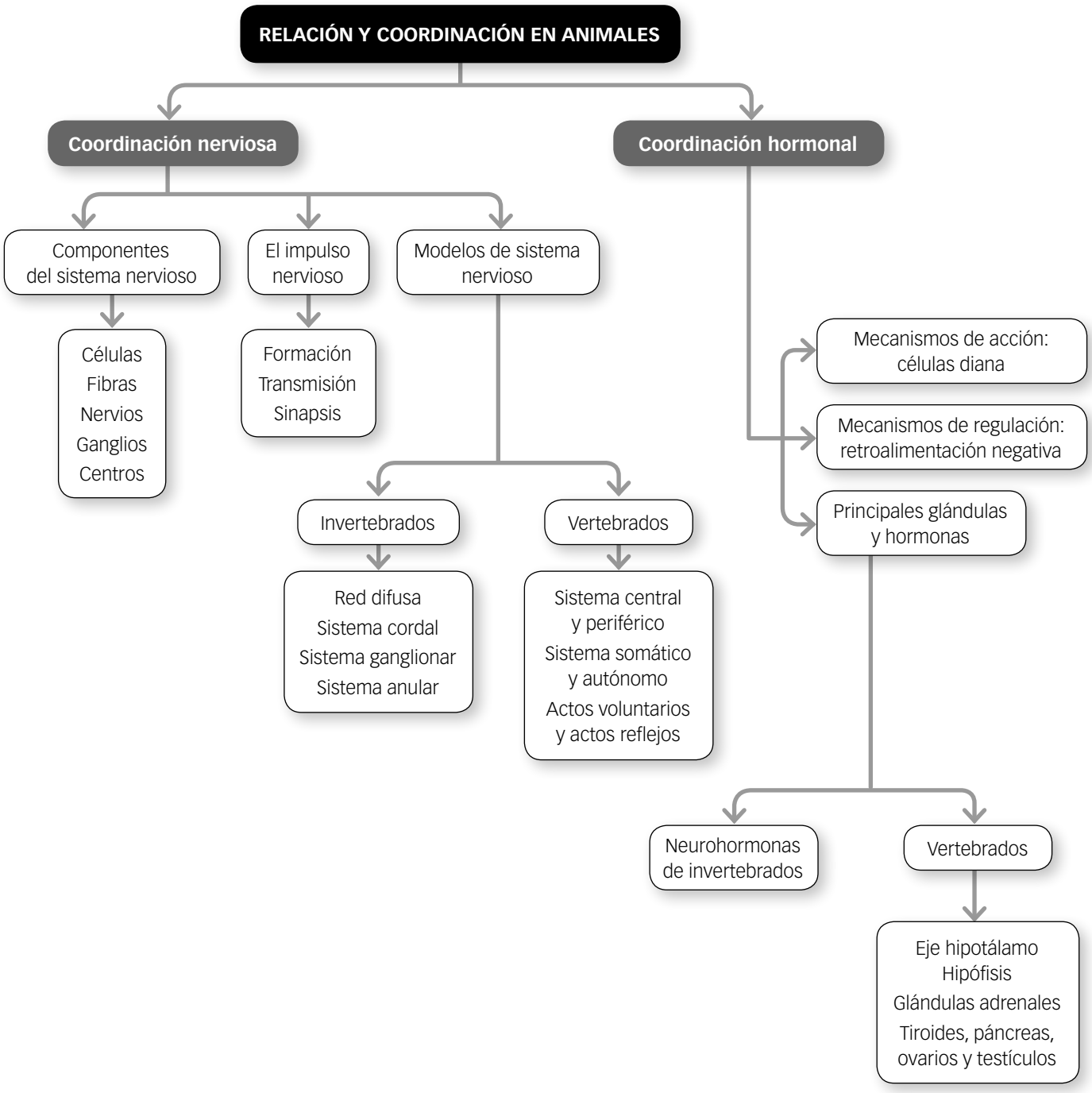
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Para la comprensión de la estructura de los sistemas nervioso y hormonal, puede ser conveniente repasar lo aprendido en la unidad correspondiente a los tejidos animales sobre el tejido nervioso y el tejido epitelial glandular.

Para la comprensión de la naturaleza del impulso nervioso y su mecanismo de transmisión, también puede ser conveniente recordar los conceptos adquiridos sobre la estructura celular y concretamente, sobre la membrana plasmática.

Como se estudia el sistema nervioso y hormonal en diferentes grupos de animales, convendrá refrescar los conceptos adquiridos sobre la diferenciación y caracterización de los diferentes grupos taxonómicos del reino Animal.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Proyecto Biosfera**
Página oficial del Ministerio de Educación, Cultura Y Deporte. Posibilidades de seleccionar diferentes unidades del currículum de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *proyecto biosfera 1.º bachillerato reino animal sistema nervioso/endocrino.*

**Nuestro cuerpo en un clic**
Página de recursos educativos, con abundancia de láminas de anatomía y prácticas de laboratorio. El nivel es de 3.º de la ESO y puede servir de repaso de las ideas básicas para el presente curso.
Palabras clave: *educalab.es nuestro cuerpo en un clic funciones de relación sistema nervioso/ hormonal.*

**Recursos de Educ.ar**
Página web del Ministerio de Educación argentino con ejercicios para realizar en ordenador personal sobre diversas materias, también sobre el sistema nervioso y el sistema endocrino.
Palabras clave: *educ.ar recursos sistema nervioso/endocrino.*

### APP PARA TABLETAS Y SMARTPHONES

***Anatomicus Anatomy Apps.* Tarjetas de anatomía**
(Android). Imágenes agrupadas en fichas de anatomía humana. Incluye el sistema nervioso. El idioma usado es el inglés.

## LIBROS Y REVISTAS

***El cerebro humano: libro de trabajo***
**M. C. Diamond; Arnold B. Scheibel y L. M. Elson**. Editorial Ariel, 2014.
Libro práctico para el estudio del cerebro humano, desde niveles muy básicos hasta para estudiantes de Medicina. 320 páginas.

***Cómo se comunican las neuronas***
**Juan Lerma.** Editorial Los Libros de la Catarata, 2010.
Libro de divulgación de un miembro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) sobre el funcionamiento del sistema nervioso. 78 páginas.

***Hormonas: mensajeros químicos y comunicación celular***
**Jesús Adolfo García-Sainz.** Fondo de Cultura Económica de España, 2008.
Libro de divulgación escrito por un especialista que explica los mecanismos de acción de las hormonas. 119 páginas.

***Las hormonas***
**Ana Aranda.** Editorial Los Libros de la Catarata, 2015.
Libro de divulgación sobre la naturaleza y modo de acción de las hormonas. 110 páginas

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***Viaje al Interior del cuerpo humano***. National Geographic, febrero de 2010.
Viaje al interior del cuerpo humano en las diferentes etapas de desarrollo del organismo. Hay especiales referencias a la coordinación nerviosa y hormonal. Accesible también *on-line*.

***Sistema nervioso humano - neurona: documental completo.*** Ciencias Educativas S. A., febrero de 2015.
Documental ofrecido *on-line.* Muestra una explicación animada de la estructura y funcionamiento de la neurona.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

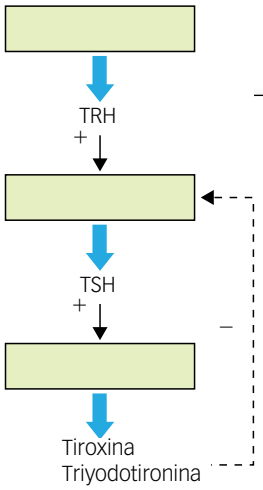
# Análisis de esquemas de control hormonal mediante retroalimentación

Observa la figura adjunta y realiza las siguientes actividades:

a) Completa el esquema con las glándulas y otros órganos que faltan.

b) Analiza y explica el significado del esquema.

| | |
|---|---|
| | Glándulas endocrinas |
| TRH | Hormona liberadora de tirotropina |
| TSH | Hormona estimulante de la tiroides |
| ------→ | Inhibición |
| ——→ | Estimulación |

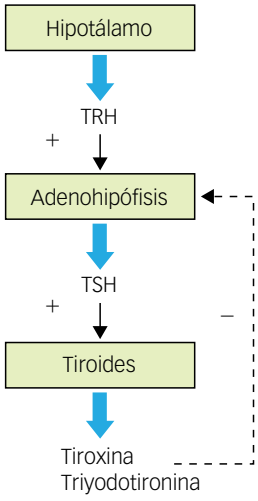



La figura representa un esquema de la secreción de las hormonas tiroxina y triyodotironina, así como la regulación de su producción por retroalimentación negativa.

En él se incluyen tres cuadrados que representan glándulas endocrinas relacionadas mediante flechas con las hormonas que producen. Las flechas o líneas con signos positivos (+) indican estimulación de la glándula endocrina para producir la/s hormona/s, y los signos negativos (–) significan inhibición de la glándula para reducir o anular la producción de hormona/s. Estos esquemas suelen ser representados en cascada, ya que la estimulación de una glándula activa la producción de una hormona que a su vez estimula otra glándula, etc.

**a)** Los órganos y glándulas que no están identificados con un nombre son el hipotálamo en la parte superior, productor de la hormona TRH, que estimula la adenohipófisis, glándula que figura en el medio del esquema, y que a su vez produce la hormona TSH. La glándula que figura en la parte inferior, productora de tiroxina y triyodotironina, es la tiroides. Todas las hormonas liberadoras son producidas exclusivamente por el hipotálamo, y siempre actúan sobre la adenohipófisis.

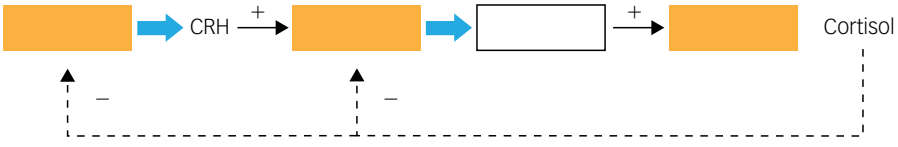
**b)** Para explicar el esquema hay que fijarse en los signos de las líneas que relacionan glándulas y hormonas. Estos signos indican que debe existir algún tipo de regulación de la producción de dichas hormonas para conservar la homeostasis.




La secreción de hormonas del tiroides se regula mediante mecanismos de retroalimentación negativa, ya que existe una línea discontinua que relaciona dichas hormonas con la adenohipófisis. Esto significa que existirá una inhibición de su secreción, pues la concentración de las hormonas es percibida como adecuada o elevada por sus acciones fisiológicas. La inhibición es indirecta, ya que no se actúa directamente sobre la tiroides, sino sobre otra glándula que, a través de la TSH, estimula la producción. En el caso de que las concentraciones de las hormonas de la tiroides disminuyan hasta valores no funcionales, se estimula la secreción de TSH y así también la formación de tiroxina y triyodotironina por la glándula tiroides.

## PRACTICA

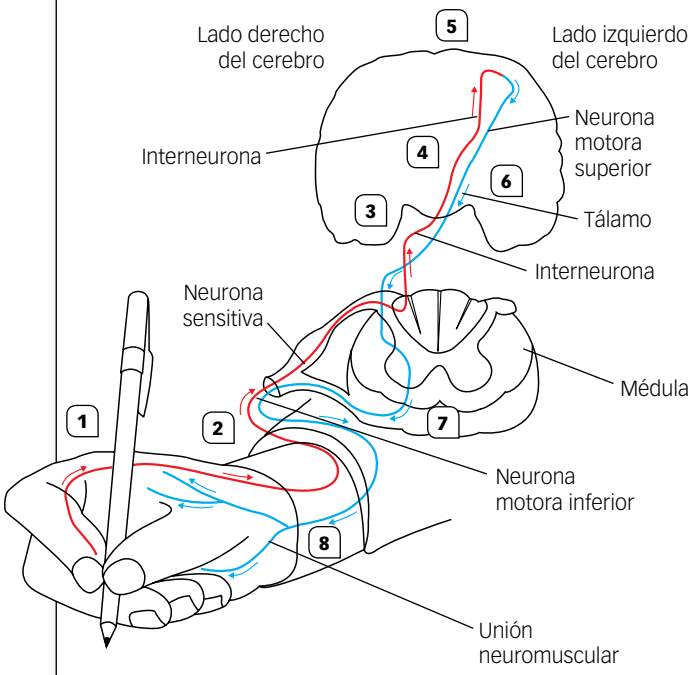
**1** Explica y analiza el esquema adjunto, identificando las glándulas y hormonas que faltan. ¿Qué efecto tendrá en el esquema la supresión de la hormona CRH?




 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Descripción de un esquema fisiológico

Describe los ocho sucesos mostrados en la imagen sobre el funcionamiento del sistema nervioso durante el acto de escribir.




En la imagen se muestra el recorrido de los impulsos nerviosos por la mano, la médula espinal y el cerebro, tanto de ida como de vuelta, es decir, las trayectorias de los nervios sensitivos y de los nervios motores.

Para responder a esta pregunta es preferible que la dividas en dos partes, en la primera describe el recorrido de la sensación táctil desde la mano hasta el cerebro, y en la segunda describe los pasos que se siguen para que se produzca la respuesta.

### La sensación

1) Cuando se sujeta un objeto como el bolígrafo se genera una serie de potenciales en los **receptores sensitivos** de la piel de los dedos.
2) Estos potenciales estimulan al axón de la **neurona sensitiva** para que genere un potencial de acción nervioso, el cual se dirige a lo largo del axón hasta el sistema nervioso central, entra por las astas posteriores en la médula y, por último, causa la liberación de neurotransmisores en la sinapsis con una **interneurona**.
3) El neurotransmisor estimula a la interneurona para que provoque un potencial de acción en sus dendritas y en su cuerpo celular.
4) En respuesta a este potencial, el axón de la interneurona transmite un impulso nervioso. Este se desplaza a lo largo del axón, y de ello resulta la liberación de neurotransmisores en la siguiente sinapsis con otra interneurona. Este proceso ocurre en el **tálamo** del hemisferio contrario del cerebro del lado en que se produjo el estímulo.
5) Las interneuronas activadas una y otra vez se encuentran en los sectores superiores del encéfalo. La percepción se produce en la parte externa del cerebro, en la **corteza cerebral**, y es entonces cuando percibimos la superficie lisa del bolígrafo sostenido entre los dedos.

### La respuesta

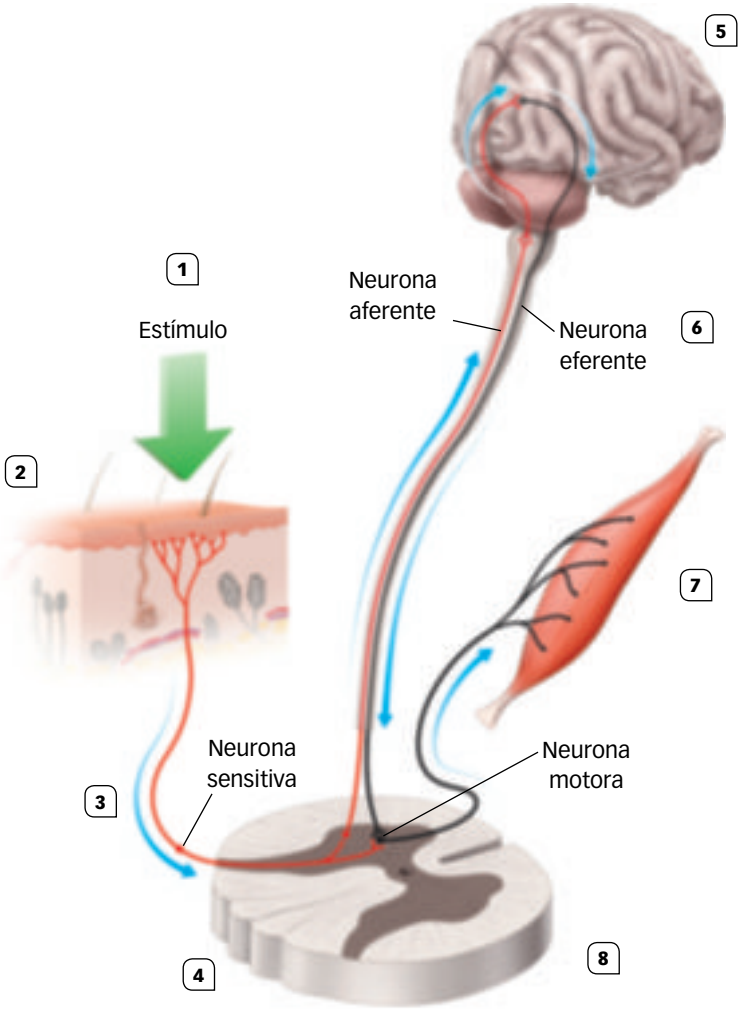
6) Un estímulo en el cerebro produce la generación de un potencial en las dendritas y el cuerpo celular de una **neurona motora superior**, que hará sinapsis con otra neurona motora inferior en la médula espinal. Baja por el mismo lado que subió el estímulo.
7) El potencial de la **neurona motora inferior** desencadena un potencial de acción nervioso. Este potencial se transmite por el axón que sale del asta anterior de la médula, y luego se produce una liberación de neurotransmisores en la **unión neuromuscular** que se forma con las fibras musculares esqueléticas que controlan el movimiento de los dedos.
8) El neurotransmisor estimula la formación de un potencial de acción muscular en estas fibras musculares. Este potencial de acción determina la contracción de las fibras musculares de los dedos, lo cual nos permite escribir con el bolígrafo.

## PRACTICA

**1** Lee el siguiente texto y explica el proceso descrito mediante un esquema:

*Las neuronas activadoras e inhibidoras están relacionadas por un sutil equilibrio. La **estricnina** es un veneno letal que se une a los receptores de las neuronas inhibidoras de los músculos. Esto impide que actúe el neurotransmisor común (glicina), provocando que los músculos se contraigan sin su posterior relajación. Un músculo concreto, el **diafragma**, permanece en ese estado y la víctima pierde la capacidad de inspirar: se produce la muerte por **asfixia**.*

# Actos voluntarios




## ACTIVIDADES

**1** Escribe el texto correspondiente a cada número para explicar el circuito nervioso seguido por los actos voluntarios.

**2** Compara el circuito con un arco reflejo, el circuito nervioso de los actos reflejos, e indica qué elementos de este esquema sobran y qué elementos faltan para representarlo adecuadamente.

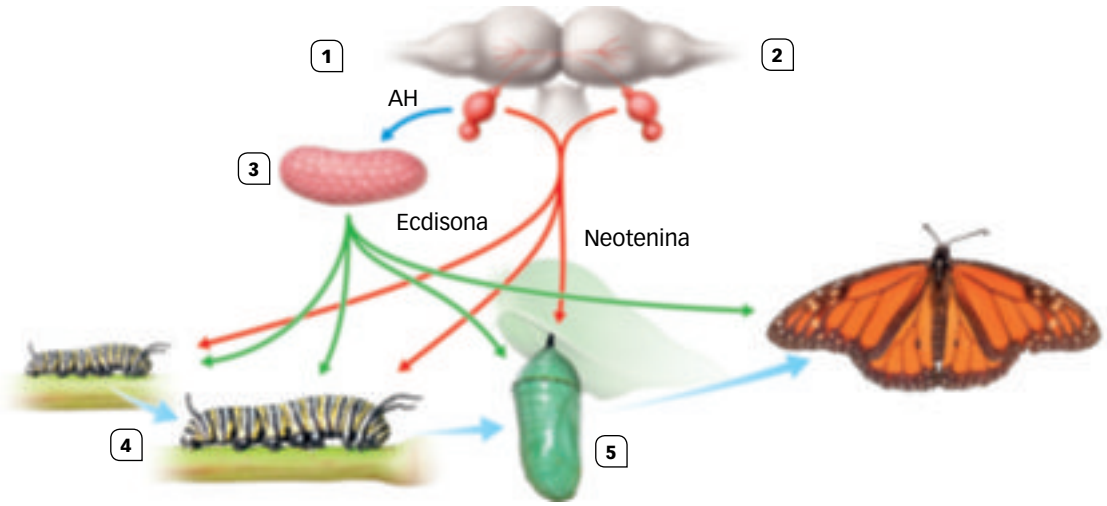
**3** Las flechas azules indican el camino que sigue el impulso nervioso. Explica:

a) La naturaleza del impulso nervioso.

b) ¿Podría el impulso nervioso viajar en sentido contrario al que se ha indicado en el dibujo? Precisa por qué.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Regulación de la metamorfosis y la muda




## ACTIVIDADES

**1** En el esquema de la regulación de la metamorfosis y la muda, aparecen tres hormonas: AH, ecdisona y neotenina.

Indica cuáles de ellas han de considerarse propiamente como neurohormonas y cuáles como hormonas normales segregadas por glándulas.

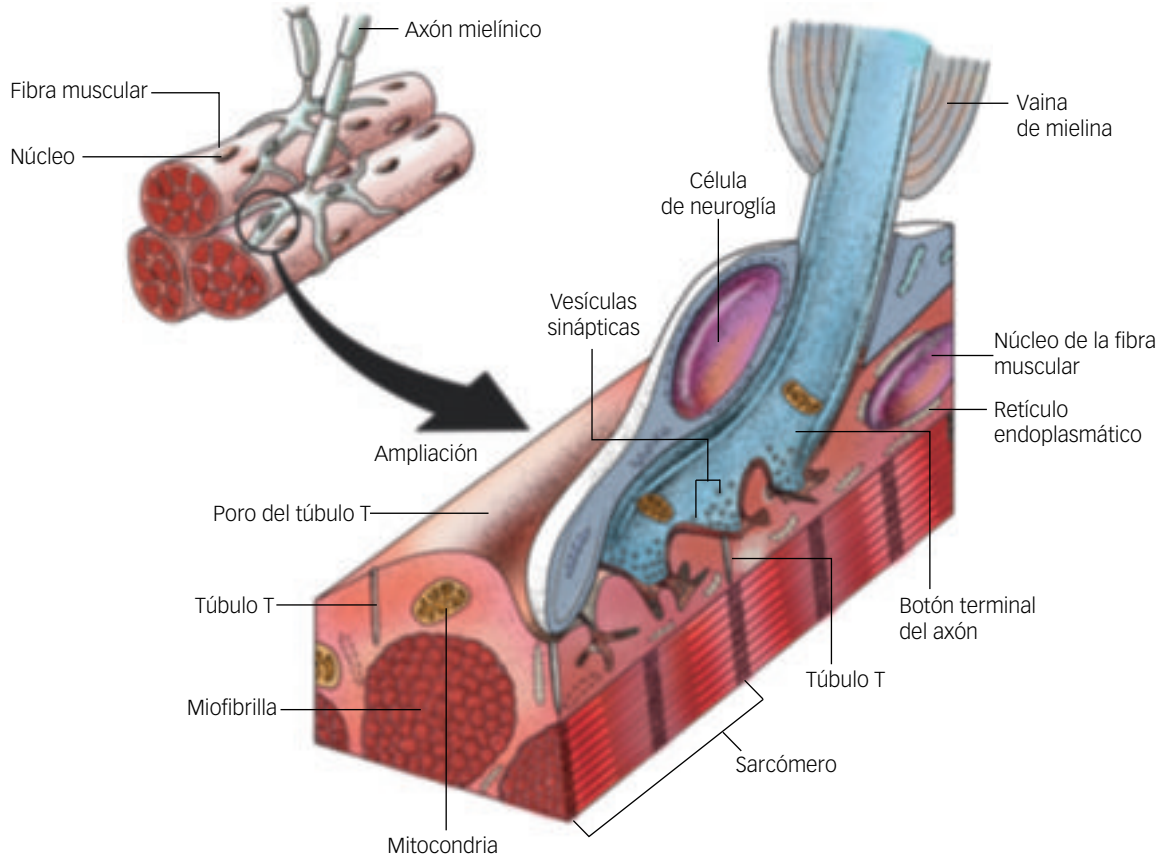
**2** ¿Qué dos hormonas de las representadas en el esquema pueden considerarse como hormonas antagónicas? Explícalo.

**3** Escribe el texto correspondiente a cada número para explicar la regulación hormonal de la metamorfosis y la muda en los insectos.

# La conexión entre músculos y nervios

La misión de las fibras musculares es contraerse, pero para ello deben antes recibir las órdenes oportunas del sistema nervioso, de modo que debe existir una íntima conexión entre las neuronas y las fibras musculares. Esta conexión ocurre en las denominadas **uniones mioneurales**, que son uniones funcionales que se establecen entre las terminaciones de los axones de las neuronas y las fibras musculares. Son uniones funcionales y no anatómicas porque las membranas del axón y de la fibra muscular no se tocan, ya que hay un espacio entre ellas similar al que existe en la conexión entre dos neuronas o sinapsis.

Los extremos de los axones de las neuronas están algo dilatados y se denominan **botones terminales**. En ellos se acumula una sustancia denominada **acetilcolina**, dentro de unas pequeñas estructuras membranosas llamadas **vesículas sinápticas**. Cuando llega un impulso nervioso al botón terminal, la acetilcolina de las vesículas sinápticas se libera al espacio o **hueco sináptico** existente entre el axón y la membrana de la fibra muscular. La acetilcolina es un transmisor químico, puesto que actúa sobre la membrana de la fibra muscular provocando en esta un fenómeno similar al del impulso nervioso en las neuronas. La estimulación originada en la membrana de la fibra muscular (sarcolema) se transmite al interior de esta a través de unas invaginaciones de la membrana, que forma unos conductos (los **túbulos T**), llamados en conjunto **sistema-T**; estos están conectados al retículo sarcoplásmico que rodea a las miofibrillas, de modo que la estimulación del impulso nervioso llega muy rápidamente a ellas.




## ACTIVIDADES

**1** ¿Qué detalles estructurales son comunes, y cuáles son diferentes, entre una sinapsis y una unión mioneuronal?

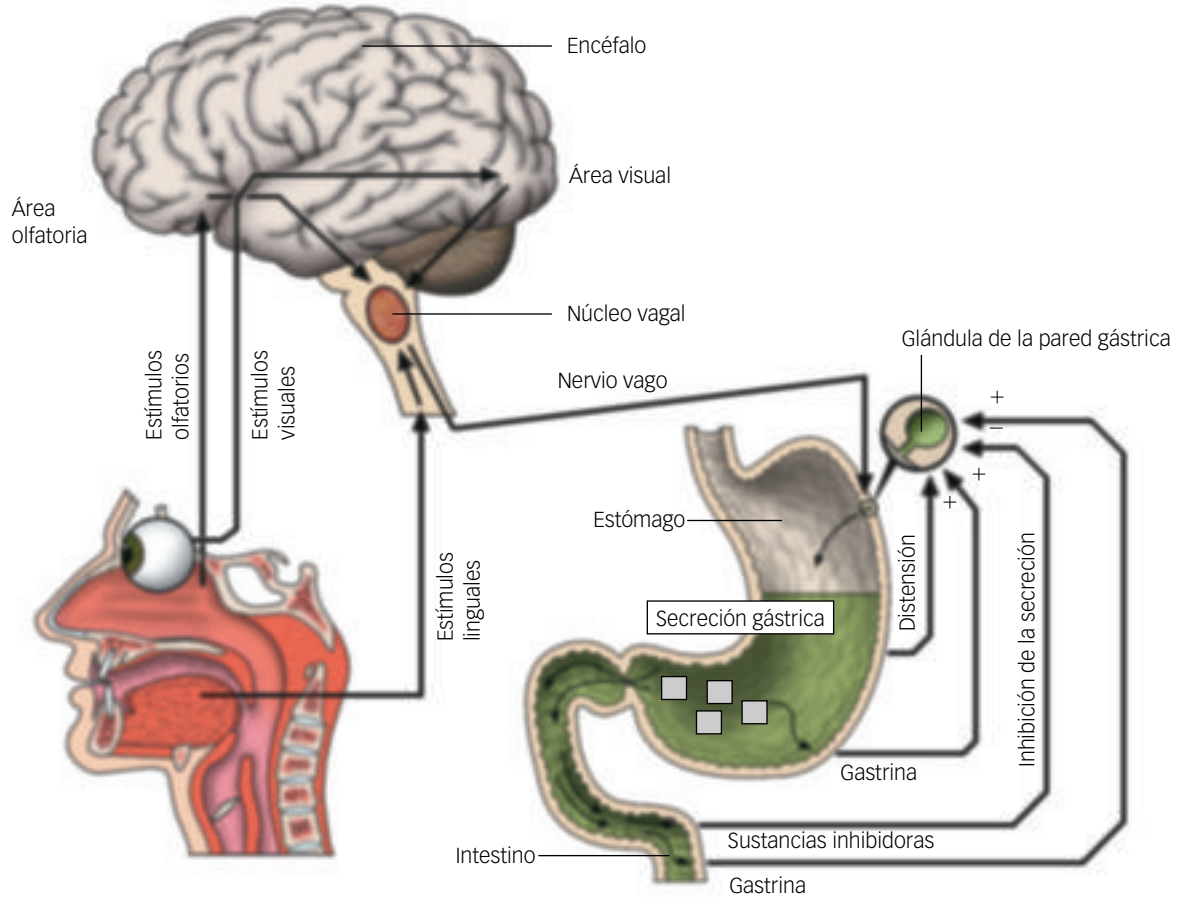
**2** ¿Qué le ocurriría a una fibra muscular a la que se le suministrara artificialmente acetilcolina?

