



# Biología y Geología

SERIE **OBSERVA**

El libro Biología y Geología 4, para cuarto curso de ESO, es una obra colectiva concebida, diseñada y creada en el Departamento de Ediciones Educativas de Santillana Educación, S. L., dirigido por **Joseba Santxo Uriarte** y **Teresa Grence Ruiz**.

En su elaboración ha participado el siguiente equipo:

**Leonor Carrillo Vigil**  
**Miguel Ángel Madrid Rangel**

EDICIÓN  
**Belén Álvarez Garrido**  
**Daniel Masciarelli García**

EDICIÓN EJECUTIVA  
**Begoña Barroso Nombela**

DIRECCIÓN DEL PROYECTO  
**Antonio Brandi Fernández**

Las actividades de este libro no deben ser realizadas en ningún caso en el propio libro. Las tablas, esquemas y otros recursos que se incluyen son modelos para que el alumno los traslade a su cuaderno.

**1. Estructura y dinámica de la Tierra 4**

1. El origen del sistema solar y de la Tierra
2. El estudio de la estructura interna de la Tierra
3. Modelo geodinámico
4. El motor interno de la Tierra
5. Movimientos verticales de la litosfera
6. Movimientos horizontales de la litosfera
7. La tectónica de placas

**2. Tectónica y relieve 22**

1. Bordes convergentes
2. Bordes divergentes y bordes de cizalla
3. Fenómenos intraplaca. Los puntos calientes
4. Interacción entre la dinámica interna y externa. El ciclo de las rocas
5. Plegamientos
6. Diaclasas y fallas
7. La representación del relieve. Mapas topográficos

**3. Historia de la Tierra 40**

1. Ideas históricas sobre la edad de la Tierra
2. Actualismo y uniformismo
3. ¿Qué nos dicen los fósiles?
4. La medida del tiempo geológico
5. Geocronología relativa
6. Geología histórica
7. Precámbrico. El pasado más remoto
8. Paleozoico. La diversidad de la vida
9. Mesozoico. La era de los reptiles
10. Cenozoico. La era de los mamíferos

**4. Estructura y dinámica de los ecosistemas 62**

1. La estructura de un ecosistema
2. Factores abióticos y adaptaciones
3. Límites de tolerancia y factores limitantes
4. Hábitat y nicho ecológico
5. Las relaciones bióticas
6. Las poblaciones en los ecosistemas
7. Las relaciones alimentarias
8. Pirámides tróficas
9. Energía y materia en los ecosistemas
10. Ciclos biogeoquímicos en los ecosistemas
11. Ciclo del carbono
12. Ciclo del nitrógeno
13. Ciclos del fósforo y del azufre
14. Evolución de los ecosistemas

**5. La actividad humana y el medio ambiente 86**

1. Los recursos naturales
2. Impactos y actividades humanas sobre los ecosistemas
3. Impactos negativos sobre la atmósfera
4. Impactos negativos sobre la hidrosfera
5. Impactos negativos sobre el suelo
6. Impactos negativos sobre la biosfera
7. La sobrepoblación y sus consecuencias
8. Desarrollo sostenible
9. Los residuos
10. La gestión de los residuos
11. El reciclaje
12. Fuentes renovables de energía

**6. La organización celular de los seres vivos 108**

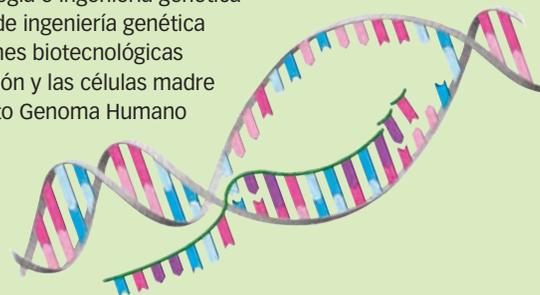
1. La teoría celular
2. Tipos celulares y su relación evolutiva
3. La célula eucariota
4. El núcleo celular
5. El ciclo celular
6. Los cromosomas
7. La división celular
8. La meiosis

**7. Herencia y genética 126**

1. Mendel y el estudio de la herencia
2. El nacimiento de la genética
3. Las leyes de Mendel
4. Resolución de problemas de genética
5. Dominancia incompleta y codominancia
6. La teoría cromosómica de la herencia
7. Genética humana
8. La determinación genética del sexo en la especie humana
9. Trastornos de origen genético
10. Prevención y diagnóstico de trastornos genéticos

**8. Información y manipulación genética 148**

1. El ADN y los ácidos nucleicos
2. La replicación del ADN
3. Del ADN a las proteínas
4. Cómo se expresa la información genética
5. Las mutaciones
6. Biotecnología e ingeniería genética
7. Técnicas de ingeniería genética
8. Aplicaciones biotecnológicas
9. La clonación y las células madre
10. El Proyecto Genoma Humano
11. Bioética



**9. El origen y la evolución de la vida 170**

1. El origen de la vida
2. El origen de la biodiversidad
3. Lamarck y la herencia de los caracteres adquiridos
4. Darwin y Wallace. La selección natural
5. Bases genéticas de la variabilidad
6. Mecanismos evolutivos más comunes
7. Pruebas a favor de la evolución
8. Adaptación y especiación
9. Modelos evolucionistas actuales
10. Hominización
11. Evolución humana

**Proyectos de investigación 194**

- ¿Se pueden evaluar los impactos ambientales?
- ¿Son perjudiciales los alimentos transgénicos?
- ¿Influyen los procesos geológicos en la evolución de los seres vivos?