**3** En el dibujo esquemático de la unión mioneuronal aparece un tipo celular diferente a la neurona y a la fibra muscular. ¿Cuál es? ¿A qué tejido pertenece? ¿Cuáles son sus funciones?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# La regulación de los jugos gástricos

Las glándulas de la pared gástrica se activan por impulsos olfatorios, visuales y linguales, a través del núcleo vagal y el nervio vago. La distensión y la presencia de aminoácidos en el estómago e intestino provocan la secreción de gastrina, que a su vez activa las glándulas gástricas.




## ACTIVIDADES

**1** El funcionamiento del estómago supone un ejemplo de integración de todos los componentes que rigen las funciones de relación.

a) ¿Cuáles son los componentes que recogen los estímulos externos e informan al sistema nervioso central (concretamente al encéfalo)?

b) ¿Qué tipo de información recibe el sistema nervioso central para que perciba la información procedente del exterior?

c) ¿Qué partes del encéfalo intervienen en la elaboración de la respuesta?

d) ¿Cuál es la respuesta glandular que elabora el núcleo vagal, y que se transmite por el nervio vago?

e) Las fibras nerviosas que llevan información del núcleo vagal a las paredes gástricas, ¿serán fibras sensitivas o serán fibras motoras?

f) Las paredes del estómago reciben estímulos internos. ¿Qué estímulos son? ¿Qué tipo de respuesta se produce, nerviosa o glandular? ¿Interviene el sistema nervioso en esta respuesta?

g) ¿Qué efectos produce la gastrina? ¿Cómo llega la gastrina hasta las glándulas de las paredes gástricas?

**2** Según los datos anteriores, ¿cómo clasificarías al estómago?, ¿como glándula exocrina, como glándula endocrina, o como glándula mixta? Explícalo.

# Las neurotoxinas

Los neurotransmisores son esenciales para que los impulsos nerviosos salten de una neurona a otra en la sinapsis y, de esta manera, los impulsos sensoriales alcancen los centros nerviosos. Sin embargo, determinadas sustancias actúan como verdaderos venenos nerviosos a nivel de las hendiduras sinápticas, dificultando la transmisión de los impulsos nerviosos entre neuronas: son las **neurotoxinas**. La mayoría son producidas por microorganismos, por plantas tropicales o incluso por animales superiores. Una de las más conocidas neurotoxinas es el **curare**. Su principio activo es un alcaloide que se extrae de las hojas de una planta de la Amazonia y que bloquea los receptores para el neurotransmisor acetilcolina en las sinapsis neuromusculares. Como resultado, no llegan impulsos nerviosos a los músculos, que permanecen en estado permanente de relajación. Si esto ocurre en los músculos respiratorios, se puede producir la muerte de la persona por asfixia. Los indios amazónicos conocían estas propiedades de dichas plantas y untaban desde hace siglos la punta de sus flechas con extractos de ellas. Algunas especies de ranas tropicales de la familia de los Dendrobátidos, caracterizadas por su pequeño tamaño y sus colores muy vistosos, también segregan alcaloides de acción parecida a la del **curare**. Este veneno es utilizado además desde tiempos remotos, por ciertas tribus de indios amazónicos de la zona del Pacífico.

Dos ejemplos de enfermedades producidas por neurotoxinas son el tétanos y el botulismo.

- **El tétanos.** La bacteria *Clostridium tetani*, que vive frecuentemente en diferentes tipos de suelos, no es una bacteria patógena capaz de invadir tejidos animales y sería inofensiva si no fuera porque produce una neurotoxina de naturaleza proteica de potentes efectos. Cuando una herida que no ha sido convenientemente tratada se infecta con bacterias de esta especie, la neurotoxina pasa a la circulación sanguínea y, al llegar a las sinapsis nerviosas, bloquea las sinapsis musculares inhibidoras de la contracción muscular. Como consecuencia, los músculos que se encuentran contraídos por la llegada de impulsos nerviosos ya no se relajan posteriormente y, debido a ello, permanecen permanentemente contraídos: esta situación, denominada tetania muscular, es la vulgarmente conocida como la enfermedad del **tétanos**. Los efectos de esta neurotoxina dependen de los músculos afectados. Si se trata de los músculos torácicos, se puede producir también la muerte por asfixia.
- **El botulismo.** Otra especie del género *Clostridium*, la bacteria *Clostridium botulinum*, produce una neurotoxina extremadamente potente, llamada neurotoxina del **botulismo**. Hay datos que indican que un solo miligramo de esta neurotoxina es capaz de matar a un millón de conejos de experimentación. El efecto de esta neurotoxina es que impide la liberación de acetilcolina en las sinapsis motoras, con lo que se inhibe la contracción muscular y sus efectos son similares a los del curare, solo que es 50 veces más potente que él.

## ACTIVIDADES

**1** Algunas de las neurotoxinas comentadas, en bajas concentraciones, son utilizadas también como medicinas para curar determinado tipo de enfermedades. ¿De qué tipo de enfermedades se tratará? Elige alguna de las siguientes posibilidades y justifica tu elección:

a) Secreción insuficiente de alguna hormona.
b) Contracción descontrolada de algún músculo.
c) Falta de coordinación del cerebelo.
d) Falta de coordinación de la médula espinal.
e) Obstrucción de las vías respiratorias.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Las hormonas del deporte

El espíritu deportivo ha sufrido grandes cambios en poco más de un siglo, que es el tiempo que se llevan realizando las olimpíadas. En sus comienzos, el deporte tuvo un espíritu caballeresco y fue practicado principalmente por estudiantes universitarios e integrantes de las clases medias o medio-altas. En la actualidad, el deporte ha alcanzado tales grados de especialización que su práctica se ha convertido en profesión. La competencia existente entre los deportistas para ser el mejor, para mantenerse en el equipo, ha conducido a unos altísimos niveles de entrenamiento y de competición. Por ejemplo, los jugadores de baloncesto de la NBA americana deben jugar 3 o 4 partidos cada semana. Para soportar estos niveles de entrenamiento, y la propia competición, algunos deportistas optan por ayudarse con sustancias prohibidas. Entre estas sustancias se encuentran los **esteroides anabolizantes**. Estas sustancias promueven la biosíntesis (anabolismo) de moléculas orgánicas, en particular de proteínas. Los más comunes de estos esteroides anabolizantes son las hormonas sexuales masculinas, como la testosterona, de las que se han obtenido algunos derivados sintéticos que tienen la misma misión. Lo que hacen estas hormonas es, entre otras cosas, promover el desarrollo del músculo al estimular la síntesis proteica, restaurar la energía perdida y aumentar el estado de agresividad necesario en ciertos deportes.

Sin embargo, hay muchos efectos negativos ante el abuso de esteroides anabolizantes. En el sexo masculino pueden provocar, por ejemplo, atrofia peniana, disminución en la producción de esperma, reducción de la resistencia a las enfermedades y graves irregularidades cardiacas. El uso continuado de esteroides anabolizantes, como la testosterona en el sexo femenino, puede producir, además de otros efectos comunes también a los del sexo masculino, por ejemplo, un desarrollo del vello facial y otros efectos masculinizantes.

La **hormona del crecimiento** hipofisaria (GH) ha sido utilizada también en el mundo del deporte por sus efectos en el incremento de la masa muscular. Sus efectos secundarios, por lo demás, también conllevan serios riesgos como, por ejemplo, el desarrollo de la acromegalia, ciertas variedades de artritis y un aumento del tamaño de corazón.

## ACTIVIDADES

**1** El consumo de sustancias anabolizantes se denomina popularmente «ciclarse», porque dicho consumo se realiza en ciclos de alternancia entre periodos de ingestión de hormonas y periodos sin ingestión de estas sustancias. ¿Qué crees que se pretende conseguir con los periodos de descanso del tratamiento?

**2** Si las sustancias que se consumen como anabolizantes son naturales, o derivados químicos similares a las hormonas naturales, ¿por qué se prohíbe esta práctica en competiciones deportivas?

**3** Cita algunas hormonas de efectos contrarios a las anabolizantes comentadas en la ficha.

**4** Las hormonas anabolizantes se consideran «dopantes» porque el término «dopaje» abarca a cualquier sustancia prohibida en la práctica deportiva. Sin embargo, hay sustancias dopantes cuya finalidad no es el desarrollo de la musculatura, sino el aumento de la resistencia al esfuerzo físico (estimulantes, analgésicos...). Busca información sobre alguna de estas sustancias y comenta las diferencias respecto a las hormonas anabolizantes.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Las meninges

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Conocer las estructuras de protección del sistema nervioso central y algunas enfermedades asociadas a ellas.

**Contenidos sugeridos.** Anatomía y función de las meninges y del líquido cefalorraquídeo. Causas, síntomas y prevención de la meningitis.

**Fuentes de la investigación**

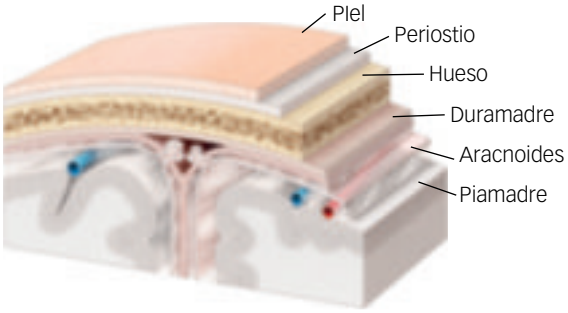
- *MedlinePlus*, enciclopedia médica de la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos, versión en español. Voces «meninges» y «meningitis».
- *El cerebro humano: libro de trabajo*. M.C. Diamond; Arnold B. Scheibel y L. M. Elson. Editorial Ariel, 2014. Libro práctico para el estudio del cerebro humano, desde niveles muy básicos hasta para estudiantes de Medicina.

**Realización.** Equipos de tres alumnos.

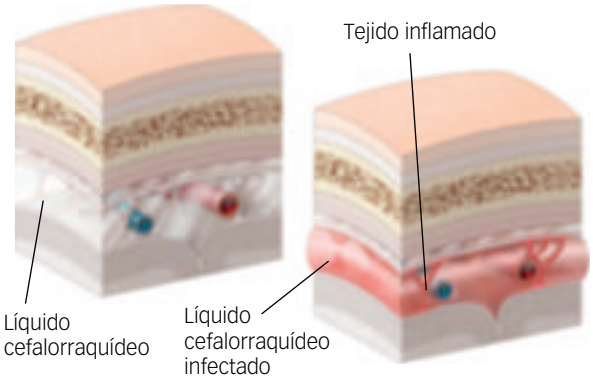
**Duración de la elaboración.** 5 sesiones.

**Presentación de los resultados.** Elaboración de una presentación digital.

### TEN EN CUENTA QUE




Las meninges son tres membranas protectoras del encéfalo y la médula espinal, situadas entre el tejido nervioso y el hueso del cráneo o de la columna vertebral. Entre dos de estas membranas se encuentra el líquido cefalorraquídeo.




La inflamación del líquido cefalorraquídeo, debida generalmente a una infección, puede comprimir el encéfalo y producir lesiones importantes.

### LO QUE DEBES SABER

- **Meninges:** son las membranas de tejido conjuntivo fibroso que envuelven al sistema nervioso central, tanto al encéfalo como a la médula espinal, aislándolo del tejido óseo protector (cráneo o vértebras) y acercándole numerosos vasos sanguíneos. En los mamíferos las meninges son tres, de fuera a dentro: duramadre, aracnoides y piamadre. Constituyen también una barrera contra las infecciones.
- **Líquido cefalorraquídeo:** se encuentra entre la aracnoides y la duramadre. Es un líquido transparente que amortigua los golpes protegiendo al encéfalo y a la columna vertebral, y nutre y lubrica las vainas de mielina de las neuronas más externas.
- **Meningitis:** inflamación del líquido cefalorraquídeo, por un traumatismo o por una infección de bacterias o virus, que es peligrosa para la integridad del sistema nervioso central, pues se ve sometido a compresión y a temperaturas elevadas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## La médula suprarrenal: acción hormonal

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Conocer la estructura y modo de acción de la glándula denominada «médula suprarrenal» y de sus principales hormonas: adrenalina y noradrenalina.

**Contenidos sugeridos.** Relación del sistema nervioso simpático con la médula suprarrenal, y de la acción de la adrenalina como emulador del sistema nervioso simpático.

**Fuentes de la investigación**

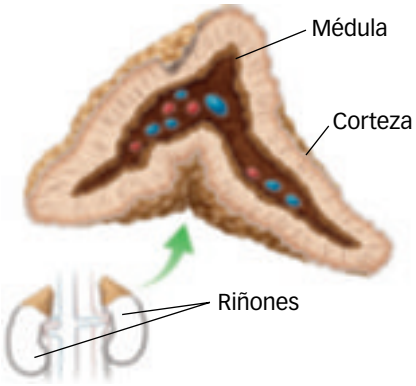
*Las hormonas.* Ana Aranda. Editorial Los Llibros de la Catarata, 2015. Libro de divulgación sobre la naturaleza y modo de acción de las hormonas.

**Realización.** Equipos de tres estudiantes.

**Duración de la elaboración.** 5 sesiones.

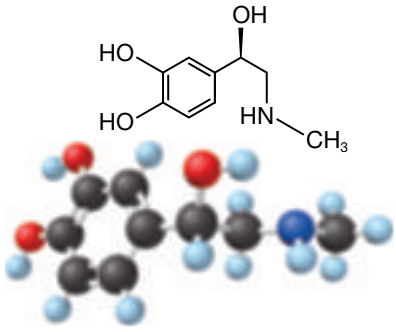
**Presentación de los resultados.** Elaboración de una presentación digital.

### TEN EN CUENTA QUE




Las células de la médula suprarrenal son neuronas transformadas en células secretoras y segregan catecolaminas, hormonas con funciones de neurotransmisores: dopamina, adrenalina y noradrenalina.

La catecolamina más conocida es la adrenalina o epinefrina, que constituye el 80 % de la secreción de la médula suprarrenal. Se segrega en situaciones de alerta y produce los mismos efectos que la activación del sistema nervioso simpático.




La adrenalina se sintetiza a partir de los aminoácidos fenilalanina y tirosina. Se usa también como medicamento para combatir el paro cardiaco y las reacciones de anafilaxia. La estructura y acción de la noradrenalina son muy semejantes.

### LO QUE DEBES SABER

- **Médula suprarrenal:** parte interior de la glándula suprarrenal formada por neuronas secretoras que realizan su secreción cuando son estimuladas por el sistema nervioso simpático en situaciones de estrés o alerta.
- **Adrenalina y noradrenalina:** son las principales hormonas segregadas por la médula suprarrenal. Producen aceleración del ritmo cardiaco y respiratorio, aumentan el nivel de glucosa en sangre, dilatan los bronquios y los vasos sanguíneos de los músculos, contraen los vasos sanguíneos de la piel (palidez).
- **Efectos simpaticomiméticos:** los efectos de la adrenalina y noradrenalina son los mismos que los de la acción del sistema nervioso simpático, por lo que se dice que estas hormonas potencian el sistema simpático, o que imitan su acción.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 19 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** El sistema nervioso en relación con el sistema hormonal:

- ☐ **a.** Produce respuestas más duraderas.
- ☐ **b.** Produce respuestas más rápidas.
- ☐ **c.** Produce respuestas más lentas.
- ☐ **d.** Coordina menos órganos.

**2** Los impulsos nerviosos:

- ☐ **a.** Se producen cuando la membrana de la neurona tiene potencial de reposo.
- ☐ **b.** Se propagan de las neuronas en reposo a las neuronas en acción.
- ☐ **c.** Para que se produzca, un estímulo ha de invertir el potencial de la membrana.
- ☐ **d.** Se propagan en todas las direcciones donde haya potencial de acción.

**3** Señala la frase verdadera:

- ☐ **a.** Los cnidarios presentan un sistema cordal sin órganos de control.
- ☐ **b.** Los platelmintos y nematodos presentan ganglios en la cabeza y dos cordones nerviosos ventrales.
- ☐ **c.** Los anélidos presentan ganglios nerviosos diseminados por todo el cuerpo.
- ☐ **d.** Los artrópodos presentan un anillo alrededor del esófago y cinco nervios radiales.

**4** El sistema nervioso de los vertebrados:

- ☐ **a.** Está en posición dorsal y es de tipo tubular.
- ☐ **b.** Su parte central está formada por sustancia gris y sustancia blanca.
- ☐ **c.** Su parte periférica está formada por ganglios sensitivos y nervios motores.
- ☐ **d.** Los nervios pueden ser encefálicos, si parten del encéfalo, y medulares, si parten de la médula espinal.

**5** En el sistema nervioso de los vertebrados:

- ☐ **a.** La parte somática inerva músculos esqueléticos y la parte autónoma inerva los huesos.
- ☐ **b.** El componente simpático del sistema autónomo realiza acciones antagónicas al sistema somático.
- ☐ **c.** El sistema simpático regula acciones voluntarias y el parasimpático regula acciones involuntarias.
- ☐ **d.** Los componentes simpático y parasimpático del sistema autónomo realizan acciones antagónicas sobre los órganos que controlan.

**6** Los actos reflejos:

- ☐ **a.** Son actos automáticos involuntarios regidos por el sistema nervioso somático.
- ☐ **b.** Son actos automáticos involuntarios regidos por el sistema nervioso autónomo.
- ☐ **c.** Están regidos por la porción sensitiva del sistema nervioso periférico.
- ☐ **d.** Están regidos por la porción motora del sistema nervioso periférico.

**7** Las glándulas endocrinas:

- ☐ **a.** Están formadas por células diana que segregan hormonas.
- ☐ **b.** Están formadas por células glandulares que vierten sus hormonas a las neuronas.
- ☐ **c.** Están formadas por células glandulares que vierten sus hormonas al líquido circulatorio.
- ☐ **d.** Acumulan hormonas para inactivarlas.

**8** Las hormonas de los invertebrados:

- ☐ **a.** Solamente regulan procesos reproductivos.
- ☐ **b.** Solamente regulan procesos de desarrollo.
- ☐ **c.** Son segregadas por glándulas endocrinas simples.
- ☐ **d.** Son generalmente neurohormonas.

**9** El sistema hormonal de los vertebrados:

- ☐ **a.** También posee glándulas neuroendocrinas.
- ☐ **b.** Está regulado por las hormonas de la adenohipófisis y de la neurohipófisis.
- ☐ **c.** Se ve acelerado por la acción de la adrenalina.
- ☐ **d.** Posee células diana más especializadas.

**10** En el sistema hormonal de los vertebrados:

- ☐ **a.** El páncreas es una glándula mixta porque segrega dos hormonas diferentes.
- ☐ **b.** Las glándulas adrenales o suprarrenales tienen dos regiones formadas por tejidos diferentes: la médula y la corteza.
- ☐ **c.** El funcionamiento de la glándula tiroides está regulado por hormonas de la neurohipófisis.
- ☐ **d.** Las hormonas ováricas más importantes son los estrógenos y los andrógenos.

SOLUCIONES

**1** b, **2** c, **3** b, **4** a, **5** d, **6** a, **7** c, **8** d, **9** a, **10** b

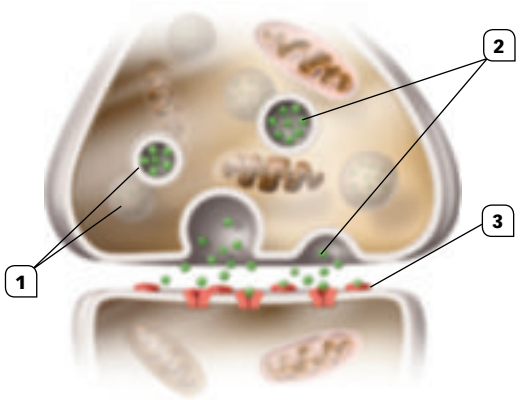
# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** Rellena la siguiente tabla comparativa entre la coordinación nerviosa y la coordinación hormonal.

| | Coordinación nerviosa | Coordinación hormonal |
|---|---|---|
| **Modo de realización** | | |
| **A dónde llega la información** | | |
| **Modo y duración de su acción** | | |
| **Células encargadas** | | |

**2** Completa el siguiente dibujo esquemático de una sinapsis escribiendo la información correspondiente a cada número, dibujando con una flecha el sentido del impulso nervioso y señalando qué parte se corresponderá con el axón de una neurona y qué parte con una dendrita o con el cuerpo celular de la neurona.




**3** Indica qué grupos de invertebrados presentan las siguientes modalidades de sistema nervioso:

a) Red difusa.

b) Sistema nervioso cordal.

c) Sistema nervioso ganglionar.

d) Sistema ganglionar con ganglios cefálicos muy desarrollados.

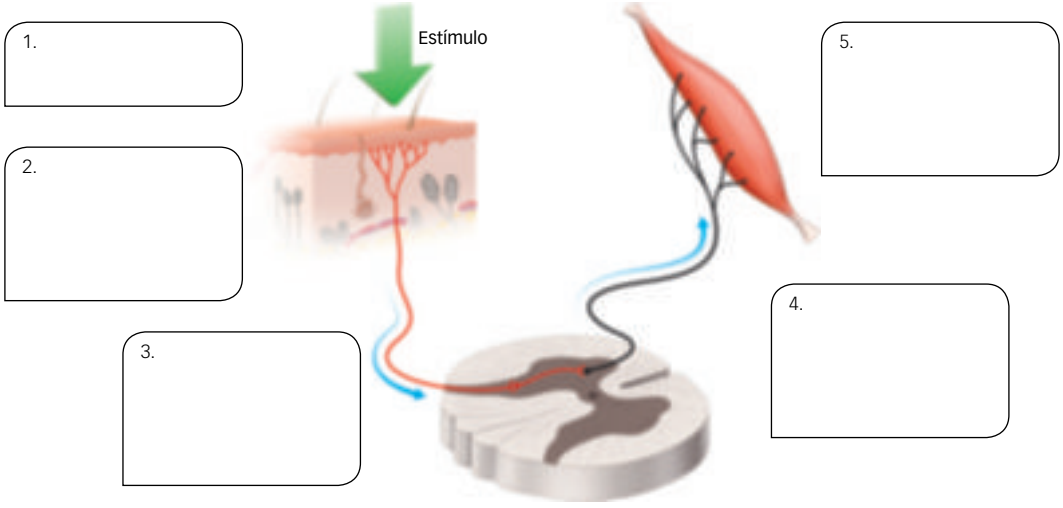
e) Sistema nervioso anular.

**4** ¿Qué es el sistema nervioso central? ¿Qué partes lo componen? Describe la evolución del encéfalo de los vertebrados indicando qué partes han crecido y qué partes han disminuido desde los peces hasta los mamíferos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** Compara el sistema nervioso somático y el sistema nervioso autónomo. Describe algunos ejemplos de actos regidos por los dos componentes del sistema autónomo: el sistema simpático y el sistema parasimpático.

**6** El siguiente dibujo representa un arco reflejo. Descríbelo escribiendo la información correspondiente en los recuadros.




**7** ¿En qué se diferencian la adenohipófisis y la neurohipófisis? ¿Qué relaciones tiene la hipófisis con el sistema nervioso y con las demás glándulas endocrinas?

**8** ¿En qué se diferencian la corteza y la médula suprarrenal? Escribe las principales hormonas de cada una de esas regiones de las glándulas suprarrenales.

**9** Relaciona los conceptos de las tres siguientes columnas relativas a glándulas, hormonas y efectos de las hormonas.

| | | |
|---|---|---|
| A. Tiroides | a) Estrógenos | 1. Formación de espermatozoides |
| B. Paratiroides | b) Insulina | 2. Acelera el metabolismo celular |
| C. Ovarios | c) Calcitonina | 3. Liberación del calcio y del fósforo de los huesos |
| D. Páncreas | d) Paratiroidea | 4. Mantiene el ciclo menstrual |
| E. Testículos | e) Progesterona | 5. Reduce la cantidad de glucosa en la sangre |
| | f) Tiroxina | 6. Aumenta la cantidad de glucosa en la sangre |
| | g) Andrógenos | 7. Facilita la implantación del embrión en el útero |
| | h) Glucagón | 8. Fijación del calcio en los huesos |

**10** Define «glándula neurosecretora» y «neurohormona», y escribe algunos ejemplos de neurohormonas segregadas por animales invertebrados y por animales vertebrados.

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

**1** ¿Qué son las fibras nerviosas mielínicas y las fibras amielínicas? ¿Qué relación tienen con las neuronas y con los nervios?

**2** ¿Por qué se dice que las membranas celulares están polarizadas? ¿Qué ocurre respecto al potencial de membrana cuando un axón es estimulado? ¿Qué relación tiene el impulso nervioso con el potencial de membrana?

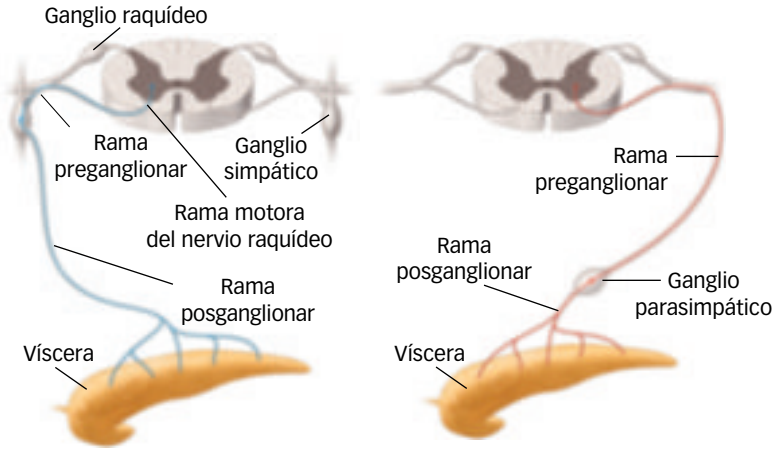
**3** Relaciona los conceptos de las siguientes columnas relativas a las partes del encéfalo y sus funciones.

a) Hipotálamo
b) Mielencéfalo
c) Tálamo
d) Meninges
e) Cráneo
f) Telencéfalo
g) Metencéfalo

1. Protección ósea
2. Mantiene tono muscular, posturas y equilibrio
3. Protección membranosa
4. Regulación de actos involuntarios
5. Analiza y transmite información sensorial
6. Participa en funciones endocrinas
7. Regula los actos voluntarios

**4** ¿Qué tienen en común y qué tienen de diferente los actos voluntarios y los actos reflejos? ¿Supone alguna ventaja para el organismo la existencia de los actos reflejos?

**5** El siguiente dibujo representa la estructura de los nervios del sistema simpático y de los nervios del sistema parasimpático. Compara los dos sistemas atendiendo a:




**Sistema simpático** **Sistema parasimpático**

a) Lugares de donde nacen los nervios.

b) Lugares donde se sitúan los ganglios (simpáticos o parasimpáticos).

c) Tipo de acción sobre los órganos internos. Escribe al menos tres ejemplos de estas acciones para cada uno de los sistemas.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** ¿Qué diferencias hay entre una célula glandular, una célula neurosecretora y una célula diana? Explica los tres conceptos.

**7** Explica las características de las hormonas de los invertebrados atendiendo a:

a) Tipo de órganos y células que las producen.

b) Modo de transportarse por el organismo.

c) Principales procesos que regulan.

d) Describe algunos ejemplos.

**8** En la hipófisis se segregan hormonas que estimulan la actividad de otras glándulas endocrinas. ¿En qué parte de la hipófisis se segregan dichas hormonas? ¿Sobre qué glándulas actúan? Indica el nombre de las diferentes hormonas que actúan sobre otras glándulas y los efectos que producen.

**9** Las hormonas anabolizantes son las que actúan favoreciendo la formación de proteínas y el crecimiento de los huesos y los músculos. Indica al menos dos de dichas hormonas señalando las glándulas que las producen. ¿Por qué crees que está desaconsejado suministrar esas hormonas a los deportistas que quieren mejorar su rendimiento?

**10** Define los siguientes conceptos.

a) Eje hipotálamo-hipófisis.

b) Hormonas hidrosolubles.

c) Hormonas liposolubles.

d) Neurona de asociación.

e) Nervios craneales.

f) Nervios espinales.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B6-15.** Comprender el funcionamiento integrado de los sistemas nervioso y hormonal en los animales. | **B6-15.1.** Integra la coordinación nerviosa y hormonal, relacionando ambas funciones. | 1 | 6 |
| **B6-16.** Conocer los principales componentes del sistema nervioso y su funcionamiento. | **B6-16.2.** Identifica distintos tipos de receptores sensoriales y nervios. | — | 1 |
| **B6-17.** Explicar el mecanismo de transmisión del impulso nervioso. | **B6-17.1.** Explica la transmisión del impulso nervioso en la neurona y entre neuronas. | 2 | 2 |
| **B6-18.** Identificar los principales tipos de sistemas nerviosos en invertebrados. | **B6-18.1.** Distingue los principales tipos de sistemas nerviosos en invertebrados. | 3 | — |
| **B6-20.** Describir los componentes y funciones del sistema nervioso tanto desde el punto de vista anatómico (SNC y SNP) como funcional (somático y autónomo). | **B6-20.1.** Describe el sistema nervioso central y periférico de los vertebrados, diferenciando las funciones del sistema nervioso somático y el autónomo. | 4, 5 y 6 | 3, 4 y 5 |
| **B6-21.** Describir los componentes del sistema endocrino y su relación con el sistema nervioso. | **B6-21.1.** Establece la relación entre el sistema endocrino y el sistema nervioso. | 7 | 10 |
| **B6-22.** Enumerar las glándulas endocrinas en vertebrados, las hormonas que producen y las funciones de estas. | **B6-22.2.** Discrimina qué función reguladora y en qué lugar se evidencia la actuación de algunas de las hormonas que actúan en el cuerpo humano. | 8 | — |
| | **B6-22.3.** Relaciona cada glándula endocrina con la hormona u hormonas más importantes que segrega, explicando su función de control. | 9 | 8 y 9 |
| **B6-23.** Conocer las hormonas y las estructuras que las producen en los principales grupos de invertebrados. | **B6-23.1.** Relaciona las principales hormonas de los invertebrados con su función de control. | 10 | 7 |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Control B**

**1**

| | Coordinación nerviosa | Coordinación hormonal |
|---|---|---|
| **Modo de realización** | Por impulsos nerviosos de naturaleza electroquímica. | Por sustancias químicas denominadas hormonas. |
| **A dónde llega la información** | A puntos específicos de un órgano concreto. | A las células u órganos diana. |
| **Modo y duración de su acción** | Su acción es rápida y precisa, pero su acción decrece inmediatamente. | Su acción es lenta y el efecto se mantiene durante largos periodos. |
| **Células encargadas** | Neuronas distribuidas por todo el organismo. | Células secretoras de las glándulas endocrinas. |

**2**

1. Vesículas del elemento presináptico. Están cargadas de unas sustancias llamadas neurotransmisores.
2. Neurotransmisores. Ante la presencia de iones, calcio y magnesio, son liberados a la hendidura sináptica cuando el impulso nervioso llega al botón terminal.
3. Receptores del elemento postsináptico. Los neurotransmisores liberados se unen a estos receptores de membrana, lo que provoca cambios en la permeabilidad de la misma y, por tanto, un potencial de acción que hace que el impulso nervioso continúe en esta neurona.

   La flecha dibujada ha de ir de arriba abajo.

   La parte superior (elemento presináptico) corresponde al axón, y la parte inferior (elemento postsináptico) corresponde a la dendrita o cuerpo celular.

**3**

**a)** Red difusa: cnidarios (pólipos y medusas).

**b)** Sistema nervioso cordal: platelmintos y nematodos.

**c)** Sistema nervioso ganglionar: anélidos y moluscos.

**d)** Sistema nervioso ganglionar con ganglios cefálicos muy desarrollados: artrópodos.

**e)** Sistema nervioso anular: equinodermos.

**4** El sistema nervioso central es la región del sistema nervioso de los vertebrados donde se sitúan la mayor parte de las neuronas, por contraposición al sistema periférico formado casi exclusivamente por fibras nerviosas (asociaciones de axones). Está formado por el encéfalo, en la cabeza, protegido por el cráneo, y la médula espinal, protegida por la columna vertebral. Las dos regiones constan a su vez de una sustancia blanca, formada por fibras nerviosas, y una sustancia gris, formada por los cuerpos neuronales.

En su evolución desde los peces hasta los mamíferos, se disminuye el tamaño del metencéfalo, que da lugar al cerebelo; en el mesencéfalo, los lóbulos ópticos se transforman en los tubérculos cuadrigéminos; en el telencéfalo, disminuyen los lóbulos olfatorios y crece el cerebro; en el cerebro se diferencian los dos hemisferios cerebrales y la superficie se pliega formando las circunvoluciones cerebrales.

**5** El sistema nervioso somático está formado por nervios encargados de la relación con el medio externo, y pueden producir respuestas controladas conscientemente, actos voluntarios.

El sistema nervioso autónomo o vegetativo está formado por nervios encargados del mantenimiento de la homeostasis y del funcionamiento de los órganos, sus respuestas son automáticas e involuntarias.

El sistema simpático prepara al organismo para situaciones de alerta, por ejemplo, aumenta el ritmo cardiaco y respiratorio, dilata los vasos sanguíneos que inervan los músculos, retardan los movimientos del aparato digestivo.

El sistema parasimpático prepara al organismo para situaciones de reposo y actividad del aparato digestivo, por ejemplo, disminuye el ritmo cardiaco y respiratorio, dilata los vasos sanguíneos de la piel, acelera los movimientos del aparato digestivo.

**6**

1. Órgano receptor. Recibe el estímulo del exterior.
2. Neurona sensitiva. Conduce la información recibida, a través de nervios espinales, hacia la sustancia gris de la médula espinal.
3. Neurona de asociación. Situada en la sustancia gris de la médula, transforma la sensación recibida en una respuesta motora.
4. Neurona motora. Conduce la respuesta a los órganos efectores a través de nervios espinales.
5. Órgano efector. Ejecuta la respuesta. Puede ser un músculo o una glándula.

**7** La adenohipófisis, o lóbulo anterior de la hipófisis, es de tejido glandular y segrega numerosas hormonas. La neurohipófisis, o lóbulo posterior de la hipófisis, está formada por terminaciones nerviosas de las neuronas del hipotálamo y segrega hormonas producidas por este.

La hipófisis se relaciona con el sistema nervioso a través del hipotálamo, ya que este envía señales nerviosas y libera factores hipotalámicos que activan o inhiben la acción de la adenohipófisis, y produce hormonas que son liberadas en la neurohipófisis.

La hipófisis se relaciona con las demás glándulas endocrinas porque muchas de las hormonas que produce regulan el funcionamiento de otras glándulas, como la tiroides, la corteza suprarrenal, los ovarios y los testículos.

**8** La médula suprarrenal es la parte interior de las glándulas suprarrenales y está formada por neuronas secretoras, y la corteza suprarrenal es la parte externa de las glándulas suprarrenales y está formada por tejido glandular.

Las principales hormonas de la médula suprarrenal son la adrenalina y la noradrenalina, que preparan al organismo

para situaciones de alerta, acelerando el ritmo cardiaco y respiratorio y subiendo el nivel de glucosa en la sangre.

Las principales hormonas de la corteza suprarrenal se pueden agrupar en tres tipos:

– Los mineralcorticoides, como la aldosterona, regulan el equilibrio iónico.
– Los glucocorticoides, como el cortisol y la cortisona, intervienen en el metabolismo células de glúcidos, lípidos y proteínas.
– Los andrógenos suprarrenales son transformados en testosterona al llegar a los testículos.

**9** A - f - 2; A - c - 8; B - d - 3; C - a - 4; C - e - 7; D - b - 5; D - h - 6; E - g - 1.

**10** Las glándulas neurosecretoras están formadas por neuronas especializadas en la secreción de sustancias, y las neurohormonas son las hormonas segregadas por este tipo de neuronas secretoras.

Son neurohormonas segregadas por invertebrados: las que estimulan el crecimiento en los invertebrados primitivos, las que regulan la regeneración, crecimiento y reproducción de los anélidos, las gonadotropinas de los moluscos que maduran las gónadas, las hormonas de la muda y las inhibidoras de la muda de los crustáceos, la cromatoforotropina que regula la pigmentación de los crustáceos, y en los insectos, la neurohormona de activación de la hormona de la muda, y la hormona juvenil o neotenina que inhibe la muda.

Son neurohormonas segregadas por los vertebrados: los factores liberadores o inhibidores del hipotálamo, que actúan sobre la adenohipófisis, la oxitocina (que regula los movimientos del parto) y la vasopresina (que regula la absorción o expulsión de agua por los riñones) de la neurohipófisis, y la adrenalina y la noradrenalina de la médula suprarrenal, que preparan al organismo para las situaciones de alerta.

## Control A

**1** Las fibras mielínicas están formadas por un axón rodeado de células de Schwann en capas concéntricas, que constituyen las vainas de mielina.

Las fibras amielínicas están formadas por varios axones cubiertos parcialmente por evaginaciones de las células de Schwann.

Los axones son prolongaciones de las neuronas: cada neurona tiene un solo axón, y los nervios son agrupaciones de fibras nerviosas protegidas por capas de tejido conjuntivo: el perineuro y el epineuro.

**2** Se dice que las membranas están polarizadas porque en el líquido extracelular predominan las cargas positivas y en el intracelular predominan las negativas. Esto se debe a que en la membrana existen «bombas» que son proteínas que transportan iones independientemente del gradiente de concentración; la más importante es la bomba sodio-potasio que transporta al exterior más iones de sodio que de potasio al interior, mientras los canales de transporte pasivo de iones están cerrados. La diferencia de carga produce un potencial eléctrico de –70 mV, que es el potencial de reposo.

Cuando un axón es estimulado se cierra la bomba sodio-potasio y se abren los canales de iones a favor de gradiente, por lo que se da una inversión de la polaridad (interior positivo, exterior negativo) que dura un tiempo muy breve; es el denominado potencial de acción.

El impulso nervioso consiste en que a partir del punto en que se produce la inversión de potencial eléctrico, la despolarización se propaga, seguida de una repolarización o vuelta a las condiciones de reposo. Esta despolarización y repolarización progresiva constituye una onda que se propaga por la membrana de la neurona y es propiamente el impulso nervioso.

**3** a - 6, b - 4, c - 5, d - 3, e - 1, f - 7, g - 2.

**4** Los actos reflejos y los actos voluntarios están regidos por nervios del sistema somático. En el caso de los actos voluntarios, los circuitos nerviosos llevan información de los sentidos al encéfalo, a la corteza cerebral, donde se analiza la información y se elabora una respuesta. Sin embargo, en el caso de los actos reflejos la información de los sentidos no llega a la corteza cerebral, sino que los circuitos nerviosos elaboran de manera automática una respuesta.

Las partes comunes entre un acto voluntario y un acto reflejo (regidos por la médula espinal) son el órgano sensorial que capta el estímulo; las fibras nerviosas, que llevan la señal desde el órgano sensorial a la neurona sensitiva del ganglio raquídeo; el axón de la neurona sensitiva, que lleva la información a las neuronas del asta posterior de la médula espinal; y, en la parte motora, las neuronas motoras del asta anterior de la médula espinal y los axones de las neuronas motoras, que llevan la señal hasta el órgano efector: un músculo o una glándula.

La parte diferente es la porción del circuito que va desde el asta posterior hasta el asta anterior de la médula espinal; en los actos voluntarios, los axones de las neuronas del asta posterior suben por la médula hacia el bulbo raquídeo del encéfalo, y desde aquí las neuronas de la sustancia gris hacen sinapsis con otras neuronas de la corteza cerebral, donde se elabora la respuesta y se envía una señal por los axones de las neuronas motoras, a través de la médula espinal, hasta las neuronas motoras del asta anterior de la médula. En los actos reflejos, el axón de la neurona sensitiva del ganglio raquídeo hace sinapsis con una neurona del asta posterior de la médula que se llama «neurona de asociación», y el axón de dicha neurona, sin salir de la sustancia gris de la médula espinal, lleva la señal a la neurona motora del asta anterior de la médula.

Los actos reflejos ahorran tiempo y energía en la elaboración de respuestas ante un estímulo sensorial, cosa bastante conveniente en una situación de alerta.

**5** **a)** Los nervios del sistema simpático nacen de las astas anteriores (rama motora) de la médula espinal,

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

en las regiones torácica y lumbar, y los nervios del sistema parasimpático nacen del hipotálamo o del bulbo raquídeo del encéfalo, o bien de las astas anteriores de la médula espinal en la región sacra.

**b)** Los ganglios del sistema simpático se hallan cerca de la médula espinal, constituyendo un cordón de ganglios simpáticos, generalmente lejos del órgano que inervan, de manera que la rama preganglionar de los nervios simpáticos es más corta que la rama posganglionar.

Los ganglios del sistema parasimpático se encuentran muy cerca del órgano inervado (en algunos casos dentro de él), de manera que la rama preganglionar de los nervios parasimpáticos es más larga que la rama posganglionar.

**c)** La acción de los nervios simpáticos prepara a los órganos para una actividad de alerta, aumentando el gasto energético; por ejemplo: aumentan el ritmo cardiaco y el respiratorio, dilatan los vasos sanguíneos de los músculos y estrechan los de la piel (palidez), y provocan la secreción de adrenalina, la cual hace que aumente el nivel de glucosa en sangre.

La acción de los nervios parasimpáticos prepara a los órganos para una actividad de reposo o de funcionamiento del aparato digestivo, disminuyendo el gasto energético; por ejemplo: disminuyen el ritmo cardiaco y el respiratorio, estrechan los vasos sanguíneos de los músculos y dilatan los del aparato digestivo y los de la piel, frenan la secreción de adrenalina…

**6** Las células glandulares son células de tejido epitelial especializadas en la secreción de sustancias que vierten al exterior del cuerpo celular.

Las células neurosecretoras son neuronas especializadas en la secreción de sustancias que vierten al exterior por sus axones.

Las células diana son células que poseen receptores donde se fijan las moléculas de las hormonas; cuando la hormona se fija en el receptor, se desencadenan en la célula una serie de reacciones, como puede ser la producción de reacciones metabólicas, la contracción muscular o la secreción de sustancias. Cada hormona tiene unas células diana diferentes, repartidas por distintos órganos, según la acción que produzca dicha hormona en el organismo. Por ejemplo, son células diana de la insulina las células musculares y las del hígado; provocan en ellas la absorción de glucosa; la fibra muscular usa la glucosa para metabolizarla y producir energía, y la célula del hígado la usa para producir reservas de glucógeno para consumir en las situaciones de alerta.

**7** **a)** En los invertebrados la mayor parte de las hormonas son neurohormonas, de manera que son producidas por neuronas especializadas situadas en órganos del sistema nervioso, como los ganglios cerebrales u otros.

**b)** Se transportan por el organismo a través de los líquidos corporales, de la sangre, la hemolinfa, o los líquidos intersticiales que posean.

**c)** Los principales procesos que regulan son el crecimiento, la maduración de las gónadas, y en los artrópodos, la muda y el cambio de coloración.

**d)** Son neurohormonas segregadas por invertebrados: las que estimulan el crecimiento en los invertebrados primitivos; las que regulan la regeneración, crecimiento y reproducción de los anélidos; las gonadotropinas de los moluscos, que maduran las gónadas; las hormonas de la muda y las inhibidoras de la muda de los crustáceos; la cromatoforotropina, que regula la pigmentación de los crustáceos; y en los insectos, la neurohormona de activación de la hormona de la muda, y la hormona juvenil o neotenina, que inhibe la muda.

**8** Dichas hormonas se segregan en la adenohipófisis.

Actúan sobre la tiroides, la corteza suprarrenal, los ovarios y los testículos.

La hormona estimulante de la tiroides (TSH) estimula la producción de hormonas en la tiroides.

La adrenocorticotropa (ACTH) estimula la producción de hormonas en la corteza suprarrenal.

La folículo estimulante (FSH), en los ovarios madura los folículos y estimula la producción de estrógenos; en los testículos estimula la producción de espermatozoides.

La lúteo estimulina (LH), en los ovarios provoca la ovulación y la producción de progesterona; en los testículos estimula la producción de testosterona.

**9** Las principales hormonas anabolizantes son:

– La testosterona, producida en los testículos, que favorece el desarrollo de la musculatura.

– La hormona del crecimiento (GH), producida en la adenohipófisis, que estimula el crecimiento de huesos, músculos y cartílagos.

– Los glucocorticoides, producidos en la corteza suprarrenal, que intervienen en el metabolismo de glúcidos, lípidos y proteínas.

– Los andrógenos suprarrenales, producidos en la corteza suprarrenal, que son convertidos en testosterona en los testículos.

Se desaconseja a los deportistas porque su consumo altera el equilibrio hormonal propio del organismo y puede generar efectos indeseables, como enfermedades cardiacas y hepáticas, osteoporosis tempranas; en los hombres, atrofia del pene y reducción de la producción de espermatozoides, y en las mujeres, masculinización (desarrollo de caracteres sexuales secundarios masculinos).

**10** **a)** El eje hipotálamo-hipófisis es el conjunto del hipotálamo y la hipófisis, en la base del cerebro. Actúan como una unidad funcional, de manera que el hipotálamo regula las secreciones de la adenohipófisis, ya sea mediante impulsos nerviosos, ya sea mediante la producción de sustancias llamadas factores de liberación o de inhibición; además, las hormonas liberadas por la neurohipófisis son producidas por neuronas del hipotálamo, y salen al exterior por sus axones, que constituyen la neurohipófisis.

**b)** Las hormonas hidrosolubles son hormonas de naturaleza proteica o similar, solubles en agua, que al llegar a las células diana no pueden atravesar la membrana y se fijan a sus receptores, los cuales desencadenan la producción de mensajeros químicos intracelulares que se encargan de producir la función correspondiente.

**c)** Las hormonas liposolubles son hormonas de naturaleza lipídica, solubles en lípidos, que al llegar a las células diana atraviesan la membrana celular y se unen a sus receptores, situados en el interior de la célula, desencadenando así su función.

**d)** La neurona de asociación es la denominación de las neuronas que intervienen en los actos reflejos regidos por la médula espinal: se sitúan en el asta posterior de la sustancia gris de la médula, reciben el impulso nervioso de la neurona sensitiva del ganglio raquídeo y lo transmiten a una neurona motora del asta anterior de la médula espinal, la cual lleva el impulso hasta el órgano efector (músculo o glándula). Así, la respuesta al estímulo sensorial se efectúa automáticamente, sin intervención de la corteza cerebral.

**e)** Los nervios craneales son los formados por fibras nerviosas que proceden de neuronas cuyos cuerpos celulares están en la sustancia gris del encéfalo. Puede ser que contengan fibras motoras o fibras sensitivas, o de los dos tipos. Inervan la cabeza, la parte superior del tronco y muchos órganos internos.

**f)** Los nervios espinales son los formados por fibras nerviosas que proceden de neuronas cuyos cuerpos celulares están en la sustancia gris de la médula espinal. Puede ser que contengan fibras motoras o fibras sensitivas, o de los dos tipos. Inervan el tronco y las extremidades y muchos órganos internos.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

El funcionamiento coordinado de todos los órganos y aparatos de un animal, así como su interacción con el medio en el que vive y con el resto de seres vivos de su entorno, depende de sus posibilidades para captar estímulos (tanto de origen interno como externo), de su correcta interpretación mediante el sistema nervioso y de la emisión de la respuesta adecuada.

La respuesta al estímulo captado por un determinado receptor puede ser muscular o química, es decir, puede ser la contracción o relajación de unos determinados músculos o la secreción de una determinada sustancia química.

Se puede concluir afirmando que los movimientos de un determinado animal, así como la comunicación entre sus diferentes órganos y su relación con el exterior, están coordinados por dos sistemas íntimamente relacionados entre sí: el sistema nervioso y el sistema endocrino.

**1** Uno de los sistemas de coordinación se caracteriza porque la información viaja específicamente a un punto de un determinado órgano y su acción es rápida y breve. ¿Cuál es?

- ☐ **a.** Sistema endocrino.
- ☐ **b.** Sistema nervioso.
- ☐ **c.** Sistema muscular.
- ☐ **d.** Sistema inmunológico.

**2** Uno de los sistemas de coordinación se caracteriza porque la información consiste en sustancias químicas y su acción es lenta y perdurable en el tiempo. ¿Cuál es?

- ☐ **a.** Sistema endocrino.
- ☐ **b.** Sistema inmunológico.
- ☐ **c.** Sistema nervioso.
- ☐ **d.** Sistema muscular.

**3** Cuando llega un determinado estímulo a la membrana de una neurona, esta reacciona invirtiendo su polaridad en un determinado punto, creando un potencial de acción que se transmite en toda su longitud hasta llegar a una sinapsis con otra neurona o con un efector.

¿Cuál de los siguientes procesos se produce durante la formación del potencial de acción?

- ☐ **a.** Se cierran los canales de $Na^+$ y se abren los de $K^+$.
- ☐ **b.** Se abren los canales de $Na^+$ y los de $Cl^-$ y se cierran los de $K^+$.
- ☐ **c.** Se abren los canales de Na+ y los de $K^+$ y se cierran los del $Cl^-$.
- ☐ **d.** Se cierran los canales de $Na^+$ y los de $K^+$ y se abren los del $Cl^-$.

**4** Para estudiar el sistema nervioso de los vertebrados, hay que tener en cuenta que se puede «dividir», atendiendo a su anatomía, en un parte central (médula y encéfalo) y otra periférica (ganglios y nervios).

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?

- ☐ **a.** Los cuerpos celulares de las neuronas sensitivas de los nervios espinales están situados en el interior de la médula.
- ☐ **b.** Los cuerpos celulares de los nervios craneales no se encuentran en el encéfalo.
- ☐ **c.** Los mamíferos tienen 12 nervios craneales, que pueden ser sensitivos, motores o mixtos.
- ☐ **d.** La sustancia blanca de la médula está formada por cuerpos celulares.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**5** Pero el sistema nervioso de los vertebrados también se puede estudiar desde el punto de vista funcional, como sistema nervioso somático o voluntario y como sistema nervioso autónomo o vegetativo.

Indica cuáles de las siguientes frases son verdaderas y cuáles falsas.

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| El sistema nervioso somático siempre estimula al efector, nunca lo inhibe. | |
| El sistema nervioso somático es el responsable de los latidos del corazón. | |
| El sistema nervioso autónomo físicamente reside por completo en el sistema nervioso periférico. | |
| El sistema nervioso periférico puede inhibir o estimular al mismo efector según las necesidades. | |

**6** En el sistema nervioso central se distinguen dos tipos de sustancias, blanca y gris, con distinta composición.

¿Qué afirmación es la correcta?

- ☐ **a.** La gris está formada por los nervios y la blanca por los cuerpos neuronales.
- ☐ **b.** La gris está formada por los cuerpos neuronales y la blanca por los nervios.
- ☐ **c.** La gris está formada por los nervios mielínicos y la blanca por los amielínicos.
- ☐ **d.** La gris está formada por los nervios amielínicos y la blanca por los mielínicos.

**7** Las hormonas son moléculas muy variadas desde el punto de vista químico. Según su grado de solubilidad, pueden ser hidrosolubles o liposolubles. Las primeras no pueden atravesar la membrana plasmática, pero las segundas sí; y este hecho determina el modo en que una célula puede recibir la información que le comunica la hormona.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?

- ☐ **a.** La tiroxina, que es soluble en agua, penetra en sus células diana activando su metabolismo.
- ☐ **b.** Las hormonas de la corteza adrenal, que son esteroides, penetran en el interior de las células y actúan directamente sobre receptores intracelulares.
- ☐ **c.** La testosterona, que es un esteroide parecido al colesterol, actúa tomando contacto con receptores de membrana específicos que inducen la formación de un mensajero secundario en el interior de la célula.
- ☐ **d.** Las hormonas liposolubles necesitan de segundos mensajeros porque no pueden atravesar la membrana plasmática de sus células diana.

**8** Uno de los mecanismos de regulación hormonal más frecuente es la retroalimentación negativa.

Indica si las siguientes afirmaciones sobre retroalimentación negativa son verdaderas o falsas.

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Cuando la concentración de una hormona en sangre es alta, la glándula responsable deja de producirla. | |
| Cuando la concentración de una hormona en sangre es baja, la glándula responsable deja de producirla. | |
| Cuando la concentración de una hormona en sangre es alta, la glándula responsable activa su producción. | |
| Cuando la concentración de una hormona en sangre es baja, la glándula responsable activa su producción. | |

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-15.** Comprender el funcionamiento integrado de los sistemas nervioso y hormonal en los animales. | **B6-15.1.** Integra la coordinación nerviosa y hormonal, relacionando ambas funciones. | 1 y 2 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-17.** Explicar el mecanismo de transmisión del impulso nervioso. | **B6-17.1.** Explica la transmisión del impulso nervioso en la neurona y entre neuronas. | 3 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-19.** Diferenciar el desarrollo del sistema nervioso en vertebrados. | **B6-19.1.** Identifica los principales sistemas nerviosos de vertebrados. | 4 |
| **Comunicación lingüística**<br>**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-20.** Describir los componentes y funciones del sistema nervioso tanto desde el punto de vista anatómico (SNC y SNP) como funcional (somático y autónomo). | **B6-20.1.** Describe el sistema nervioso central y periférico de los vertebrados, diferenciando las funciones del sistema nervioso somático y el autónomo. | 5 y 6 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-22.** Enumerar las glándulas endocrinas en vertebrados, las hormonas que producen y las funciones de estas. | **B6-22.3.** Relaciona cada glándula endocrina con la hormona u hormonas más importantes que segrega, explicando su función de control. | 7 y 8 |

**1** **b.** Sistema nervioso.

**2** **a.** Sistema endocrino.

**3** **b.** Se abren los canales de $Na^+$ y los de $Cl^-$ y se cierran los de $K^+$.

**4** **c.** Los mamíferos tienen 12 nervios craneales, que pueden ser sensitivos, motores o mixtos.

**5**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| El sistema nervioso somático siempre estimula al efector, nunca lo inhibe. | Verdadero |
| El sistema nervioso somático es el responsable de los latidos del corazón. | Falso |
| El sistema nervioso autónomo físicamente reside por completo en el sistema nervioso periférico. | Falso |
| El sistema nervioso periférico puede inhibir o estimular al mismo efector según las necesidades. | Verdadero |

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** **b.** La gris está formada por los cuerpos neuronales y la blanca por los nervios.

**7** **b.** Las hormonas de la corteza adrenal, que son esteroides, penetran en el interior de las células y actúan directamente sobre receptores intracelulares.

**8**

| Afirmación | Verdadero / Falso |
|---|---|
| Cuando la concentración de una hormona en sangre es alta, la glándula responsable deja de producirla. | Verdadero |
| Cuando la concentración de una hormona en sangre es baja, la glándula responsable deja de producirla. | Falso |
| Cuando la concentración de una hormona en sangre es alta, la glándula responsable activa su producción. | Falso |
| Cuando la concentración de una hormona en sangre es baja, la glándula responsable activa su producción. | Verdadero |

# Solucionario

Pág. 357

**PARA COMENZAR**

1 Sí que lo posee, si no los pudiera reconocer, no los podría imitar posteriormente.

2 Siringe.

3 En los testículos, al igual que en todos los vertebrados.

4 Sí, puesto que a mayor complejidad del órgano productor de sonidos es bastante probable que aumente la complejidad de los sonidos que este pueda realizar.

5 La testosterona se unirá a los receptores de determinadas neuronas del encéfalo, que serán las células diana, y los receptores desencadenarán reacciones que comportarán el crecimiento y desarrollo de ese grupo de neuronas.

6 Los movimientos del cortejo, por ejemplo.

7 Los sistemas nervioso y hormonal.

8 El desarrollo del sistema nervioso permite una mayor coordinación entre actividades diversas; cuanto mayor es el número de actividades coordinadas, más complejo es el comportamiento del animal.

Pág. 358

1 La relación es la interacción con el medio externo; para ello cuenta con unos órganos sensoriales que le informan de los estímulos externos, y unos órganos efectores que responden ante esos estímulos: músculos o glándulas.

La coordinación es la sincronización entre las diferentes acciones del animal, incluida la sincronización entre los estímulos recibidos y las respuestas a esos estímulos, de lo cual se encarga el sistema nervioso central, que elabora las respuestas adecuadas.

2 Las fibras mielínicas están formadas por un axón y varias células de Schwann, que rodean en capas concéntricas al axón, constituyendo las vainas de mielina. Las fibras amielínicas están constituidas por varios axones recubiertos parcialmente por evaginaciones de las células de Schwann.

Pág. 359

3 En el potencial de reposo el medio extracelular está cargado positivamente y el interior negativamente. En el potencial de acción es al revés: el medio extracelular está cargado negativamente y el intracelular positivamente.

4 En estado de reposo, la bomba sodio-potasio está en marcha bombeando iones de sodio al exterior, contra gradiente (contra la diferencia de concentración, es decir, que hay más sodio fuera que dentro), y bombeando iones de potasio al interior contra gradiente; como bombea más iones de sodio que de potasio, se genera carga positiva en el exterior y negativa en el interior. Los canales de potasio se abren para que este salga pasivamente y neutralice los iones de cloro exteriores.

Cuando se estimula la neurona, se para la bomba sodio-potasio, se cierran los canales de potasio y se abren los canales de sodio y de cloro. Como consecuencia, el cloro y el sodio entran, pero como es mayor la cantidad de sodio que entra que la de cloro (porque era mayor la diferencia de concentración o gradiente), el resultado es la carga positiva en el interior y negativa en el exterior (ya no salen iones de potasio para neutralizar los de cloro).