**Diccionario científico 200**



**Interpreta la imagen**

**Claves para empezar**

**Nos hacemos preguntas**

- ¿Es posible observar la formación de una isla?
- ¿Por qué hay fósiles marinos en algunas cumbres del Pirineo?
- ¿Cómo puede saberse el aspecto que tenían los dinosaurios si solo conocemos sus restos fósiles?
- ¿Qué es el fototrampeo?
- Las cumbres del clima, ¿qué son y para qué sirven?
- ¿Cómo funciona el microscopio electrónico?
- ¿Qué son las enfermedades de raza?
- ¿Qué son los OGM?
- ¿Cómo se trabaja en un yacimiento arqueológico?

**SABER HACER**

- Interpretar el magnetismo remanente
- Interpretar mapas batimétricos
- Realizar un perfil topográfico
- Identificar las características de los cráteres de impacto
- Usar el método radiométrico del potasio-argón
- Interpretar cortes geológicos
- Interpretar icnitas
- Medir factores abióticos en ecosistemas terrestres y acuáticos
- Aprender a separar residuos
- Medir la huella ecológica
- Observar las fases de la mitosis
- Realizar e interpretar cariotipos
- Realizar un cruzamiento prueba
- Resolver un problema con dos caracteres
- Resolver problemas sobre la herencia ligada al cromosoma X
- Interpretar árboles genealógicos
- «Descifrar» el código genético
- Interpretar huellas genéticas
- Interpretar la distancia evolutiva entre especies
- Interpretar un árbol filogenético

**Trabajo cooperativo**

- Un vídeo sobre la tectónica de placas
- Una reproducción de cráteres de impacto
- Una escala del tiempo geológico
- Un póster científico sobre Parques Nacionales
- Una ecoauditoría ambiental
- Una presentación digital sobre mitosis
- Un cómic sobre los estudios de Mendel
- Una revista científica
- Un póster sobre la evolución de los perros

**Análisis científico**

- «Cinturón de fuego» del Pacífico
- El misterio de los atolones
- La formación de fósiles
- Sistema depredador-presa
- Ozono bueno, ozono malo
- El «suicidio» o muerte celular programada
- La herencia influida por el sexo
- Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos
- Hibridaciones entre homínidos bípedos

**Competencias básicas**

A lo largo del libro, encontraréis junto a muchos ejercicios los iconos de las competencias básicas del proyecto **HEZIBERRI**. Cada uno de esos iconos nos indica la competencia básica que se trabaja en cada caso.

<b>Competencias básicas disciplinares</b>	<b>Competencias básicas transversales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencia en comunicación lingüística y literaria</li> <li>• Competencia matemática</li> <li>• Competencia científica</li> <li>• Competencia tecnológica</li> <li>• Competencia social y cívica</li> <li>• Competencia artística</li> <li>• Competencia motriz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencia para la comunicación verbal, no verbal y digital</li> <li>• Competencia para aprender y para pensar</li> <li>• Competencia para convivir</li> <li>• Competencia para la iniciativa y el espíritu emprendedor</li> <li>• Competencia para aprender a ser uno mismo</li> </ul>

# 1

# Estructura y dinámica de la Tierra

## SABER

- El origen del sistema solar y de la Tierra
- El estudio de la estructura interna de la Tierra
- Modelo geodinámico
- El motor interno de la Tierra
- Movimientos verticales de la litosfera
- Movimientos horizontales de la litosfera
- La tectónica de placas

## SABER HACER

- Interpretar el magnetismo remanente
- Interpretar mapas batimétricos

La erupción se inició a más de 100 metros de profundidad y el cono volcánico que se formó tardó varios meses en salir a la superficie.

La isla llegó a tener una superficie de casi 3 kilómetros cuadrados y una altura máxima de 130 metros, dimensiones que actualmente se han reducido debido a la rápida erosión.



## INTERPRETA LA IMAGEN

- ¿Estamos observando un fragmento de corteza oceánica o de corteza continental?
- ¿Podrías decir qué tipo de rocas se observan en primer plano?
- ¿Qué tipo de agentes geológicos han podido generar su rápida erosión?
- ¿Hay algún indicio que te haga pensar que se ha instalado vida en esta isla?

Surtsey es un laboratorio al aire libre que ofrece a los científicos la oportunidad de estudiar desde cero cómo los seres vivos colonizan nuevos ambientes.

Por esta razón, en el año 2008 la Unesco reconoció a esta isla como Patrimonio de la Humanidad.