A continuación, vuelve a ponerse en marcha la bomba sodio-potasio, a abrirse los canales de potasio y cerrarse los de sodio y cloro; la recuperación del potencial de reposo genera una onda eléctrica que se va propagando por las regiones vecinas de la membrana del axón desde el punto donde se inició la despolarización y repolarización, y esa onda constituye el impulso nervioso.

Pág. 360

5 En la sinapsis química la comunicación entre neuronas requiere la presencia de sustancias que se transportan desde la neurona presináptica a una postsináptica, y en la sinapsis eléctrica, la hendidura sináptica es suficientemente pequeña para que el impulso presináptico produzca una despolarización en la membrana postsináptica sin necesidad de un transporte de sustancias.

En la sinapsis química, cuando el impulso nervioso llega a la región presináptica, provoca la liberación de neurotransmisores al espacio sináptico, acumulados en vesículas, que se fusionan con la membrana para liberar sus productos. Los neurotransmisores se unen a receptores químicos presentes en la membrana de la región postsináptica, y esta unión genera la despolarización y repolarización de la membrana postsináptica, y así se propaga el impulso nervioso desde este punto.

6 R. G. Habrá que dibujar una sinapsis entre dos axones, entre un axón y un cuerpo celular, y entre un axón y una dendrita.

Pág. 361

7 Medusa: red difusa; calamar: sistema nervioso ganglionar; saltamontes: sistema nervioso ganglionar con ganglios cerebrales desarrollados; cangrejo de mar: sistema nervioso ganglionar con ganglios cerebrales desarrollados; lombriz de tierra: sistema nervioso ganglionar; estrella de mar: sistema nervioso anular.

8 El desarrollo de los órganos de los sentidos conlleva un desarrollo de los ganglios encargados de su control; como la mayor parte de los órganos de los sentidos se encuentran en la cabeza, el desarrollo de dichos órganos produce el desarrollo y complicación de los ganglios cerebrales, que en los insectos llegan a constituir un auténtico cerebro.

Pág. 362

9 No, solamente los vertebrados. Precisamente se usa este carácter como nota distintiva de los vertebrados del resto de los animales.

10 A mayor tamaño del telencéfalo mayor será la complejidad de los actos voluntarios, ya que es la región que regula los

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

actos voluntarios. Así, observamos en los dibujos representativos del encéfalo de los diferentes grupos de vertebrados que son las aves y los mamíferos los que presentan el telencéfalo más desarrollado, y son estos animales los que presentan un comportamiento más dependiente del aprendizaje y menos dependiente de los instintos automáticos.

Pág. 363

**11** Un nervio mixto es aquel que está formado por fibras sensitivas y por fibras motoras. Los nervios raquídeos tienen todos una porción mixta, ya que están formados por una rama dorsal sensitiva que entra de la médula y una ventral motora que sale de ella, y en la parte distal vuelven a separarse las fibras sensitivas y las motoras.

**12** La sustancia gris está formada mayoritariamente por los cuerpos celulares y las dendritas de las neuronas, mientras que la sustancia blanca está formada por fibras nerviosas mielínicas. Ambas se encuentran en el sistema nervioso central; en el caso del encéfalo, la sustancia blanca ocupa una posición central y la gris una posición periférica, mientras que en la médula espinal la posición es la contraria.

Pág. 364

**13** Las vías aferentes, de la periferia al encéfalo, donde se elaboran las respuestas, son las siguientes: los axones del órgano sensitivo receptor, que llevan el impulso nervioso hasta las neuronas sensitivas del ganglio raquídeo; los axones de las neuronas sensitivas, que llevan el impulso nervioso hasta las neuronas de las astas posteriores de la sustancia gris de la médula espinal; los axones de las neuronas de las astas posteriores, que suben por la sustancia blanca de la médula espinal hasta las neuronas de la sustancia gris del bulbo raquídeo; y las fibras nerviosas, que llevan el impulso desde el bulbo raquídeo hasta las neuronas de la corteza cerebral, donde se elabora la respuesta.

Las vías eferentes, de la corteza cerebral a la periferia, donde se sitúan los órganos efectores, son las siguientes: los axones de las neuronas de la corteza cerebral, que llevan el impulso nervioso a través de la sustancia blanca del bulbo raquídeo y de la médula espinal hasta las neuronas de las astas anteriores de la sustancia gris de la médula espinal; y los axones de las neuronas de las astas anteriores de la médula espinal hasta los órganos efectores: músculos o glándulas.

**14** A la parte posterior llegan las fibras sensitivas y de la parte anterior parten las fibras motoras de los nervios raquídeos; por tanto, la parte posterior forma parte de las vías aferentes y la parte anterior, de las vías eferentes de los circuitos nerviosos.

Pág. 365

**15** Las señales enviadas por el sistema nervioso simpático y parasimpático provienen de localizaciones diferentes: los nervios del simpático parten de las regiones torácica y lumbar de la médula espinal, y los nervios del parasimpático parten del encéfalo (del hipotálamo o del bulbo raquídeo) o de la región sacra de la médula espinal.

Las fibras nerviosas del sistema simpático hacen sinapsis con las neuronas situadas en los ganglios simpáticos, que se sitúan próximos a la médula espinal, y los axones de estas neuronas llegan a los órganos controlados por el sistema nervioso; se dice que la rama preganglionar (axones desde la médula espinal hasta los ganglios simpáticos) es más corta que la rama posganglionar (axones desde los ganglios simpáticos hasta los órganos inervados) en los nervios simpáticos.

Las fibras nerviosas del sistema parasimpático hacen sinapsis con las neuronas situadas en los ganglios parasimpáticos, los cuales se sitúan muy cerca, o incluso dentro, del órgano inervado; se dice que la rama preganglionar (desde el encéfalo o desde la médula espinal hasta los ganglios parasimpáticos) es más larga que la rama posganglionar (desde los ganglios parasimpáticos hasta los órganos inervados) en los nervios parasimpáticos.

**16** En la sustancia gris de la médula espinal, o en el hipotálamo, o en el bulbo raquídeo.

Pág. 366

**17** Las células sensitivas de los órganos receptores de estímulos envían impulsos nerviosos a través de las fibras sensitivas de los nervios raquídeos hasta las neuronas sensitivas de los ganglios raquídeos. Estos transmiten los impulsos hasta las neuronas de las astas posteriores de la sustancia gris de la médula. Allí, las neuronas de asociación transmiten el impulso hasta las neuronas motoras de las astas anteriores de la médula espinal. Las neuronas motoras transmiten el impulso nervioso por las fibras motoras de los nervios raquídeos hasta los órganos efectores: músculos o glándulas.

**18** Porque los impulsos nerviosos pasan de las fibras sensitivas a las fibras motoras a través de la neurona de asociación y no a través del circuito nervioso que lleva hasta la corteza cerebral. Además no hay elaboración de respuesta, sino que esta es automática.

**A DEBATE**

**a)** La intoxicación aguda, ocasionada por la ingestión masiva de alcohol, y la intoxicación crónica, provocada por un consumo de alcohol excesivo y continuado, o por intoxicaciones agudas repetidas.

**b)** Afecta sobre todo a las células del sistema nervioso central, donde actúa como depresivo, interfiriendo en el funcionamiento normal de algunos neurotransmisores. En los alcohólicos crónicos se producen graves trastornos cerebrales. Además, el alcohol provoca adicción física y dependencia psicológica.

**c)** Trastornos hepáticos, como la cirrosis, y cardiovasculares, al aumentar la presión sanguínea y, por tanto, el riesgo de infarto.

**d)** R. L.

Pág. 367

**19** En el caso A las hormonas son segregadas por las células de la glándula directamente a los vasos sanguíneos, y en el caso B las hormonas son producidas por una neurona y son liberadas al torrente sanguíneo a través del axón de la neurona.

**20** Sí, se utiliza el mismo mecanismo, un estímulo nervioso activará la glándula o célula neurosecretora para que libere las hormonas.

**21** Las células diana son aquellas que realizan una respuesta fisiológica a la acción de las hormonas; para ello tienen unos receptores específicos, que al ser activados por la unión con la hormona desencadenan los correspondientes efectos fisiológicos: producción de sustancias, cambios en el citoplasma, división celular... La existencia de células diana con receptores específicos es lo que explica que las hormonas se repartan por todo el organismo mediante el torrente circulatorio, pero solamente actúen en lugares específicos: las células sin receptores no experimentarán ningún efecto ante la llegada de la hormona.

**22** La diferencia está en el tipo de célula que la ha producido: las hormonas son producidas por células secretoras del epitelio glandular de las glándulas, y las neurohormonas son producidas por neuronas especializadas en la secreción de sustancias.

Pág. 368

**23** La hormona de la muda es producida y secretada por órganos neuroendrocrinos (Y) que se sitúan cerca de los músculos mandibulares. La hormona inhibidora de la muda inhibe la secreción de la anterior, producida y secretada por el órgano (X), localizado en los pedúnculos oculares. El equilibrio entre estas dos hormonas antagónicas es el que marca el ritmo de las mudas.

**24** No se inhibiría la muda, no se retrasaría la aparición de los caracteres de adulto, con lo cual los insectos mudarían a mayor velocidad y alcanzarían los caracteres adultos con un tamaño mucho más reducido porque no habrían tenido tiempo de alimentarse y crecer adecuadamente.

Pág. 369

**25** Las neuronas del hipotálamo son las encargadas de enviar señales nerviosas y liberar factores hipotalámicos de liberación o inhibición, que controlan la secreción de la adenohipófisis. También, las neuronas del hipotálamo segregan neurohormonas a la sangre a través de los axones que se reúnen formando la neurohipófisis.

Pág. 370

**26** La corteza suprarrenal de las glándulas adrenales, tiroides, ovarios y testículos.

**27** Son antagonistas, la insulina reduce la cantidad de glucosa en sangre y estimula la formación de glucógeno, mientras que la hormona glucagón tiene un efecto inverso, aumenta los niveles glucémicos, degradando el glucógeno hepático en glucosa.

Pág. 371

**EN RESUMEN**

**28** La coordinación hormonal es un proceso más lento pero duradero, mientras que la nerviosa es más rápida y cesa más pronto en sus efectos.

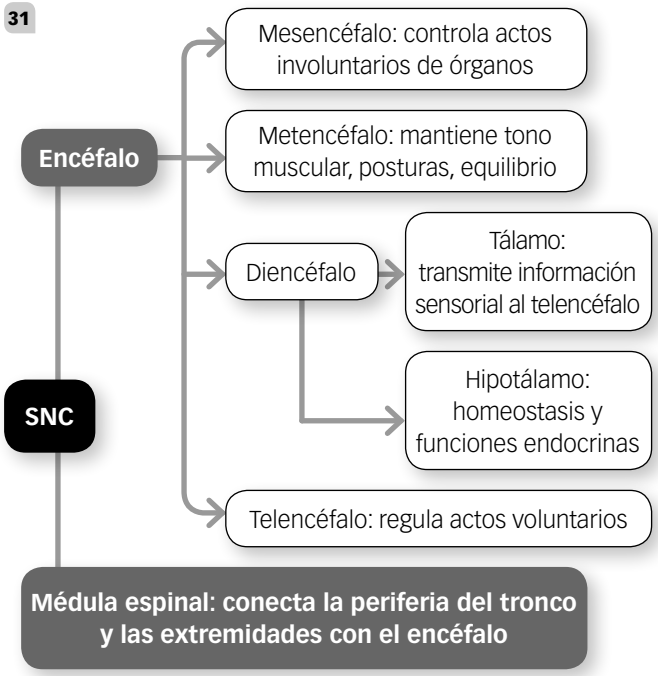
**29** Es de naturaleza electroquímica porque el potencial eléctrico de la membrana es producido por el transporte de iones a un lado y otro de la membrana, y no por el movimiento de electrones, que es el caso de la corriente eléctrica.

En estado de reposo, la bomba sodio-potasio está en marcha bombeando iones de sodio al exterior, contra gradiente (contra la diferencia de concentración, es decir, que hay más sodio fuera que dentro), y bombeando iones de potasio al interior contra gradiente; como bombea más iones de sodio que de potasio, se genera carga positiva en el exterior y negativa en el interior. Los canales de potasio se abren para que este salga pasivamente y neutralice los iones de cloro exteriores.

Cuando se estimula la neurona, se para la bomba sodio-potasio, se cierran los canales de potasio y se abren los canales de sodio y de cloro. Como consecuencia, el cloro y el sodio entran pero, como es mayor la cantidad de sodio que entra que la de cloro (porque era mayor la diferencia de concentración o gradiente), el resultado es la carga positiva en el interior y negativa en el exterior (ya no salen iones de potasio para neutralizar los de cloro).

**30** Los cnidarios (como los pólipos y medusas) presentan red difusa. Los platelmintos (como las planarias) y nematodos (como las lombrices intestinales), un sistema nervioso cordal. Los anélidos (como las lombrices de tierra) presentan sistema nervioso ganglionar, formado por ganglios ventrales y cerebroides, y collar periesofágico. También presentan sistema nervioso ganglionar los moluscos (como los caracoles) y artrópodos (como los cangrejos y los insectos), pero con los ganglios cerebrales muy desarrollados. Por último, los equinodermos (como la estrella de mar) poseen un sistema nervioso anular.

**31**



**32** Las hormonas o neurohormonas en invertebrados se encargan de los cambios de color que les permiten mimetizarse con el medio, el crecimiento y la maduración reproductiva, y la regulación de los procesos osmóticos en líquidos corporales.

**33**

| Glándula endocrina | Hormonas |
|---|---|
| Adenohipófisis | Hormona estimulante del tiroides (TSH)<br>Hormona adrenocorticotropa (ACTH)<br>Hormona del crecimiento (GH)<br>Gonadotropina foliculoestimulante (FSH)<br>Gonadotropina lúteo estimulina (LH)<br>Prolactina |
| Neurohipófisis | Oxitocina<br>Vasopresina (ADH) |
| Médula suprarrenal | Adrenalina<br>Noradrenalina |
| Corteza suprarrenal | Mineralcorticoides<br>Glucocorticoides<br>Andrógenos suprarrenales |
| Páncreas | Insulina<br>Glucagón |
| Ovarios | Estrógenos<br>Progesterona |
| Testículos | Andrógenos: testosterona |
| Tiroides | Tiroxina<br>Triyodotropina<br>Calcitonina |
| Paratiroides | Hormona paratiroidea |

Pág. 372

**PARA REPASAR**

**34** La homeostasis es la regulación del medio interno por parte del organismo, manteniendo constantes valores de temperatura, pH y concentración salina del conjunto de líquidos del organismo.

Este mecanismo está regulado tanto por el sistema nervioso (central y autónomo) como por el sistema hormonal, que estimula o inhibe a los órganos que participan más directamente en los aspectos mencionados.

**35** El medio de transmisión del sistema hormonal es a través de la producción de sustancias químicas que vierte al torrente circulatorio.

El sistema nervioso transmite su información por impulsos nerviosos de naturaleza electroquímica.

**36** Las neuronas sensitivas, que llevan información desde los órganos sensoriales al sistema nervioso central, y las neuronas motoras, que llevan información desde el sistema nervioso central a los órganos efectores: músculos o glándulas.

**37** R. G. Las neuronas bipolares tendrán dos prolongaciones: una dendrita y un axón; las neuronas multipolares tendrán muchas dendritas y un axón; las neuronas monopolares tendrán una sola prolongación que se bifurcará en una dendrita y un axón.

**38** R. G. Las fibras mielínicas están formadas por un axón y varias células de Schwann que rodean en capas concéntricas al axón, constituyendo las vainas de mielina; dichas capas están fuertemente impregnadas de mielina, que es una sustancia de naturaleza lipídica.

Las fibras amielínicas están constituidas por varios axones recubiertos parcialmente por evaginaciones de las células de Schwann, que no están impregnadas de mielina.

En las fibras mielínicas, una célula de Schwann se coloca a continuación de otra dejando un pequeño espacio o estrangulamiento entre las dos, libre de mielina, llamado nódulo de Ranvier. Los impulsos nerviosos saltan de nódulo en nódulo, de manera que se propagan mucho más rápido que en las fibras amielínicas

**39** La figura representa la sinapsis entre dos neuronas. Es el punto de comunicación entre dos neuronas que no llegan a estar en contacto físico con una zona de influencia entre ambas de carácter químico. Está el botón presináptico (A), donde se localizan neurotransmisores almacenados en vesículas, que son liberados a la hendidura sináptica (B) cuando el impulso nervioso llega al botón terminal. El elemento postsináptico (C) presenta receptores de membrana para esos transmisores, su unión provoca cambios en la permeabilidad de la membrana y un potencial de acción, que hace que el impulso nervioso continúe en esta neurona.

**40** Un neurotransmisor es una biomolécula que se alberga en las vesículas del elemento presináptico y es liberada al espacio sináptico cuando llega un impulso nervioso. Cuando se une a los receptores del elemento postsináptico, origina un impulso nervioso en la membrana del mismo, con lo que se transmite el impulso nervioso de una neurona a otra.

Principales neurotransmisores:

| Neurotransmisor | Acción |
|---|---|
| Acetilcolina | Activa músculos esqueléticos |
| Dopamina | Controla los movimientos |
| GABA | Inhibe sinapsis en el cerebro |
| Serotonina | Influye en el estado de ánimo y el sueño |

**41** Es el caso de la sinapsis eléctrica: la hendidura sináptica es suficientemente pequeña para que el impulso presináptico produzca una despolarización en la membrana postsináptica sin necesidad de un transporte de sustancias.

**42** Que presentan un sistema nervioso cordal o bien ganglionar, formado por dos cordones ventrales que recorren todo el cuerpo, o por pares de ganglios ventrales unidos entre sí por cordones nerviosos.

**43** Presenta una doble protección. Una protección ósea, que ejercen los huesos del cráneo y las vértebras, y una protección membranosa, que la proporcionan una o varias membranas de tejido conjuntivo conocidas como meninges. Se protege de golpes y de la invasión de microbios por tratarse de un órgano muy importante para el funcionamiento coordinado del organismo.

**44** **a)** Diferencias entre sistema nervioso somático y autónomo: El sistema nervioso somático es el encargado de la relación con el medio externo y puede responder a los cambios mediante acciones voluntarias; además, sus acciones son rápidas y breves en el tiempo. Mientras que el sistema nervioso autónomo regula la actividad de las vísceras, se encarga del mantenimiento de la homeostasis y del funcionamiento de los órganos mediante respuestas involuntarias y automáticas; además, sus acciones son más lentas y más duraderas.

**b)** Diferencias entre sistema nervioso central y periférico: El sistema nervioso central lo conforman el encéfalo y la médula espinal, mientras que el periférico lo conforman ganglios y nervios. La mayor parte de las neuronas del organismo se hallan en la sustancia gris de la médula espinal, mientras que el sistema nervioso periférico consta de fibras nerviosas con algunas neuronas concentradas en los ganglios.

**45** No. Las hormonas proteicas son hidrosolubles y no pueden atravesar la membrana celular, así que se fijan en receptores del exterior de la membrana, que activa mensajeros químicos intracelulares que llevan la información hasta los lugares correspondientes. Las hormonas esteroideas son liposolubles, atraviesan la membrana celular y se unen a sus receptores específicos, que están en el interior de la célula, desencadenando directamente sus efectos fisiológicos.

**46** **a)** El órgano efector es el encargado de producir las respuestas elaboradas por el sistema nervioso central; son músculos o glándulas. El órgano diana es el que contiene las células diana, con los receptores específicos para ser activados por las hormonas correspondientes.

**b)** La glándula endocrina produce sustancias que son vertidas directamente en el torrente circulatorio; dichas sustancias son las hormonas. La glándula exocrina produce sustancias que son vertidas al exterior del organismo (como las glándulas sudoríparas) o a cavidades internas (como las glándulas gástricas).

**47** En la mayor parte de los casos, las hormonas de los invertebrados son neurohormonas, producidas por tanto por neuronas especializadas en la secreción. Las estructuras que forman hormonas estarán asociadas al sistema nervioso.

**48** **a)** Cromatoforotropina: Regular los cambios de pigmentación del cuerpo.

**b)** Neurohormonas de anélidos: Regulan procesos de regeneración, crecimiento y reproducción.

**c)** Hormona juvenil de insectos: Inhibir la muda y mantener los caracteres juveniles del animal.

**d)** Ecdisona: promover la muda y el desarrollo del animal.

**e)** Gonadotropina: crecimiento corporal y maduración de las gónadas.

**49** La adenohipósifis es una verdadera glándula formada por células secretoras de tejido epitelial; sus células segregan hormonas directamente al torrente circulatorio.

La neurohipófisis está formada por axones de neuronas cuyos cuerpos celulares están en el hipotálamo; las sustancias que segrega la neurohipófisis están formadas en los cuerpos celulares de las neuronas del hipotálamo. No puede considerarse una verdadera glándula.

**50** R. G. Habrá que relacionar mediante flechas la adenohipófisis, que segrega hormona foliculoestimulante y lúteo estimulina, con los ovarios y con los testículos. De los ovarios saldrán flechas señalando la producción de estrógenos y de progesterona. De los testículos saldrán flechas señalando la producción de andrógenos.

**51** Las glándulas adrenales constan de la médula, en el interior, y la corteza, en la superficie.

La médula está formada por neuronas secretoras que producen principalmente neurohormonas como adrenalina y noradrenalina. La corteza está formada por células glandulares que producen principalmente mineralcorticoides, glucocorticoides y andrógenos suprarrenales.

**52**

| Glándula endocrina | Hormona | Función |
|---|---|---|
| **Adenohipófisis** | Del crecimiento (GH) | Estimula el crecimiento de huesos, músculos y cartílagos. |
| **Tiroides** | Tiroxina y triyodotropina | Acelera los procesos metabólicos de las células. |
| **Páncreas** | Glucagón | Aumenta los niveles de glucosa en sangre. |
| **Corteza suprarrenal** | Aldosterona | Regula el metabolismo iónico. |
| **Testículos** | Testosterona | Regula el proceso de formación de espermatozoides. |

**53** R. G. Ha de señalar la hipófisis, las glándulas suprarrenales, los ovarios y los testículos.

**54** a) Hipófisis.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Pág. 373

**PARA PROFUNDIZAR**

**55** **a)** Potencial de reposo (−90 mV).

**b)** Potencial de acción. Se invierte la polarización de la membrana, se pasa de −90 mV a +35 mV.

**c)** Potencial de recuperación. Tras la despolarización debida al impulso nervioso, la membrana vuelve a recuperar su potencial de reposo inicial (−90 mV).

**56** Representa un acto voluntario: las células sensoriales del ojo, a través del nervio óptico, informan a la corteza cerebral de que está delante de la puerta del automóvil. La corteza cerebral elabora la respuesta para abrir la puerta del automóvil, y los impulsos nerviosos bajan por las fibras nerviosas del bulbo raquídeo y de la médula espinal a los músculos del brazo que ejecutan la respuesta.

R. G.

Las órdenes de la corteza cerebral no llegarían a los músculos del brazo, aunque sí que llegaría a la corteza cerebral la información sensorial de los ojos y la corteza cerebral podría elaborar respuestas.

**57** Los nervios del sistema autónomo parten de neuronas de las astas anteriores de la médula espinal, es decir, los impulsos nerviosos viajan por fibras motoras que llevan impulsos nerviosos desde el sistema nervioso central a los órganos, en este caso órganos internos.

**58** El ritmo del corazón se ve acelerado por impulsos del sistema simpático, y se ve frenado por impulsos del sistema parasimpático. Según la información exterior o interior que reciba el encéfalo, se activará el componente simpático o el componente parasimpático del sistema autónomo.

**59** La hormona folículo estimulante produce en los ovarios la secreción de estrógenos, que producen a su vez el crecimiento de los folículos, y por tanto la maduración de los óvulos. En los testículos, la hormona foliculoestimulante estimula la producción de espermatozoides.

La hormona lúteo estimulina produce en los ovarios la formación del cuerpo lúteo, que se encarga de la secreción de progesterona, que prepara al útero para el embarazo. En los testículos, promueve la producción de testosterona, que estimula la maduración de espermatozoides.

La semejanza, pues, consiste en que en ambos casos se estimula la producción y maduración de células sexuales, pero en el caso de la mujer las hormonas preparan también para el embarazo.

Asimismo se puede decir que en los dos casos las hormonas de la hipófisis influyen en la producción de los caracteres sexuales secundarios, ya que estos son también los efectos de las hormonas de los ovarios y de los testículos.

**60** **a)** Hormona paratiroidea. **c)** Oxitocina.

**b)** Prolactina. **d)** Insulina.

**61** A. Los impulsos nerviosos que llegan por el axón de una neurona estimulan a las células glandulares de una glándula endocrina, las células segregan una hormona que vierten a los vasos sanguíneos, la sangre distribuye la hormona por todo el organismo, la hormona se fija en los receptores específicos de las células diana y en estas células se desencadenan efectos fisiológicos.

B. Una neurona secretora produce una neurohormona que se acumula en su axón, la neurona secretora recibe un impulso nervioso del axón de otra neurona que hace sinapsis con ella; el impulso nervioso desencadena la secreción de la neurohormona acumulada en el axón, que va a parar a los vasos sanguíneos, la sangre distribuye la neurohormona por todo el organismo, la neurohormona se fija en los receptores específicos de las células dianas y en estas células se desencadenan efectos fisiológicos.

Se observan diferencias en el tipo de célula que produce la hormona: célula glandular (A) y neurona secretora (B). También en el tiempo de producción y liberación de la hormona: la glándula produce la hormona y la libera cuando recibe el impulso nervioso, y la neurohormona la va produciendo y acumulando en el axón, y la libera cuando recibe el impulso nervioso.

**62** Suministrándole regularmente las hormonas tiroideas: tiroxina y triyodotironina. También habría que suministrarle hormona paratiroidea, ya que la paratiroides consta de cuatro masas de células incrustadas en la glándula tiroides, y al extirpar una glándula, se extirpa la otra.

**63** Faltan, de arriba abajo: el hipotálamo, la adenohipófisis y la glándula tiroides.

La TRH segregada por el hipotálamo estimula a la adenohipófisis para que segregue hormona TSH (hormona estimulante de la tiroides), y la TSH estimula a la tiroides para que segregue tiroxina y triyodotironina; pero la presencia de las hormonas de la tiroides inhiben en la adenohipófisis la producción de TSH, por lo que al poco tiempo la tiroides dejará de producir tiroxina y triyodotironina; la falta de las hormonas tiroideas desbloqueará a la adenohipófisis, que volverá a producir TSH, la cual provocará en la tiroides la producción de sus hormonas, y así sucesivamente. Es un caso de regulación de producción de hormonas por retroalimentación negativa.

Pág. 375

**CIENCIA EN TU VIDA**

**64** Hay una parte instintiva en la producción del canto, ya que los gorriones del caso 2, que no han escuchado el canto del macho en el periodo crítico, sí que producen un canto, pero no el adecuado; y una parte de aprendizaje, ya que si no han oído el canto del macho en el periodo crítico, no aprenden el canto adecuado, ni si oyen multitud de cantos (caso 5).

**65** El gorrión tiende a cantar de forma innata (caso 2) y ha de aprender en el periodo crítico, pues si aprende después, lo hace mucho peor (caso 4).

**66** R. L.

**67** Evitando comportamientos agresivos, facilitando el adiestramiento, el reconocimiento de la persona que ha de alimentarle o acercarse a él, facilitando que siga los ciclos de desarrollo y reproducción propios de su especie.

# UNIDAD 20. REPRODUCCIÓN EN ANIMALES


**Introducción y recursos** . . . . . **817**

- Introducción y contenidos de la unidad . . . . . 818
- Previsión de dificultades . . . . . 819
- Esquema conceptual . . . . . 819
- Te recomendamos . . . . . 820

**Enseñanza individualizada** . . . . . **821**

- Prácticas
  - Orientaciones para un examen . . . . . 822
    - Ficha 1. Análisis de los procesos de reproducción en animales a través de esquemas representativos . . . . . 822
    - Ficha 2. Interpretación del desarrollo embrionario en animales . . . . . 823
  - Trabaja con imágenes . . . . . 824
    - Ficha 3. Anatomía del aparato reproductor masculino . . . . . 824
    - Ficha 4. Anatomía del aparato reproductor femenino . . . . . 825
  - Trabajos de aula . . . . . 826
    - Ficha 5. Tipos de partenogénesis . . . . . 826
    - Ficha 6. El ciclo menstrual en los humanos . . . . . 827
    - Ficha 7. Tipos de huevos . . . . . 828
    - Ficha 8. Problemas éticos de la reproducción asistida . . . . . 829
- Profundización
  - Proyectos de investigación . . . . . 830
    - Ficha 9. La clonación en vertebrados . . . . . 830
    - Ficha 10. Cópulas interminables, cifras astronómicas de huevos . . . . . 831


 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**Recursos para la evaluación** . . . . . **833**

- Autoevaluación . . . . . 835
- Evaluación de contenidos . . . . . 836
  - Controles . . . . . 836
    - Control B . . . . . 836
    - Control A . . . . . 838
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 840
- Evaluación por competencias . . . . . 844
  - Prueba . . . . . 844
  - Estándares de aprendizaje y soluciones . . . . . 846

**Solucionario** . . . . . **847**

# Introducción y recursos

# REPRODUCCIÓN EN ANIMALES

## INTRODUCCIÓN DE LA UNIDAD

El principal atributo de los seres vivos es su capacidad de reproducirse y perpetuar la especie. Si bien las formas de reproducirse varían mucho según las especies, básicamente se distinguen dos tipos: asexual y sexual. La reproducción asexual da lugar a individuos clónicos a partir de un solo progenitor y, aunque es frecuente, la mayoría de los animales presenta reproducción sexual debido a que esta última genera variabilidad genética y favorece la evolución de las especies. Comenzamos la unidad planteando las características de los dos tipos de reproducción, así como las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, y dedicamos el resto de la unidad a la reproducción sexual.

Dado que la reproducción sexual se realiza mediante la unión de las células sexuales o gametos, se aborda en primer lugar la estructura de los gametos y el proceso de su formación, la gametogénesis, haciendo hincapié en la necesidad de la meiosis para que los gametos sean haploides. Se hace un estudio comparativo de la espermatogénesis y de la ovogénesis pues, aunque ambos procesos son similares, también presentan diferencias significativas. A continuación, se trata el proceso de fecundación, y el desarrollo tanto embrionario como postembrionario.

Seguidamente se estudian las diversas formas de reproducción tanto de los invertebrados como de los vertebrados, explicando brevemente las variaciones que presenta cada uno de los grupos. La unidad termina con el estudio de la intervención del ser humano en los procesos reproductivos, que se ha podido llevar a cabo gracias a los avances científicos, diferenciando entre la reproducción asistida en el ser humano y en los animales. Se hace una referencia histórica sobre la clonación de la oveja Dolly y se aborda la clonación por división de embriones y por transferencia de núcleos en los animales. Por último, se plantean las aplicaciones de la clonación y de las células madres, y se hace una reflexión sobre las repercusiones de la clonación terapéutica.

## CONTENIDOS

| | |
|---|---|
| SABER | • Tipos de reproducción en animales.<br>• Reproducción sexual en animales, formación de gametos y tipos de fecundación.<br>• Desarrollo embrionario y postembrionario.<br>• Diferentes mecanismos de reproducción en invertebrados y vertebrados.<br>• La intervención del ser humano en los procesos reproductivos. |
| SABER HACER | • Distinguir y reconocer las diferentes etapas del desarrollo de los animales. |
| SABER SER | • Valorar la necesidad de la investigación biológica básica para avanzar en el conocimiento de los seres vivos.<br>• Reconocer la importancia de las aplicaciones de la clonación a partir de células madre embrionarias.<br>• Reconocer la necesidad de que un comité de bioética se encargue de incrementar las garantías y seguridad de las investigaciones biomédicas. |

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

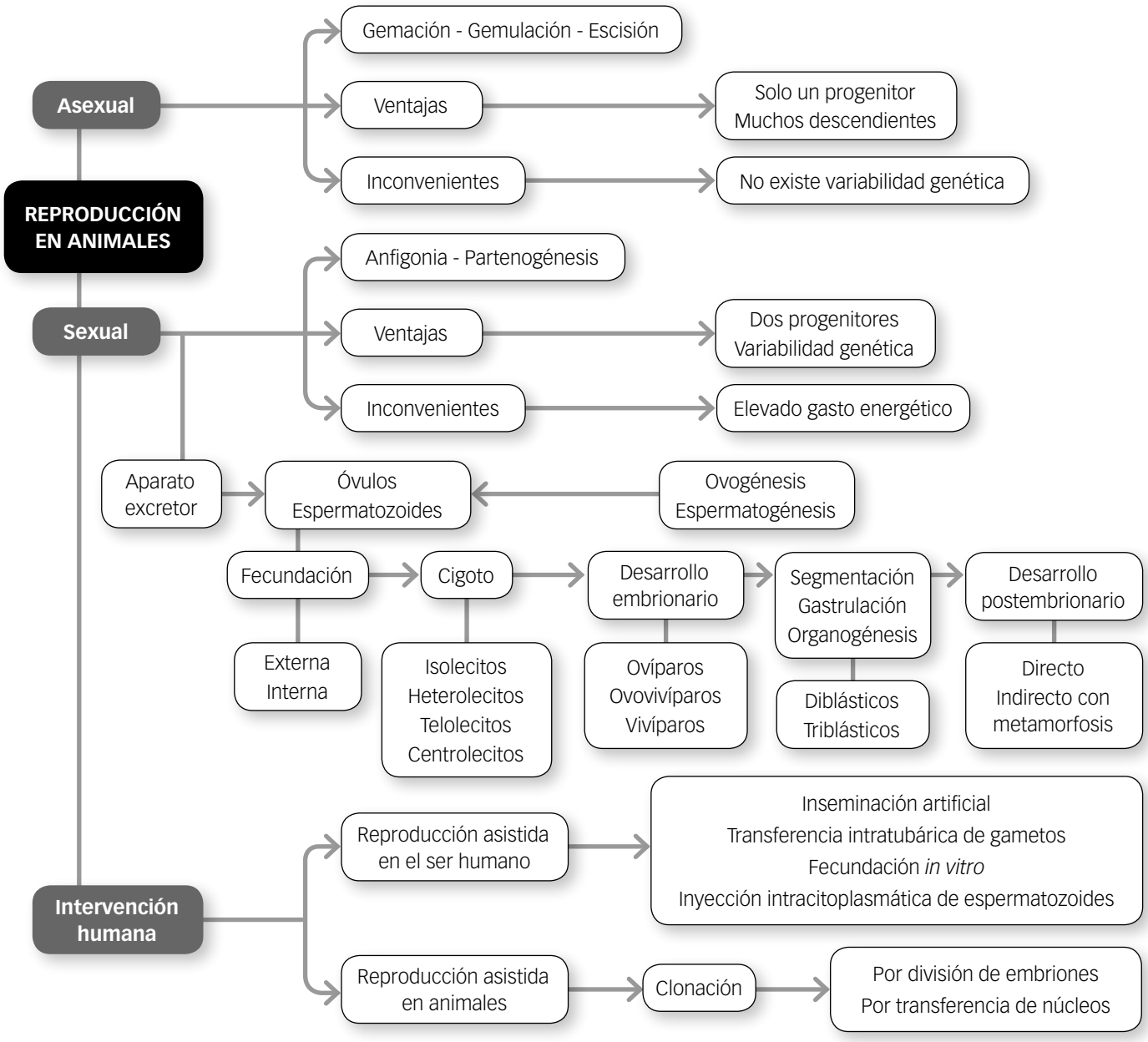
## PREVISIÓN DE DIFICULTADES

Entre las adaptaciones que presentan los seres vivos, las más raras y diversas afectan a la forma de reproducirse de los animales. Por ello, esta unidad, salvo por las variaciones que se dan en las diferentes especies, no tiene serias dificultades para el alumnado.

Antes de empezar la unidad se deben repasar conceptos básicos ya estudiados en niveles o unidades anteriores, tales como mitosis, meiosis, ADN, cromosoma, información genética, haploide y diploide.

Conviene estudiar en primer lugar los procesos generales, para luego analizar la diversidad de recursos reproductivos, gracias a los cuales se asegura la continuidad de las especies. En la naturaleza la reproducción asexual produce organismos clónicos y solo se presenta en los animales inferiores; hay que destacar que la base de este tipo de reproducción es la mitosis. La reproducción sexual, mucho más extendida en los animales, y en muchos el único tipo, requiere que se lleve a cabo la meiosis, proceso por el cual se generan los gametos haploides. Una vez sentadas las bases de cada tipo de reproducción, conviene analizar con detalle las ventajas e inconvenientes de cada tipo, destacando que la reproducción sexual ha contribuido a la biodiversidad actual.

## ESQUEMA CONCEPTUAL



# TE RECOMENDAMOS

## EN LA RED

### PÁGINAS WEB

**Proyecto Biosfera**
Página oficial del Ministerio de Educación, Cultura Y Deporte. Posibilidades de seleccionar diferentes unidades del currículum de Bachillerato. Presenta un amplio conjunto de actividades sobre este y otros contenidos.
Palabras clave: *1.º bachillerato proyecto biosfera.*

**EOL. Encyclopedia of life**
Enciclopedia virtual promovida por E. O. Wilson, uno de los científicos de mayor prestigio en todo el mudo y apoyada entre otras por la Fundación Smithsonian, el museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard y el Laboratorio de Biología Marina de Woods Hole. Contiene información sobre todos los grupos biológicos del planeta.
Palabras clave: *EOL encyclopedia life.*

**MedlinePlus**
Portal de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos (en español). Información, enlace, vídeos y multimedia, etc. En el apartado «Temas de salud» se pueden consultar las dolencias, los síntomas, la explicación de las enfermedades y los posibles tratamientos tanto del sistema reproductor femenino como del masculino.
Palabras clave: *Medlineplus spanish.*

**ActionBioscience**
Esta página web es un recurso educativo del Instituto Americano de Ciencias Biológicas cuyo objetivo es promover el conocimiento de las biociencias. Tiene un apartado dedicado a la biotecnología.
Palabras clave: *ActionBioscience biotecnología.*

**Science Euronews y Noticias Científicas**
Dos páginas web con noticias sobre ciencia, biomedicina, salud, etc.
Palabras clave: *Science Euronews y noticiascientificas.info*.

## LIBROS Y REVISTAS

***Principios integrales de zoología***
**C. P. Hickman; L. S. Roberts y otros.** Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2013.
Nueva revisión de un libro ya clásico de zoología en el que hay que destacar la claridad de exposición de los conceptos.

***Vida. La Ciencia de la Biología***
**W. K. Purves; D. Sadava; G. H. Orians y H. C. Heller.** Editorial Médica Panamericana, 2006.
Es un libro de biología que recoge todo lo esencial y al mismo tiempo los últimos conocimientos, incluido lo referente al genoma humano, expuestos con una gran claridad. Trata de despertar el interés del alumno por esta ciencia y por la investigación.

***Biología***
**Curtis; Barnes; Schnek y Massarini**. Editorial Médica Panamericana, 2008.
Libro que continúa la ya larga tradición de Curtis, muy bien presentado. Con recursos para el profesor y el alumno. Esquemas de una claridad excepcional con textos que iluminan las ilustraciones. Muchas figuras son mixtas, fotografía e ilustración, lo que contribuye a aclarar, por ejemplo, la estructura celular. El texto lleva intercaladas con precisión las llamadas que referencian las figuras.

***Sexo en la Tierra: un homenaje a la reproducción animal***
**Jules Howard.** Editorial Blackie Books, 2015.
El autor es un joven zoólogo que colabora habitualmente con de *The Guardian* y la BBC. En este libro explica interesantes y divertidas curiosidades sobre la reproducción de los animales.

**«La construcción de un ser vivo»**
Temas *Investigación y Ciencia,* 3. Monográfico de la revista *Investigación y Ciencia* que revisa diferentes aspectos de la formación de los animales, como la fecundación en los mamíferos, la espermatogénesis, las bases moleculares del desarrollo, etc.

## PELÍCULAS Y VÍDEOS

***Viaje al interior del cuerpo humano.*** Documental de National Geographic.
Da una visión general del desarrollo y del funcionamiento del cuerpo humano. Presenta cómo crecen y maduran nuestros cuerpos, desde la infancia a la pubertad, la edad adulta y la vejez. RBA.

***En el vientre materno. Mamíferos.*** Documental de National Geographic.
Nos permite ver con todo detalle el desarrollo y crecimiento fetal de un elefante, un delfín y un perro. Grabado con las más avanzadas técnicas e imágenes de ecografía en 4D. RBA.

***En el vientre materno: gemelos, trillizos y cuatrillizos***
Documental de National Geographic.
Presenta la historia de tres madres embarazadas, desde el momento de la concepción hasta el parto. Una de ellas embarazada de gemelos idénticos, otra de trillizos concebidos en días distintos y otra de cuatrillizos. Nos muestra cómo los fetos empiezan a interactuar. RBA

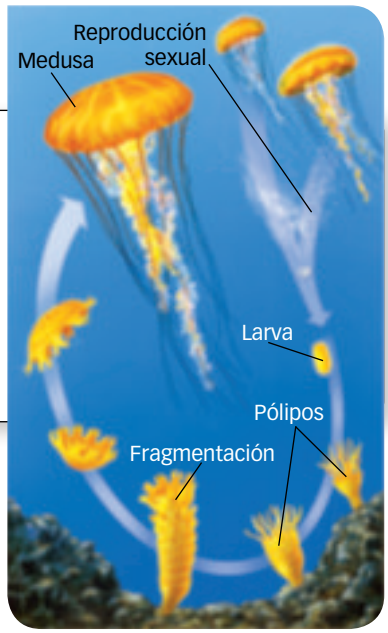
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Enseñanza individualizada

*Prácticas*

*Profundización*

# Análisis de los procesos de reproducción en animales a través de esquemas representativos




A continuación se presenta un esquema simplificado del ciclo vital de una medusa (*Aurelia aurita*). Observa con atención la imagen y contesta a las preguntas referidas a su reproducción.

a) Explica los mecanismos de reproducción que poseen los individuos de esta especie.

b) Realiza una valoración sobre las ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de reproducción.

Se trata de que, a través de un ejemplo concreto, expliques los dos tipos de reproducción que se dan en los animales basándote en las imágenes que ilustran la pregunta.

**a)** Los animales tienen reproducción sexual y, en algunos casos, reproducción asexual. Reproduce un cuadro resumen como el siguiente de los tipos de reproducción en animales:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipos de reproducción en animales** | Reproducción asexual | Gemación | |
| | | Escisión o fragmentación | |
| | Reproducción sexual | Partenogénesis | |
| | | Anfigonia | Isogamia |
| | | | Anisogamia |
| | | | Oogamia |

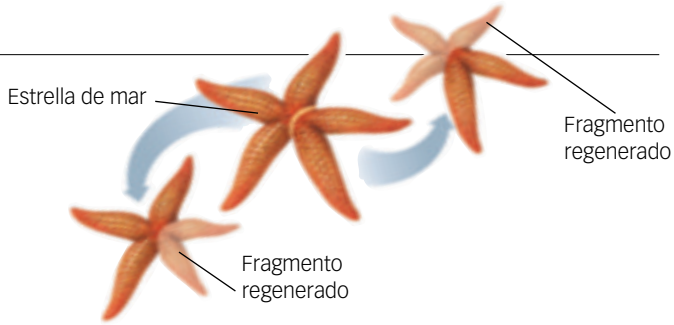
En el ciclo vital de este celentéreo se aprecia la fase pólipo y la fase medusa. La fase pólipo (individuo sésil) es la forma asexuada, que se divide por estrobilación. La estrobilación es un tipo especial de reproducción asexual por escisión o fragmentación que da lugar a numerosas éfiras, que completarán su crecimiento hasta convertirse en adultos en la fase medusa. Las medusas son formas libres y nadadoras que poseen gónadas masculinas y femeninas que formarán, como puede verse en las imágenes, gametos masculinos y femeninos. La fecundación es externa, ocurre fuera del cuerpo del animal, y por desarrollo embrionario forma una larva llamada plánula, que originará un pólipo que crece fijo al sustrato, cerrando el ciclo vital.

**b)** Recuerda que cualquier tipo de reproducción sexual presenta como ventaja tener cierta variabilidad genética, lo que facilitaría una mejor adaptación frente a la selección natural. Sin embargo, exige formar los gametos previamente de distinto sexo y los mecanismos correspondientes para su encuentro y fecundación. Respecto de la reproducción asexual, resulta especialmente favorecida en casos donde es difícil el encuentro entre dos individuos de distintos sexos. En cambio, los individuos resultantes son genéticamente idénticos entre sí, lo que explica que no exista variabilidad genética y la desventaja que esto significa en términos evolutivos.

## PRACTICA

**1** La plánula es una larva ciliada que se forma en el filo de los animales llamados celentéreos. Indica qué ventajas posee en organismos fijos coloniales, como los corales.

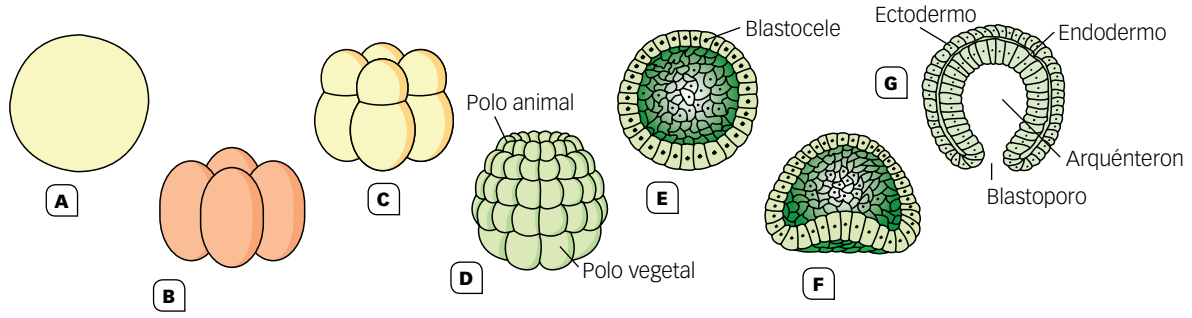
**2** Observa el siguiente dibujo y explica el mecanismo reproductivo que se pretende representar. Indica las ventajas e inconvenientes del mismo.




 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Interpretación del desarrollo embrionario en animales

Observa la siguiente secuencia de imágenes sobre el desarrollo embrionario en animales. La cronología de las distintas fases se indica por orden alfabético. A continuación, contesta a las cuestiones que se plantean.




a) ¿Qué representa la estructura A? ¿Cómo se denomina la fase del desarrollo embrionario que se inicia en A y culmina con la formación de D?

b) Define el estadio E y G.

c) ¿En qué grupo o grupos animales finaliza el desarrollo embrionario en la fase G?

Se trata de que reconozcas y demuestres tus conocimientos sobre el desarrollo embrionario de los organismos animales y las fases más importantes que se pueden identificar en las ilustraciones.

**a)** y **b)** Recuerda que el desarrollo embrionario siempre comienza con la célula huevo o cigoto (A), que resulta de la unión entre los gametos masculinos y femeninos. La segmentación consiste en una serie de divisiones sucesivas mitóticas de esa célula inicial –recuerda que son dos células resultantes a partir de la división de una– hasta que se llega a la formación de la mórula (D), que es esférica y repleta de células. La estructura comenzará a ahuecarse dejando una cavidad interna, llamada blastocele, rellena de líquido. Una vez que se forme completamente, se culminará la fase y se forma la estructura conocida como blástula (E). A continuación, la gastrulación se inicia con la invaginación de la pared de la blástula formando la gástrula (G), con dos hojas embrionarias, denominadas ectodermo y endodermo. El orificio que comunica el espacio interno, llamado arquénteron, con el exterior recibe el nombre de blastoporo. Aquí finalizaría el desarrollo embrionario representado en el ejercicio.

En la mayoría de los animales el desarrollo embrionario no se detiene en la gástrula, sino que continúa y forma el mesodermo, la tercera hoja embrionaria, entre el ectodermo y el endodermo, que puede, a su vez, presentar celoma o no.

**a)** Recuerda que los animales se pueden clasificar en diblásticos o en triblásticos, atendiendo al número de hojas embrionarias que se formen en el desarrollo del embrión. Los animales diblásticos son aquellos cuyo desarrollo embrionario se detiene cuando se forma la gástrula con las dos hojas embrionarias (ectodermo y endodermo) de las que derivarían, por organogénesis, todos los órganos que constituyen el cuerpo del animal. Son animales diblásticos los celentéreos y las esponjas.

## PRACTICA

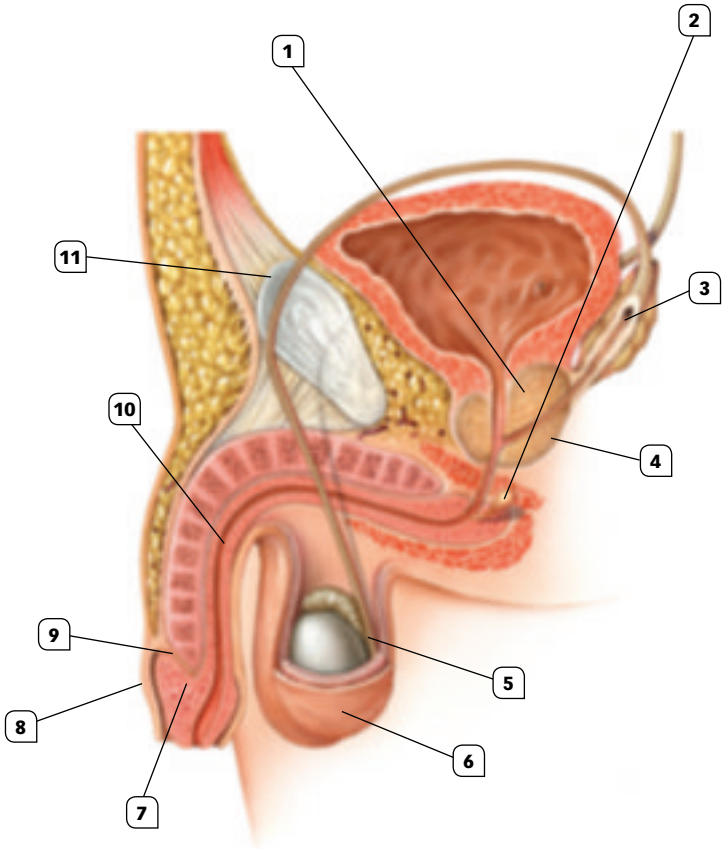
**1** Completa la secuencia de dibujos de la actividad anterior para el caso de un desarrollo embrionario de un organismo triblástico. Indica el origen embrionario de los distintos aparatos y sistemas de un mamífero.

**2** Explica las fases del desarrollo embrionario de una esponja marina. Apóyate en imágenes y define los distintos estadios que conozcas.

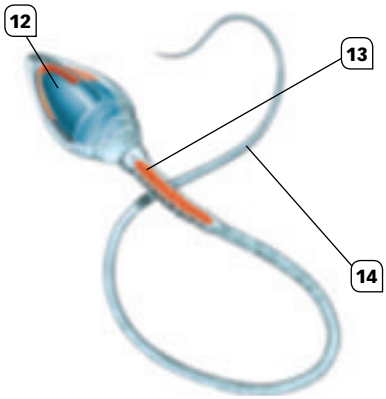
**3** ¿Cómo sería el desarrollo embrionario de un organismo partenogenético?

# Trabaja con imágenes

## Anatomía del aparato reproductor masculino




## Estructura del espermatozoide




### ACTIVIDADES

**1** Escribe los nombres correspondientes a las estructuras señaladas.

**2** ¿En qué parte del aparato reproductor masculino se produce la espermatogénesis? ¿Y la producción de hormonas sexuales?

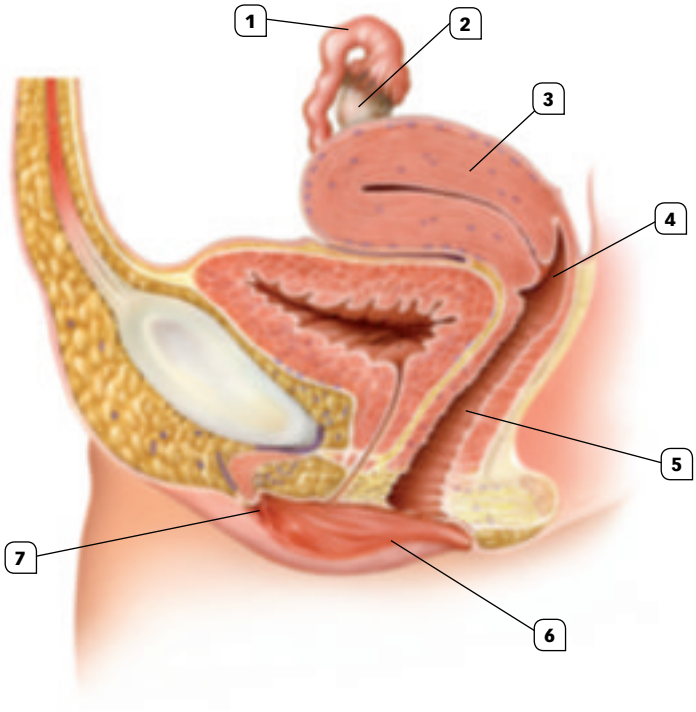
**3** Indica el camino que sigue un espermatozoide desde su lugar de formación hasta que sale al exterior con el semen a través de la uretra.

**4** Describe cómo es el espermatozoide y la función de cada uno de sus componentes.

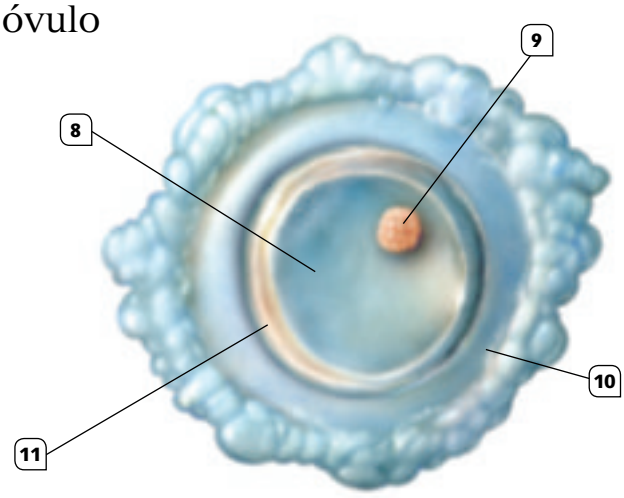
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Trabaja con imágenes

## Anatomía del aparato reproductor femenino




## Estructura del óvulo




### ACTIVIDADES

**1** Escribe los nombres correspondientes a las estructuras señaladas. ¿Dónde se produce la ovogénesis?

**2** ¿En qué parte del aparato reproductor femenino se produce la fecundación? ¿Y la implantación del blastocisto?

**3** Describe el óvulo e indica la función de sus componentes.

**4** ¿Qué camino sigue el espermatozoide en el interior del aparato reproductor femenino hasta llegar a encontrarse con el óvulo?

# Tipos de partenogénesis

La partenogénesis puede ser **gamofásica** o **cigofásica**.

- En la partenogénesis **gamofásica** hay dos tipos de individuos. Los que nacen a partir de un óvulo no fecundado, y son por ello haploides, que es el caso de los machos; y los que nacen a partir de óvulos fecundados (sin partenogénesis), y son por ello diploides, que son las hembras. Este tipo de reproducción se da en insectos sociales, como abejas, avispas y hormigas. Dado que permite a la hembra reproductora seguir una vía u otra, se llama **partenogénesis facultativa**.
- En la partenogénesis **cigofásica**, el individuo nace a partir de un óvulo diploide. Ello se puede deber a que la célula huevo aparece por mitosis, lo que se denomina **forma ameiótica** (es una reproducción asexual), o mediante la unión de dos núcleos haploides (formados por meiosis), lo que se conoce como **forma meiótica**, como sucede en algunas polillas.

Atendiendo a la frecuencia de la partenogénesis en una especie, se distinguen la **constante** y la **cíclica**.

- En la **partenogénesis constante** u **obligada**, todas las generaciones son de hembras o casi no existen machos, como sucede en algunos rotíferos, nematodos, peces, lagartijas y en el insecto palo, en el que solo hay un macho por cada 3 000 hembras. Suele ocurrir en poblaciones (no especies) en las que, por condiciones ambientales, han desaparecido los machos. Así se asegura la supervivencia de la población.
- En la **partenogénesis cíclica**, tras varias generaciones de hembras (**generaciones partenogenéticas**), aparece una de machos y hembras (**generación anfigónica**) que se reproducen por fecundación. La presentan, por ejemplo, las pulgas de agua (*Daphnia*). A partir de un cigoto que ha pasado el invierno en estado latente surge una hembra que, por partenogénesis diploide (óvulos diploides no fecundados), da lugar a muchas hembras. En el otoño las hembras, por partenogénesis meiótica, generan machos diminutos y efímeros, que fecundan los óvulos haploides de las hembras de las cuales han nacido, y se forman de nuevo los cigotos diploides resistentes al frío invernal.

## ACTIVIDADES

**1** Las hembras de los pulgones ponen óvulos diploides, que sin ser fecundados dan lugar a nuevos individuos, ¿qué tipo de reproducción siguen?

**2** Las hembras de las mariposas de la seda, si no hay machos, pueden dar lugar ellas solas a nuevos individuos. Es la llamada partenogénesis accidental. ¿En qué tipo de partenogénesis la incluirías?

**3** Los óvulos del erizo de mar, mediante ciertas sustancias químicas, y los óvulos de rana, por contactos con un pincel, se desarrollan y dan lugar a individuos adultos: es la llamada partenogénesis inducida. ¿En qué tipo de partenogénesis la incluirías?

**4** En algunas especies, como los peces, las lagartijas cola de látigo, etc., la reproducción por partenogénesis requiere actividad sexual. ¿Para qué es necesaria la actividad sexual si los óvulos no se fecundan?

**5** ¿Qué diferencias hay entre la partenogénesis meiótica y ameiótica? ¿En qué tipo de partenogénesis los descendientes son clones del progenitor? Razónalo.

**6** La partenogénesis está muy extendida entre los animales, ¿qué sentido biológico tiene?

**7** ¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes de la partenogénesis?

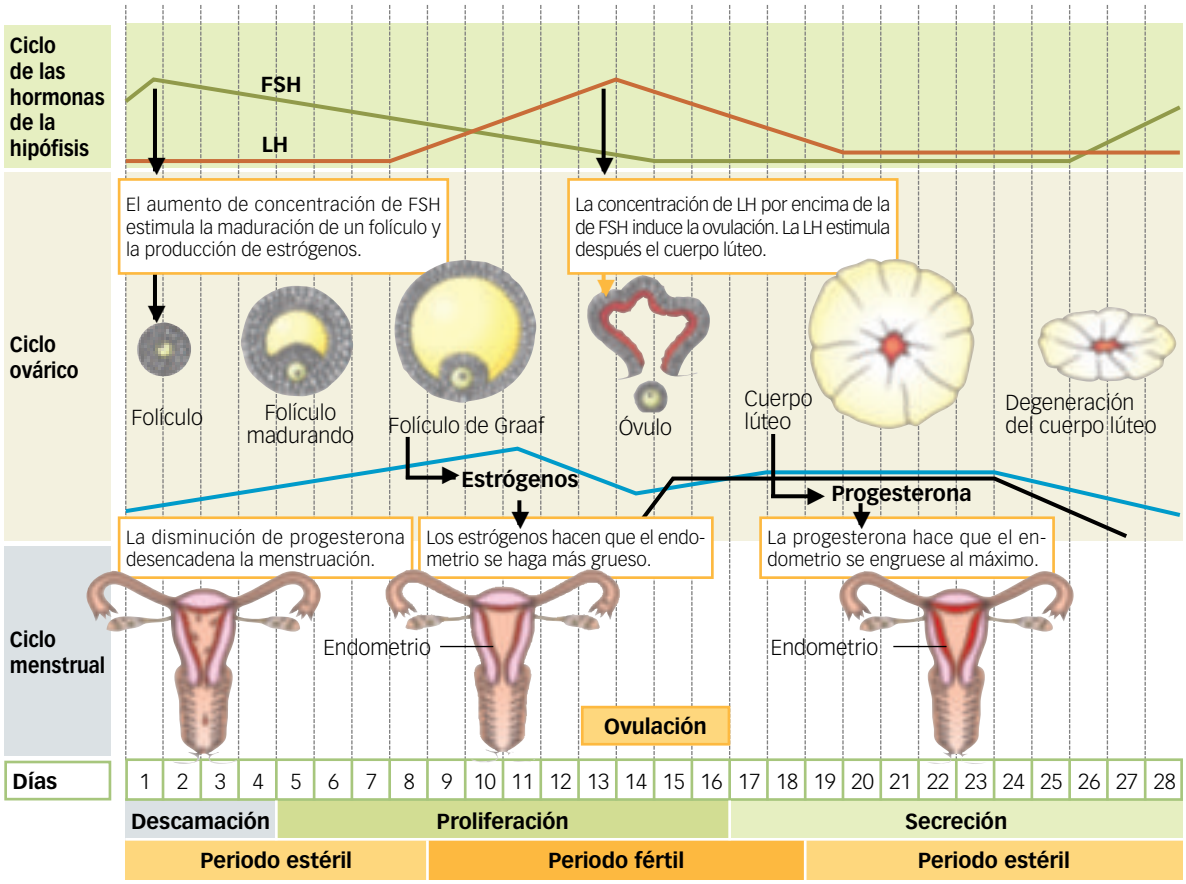
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# El ciclo menstrual en los humanos

En el sexo femenino, los órganos sexuales están sometidos a unas modificaciones periódicas que constituyen el llamado ciclo menstrual. En la especie humana, el ciclo menstrual dura generalmente 28 días y consta de las siguientes fases:

a) **Crecimiento del folículo y secreción de estrógenos.** Comienza con el crecimiento de uno o varios folículos ováricos; normalmente, cada 28 días, solo un folículo de uno de los dos ovarios llega a madurar. A medida que va creciendo el folículo, las células que rodean a la cavidad folicular segregan una cantidad progresivamente mayor de **estrógenos**. Estas hormonas provocan un aumento del espesor de la mucosa uterina (endometrio). La maduración del folículo y la secreción de estrógenos son estimuladas por la **hormona hipofisaria FSH** (**hormona estimuladora del folículo**).

b) **Ovulación y secreción de progesterona.** La ovulación generalmente es la rotura de un folículo maduro con la consiguiente liberación del óvulo. En los humanos, en realidad lo que se libera es el **ovocito de segundo orden**. La entrada en él de un espermatozoide es lo que estimula que se produzca la segunda división meiótica y que se forme el óvulo humano. La ovulación se produce unos catorce días después de haberse iniciado el crecimiento del folículo, cuando la concentración creciente de la **hormona hipofisaria LH** (**hormona luteinizante**) supera la concentración decreciente de la hormona FSH. El ovocito primario es recogido por la trompa de Falopio, donde se transforma en óvulo maduro. El resto del folículo se transforma en una glándula endocrina temporal llamada **cuerpo lúteo** o **cuerpo amarillo**, que segrega la **hormona progesterona**.




## ACTIVIDADES

**1** Indica dónde se desarrolla cada ciclo y describe lo que ocurre en cada uno de ellos.

**2** ¿Dónde se producen las hormonas que intervienen en los ciclos y en qué momento se liberan?

# Tipos de huevos

Los cigotos o células huevo se clasifican según la cantidad y distribución del vitelo. Estos factores determinan el tipo de segmentación que seguirá el cigoto.

a) Según la cantidad de vitelo, los cigotos se clasifican en:

- **Oligolecíticos.** Son los que tienen muy poco vitelo. Los presentan las esponjas, celenterados, equinodermos y mamíferos.
- **Mesolecíticos.** Son los que tienen una cantidad mediana de vitelo. Los presentan los anfibios.
- **Polilecíticos.** Son los que tienen mucha cantidad de vitelo. Los presentan las aves, peces, reptiles y artrópodos.

b) Según la distribución del vitelo, los cigotos se clasifican en:

- **Isolecíticos** u **homolecíticos.** Son los que tienen el vitelo repartido uniformemente.
- **Anisolecíticos** o **heterolecíticos.** Son los que no presentan el vitelo uniformemente repartido. Se clasifican en:
  - **Telolecíticos.** Son los que presentan el vitelo situado en un polo, el denominado polo vegetativo, y en el núcleo y, por tanto, el embrión, en el otro polo, el llamado polo animal. Lo tienen los peces, anfibios, reptiles y aves.
  - **Centrolecíticos.** Son los que tienen un núcleo central rodeado de vitelo. Los presentan los artrópodos.

Huevo oligolecito isolecítico

Huevo mesolecito heterolecítico

Huevo polilecito telolecítico

Huevo polilecito centrolecítico

## ACTIVIDADES

**1** ¿Cuál es la función del vitelo?

**2** ¿En qué tipos de cigotos las crías presentan desarrollo directo? ¿E indirecto?

**3** ¿Cómo es el cigoto de los mamíferos y qué tipo de desarrollo presenta? Razónalo.

**4** La segmentación o división del cigoto por mitosis sucesivas hasta formar la blástula varía según el tipo de huevo. Indica en cuál de ellos se produce la segmentación:

a) Total e igual.
b) Total y desigual.
c) Parcial y discoidal.
d) Parcial y superficial.

**5** ¿En qué tipo de cigoto se distinguen dos polos? ¿Cómo le afecta la segmentación a cada uno de ellos?

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Problemas éticos de la reproducción asistida

Un primer principio ético es que no porque una cosa sea **técnicamente posible**, necesariamente ha de ser **éticamente aceptable**. El segundo es que la **dignidad humana** hace que algunas técnicas, éticamente aceptables para otras especies, no siempre lo son para los seres humanos. El tercero es que **toda persona tiene el derecho a tener un padre y una madre**, en una **reproducción natural**. El cuarto es que incluso **la investigación científica ha de supeditarse al respeto de los principios éticos**, y que definirlos no es tarea del investigador, sino del legislador, previamente asesorado.

A un nivel más próximo a la reproducción asistida, las **tendencias más generales en bioética** son las siguientes: la fecundación *in vitro* (FIV) no se considera correcta si el fin es la mejora de la raza, el «niño a la carta», sino solo en casos de infertilidad o ante el peligro de transmitir una enfermedad grave al hijo. Ha de limitarse el número de donaciones de semen para evitar que haya muchos individuos que, sin saberlo, sean hermanos por parte de padre, con el consiguiente peligro de consanguinidad. No parece correcta la inseminación artificial (IA) tras la muerte del varón.

Muchos de los problemas bioéticos de las técnicas de reproducción asistida no tienen respuesta indiscutible, por ello en las actividades adjuntas se exponen diversas preguntas para contrastar las diferentes opiniones.

## ACTIVIDADES

1. Dado que no hay seguridad de en qué momento puede considerarse un embrión humano como un nuevo individuo, lo más prudente sería referirse al primer instante. Esto plantea el siguiente problema: ¿Es éticamente aceptable la destrucción de los embriones no implantados?

2. ¿Por qué no se autoriza el uso de embriones humanos viables en la investigación con fines terapéuticos, cuando son mucho más abundantes que los embriones de primates, que sí están autorizados?

3. Dado que en condiciones naturales más de la mitad de los embriones preimplantatorios (embriones de menos de 14 días que todavía no han anidado en el útero) se pierden, es decir, se abortan espontáneamente, ¿es éticamente aceptable la destrucción de los embriones no implantados?

4. ¿Qué ventaja ética comporta trabajar con cigotos congelados en los que el pronúcleo masculino no se ha llegado a unir con el pronúcleo femenino del futuro cigoto?

5. ¿Es la paternidad un derecho tan irrenunciable como para asumir la responsabilidad de generar embriones de incierto futuro? ¿No sería más ética la adopción, o la acogida temporal, habiendo tantos niños abandonados, tantos en condiciones de extrema pobreza?

6. ¿Es ético querer tener hijos cuando hay alta probabilidad de transmitir la incapacidad para engendrar?

7. ¿Podría ser una fuente de conflictos legales entre los padres y el equipo médico el nacimiento de hijos con anomalías?

8. ¿Es un derecho del niño nacer en una familia, es decir, tener padre y madre, como referentes naturales en su formación afectiva? ¿Se conculcaría este derecho autorizando la IA en parejas homosexuales?

9. ¿A qué pueden ser debidos los frecuentes casos de embarazos múltiples en los últimos años? ¿Comporta ello algún problema para la madre o para los futuros hijos?

10. ¿Podría autorizarse la generación de algunos individuos con determinadas características para realizar tareas concretas muy necesarias para la humanidad?

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## La clonación en vertebrados

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga acerca de la clonación de animales vertebrados.

**Contenidos sugeridos.** Cómo y cuándo se llevaron a cabo las primeras experiencias de clonación en vertebrados. Técnicas utilizadas. Resultados obtenidos. Situación actual. Aplicaciones de la clonación animal. Obtención de animales clónicos y transgénicos.

**Fuentes de la investigación**

- «La clonación de la oveja Dolly». Animal Research info. Palabras clave: *Animal Research oveja Dolly*.
- «La clonación reproductiva en animales». *Monografías.com*. Palabras clave: *Monografías clonación reproductiva animales*.
- «Clonación con fines médicos». Ian Wilmut. *Investigación y Ciencia*, n.º 269, febrero 1999.
- «Clonación: la naturaleza se resiste». P. Brenier. Revista *Mundo Científico*, n.º 217.
- «Si la oveja Dolly levantara la cabeza». Javier Sampedro. *El País*, 14 febrero 2013.
- «Obtenidas mediante clonación células madre embrionarias de personas». Emilio de Benito. *El País*, 15 mayo 2013.
- *Clonación*. Anne McLaren. Editorial Complutense, 2003.
- *Principios integrales de zoología*. VV. AA. Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2013.

**Realización.** Equipos de cuatro alumnos.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

**Presentación de los resultados.** Elaboración de un cartel con fotografías de animales clonados y una revisión histórica sobre la clonación de animales vertebrados.

### TEN EN CUENTA QUE

La clonación de animales se realiza mediante una técnica denominada **transferencia nuclear**.

Consiste en el trasplante de núcleos de células de individuos adultos a óvulos u ovocitos enucleados. A continuación, se realiza el mismo proceso que en la fecundación *in vitro*.

El primer experimento de clonación en vertebrados se realizó en 1952 con óvulos de rana, ya que son células grandes, fáciles de obtener y de manipular. La clonación funcionó cuando el núcleo trasplantado al óvulo fue de células embrionarias. Posteriormente, se obtuvieron mamíferos clónicos.

En 1997 el equipo de Ian Wilmut comunicó la primera clonación de un mamífero (la oveja Dolly) a partir de una célula diferenciada de un adulto. Se demostró así que una célula diferenciada de un animal adulto puede reprogramarse. Dolly sufrió un envejecimiento precoz y se sacrificó a los cinco años y medio.

### LO QUE DEBES SABER

- **Ovocito u óvulo enucleado:** gametos femeninos a los que se les ha extraído su núcleo.
- **Reprogramación celular:** proceso de desdiferenciación por el que una célula adulta especializada se transforma en una célula madre pluripotente o totipotente.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## Cópulas interminables, cifras astronómicas de huevos

### HOJA DE RUTA

**Objetivo.** Investiga sobre las estrategias o adaptaciones reproductivas de algunos platelmintos y nematodos endoparásitos del ser humano.

**Otras investigaciones sugeridas.** Grupos de platelmintos y nematodos endoparásitos del ser humano. Adaptaciones que presentan (órganos y sistemas más desarrollados y reducidos). Adaptaciones reproductivas que aumentan su potencial biótico: fecundación prolongada, partenogénesis, hermafroditismo, presencia de múltiples órganos sexuales, elevadísima producción de huevos, etc.

**Fuentes de la investigación**

- *Manual de parasitología: morfología y biología de los parásitos de interés sanitario*. Jaime Gállego Berenguer. Publicacions i Edicions Universitat de Barcelona, 2007.
- *Principios integrales de zoología*. VV. AA. Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2013.

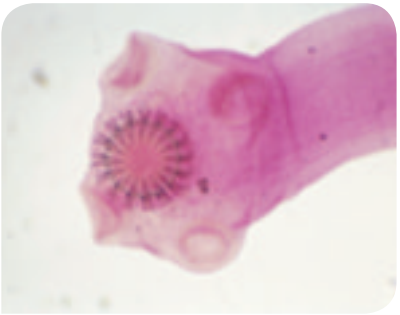
**Realización.** Equipos de tres estudiantes.

**Duración de la elaboración.** Una semana.

**Presentación de los resultados.** Realización de un mural y exposición del trabajo en el aula.

### TEN EN CUENTA QUE

El *Schistosoma mansoni* es un platelminto hemoparásito del ser humano. En la figura se ven macho y hembra (mucho más fina) de *Schistosoma* en cópula prolongada. La hembra está situada en un canal ventral (canal ginecóforo) del macho.



*Taenia solium* o solitaria es un platelminto enteroparásito que vive en el intestino delgado del ser humano. Presenta varias adaptaciones que le permiten producir la impresionante cifra de 150 millones de huevos.

*Ascaris lumbricoides,* la lombriz intestinal grande del ser humano es un nematodo enteroparásito. La hembra contiene una cantidad asombrosa de huevos en distintos estados de desarrollo, hasta $5 \times 10^7$.

### LO QUE DEBES SABER

- **Endoparásitos:** parásitos que se localizan y viven en el interior del cuerpo del hospedador. Según el tejido o sistema donde se localizan se distinguen distintos endoparásitos: enteroparásitos que se localizan en el tubo digestivo, donde encuentran alimento, como la *Taenia* y la lombriz intestinal; hemoparásitos, que son parásitos del sistema circulatorio sanguíneo, o linfático, donde también encuentran alimento, como la *Schistosoma*.
- **Potencial biótico:** máxima capacidad de los individuos de una población para reproducirse en condiciones óptimas. Los endoparásitos producen una gran descendencia para contrarrestar las enormes pérdidas que se producen antes de lograr el paso a un nuevo hospedador.

# Recursos para la evaluación

*Autoevaluación*

*Evaluación de contenidos*

*Evaluación por competencias*

# 20 AUTOEVALUACIÓN

Nombre: Curso: Fecha:

**1** La gemulación:

- ☐ **a.** Es una variante de la reproducción mediante gametos.
- ☐ **b.** Consiste en la rotura espontánea del organismo progenitor.
- ☐ **c.** Solo se desarrolla en condiciones desfavorables.
- ☐ **d.** Da lugar a formas de resistencia que se liberan al medio al morir el progenitor.

**2** La reproducción sexual por anfigonia:

- ☐ **a.** Se lleva a cabo mediante la fecundación de los gametos.
- ☐ **b.** Consiste en el desarrollo del óvulo sin fecundar.
- ☐ **c.** Produce el fenómeno denominado poliembrionía.
- ☐ **d.** Solo se da en los hermafroditas.

**3** Las espermatogonias y las ovogonias son:

- ☐ **a.** Células somáticas diploides.
- ☐ **b.** Células germinales diploides.
- ☐ **c.** Células sexuales diploides.
- ☐ **d.** Células sexuales haploides.

**4** Los cigotos telolecitos:

- ☐ **a.** Son característicos de los mamíferos.
- ☐ **b.** Tienen escasa cantidad de vitelo.
- ☐ **c.** Presentan segmentación parcial y discoidal.
- ☐ **d.** Generan crías que presentan desarrollo indirecto.

**5** La gastrulación:

- ☐ **a.** Es el proceso que sufre la gástrula para formar las hojas embrionarias.
- ☐ **b.** Se puede producir por embolia o epibolia.
- ☐ **c.** Da lugar únicamente a los organismos diblásticos.
- ☐ **d.** Solo se produce en los animales triblásticos.

**6** En los animales protóstomos:

- ☐ **a.** El mesodermo se forma por enterocelia.
- ☐ **b.** El celoma no se encuentra limitado por células del mesodermo.
- ☐ **c.** El blastoporo da lugar al ano y la boca se forma con posterioridad a partir de una apertura secundaria.
- ☐ **d.** La boca se origina a partir del blastoporo y el ano procede de una apertura secundaria.

**7** A partir del mesodermo se forma:

- ☐ **a.** El tubo digestivo y las glándulas anejas.
- ☐ **b.** El aparato circulatorio, incluido el corazón.
- ☐ **c.** La epidermis del tegumento.
- ☐ **d.** El sistema nervioso central.

**8** La larva trocófora:

- ☐ **a.** Es propia de los equinodermos.
- ☐ **b.** Tiene forma de oruga y pasa luego por el estado inactivo de pupa.
- ☐ **c.** Se transforma en una larva velígera (con concha y pie) que desciende al fondo para dar lugar al individuo adulto.
- ☐ **d.** Es la larva del pez payaso, que presenta desarrollo indirecto con metamorfosis.

**9** El alantoides es un anejo embrionario que:

- ☐ **a.** Es una membrana ectodérmica externa que evita la pérdida de agua por la cáscara.
- ☐ **b.** Se forma a partir del ectodermo y el mesodermo.
- ☐ **c.** Es una bolsa con sustancias nutritivas.
- ☐ **d.** Es una membrana a través de la cual se produce el intercambio de gases y donde se acumulan los productos de desecho del embrión.

**10** La clonación por división de embriones:

- ☐ **a.** Da lugar a individuos idénticos entre sí pero distintos a los individuos progenitores.
- ☐ **b.** Se utilizó por primera vez para clonar a la oveja Dolly.
- ☐ **c.** Da lugar a individuos idénticos a los progenitores.
- ☐ **d.** Se realiza a partir de células embrionarias multipotentes.

SOLUCIONES

**1** d, **2** a, **3** b, **4** c, **5** b, **6** d, **7** b, **8** c, **9** d, **10** a

# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

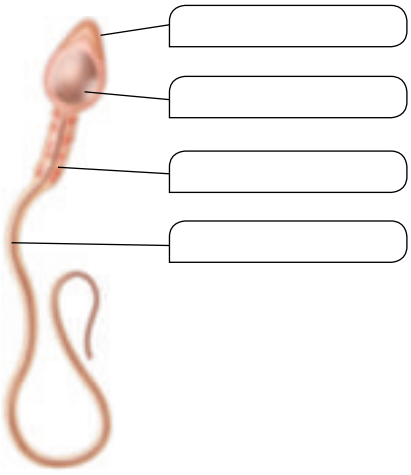
Nombre: Curso: Fecha:

**1** Define partenogénesis y hermafrodita. Pon un ejemplo de cada uno.

**2** ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes de la reproducción asexual?

**3** Indica cuáles son las partes del aparato reproductor en los animales.

**4** Pon el nombre de las partes que se señalan del espermatozoide y describe su función.



**5** Indica la dotación cromosómica de las siguientes células:

a) Espermatozoide.
b) Espermátida.
c) Espermatocito de primer orden.
d) Células foliculares.
e) Célula germinal.
f) Óvulo.
g) Corpúsculo polar.
h) Ovocito de segundo orden.
i) Ovogonia.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**6** Explica brevemente los tipos de cigotos según la cantidad de vitelo que contienen y su distribución.

**7** Identifica el proceso que tiene lugar en la imagen e indica qué etapas se distinguen en él. ¿Cómo se evita que entre más de un espermatozoide en el óvulo?

**8** Describe las primeras etapas del desarrollo embrionario hasta el estado de blástula.

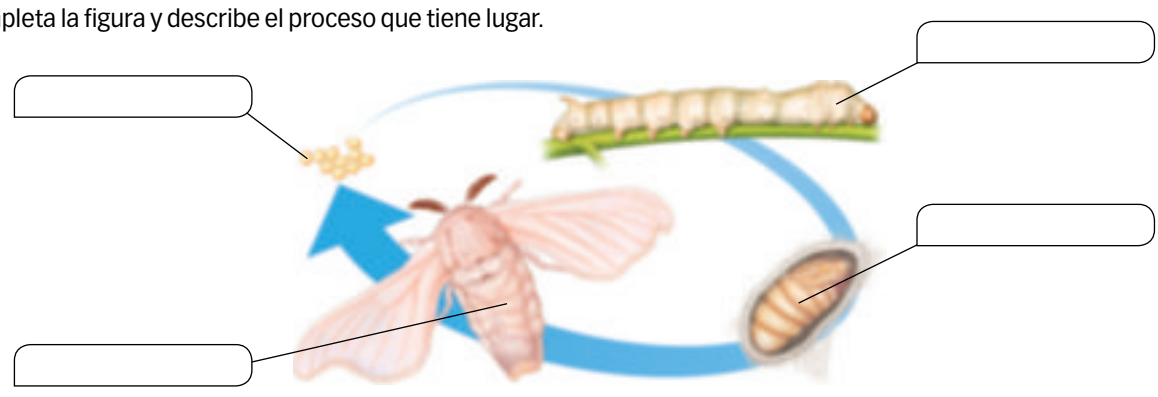
**9** Define los siguientes términos.

a) Amnios.

b) Alantoides.

c) Saco vitelino.

**10** Completa la figura y describe el proceso que tiene lugar.



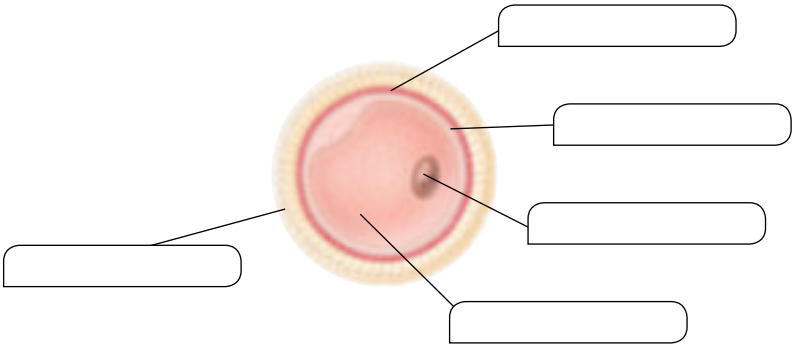
# EVALUACIÓN DE CONTENIDOS

Nombre: Curso: Fecha:

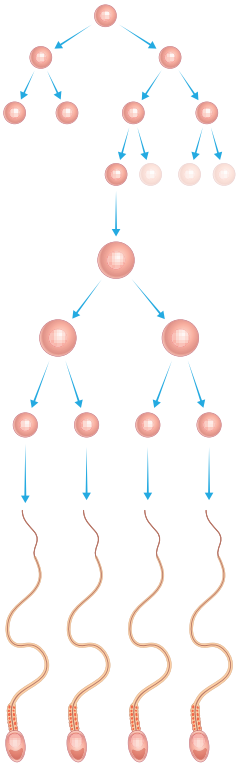
**1** Indica las semejanzas y diferencias que existen entre gemación y gemulación.

**2** ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes de la reproducción sexual?

**3** Pon el nombre de las estructuras señaladas en el óvulo y describe su función.



**4** Completa la figura indicando el proceso que representa, las diferentes etapas del mismo, el nombre de las células y su dotación genética.



**5** Indica las ventajas e inconvenientes de la fecundación interna.

**6** Indica las diferencias entre animales ovíparos, ovovivíparos y vivíparos.

**7** ¿En qué consiste la cariogamia y a qué da lugar?

**8** ¿En qué consiste la gastrulación? Indica la diferencia entre organismos diblásticos y triblásticos. Cita ejemplos de los dos.

**9** Explica las semejanzas y diferencias entre la enterocelia y la esquizocelia.

**10** a) ¿Cuál es la principal diferencia entre los individuos obtenidos mediante las dos técnicas de clonación: por división de embriones y por transferencia de núcleos?

b) Cita tres aplicaciones de la clonación.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades | |
|---|---|---|---|
| | | Control B | Control A |
| **B6-24.** Definir el concepto de reproducción y diferenciar entre reproducción sexual y reproducción asexual. Tipos. Ventajas e inconvenientes | **B6-24.1.** Describe las diferencias entre reproducción asexual y sexual, argumentando las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. | 2 y 3 | 2 |
| | **B6-24.2.** Identifica tipos de reproducción asexual en organismos unicelulares y pluricelulares. | — | 1 |
| | **B6-24.3.** Distingue los tipos de reproducción sexual. | 1 | — |
| **B6-25.** Describir los procesos de la gametogénesis. | **B6-25.1.** Distingue y compara el proceso de espermatogénesis y de ovogénesis. | 4 y 5 | 3 y 4 |
| **B6-26.** Conocer los tipos de fecundación en animales y sus etapas. | **B6-26.1.** Diferencia los tipos de fecundación en animales y sus etapas. | 7 | 5 |
| **B6-27.** Describir las distintas fases del desarrollo embrionario. | **B6-27.1.** Identifica las fases del desarrollo embrionario y los acontecimientos característicos de cada una de ellas. | 8 | 7, 8 y 9 |
| | **B6-27.2.** Relaciona los tipos de huevo, con los procesos de segmentación y gastrulación durante el desarrollo embrionario. | 6 y 9 | — |
| **B6-28.** Identifica las fases de los ciclos biológicos de los animales. | **B6-28.1.** Identifica las fases de los ciclos biológicos de los animales. | 10 | 6 y 10 |

**Control B**

**1** La partenogénesis es una variante de la reproducción sexual en la que el nuevo individuo se desarrolla a partir de un único gameto, normalmente el femenino, sin producirse fecundación. A pesar de no haber fecundación previa, se considera como un tipo de reproducción sexual, ya que hay producción de gametos. Un caso de partenogénesis facultativa se da en las abejas; las hembras son capaces de poner tanto huevos fecundados, que generan individuos hembra, como huevos sin fecundar, que dan lugar a los machos.

El hermafroditismo es característico de los organismos que presentan al mismo tiempo los dos aparatos reproductores, masculino y femenino. Es más frecuente la fecundación cruzada que la autofecundación. Ejemplo de animal hermafrodita es la tenia o solitaria, que presenta autofecundación.

**2** Ventajas. En condiciones favorables tan solo se necesita un individuo para producir, en poco tiempo y sin muchas complicaciones, una gran cantidad de descendientes iguales al progenitor.

Inconvenientes. En la reproducción asexual, salvo por mutaciones, no se produce variabilidad genética, dificultando la adaptación al medio y la evolución de las especies.

**3** En los animales el aparato reproductor consta de:

– Las gónadas, que son los órganos principales. En ellas se forman los gametos y, en algunas especies, también las hormonas sexuales. En los animales unisexuales, cada individuo tiene un solo tipo de gónada, que puede ser masculina, testículo, o femenina, ovario. Los testículos producen gametos masculinos y los ovarios, gametos femeninos. En los animales hermafroditas, en cambio, cada animal posee los dos tipos de gónadas o una gónada,

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

denominada ovotestis, capaz de formar ambos tipos de gametos.

– Los gonoductos, que son los órganos que conducen los gametos hasta el gonoporo, y son los espermiductos en el aparato reproductor masculino y los oviductos, en el femenino. El gonoporo comunica con el exterior, donde, en algunos casos, se produce la fecundación.

**4** Las partes del espermatozoide son de arriba abajo: acrosoma, núcleo, cuello y flagelo.

El acrosoma, estructura procedente del aparato de Golgi, contiene enzimas para la digestión de las paredes del óvulo.

El núcleo haploide contiene la información genética.

El cuello del espermatozoide, situado entre la cabeza y la cola, contiene dos centríolos y gran número de mitocondrias situadas en espiral, que suministran energía para el desplazamiento.

El flagelo permite la movilidad del espermatozoide.

**5** **a)** Haploide, n.
**b)** Haploide, n.
**c)** Diploide, 2n.
**d)** Diploides, 2n.
**e)** Diploide, 2n.
**f)** Haploide, n.
**g)** Haploide, n.
**h)** Haploide, n.
**i)** Diploide, 2n.

**6** Los cigotos o huevos pueden ser:

– Los isolecitos u oligolecitos, que son característicos de especies que requieren pocos nutrientes porque su desarrollo embrionario es corto. Suelen ser pequeños, con escasa cantidad de vitelo y con distribución uniforme del mismo. Tienen huevos isolecitos los poríferos, cnidarios, equinodermos y mamíferos.

– Los heterolecitos son mayores que los anteriores. Su vitelo es abundante aunque repartido de forma desigual: en un polo, el polo germinativo, se sitúan el núcleo y los orgánulos; en el opuesto, el vegetativo, se concentra el vitelo. Son típicos de anélidos, moluscos y anfibios.

– Los telolecitos tienen mucho vitelo. El núcleo y los orgánulos quedan en el polo germinativo, mientras que el vitelo ocupa casi todo el cigoto. Tienen cigotos telolecitos los peces, reptiles y aves.

– Los centrolecitos también tienen abundante vitelo. El núcleo se localiza en el centro, el vitelo lo rodea y el citoplasma con sus orgánulos rodea a su vez al vitelo. Son característicos de los insectos.

**7** Las etapas del proceso de la fecundación son:

– Penetración del espermatozoide a través de la corona. Se realiza mediante la enzima hialuronidasa del acrosoma. Las membranas de ambos gametos se fusionan.

– Activación del óvulo que completa la meiosis. Los gránulos corticales del óvulo producen la membrana de fecundación, que impide la entrada de nuevos espermatozoides.

– Unión de núcleos o cariogamia. El núcleo espermático o pronúcleo masculino se desplaza hacia el pronúcleo femenino, que también se mueve a su encuentro. El material genético de ambos pronúcleos queda encerrado en el sincarion por una membrana común.

El proceso que asegura la monospermia o penetración de un solo espermatozoide es la formación de la membrana de fecundación, a partir de los gránulos corticales del óvulo, una vez que un espermatozoide ha penetrado en él.

**8** El huevo o cigoto se divide por sucesivas mitosis, según planos perpendiculares, originando dos, cuatro, ocho... células, cada vez más pequeñas, denominadas blastómeros, que permanecen unidas. La masa esférica de estas células se llama mórula y no aumenta de tamaño con respecto al cigoto. Conforme avanza la segmentación, los blastómeros emigran hacia la periferia formando una pared externa, el blastodermo, que deja una cavidad interior llena de fluido, llamada blastocele. Este estado se denomina blástula, que será diferente en función del tipo de cigoto.

**9** Los tres son anexos embrionarios cuya función es nutrir y proteger al embrión sin formar parte de él.

**a)** El amnios es una estructura con una cavidad llena de líquido amniótico que baña al embrión y lo protege. Se forma del ectodermo y el mesodermo.

**b)** El alantoides es una membrana muy vascularizada a través de la cual se produce el intercambio de gases y donde se acumulan los productos de desecho del embrión. Se forma a partir del endodermo y el mesodermo.

**c)** El saco vitelino es una bolsa con sustancias nutritivas, vitelo, que se consumen durante el desarrollo. Los placentarios tienen poco vitelo. Se forma a partir del endodermo y el mesodermo.

**10** De izquierda a derecha y de arriba abajo: huevos, oruga, pupa e insecto adulto.

Se trata del desarrollo postembrionario indirecto, con metamorfosis compleja, propio de animales con huevos de escaso vitelo. El individuo nace en una fase muy temprana, que se llama estado de larva, y completa su desarrollo posteriormente. La larva sufre una serie de cambios estructurales y fisiológicos hasta el estado adulto. El conjunto de transformaciones se conoce como metamorfosis. En este caso, que es una metamorfosis compleja, la larva es muy diferente al adulto y las transformaciones suceden en una fase de inactividad, llamada pupa o capullo, en la que se destruyen tejidos y se forman otros nuevos.

## Control A

**1** Son dos tipos de reproducción asexual en los que el animal se reproduce mediante la formación de yemas. La gemación se produce a partir de una protuberancia o yema del animal, que se desarrolla y da lugar a un nuevo individuo que se separa del progenitor, aunque en ocasiones pueden quedar unidos formando una colonia. En el caso de la gemulación las yemas son internas y se trata de formas de resistencia que se desarrollan solo cuando las condiciones son favorables, y se liberan al medio al morir el progenitor.

**2** Ventajas. Los dos progenitores aportan sus características a los descendientes. Tras la fecundación se mezclan

los materiales genéticos, dando lugar a nuevas y únicas combinaciones genéticas, que aumentan la variabilidad de las especies. Se favorecen los procesos de adaptación al medio y la evolución.

Inconvenientes. Los procesos de formación y fusión de gametos o el encuentro de seres de distinto sexo implican una mayor dificultad y un mayor gasto energético.

**3** Las partes del óvulo señaladas (de izquierda a derecha y de arriba abajo) son: membrana plasmática, corona radiada, membrana pelúcida, núcleo y citoplasma.

El óvulo es una célula de gran tamaño e inmóvil. El citoplasma contiene abundantes sustancias nutritivas (proteínas, fosfolípidos y grasas) denominadas vitelo, que servirán de alimento al embrión en desarrollo. El núcleo haploide contiene la información genética. La corona radiada (capa de células foliculares) y la zona pelúcida constituyen la envoltura secundaria del óvulo, que tiene una función protectora, además, la zona pelúcida, formada por proteínas, es esencial para la unión del óvulo con el espermatozoide de la misma especie.

**4** Representa la espermatogénesis, en la que se distinguen las siguientes fases:

– Proliferación. Las células germinales diploides comienzan la mitosis y forman espermatogonias (2n).

– Crecimiento. Las espermatogonias aumentan de tamaño y se transforman en espermatocitos de primer orden (2n).

– Maduración. Los espermatocitos de primer orden terminan la primera división meiótica convirtiéndose en dos espermatocitos de segundo orden (n); estos comienzan la segunda división meiótica, dando cuatro espermátidas (n) con un número haploide de cromosomas.

– Espermiogénesis**.** Las espermátidas se transforman en espermatozoides (n) por diferenciación celular. El aparato de Golgi forma el acrosoma y el centríolo origina los microtúbulos del flagelo.

**5** La fecundación interna, que tiene lugar en el interior del aparato reproductor femenino, garantiza el medio acuoso en el que los gametos pueden sobrevivir y fusionarse. Además, la fecundación interna aumenta la probabilidad de que la mayor parte de los óvulos sean fecundados, debido a que los espermatozoides son confinados a un espacio pequeño junto a los óvulos, en lugar de ser depositados en un gran volumen de agua.

**6** En los animales ovíparos el desarrollo se produce en huevos, que son depositados en el medio donde viven. La fecundación puede ser interna o externa.

En los animales ovovivíparos el embrión se desarrolla en huevos que son retenidos en el interior de la hembra y se alimenta del vitelo. La fecundación es interna.

En los animales vivíparos el embrión se desarrolla en los oviductos o en el útero de la madre, obteniendo el alimento directamente de ella. La fecundación es interna.

**7** La cariogamia, proceso que tiene lugar durante la fecundación, consiste en la fusión del núcleo del óvulo con el del espermatozoide. El material genético de ambos queda encerrado por una membrana, formándose el sincarion y constituyendo un cigoto diploide.

**8** La gastrulación es una etapa del desarrollo embrionario posterior a la formación de la blástula, mediante el cual la blástula sufre una serie de plegamientos y cambios en la posición de las células dando lugar a la gástrula. En el proceso se forman capas u hojas embrionarias, a partir de las que se desarrollarán los diferentes tejidos y órganos. Lo primero que se forma es la capa externa, el ectodermo, y la capa interna, el endodermo. Por dentro del endodermo, la gástrula presenta una cavidad, el arquénteron, que comunica con el exterior por el blastoporo. Los animales que solamente desarrollan estas dos hojas embrionarias reciben el nombre de diblásticos. Son los poríferos y los cnidarios.

Los animales triblásticos continúan su desarrollo con la formación de una tercera capa embrionaria entre el endodermo y el ectodermo, el mesodermo. Los artrópodos y los moluscos son animales triblásticos.

**9** La enterocelia y esquizocelia son dos procesos de formación del celoma en aquellos animales que poseen un verdadero celoma.

En la enterocelia se originan dos evaginaciones endodérmicas que se independizan en cavidades celómicas. Es característica de los animales denominados deuteróstomos (equinodermos y cordados), en los que el blastoporo da lugar al ano y la boca se origina con posterioridad a partir de una apertura secundaria.

Sin embargo, en la esquizocelia algunas células endodérmicas emigran hacia el interior y se multiplican, formando dos cordones celulares que se transforman en láminas del mesodermo. Estas se desdoblan y forman cavidades celómicas. Se da en los animales protóstomos (anélidos, moluscos y artrópodos), en los que la boca se origina a partir del blastoporo y el ano procede de una apertura secundaria.

**10** **a)** En la división de embriones se obtienen seres idénticos entre sí pero diferentes genéticamente a los individuos progenitores. En la técnica de transferencia de núcleos, los individuos producidos son idénticos al que se desarrollaría de las células embrionarias de las que se han obtenido o bien, si se extraen de células somáticas, serían genéticamente iguales al adulto del cual proceden los núcleos.

**b)** Entre las aplicaciones de la clonación están:

– Producción ganadera, con la selección de individuos, variedades o especies con determinadas características.

– Recuperación de especies protegidas, como algunas en vías de extinción que son difíciles de criar en cautividad.

– Obtención de animales clónicos transgénicos, con la ayuda de la ingeniería genética, para producir medicamentos y principios farmacéuticos útiles.

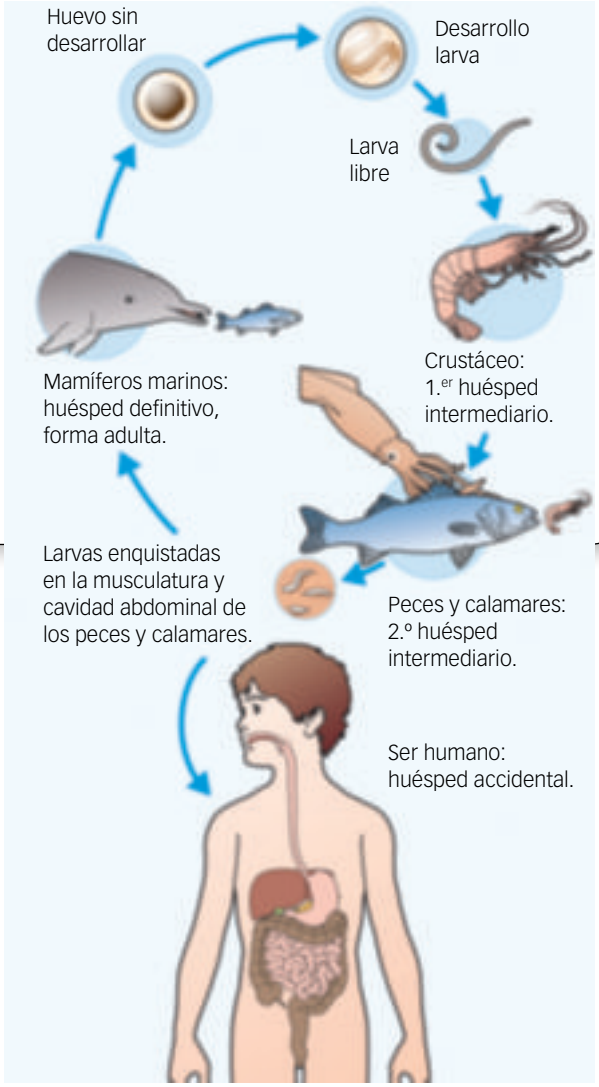
 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

Nombre: Curso: Fecha:

Para ciertos animales la reproducción no es nada sencilla. Así, los hay que solo pueden hacerlo mediante complicados ciclos que requieren la utilización de uno o varios huéspedes.

Eso es lo que ocurre con el nematodo anisakis que, tal y como se aprecia en el gráfico, aunque utiliza mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas…) como hospedadores definitivos, en el transcurso de su ciclo vital puede infestar a una gran variedad de especies pesqueras de consumo habitual (sardinas, arenques, merluzas…). Las larvas y gusanos se sitúan en la pared intestinal y algunos órganos de la cavidad abdominal del pez; pero, como son capaces de desplazarse activamente desde el aparato gastrointestinal hacia otros órganos, también podemos encontrarlos encapsulados en la musculatura del pez.




**1** Observa el gráfico. ¿En qué animales podemos encontrar anisakis adultos y maduros sexualmente?

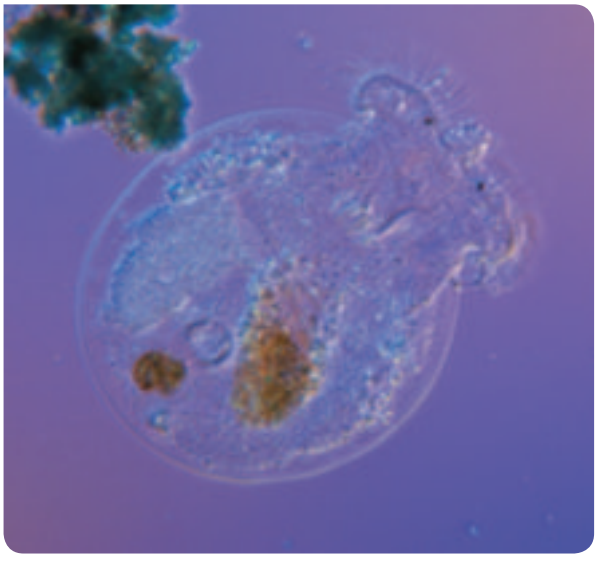
- ☐ **a.** En crustáceos, peces y mamíferos.
- ☐ **b.** Solo en los crustáceos.
- ☐ **c.** Solo en los peces.
- ☐ **d.** Solo en los mamíferos.

**2** Los anisakis son animales diplontes que se reproducen sexualmente; es decir, todas sus células, salvo los gametos, son diploides. Para que esto ocurra así, ¿en qué momento realizan la meiosis?

- ☐ **a.** En el interior de los crustáceos.
- ☐ **b.** En el interior de los peces.
- ☐ **c.** En el interior de los mamíferos.
- ☐ **d.** Cuando están libres en el estado L2.

**3** Otros animales complicados a la hora de reproducirse son los rotíferos, unos animales pluricelulares microscópicos que viven en el agua o en sitios muy húmedos. Se reproducen según un ciclo que llamamos heterogonia, durante el cual se alterna la anfigonia con la partenogénesis. ¿En qué consiste la partenogénesis?

- ☐ **a.** En el desarrollo de un nuevo individuo a partir de una yema del animal sin producirse fecundación.
- ☐ **b.** En el desarrollo de un nuevo individuo a partir de un único gameto sin producirse fecundación.
- ☐ **c.** En el desarrollo de un nuevo individuo a partir de dos gametos idénticos entre sí.
- ☐ **d.** En el desarrollo de varios individuos nuevos a partir de un único gameto sin producirse fecundación.



 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**4** Durante la primavera nacen unas hembras a partir de huevos diploides que han permanecido latentes durante todo el invierno. Durante el verano se suceden varias generaciones de hembras, que producen huevos diploides que se desarrollan por partenogénesis dando lugar siempre a hembras. Pero al llegar el otoño, estas hembras cambian ligeramente de aspecto y producen huevos haploides que se desarrollan, también partenogenéticamente, dando lugar a machos haploides que fecundan a estas hembras, produciendo huevos diploides que permanecen en estado latente durante todo el invierno. Al llegar la primavera se reinicia el ciclo.

¿En qué época del año se produce la meiosis en estos animales?

- ☐ **a.** En primavera.
- ☐ **b.** En verano.
- ☐ **c.** En otoño.
- ☐ **d.** En invierno.

**5** Entendemos por gametogénesis el proceso de formación de los gametos; será espermatogénesis si los gametos resultantes son espermatozoides y ovogénesis si los gametos resultantes son óvulos. Para asegurar la constancia del número de cromosomas de la especie, en algún momento debe producirse una meiosis y ese momento coincide con la formación de los gametos.

¿Cuántos espermatozoides se producen a partir de 100 espermatogonias?

- ☐ **a.** 100.
- ☐ **b.** 200.
- ☐ **c.** 400.
- ☐ **d.** 800.

**6** ¿Durante qué fase de la espermatogénesis se forman los espermatocitos de segundo orden?

- ☐ **a.** Durante la fase de multiplicación.
- ☐ **b.** Durante la fase de crecimiento.
- ☐ **c.** Durante la fase de maduración.
- ☐ **d.** Durante la fase de espermiogénesis.

**7** La anfigonia es el tipo más frecuente de reproducción sexual y conlleva la fecundación, que es la unión de ambos gametos, y la cariogamia, que es la fusión de su material genético. Durante este proceso, inmediatamente después de la fecundación se forma la membrana de fecundación.

¿Cuál es la finalidad de la membrana de fecundación?

- ☐ **a.** Colaborar en la maduración del óvulo.
- ☐ **b.** Atraer a los espermatozoides para que se fijen al óvulo.
- ☐ **c.** Formar una envoltura de protección extra para el cigoto.
- ☐ **d.** Asegurar que cada óvulo sea fecundado por un único espermatozoide.

**8** Los huevos de las aves son complicadas estructuras donde, además del futuro embrión, se encuentran gran cantidad de nutrientes y una serie de estructuras de protección.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?

- ☐ **a.** Los huevos de las aves son centrolecitos de segmentación total y desigual.
- ☐ **b.** Los huevos de las aves son telolecitos de segmentación parcial y discoidal.
- ☐ **c.** Los huevos de las aves son heterolecitos de segmentación total e igual.
- ☐ **d.** Los huevos de las aves son oligolecitos de segmentación parcial y discoidal.

**9** Durante el desarrollo embrionario de las medusas no llega a formarse el mesodermo, y el cuerpo de los individuos adultos se organiza exclusivamente a partir del endodermo y del ectodermo.

Según esto, ¿qué se puede decir de las medusas?

- ☐ **a.** Que son animales acelomados.
- ☐ **b.** Que son animales diblásticos.
- ☐ **c.** Que son animales deuteróstomos.
- ☐ **d** Que son animales celomados.

# ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y SOLUCIONES

| Competencias que se evalúan | Criterios de evaluación* | Estándares de aprendizaje* | Actividades |
|---|---|---|---|
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-24.** Definir el concepto de reproducción y diferenciar entre reproducción sexual y reproducción asexual. Tipos. Ventajas e inconvenientes. | **B6-24.3.** Distingue los tipos de reproducción sexual. | 3 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-25.** Describir los procesos de la gametogénesis. | **B6-25.1.** Distingue y compara el proceso de espermatogénesis y ovogénesis. | 5 y 6 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-26.** Conocer los tipos de fecundación en animales y sus etapas. | **B6-26.1.** Diferencia los tipos de fecundación en animales y sus etapas. | 7 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-27.** Describir las distintas fases del desarrollo embrionario. | **B6-27.1.** Identifica las fases del desarrollo embrionario y los acontecimientos característicos de cada una de ellas. | 9 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-27.** Describir las distintas fases del desarrollo embrionario. | **B6-27.2.** Relaciona los tipos de huevo, con los procesos de segmentación y gastrulación durante el desarrollo embrionario. | 8 |
| **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología** | **B6-28.** Analizar los ciclos biológicos de los animales. | **B6-28.1.** Identifica las fases de los ciclos biológicos de los animales. | 1, 2 y 4 |

**1** **d.** Solo en los mamíferos.

**2** **c.** En el interior de los mamíferos.

**3** **b.** En el desarrollo de un nuevo individuo a partir de un único gameto sin producirse fecundación.

**4** **c.** En otoño.

**5** **c.** 400.

**6** **c.** Durante la fase de maduración.

**7** **d.** Asegurar que cada óvulo sea fecundado por un único espermatozoide.

**8** **b.** Los huevos de las aves son telolecitos de segmentación parcial y discoidal.

**9** **b.** Que son animales diblásticos.

* Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo oficial del Ministerio para la etapa de Bachillerato.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

# Solucionario

Pág. 377

**PARA COMENZAR**

1 En la reproducción sexual intervienen dos progenitores en la producción de los hijos y se lleva a cabo con la intervención de unas células especializadas haploides, las células sexuales o gametos.

En la reproducción asexual un único organismo es capaz de producir nuevos individuos, que son copias genéticamente idénticas de sí mismo.

2 En la reproducción sexual cada individuo hijo tiene una mezcla única de características que proceden de sus dos progenitores. Esto implica la aparición constante de nuevas combinaciones de caracteres, lo que incrementa la variabilidad de las especies, favorece los procesos de adaptación a cambios ambientales y facilita la evolución.

3 Son las células sexuales o gametos, óvulos y espermatozoides, que se forman en los órganos sexuales, ovarios y testículos. La fecundación consiste en la fusión de los gametos masculino y femenino para formar una célula huevo o cigoto, y se realiza en el interior del cuerpo de la hembra.

4 La importancia de la reproducción es la formación de individuos semejantes a sus progenitores y, por tanto, asegura la supervivencia de la especie.

5 La metamorfosis es el conjunto de transformaciones profundas que sufren las larvas de muchos grupos de animales hasta alcanzar el estado adulto. El pingüino tiene un desarrollo postembrionario directo y no presenta metamorfosis.

6 La clonación consiste en realizar copias genéticamente idénticas de un mismo individuo. La clonación del pingüino podría realizarse para la conservación de la especie en caso de que estuviera en peligro de extinción.

7 R. L.

Pág. 378

1 Dos o más individuos, uno por cada fragmento.

**SABER MÁS**

- Los gemelos monocigóticos se forman cuando el cigoto se divide en dos células y estas se separan dando lugar a dos embriones idénticos, por tanto, es un caso de poliembrionía por escisión o fragmentación del cigoto.

Pág. 379

2 En la reproducción sexual intervienen dos progenitores y cada uno de ellos aporta un gameto, por lo tanto, se produce intercambio de material genético, mientras que en la reproducción asexual interviene un solo progenitor y no se produce intercambio de material genético.

3 La diferencia principal entre la gemación y la escisión es que en la gemación el nuevo individuo puede quedar unido al progenitor y en este caso se forman colonias, mientras que en la escisión los individuos nuevos siempre son independientes. La reproducción por gemación se da en las esponjas, y la reproducción por escisión en anélidos poliquetos marinos.

4 Algunos invertebrados, como cnidarios, anélidos y equinodermos, que se pueden reproducir sexual y asexualmente, normalmente recurren a la reproducción sexual. Ahora bien, cuando los individuos no han alcanzado todavía la madurez sexual la reproducción asexual asegura un rápido aumento de la población.

Pág. 380

5 R. M. Porque el hermafroditismo es característico de algunos invertebrados que viven fijos a un sustrato o son de vida parásita, evitando así la necesidad de tener que buscar pareja.

Pág. 381

6 **a)** El acrosoma es una estructura procedente del aparato de Golgi que está situada en la parte anterior de la cabeza del espermatozoide. En su interior contiene enzimas para la digestión de las paredes del óvulo.

**b)** El cuello del espermatozoide está situado entre la cabeza y la cola y contiene dos centríolos y gran número de mitocondrias situadas en espiral que suministran energía para el desplazamiento.

**c)** Los gránulos corticales del óvulo proceden del aparato de Golgi y se sitúan en la periferia del citoplasma, donde formarán la membrana de fecundación cuando penetre un espermatozoide.

7 Se trata en ambos casos de procesos mediante los cuales se lleva a cabo la formación de gametos.
La espermatogénesis tiene lugar en las paredes de los túbulos seminíferos de los testículos, y la ovogénesis se desarrolla en los ovarios. Aunque esencialmente los procesos de formación de gametos masculinos y femeninos son similares, existen algunas diferencias significativas.

En la espermatogénesis la fase de proliferación tiene lugar durante toda la vida fértil del individuo, continuamente entran en fase de crecimiento nuevas espermatogonias. En el proceso de ovogénesis, la fase de proliferación y crecimiento se produce durante el desarrollo embrionario. Los ovocitos de primer orden formados se rodean de células foliculares, y originan los folículos primarios, los cuales detienen la actividad hasta la edad fértil.

En la fase de maduración de la espermatogénesis, se forman dos espermatocitos de segundo orden por cada uno de primer orden durante la primera división meiótica, y tras la segunda división meiótica se obtienen cuatro espermátidas. En la ovogénesis se forma un ovocito de segundo orden y una célula degenerativa, que es el primer corpúsculo polar, y en la segunda división meiótica el ovocito de segundo orden da lugar a un único óvulo haploide.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

Los espermatozoides definitivos proceden de las espermátidas y se forman por diferenciación celular; el aparato de Golgi de la espermátida forma el acrosoma y el centríolo, más alejado del núcleo, origina los microtúbulos del flagelo.

**8** Al inicio de la espermatogénesis y ovogénesis se producen divisiones mitóticas hasta formarse los espermatocitos y ovocitos de primer orden, respectivamente; a partir de ellos comienza la meiosis.

La mitosis se produce durante la fase de proliferación para aumentar el número de células germinales diploides. La meiosis se produce a continuación para conseguir, a partir de las células germinales diploides, gametos haploides.

**9** Los gametos o células sexuales tienen que ser haploides, por ello, durante la gametogénesis, o proceso de formación de los gametos a partir de las células germinales diploides, se tiene que producir la reducción cromosómica.

**10** El hermafroditismo es característico de algunos invertebrados y es una ventaja para los animales que viven fijos a un sustrato o son de vida parásita, ya que no necesitan que otro individuo esté presente para reproducirse.
La desventaja es la misma que la de la reproducción asexual, ya que, salvo por las mutaciones, no se producirá variabilidad genética, lo que dificulta la adaptación a otros ambientes y la evolución de las especies.

La unisexualidad implica una mayor dificultad y un mayor gasto energético en la búsqueda de pareja, pero tiene la ventaja de que incrementa la variabilidad de las especies, favorece los procesos de adaptación a cambios ambientales y facilita la evolución.

Pág. 382

**11** Hay diferentes mecanismos, por ejemplo la vieria (*Pecten maximus*) produce simultáneamente los dos tipos de gametos, pero para evitar la autofecundación no los expulsa al mismo tiempo. Otros hermafroditas, cuando alcanzan el estado adulto, pasan etapas en las cuales solo se reproducen con uno u otro sexo. Otro caso diferente es el de algunos peces que son hermafroditas secuenciales y pueden cambiar de sexo a lo largo de su vida; algunos de los individuos nacen primero como machos y luego se convierten en hembras o viceversa. Por último, algunos son incapaces físicamente de autofecundarse o solo recurren a ello si no hay pareja disponible, ya que lo normal es intercambiar gametos con miembros de la misma especie.

**12**

| | Ventajas | Inconvenientes |
|---|---|---|
| **Fecundación externa** | Presencia de numerosos gametos masculinos y femeninos en el agua con alta probabilidad de fusionarse. | Debe ocurrir en un medio húmedo para que los gametos no se mueran.<br>Como los gametos tienen una vida corta, los animales que desovan deben sincronizar sus comportamientos reproductivos tanto temporal como espacialmente. |
| **Fecundación interna** | Se realiza en el interior del aparato reproductor femenino, lo que garantiza el medio acuoso en el que los gametos pueden sobrevivir y fusionarse.<br>Aumenta la probabilidad de que los óvulos sean fecundados, debido a que los espermatozoides son confinados a un espacio pequeño junto a los óvulos, en lugar de ser depositados en un gran volumen de agua. | Solo se produce si durante el tiempo limitado en el que los espermatozoides están presentes en el interior del aparato reproductor femenino, los óvulos se encuentran maduros en el tracto reproductor femenino. |

**13** La formación de la membrana de fecundación, a partir de los gránulos corticales del óvulo, una vez que un espermatozoide ha penetrado en él.

Pág. 383

**14** Se denomina ontogénesis al desarrollo del animal hasta el estado adulto, y consta de dos periodos, uno embrionario y otro postembrionario.

El desarrollo embrionario comienza en el momento en que se forma el cigoto y termina con el nacimiento del individuo, por eclosión del huevo o en el parto, en función del grupo animal. Después del nacimiento, comienza el desarrollo postembrionario, en el que los animales completan su formación; acaba cuando llegan al estado adulto y el aparato reproductor es funcional.

**15** En los animales vivíparos el embrión se desarrolla en los oviductos o en el útero de la madre, obteniendo el alimento directamente de ella.

En los animales ovovivíparos el embrión se desarrolla en huevos que son retenidos en el interior de la hembra y se alimenta del vitelo.

En los animales ovíparos el desarrollo se produce en huevos, que son depositados en el medio donde viven y se alimentan de las sustancias nutritivas almacenadas en el propio huevo.

Pág. 384

**16** **a)** Blastómero: cada una de las células que resultan de las sucesivas divisiones por mitosis del cigoto, según planos meridianos y perpendiculares.

**b)** Mórula: es una masa celular esférica constituida por los blastómeros.

**c)** Blastocele: es la cavidad interior de la blástula, llena de fluido.

**d)** Blástula: estado de desarrollo embrionario constituido por el blastodermo y el blastocele.

**17**

| Tipo de cigoto | Cantidad y distribución del vitelo | Tipo de segmentación | Grupo animal que lo presenta |
|---|---|---|---|
| **Isolecito** | Escasa cantidad de vitelo y uniformemente distribuido | Total e igual | Poríferos, cnidarios, equinodermos y mamíferos |
| **Heterolecito** | Vitelo abundante aunque repartido de forma desigual | Total y desigual | Anélidos, moluscos y anfibios |
| **Telolecito** | El vitelo es muy abundante y ocupa casi todo el cigoto | Parcial y discoidal | Peces, reptiles y aves |
| **Centrolecito** | Abundante vitelo, que rodea al núcleo que está en el centro | Parcial y central | Insectos |

Pág. 386

**18** Los animales que experimentan metamorfosis tienen huevos con escaso vitelo y el individuo nace en una fase muy temprana, estado de larva, por lo que tiene que completar su desarrollo posteriormente, en un proceso en el que la larva va adquiriendo mayor complejidad estructural hasta llegar al estado adulto.

Pág. 388

**19** Presentan fecundación interna los vertebrados terrestres excepto los anfibios anuros.

Los anfibios urodelos tienen fecundación interna con cópula; los machos transfieren gametos poniendo en contacto su cloaca con la de la hembra.

Los reptiles transfieren espermatozoides mediante órganos copuladores.

En las aves, al igual que en los anfibios con fecundación interna, el traspaso de espermatozoides se produce por yuxtaposición de cloacas.

Los mamíferos, en cambio, presentan un órgano copulador o pene.

Pág. 390

**20** La célula totipotente es un tipo de célula madre capaz de formar individuos completos, al no estar todavía diferenciada, como es el caso del óvulo fecundado o los blastómeros.

La célula pluripotente es capaz de diferenciarse en cualquier tejido. Se pueden dividir indefinidamente, al contrario de lo que ocurre con las células somáticas adultas, que con el tiempo degeneran y mueren.

**21** R. M. La terapia celular puede ser utilizada en el tratamiento de diversas enfermedades, como diabetes, enfermedad de Parkinson, lesiones medulares, infarto de miocardio, etc.

**A DEBATE**

**a)** R. M. Porque las células madres son una herramienta fundamental para el futuro inmediato de la medicina, ya que se espera que puedan solucionar enfermedades como la diabetes, el párkinson o la insuficiencia cardiaca.

Su obtención a partir de embriones ha generado una gran polémica en la sociedad y un gran debate por parte de algunos sectores.

**b)** R. M. No, porque los avances científicos pueden aportar un mayor bienestar social; pero algunas investigaciones técnicas y aplicaciones de los avances científicos dan lugar a problemas sociales, éticos, morales e incluso legales.

**c)** R. M. El desarrollo de la investigación en determinados campos, como la clonación, hizo necesario que los países regularan mediante leyes y normas las nuevas investigaciones científicas, sus métodos y sus aplicaciones, garantizando la protección de los derechos y la dignidad del ser humano.

En julio de 2007 se aprobó en España la Ley de Investigación Biomédica, que ofrece unos marcos legales para la regulación de los aspectos científicos y éticojurídicos para los últimos avances científicos. Los puntos destacables de esta ley son:

– Busca el equilibrio entre la libertad de investigación y la protección de los derechos de las personas implicadas, estableciendo garantías éticas y jurídicas.

– Autoriza las técnicas de transferencia nuclear y prohíbe la creación de embriones con fines de investigación.

– Garantiza el derecho a no ser discriminado, el deber de confidencialidad y el principio de gratuidad de las donaciones de material biológico.

– Refuerza la integración de la investigación en las actividades del Sistema Nacional de Salud.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

– Plantea la creación de un comité de bioética en España, que se encargará de incrementar las garantías y seguridad de las investigaciones biomédicas.
– Promueve diversos comités de ética de la Investigación que vigilarán para que los proyectos que se desarrollen se adecuen a los requerimientos metodológicos, éticos y jurídicos establecidos.

**d)** R. M. No. Es clonación terapéutica ya que el embrión solo se desarrolla hasta el estado de blastocisto y de ellos se obtienen las células madre embrionarias.

**e)** R. M. La ventaja es que los tejidos obtenidos por cultivo de las células madre embrionarias pueden ser trasplantados o injertados para sustituir o regenerar tejidos dañados sin producir rechazo, ya que las líneas celulares implantadas proceden del mismo paciente. Esta técnica puede ser utilizada en el tratamiento de diversas enfermedades.

Pág. 391

**EN RESUMEN**

**22** Tanto la reproducción asexual como la reproducción sexual son mecanismos reproductivos con ventajas e inconvenientes:

Ventajas de la reproducción asexual**.** En condiciones favorables, mediante una reproducción asexual tan solo se necesita un individuo para producir, en muy poco tiempo, una gran cantidad de descendientes en los que se mantienen las características del progenitor. Además, los procesos reproductores, excepto en algunos casos, no son especialmente complejos.

Inconvenientes de la reproducción asexual. Salvo por mutaciones, en la reproducción asexual, no existe ninguna variabilidad genética, lo que dificulta la adaptación a otros ambientes y la evolución de las especies.

Ventajas de la reproducción sexual. En la reproducción sexual son dos los individuos progenitores los que aportan características a los descendientes. Así, cuando se produce la fecundación, se mezcla el material genético de ambos gametos, lo que origina nuevas y únicas combinaciones genéticas. De esta forma, cada individuo resultante de una reproducción sexual muestra una mezcla única de características que proceden de sus dos progenitores. Esto implica la aparición constante de nuevas combinaciones de caracteres, lo que incrementa la variabilidad de las especies, favorece los procesos de adaptación a cambios ambientales y facilita la evolución.

Inconvenientes de la reproducción sexual**.** Para que ocurra la reproducción sexual es necesario que se formen células especializadas (los gametos), que se encuentren dos individuos de sexos diferentes, que se desarrollen mecanismos para el encuentro y la fusión de ambos gametos, y que tenga lugar el desarrollo posterior del cigoto. Estos procesos implican una mayor dificultad y un mayor gasto energético que los de la reproducción asexual.

**23** R.G. El alumno señalará las siguientes estructuras del espermatozoide: cabeza, acrosoma, cuello y cola. Y del óvulo: citoplasma, vitelo, gránulos corticales, membrana plasmática, núcleo, corona radiada y zona pelúcida. Ver ilustraciones de la página 380 del libro del alumno.

**24**

| Analogías | Diferencias |
|---|---|
| Proceso de formación de gametos. | Espermatogénesis: formación de espermatozoides que se realiza en los tubos seminíferos de los testículos.<br>Ovogénesis: formación de óvulos que se desarrolla en los ovarios. |
| Fases: proliferación, crecimiento y maduración. | En la espermatogénesis hay además una fase final denominada espermiogénesis. |
| Fases de proliferación y crecimiento. | En la espermatogénesis tienen lugar durante toda la vida fértil del individuo.<br>En la ovogénesis se producen durante el desarrollo embrionario. Los ovocitos de primer orden formados se rodean de células foliculares y originan los folículos primarios, los cuales detienen la actividad hasta la edad fértil. |
| Fase de maduración. Tiene lugar la meiosis. | En la espermatogénesis se forman cuatro espermátidas (n), que en la fase de espermiogénesis, tras un proceso de diferenciación, dan lugar a cuatro espermatozoides (n).<br>En la ovogénesis se forma un único óvulo haploide y tres corpúsculos polares (n). |

**25** Se distinguen tres tipos de animales:

– Ovíparos. El desarrollo se produce en huevos, que son depositados en el medio donde viven.
– Ovovivíparos. El embrión se desarrolla en huevos que son retenidos en el interior de la hembra y se alimentan del vitelo.
– Vivíparos. El embrión se desarrolla en los oviductos o en el útero de la madre, obteniendo el alimento directamente de ella.

**26** Las técnicas de reproducción asistida utilizadas en la especie humana son:

– Inseminación artificial. Consiste en la introducción artificial de semen en el útero de la mujer en el momento de la liberación del ovocito. Requiere la estimulación hormonal de la ovulación en la mujer, y la selección y concentración de espermatozoides móviles y desarrollados.
– Transferencia intratubaria de gametos. Es la deposición de espermatozoides y ovocitos en las trompas de Falopio, en donde acontece una fecundación natural.
– Fecundación *in vitro*. Comienza con un tratamiento para estimular la producción de ovocitos en el ovario. Después se obtienen ovocitos mediante punción transvaginal y aspiración folicular. Estos son fecundados con

espermatozoides en el laboratorio. Los cigotos obtenidos se cultivan *in vitro* durante unos días, hasta el estado de blastocito; posteriormente, unos embriones se transfieren y los demás se conservan congelados, lo que permite realizar un nuevo implante.

– Inyección intracitoplasmática de espermatozoides. Se puede considerar una variante de la fecundación *in vitro*. Por micromanipulación, se introduce un solo espermatozoide directamente en el interior del ovocito. Es empleada cuando el número de espermatozoides es muy bajo o su motilidad escasa.

**27** Un clon es una población de células u organismos pluricelulares obtenidos por reproducción asexual a partir de un solo progenitor. Por ello, todos los componentes de un clon tienen la misma información genética.

R. G. El alumnado realizará dibujos similares a los de la página 389 del libro del alumno sobre la clonación por división de embriones y la clonación por transferencia de núcleos.

Pág. 392

**PARA REPASAR**

**28** Son dos tipos de reproducción asexual en los que el animal se reproduce mediante la formación de yemas, pero en el caso de la gemulación las yemas son internas y se trata de formas de resistencia.

**29** Los gemelos monocigóticos proceden de la división de un cigoto, por tanto, la información genética que contienen es la misma, puesto que proceden de la fecundación de un óvulo por parte de un espermatozoide. En la reproducción asexual, el individuo progenitor origina uno o varios descendientes idénticos genéticamente a él.

**30** La anfigonia es el tipo más frecuente de reproducción sexual y conlleva la unión de ambos gametos, fecundación, y la fusión de su material genético, cariogamia. Se forma así una célula huevo diploide (2n), denominada cigoto, a partir de la cual se desarrolla un nuevo individuo que posee ambas informaciones genéticas. En la partenogénesis, el nuevo individuo se desarrolla a partir únicamente del gameto femenino sin producirse fecundación.

**31** No. La partenogénesis se considera como un tipo de reproducción sexual, a pesar de no haber fecundación, ya que hay producción de gametos.

**32** Ver la actividad 22.

**33** Son las dos capas más externas del óvulo, que constituyen su envoltura secundaria, situadas sobre la membrana plasmática. La membrana pelúcida es la capa más externa y está formada por glucoproteínas segregadas por las células foliculares y la corona radiada es una capa de células foliculares que rodean al óvulo. Su función es protectora.

**34** **a)** Se trata del espermatozoide y su proceso de formación se llama espermatogénesis.

**b)** Las principales fases son: fase de proliferación y crecimiento, fase de maduración y espermiogénesis.

– Fase de proliferación y crecimiento: las células germinales diploides de los túbulos comienzan la mitosis y forman espermatogonias, que aumentan de tamaño y se transforman en espermatocitos de primer orden.

– Fase de maduración: los espermatocitos de primer orden terminan la primera división meiótica convirtiéndose en dos espermatocitos de segundo orden, que comienzan la segunda división meiótica, dando dos espermátidas con un número haploide de cromosomas.

– Espermiogénesis: las espermátidas se transforman en espermatozoides por diferenciación celular: el aparato de Golgi forma el acrosoma y el centríolo, más alejado del núcleo, origina los microtúbulos del flagelo.

**35** **a)** Óvulo haploide (n).

**b)** Ovocito de primer orden diploide (2n).

**c)** Corpúsculo polar haploide (n).

**d)** Célula germinal diploide (2n).

**e)** Células foliculares diploides (2n).

**f)** Ovogonia diploide (2n).

**g)** Espermatozoide haploide (n).

**h)** Espermátida haploide (n).

**i)** Espermatocito de primer orden diploide (2n).

**36** Porque la fecundación interna, en el interior del aparato reproductor femenino, garantiza el medio acuoso en el que los gametos pueden sobrevivir y fusionarse. Además, dicha fecundación aumenta la probabilidad de que la mayor parte de los óvulos sean fecundados, debido a que los espermatozoides son confinados a un espacio pequeño junto a los óvulos, en lugar de ser depositados en un gran volumen de agua.

**37** Ha de darse un desarrollo embrionario que consta de tres fases: segmentación, gastrulación y organogénesis.

**38** Los organismos ovíparos se desarrollan en huevos, que depositan en el medio donde viven. Los ovovivíparos se desarrollan en huevos que son retenidos en el interior de la hembra, obteniendo el alimento a partir del vitelo. En los vivíparos el embrión se desarrolla en los oviductos o en el útero de la madre, y obtiene el alimento directamente de ella.

**39** **a)** Formar óvulos: los ovarios.

**b)** Producir hormonas sexuales: gónadas masculinas (testículos) y gónadas femeninas (ovarios).

**c)** Conducir a los espermatozoides al exterior: el pene.

**d)** Permitir la gestación en vivíparos: el útero.

**40** Son blastómeros que se diferencian por el tamaño, los macrómeros son blastómeros grandes y los micrómeros, pequeños. Ambos se forman tras la segmentación total y desigual en los huevos heterolecitos, los macrómeros en el polo vegetativo y los micrómeros, en el germinativo.

**41** En general el proceso de segmentación es obstaculizado por la presencia del vitelo nutritivo del cigoto. En los huevos

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

con poco vitelo la segmentación es total e igual y todas las células hijas o blastómeros son de tamaño similar, pero cuando hay más vitelo la segmentación avanza más rápidamente en el polo animal que en el vegetativo (donde está más concentrado el vitelo), y el resultado es una segmentación total y desigual, con menos células y más grandes en el polo vegetativo.

Debido a ello, tanto la cantidad y la distribución del vitelo en el cigoto determinan el tipo de segmentación y de gastrulación que seguirá.

**42** Es una cavidad que se forma en el seno del mesodermo, tercera capa embrionaria, por ello solo aparece en los animales triblásticos. Los animales diblásticos no tienen mesodermo y, por tanto, no tienen celoma.

**43** La ordenación temporal es la siguiente:

1. Células germinales.
2. Ovogonias.
3. Ovocitos de primer orden.
4. Ovocitos de segundo orden.
5. Corpúsculos polares.
6. Pronúcleo masculino.
7. Sincarion.
8. Mórula.
9. Blástula.
10. Celoma.
11. Anejos embrionarios.

**44** Los pulgones presentan reproducción sexual por partenogénesis. No hay fecundación propia pero sí producción de gametos.

**45** El embrión es la etapa inicial del desarrollo de un animal, que comienza con la división del cigoto y termina por eclosión del huevo o en el parto, en función del grupo animal. Sin embargo, la larva es el animal que sale del huevo, en una fase muy temprana o juvenil, de los animales que presentan desarrollo indirecto.

**46** a) 3, b) 4, c) 2, d) 1.

**47** La rana es un anfibio anuro que presenta fecundación externa; estos animales se aparean para expulsar los gametos masculinos y femeninos al mismo tiempo.

La salamandra es un anfibio urodelo que tiene fecundación interna con cópula; los machos transfieren gametos poniendo en contacto su cloaca con la de la hembra.

**48** Los anejos embrionarios de los reptiles ovíparos son:

– Cáscara. Estructura dura y porosa, producida por glándulas especiales, que protege al embrión.
– Corion. Membrana ectodérmica externa cuya función es evitar la pérdida de agua por la cáscara.
– Amnios. Estructura con una cavidad llena del líquido amniótico que baña al embrión y lo protege. Se forma del ectodermo y del mesodermo.
– Saco vitelino. Bolsa con sustancias nutritivas, vitelo, que se consumen durante el desarrollo. Los placentarios tienen poco vitelo. Se forma a partir del endodermo y el mesodermo.
- Alantoides. Membrana muy vascularizada a través de la cual se produce el intercambio de gases y donde se acumulan los productos de desecho del embrión. Se forma a partir del endodermo y del mesodermo.

**49** Las aves presentan fecundación interna y precisan de acoplamiento porque son animales terrestres. El acoplamiento para el traspaso de espermatozoides se produce por yuxtaposición de cloacas.

**50** La mayoría de los mamíferos son placentarios, animales vivíparos cuyo embrión se desarrolla por completo en el interior del cuerpo de la madre (en el útero). Su desarrollo es directo, ya que las crías son similares a los adultos y alcanzan la madurez sexual tras un periodo de crecimiento. La duración del desarrollo embrionario (gestación) es variable y, en general, es bastante mayor en los grandes mamíferos.

Algunos ejemplos de periodo de gestación en mamíferos son 21 días en los ratones, unos 30 días en los conejos, unos 60 días en los perros y 22 meses en los elefantes.

**51** Los tres grupos de mamíferos son los siguientes: los monotremas, que son ovíparos; los marsupiales, que son animales vivíparos en los que el desarrollo embrionario se inicia dentro del cuerpo de la madre (en el útero) y se completa en el exterior (en el marsupio); y los placentarios, que son mamíferos vivíparos cuyo embrión se desarrolla por completo en el interior del cuerpo de la madre (en el útero).

Monotremas: equidna y ornitorrinco. Marsupiales: canguro, zarigüeya, lobo de Tasmania y ualabí. Placentarios: ballena, oso, delfín y murciélago.

**52** Porque antes de realizar la inseminación artificial se somete a la mujer a una estimulación ovárica, que consiste en un tratamiento hormonal que induce la ovulación múltiple.

**53** Porque la probeta es un instrumento volumétrico que se utiliza en el laboratorio y la técnica de fecundación *in vitro* consiste en fecundar los ovocitos con espermatozoides en el laboratorio, y a continuación cultivar los cigotos obtenidos, también en el laboratorio, durante unos días, hasta el estado de blastocisto. Posteriormente unos embriones se transfieren y otros se conservan.

**54** La pérdida de diversidad genética en la ganadería podría ocasionar que, ante un cambio en las condiciones ambientales, los animales genéticamente iguales fueran desfavorecidos y desaparecieran todos por no estar adaptados a las nuevas condiciones.

**55** Sí. Es lo mismo que la clonación por división de embriones, que se realiza en un estado inicial de desarrollo en el cual todavía las células del embrión no se han diferenciado y son totipotentes. Cada una de las divisiones del embrión puede producir un individuo completo. Este mecanismo conduce a la formación de seres idénticos entre sí, pero diferentes a los individuos progenitores, y es un proceso similar a la formación de gemelos.

Pág. 393

**PARA PROFUNDIZAR**

**56** **a)** Las abejas poseen reproducción sexual, pero puede ser de dos tipos: anfigonia, si los espermatozoides fecundan a los óvulos y se originan individuos diploides, o partenogénesis, en la que los óvulos se desarrollan sin ser fecundados y originan individuos haploides.

**b)** La determinación del sexo en abejas depende de si el individuo se desarrolla a partir de un óvulo fecundado, que originará una hembra, o a partir de un óvulo sin fecundar, que dará lugar a un macho.

**c)** El ciclo biológico de las abejas es diplonte, por tanto la meiosis tiene lugar durante la gametogénesis (meiosis gamética) y el cigoto diploide se divide por mitosis y origina un individuo adulto constituido por células diploides. Los adultos producen gametos haploides por meiosis, que en la fecundación generarán nuevamente cigotos diploides.

La única excepción es que si el individuo se desarrolla a partir de un óvulo sin fecundar (por partenogénesis) no es diploide, sino haploide.

**57** La poliembrionía es un tipo especial de reproducción vegetativa o asexual; en concreto se trata de un tipo de fragmentación que ocurre cuando el embrión se divide en las primeras etapas del desarrollo embrionario.

En el caso del armadillo, todos los cachorros originados por poliembrionía son del mismo sexo, pues proceden del mismo embrión.

**58** La reproducción y la sexualidad son diferentes.

La reproducción tiene como finalidad tener hijos y se realiza, generalmente, a través de la sexualidad, mediante la unión de los órganos sexuales masculinos y femeninos.

Sin embargo, la sexualidad es todo lo que asociamos con el sexo desde el punto de vista personal, social y cultural. La sexualidad no se puede separar de nuestra personalidad e incluye emociones, pensamientos y conductas relacionadas con el sexo, que marcan al ser humano durante todo su desarrollo y en su papel en la sociedad.

**59** Anejos embrionarios comunes en ovíparos y vivíparos son amnios, saco vitelino, alantoides y corion; exclusivos de ovíparos, la cáscara; exclusivos de vivíparos, la placenta y el cordón umbilical; responsable de la respiración y de la excreción en los vivíparos, la placenta, y en ovíparos, el alantoides.

**60** Una larva es una fase temprana o juvenil de los animales que presentan desarrollo indirecto. Las larvas proceden de huevos con poco vitelo, por eso, los individuos nacen en una fase muy temprana de su desarrollo y tienen que sufrir un conjunto de transformaciones, metamorfosis, hasta alcanzar el estado adulto.

**61** **a)** La fase libre es la medusa y la fase fija el pólipo.

**b)** Sí, porque se alternan la fase pólipo (individuo sésil), que se divide asexualmente por estrobilación, y la fase medusa (individuo libre), que se reproduce sexualmente.

La estrobilación es un tipo especial de reproducción asexual por escisión o fragmentación, que da lugar a numerosas éfiras, que completarán su crecimiento hasta convertirse en adultos de la fase medusa. Las medusas son formas libres y nadadoras que poseen gónadas masculinas y femeninas que formarán, como puede verse en las imágenes, gametos masculinos y femeninos.
La fecundación es externa, ocurre fuera del cuerpo del animal y por desarrollo embrionario forma una larva llamada plánula, que originará un pólipo que crece fijo al sustrato cerrando el ciclo vital.

**62** **a)** La ventaja de la autofecundación es que en un momento dado un organismo aislado puede dar lugar a nuevos individuos, y el inconveniente es que se pierde variabilidad genética en la población.

**b)** Porque son endoparásitos que habitan en el intestino delgado, donde viven en solitario anclados a la pared, por lo tanto, esa es la única forma de reproducirse.

**63** R. L.

**64** Reproducción sexual por partenogénesis y, por tanto, sin fecundación.

**65** No todos son ovíparos. Hay especies ovovivíparas que dan a luz crías que se nutren de forma parecida a los mamíferos mediante una placenta.

**66** **a)** La oveja Dolly llevaba la información genética de la oveja A, puesto que de esta célula se obtuvo el núcleo, que es donde se alberga la información genética.

**b)** Lo que se pretendía era obtener una oveja genéticamente idéntica a la oveja de la que se extraía el núcleo de una de sus células somáticas (de la glándula mamaria). Las células embrionarias, por el contrario, son pluripotentes y capaces de diferenciarse en células de cualquier tejido.

**c)** Las aplicaciones de la clonación animal están relacionadas con la medicina, la producción ganadera o la ecología. La clonación de animales permite disponer de copias idénticas, que pueden servir de modelo para investigar sobre algunas enfermedades. También permitiría recuperar especies en vías de extinción.
En las personas, las posibles aplicaciones de la clonación estarían relacionadas con fines terapéuticos.

**67** Las células madre embrionarias son pluripotentes, es decir, capaces de diferenciarse en cualquier tejido. Y las células madre adultas son multipotentes, por tanto, pueden dar lugar a células del tejido del que proceden, pero no de otros.

No es lo mismo células madre que líneas celulares; estas últimas proceden del cultivo de células madre embrionarias o de células madre de tejidos adultos, que se han programado convenientemente con el fin de desarrollar células de tejidos distintos del que proceden.

Normalmente, las líneas celulares utilizadas en investigaciones biomédicas son de origen embrionario, por tanto, pluripotentes y capaces de diferenciarse en cualquier tejido. Sin embargo, las células de cada uno de los tejidos de una persona ya han sufrido una diferenciación y están especializadas en determinadas funciones según el tejido al que pertenezcan.

 Material fotocopiable © Santillana Educación, S. L.

**68** En el interior del aparato reproductor femenino, concretamente en las trompas de Falopio.

**69** R. L.

**70** **a)** Representa la fecundación *in vitro*.

**b) 1.** Obtención de ovocitos, mediante punción transvaginal y aspiración folicular, que son depositados en un tubo de ensayo. En otro tubo de ensayo están los espermatozoides.

**2.** Fecundación de ovocitos con espermatozoides y cultivo de los cigotos obtenidos *in vitro* durante dos o tres días en una placa de Petri.

**3.** Implantación de cigotos en estado de blastocisto en el útero de la mujer.

**c)** La fecundación *in vitro* es una técnica biomédica de reproducción utilizada en la actualidad en la especie humana en el caso en que uno o los dos miembros de una pareja sean estériles.

Comienza con un tratamiento para estimular la producción de ovocitos en el ovario. Después, se obtienen ovocitos mediante punción transvaginal y aspiración folicular. Estos son fecundados con espermatozoides en el laboratorio. Los cigotos obtenidos se cultivan *in vitro* durante unos días, hasta el estado de blastocisto; posteriormente, unos embriones se transfieren y los demás se conservan congelados, lo que permite realizar un nuevo implante.

Pág. 395

**CIENCIA EN TU VIDA**

**71** R. L.

**72** La estimulación ovárica consiste en someter a una hembra a un tratamiento hormonal para inducir la ovulación múltiple. En un ciclo menstrual normal inician su desarrollo varios folículos en cada ovario, pero cuando uno de ellos alcanza un tamaño un poco mayor se inhibe el crecimiento de los demás; con la estimulación ovárica se trata de que se desarrollen varios folículos en el mismo ciclo. Este proceso se lleva a cabo para lograr la reproducción asistida. R. L.

**73** Los emparejamientos al azar en las técnicas de reproducción asistida de animales podrían afectar a las poblaciones salvajes, por ello se hacen estudios genéticos que permiten conocer el origen geográfico de las especies incluidas en el estudio y se posibilitan así futuros cruces entre individuos pertenecientes al mismo *stock* genético.

**74** R. L.

**75** No. Los programas de reproducción asistida solo sirven para las especies en peligro de extinción, pero no para las ya extinguidas. En todos los tratamientos de reproducción asistida se necesitan gametos, óvulos y espermatozoides, y, si estos no se han conseguido antes de la extinción de la especie y conservado mediante congelación, ya no es posible la utilización de estos programas.

Actualmente, existe una gran variedad de técnicas reproductivas que pueden aplicarse a la conservación de especies en peligro de extinción.

**76** R. L.

**77** Aunque estos dos términos se pueden considerar sinónimos, para la medicina reproductiva no lo son. La diferencia está en que la esterilidad es la incapacidad para concebir, y la infertilidad es la incapacidad para producir un hijo vivo.

**Dirección de arte:** José Crespo.

**Proyecto gráfico:** Estudio Pep Carrió.
**Fotografía de portada:** Leila Méndez.

**Jefa de proyecto:** Rosa Marín.
**Coordinación de ilustración:** Carlos Aguilera.
**Jefe de desarrollo de proyecto:** Javier Tejeda.
**Desarrollo gráfico:** Raúl de Andrés, Rosa Barriga, Olga de Dios, Jorge Gómez y Julia Ortega.

**Dirección técnica:** Jorge Mira Fernández.
**Subdirección técnica:** José Luis Verdasco Romero.

**Coordinación técnica:** Francisco Moral.
**Confección y montaje:** Maria Luis Valbuena y Alfonso García.
**Corrección:** Nuria del Peso y Ángeles San Román.
**Documentación y selección fotográfica:** Nieves Marinas.

**Fotografía:** ARCHIVO SANTILLANA

© 2015 by Santillana Educación, S. L.
Avenida de los Artesanos, 6
28760 Tres Cantos, Madrid
Printed in Spain

ISBN: 978-84-680-3640-3
CP: 563466
Depósito legal: M-35274-2015

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.