## NOS HACEMOS PREGUNTAS

### ¿Es posible observar la formación de una isla?

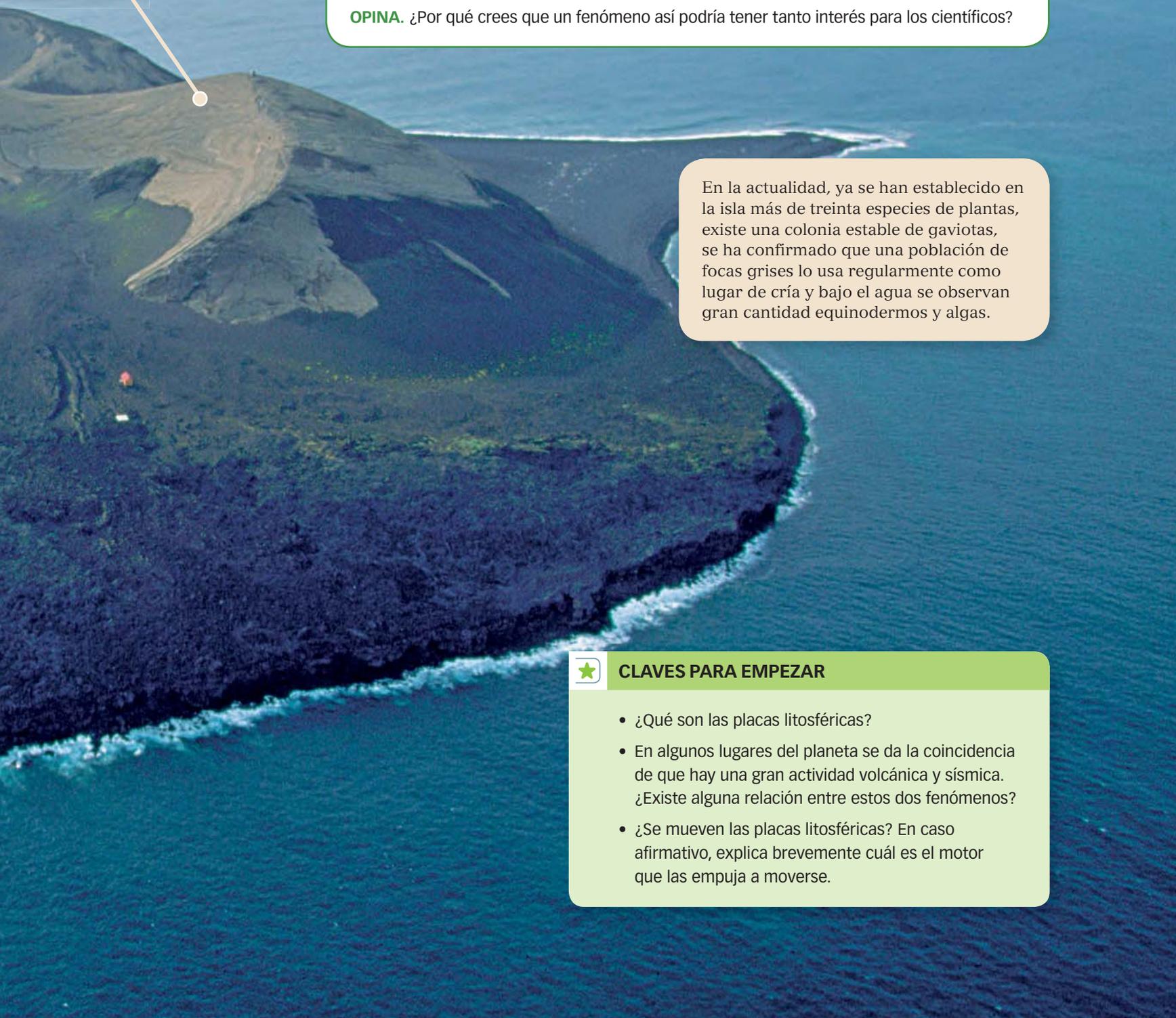
A mediados de noviembre de 1963, tuvo lugar un fenómeno muy pocas veces presenciado, el nacimiento de una nueva masa de tierra emergida.

Tuvo lugar en Islandia, a 32 kilómetros al sur. El 14 de noviembre, la tripulación de un barco pesquero que faenaba por la zona pudo comprobar como del mar surgían burbujas y un extraño humo negro. Tras su aviso a las autoridades, diversos grupos de científicos se trasladaron al lugar para estudiar de primera mano el fenómeno.

A los pocos días, la lava, procedente de un volcán submarino, iba saliendo a la superficie, enfriándose rápidamente y aumentando cada vez más el tamaño de la nueva isla, a la que se bautizó como Surtsey.

La actividad del volcán cesó en julio de 1967.

**OPINA.** ¿Por qué crees que un fenómeno así podría tener tanto interés para los científicos?



En la actualidad, ya se han establecido en la isla más de treinta especies de plantas, existe una colonia estable de gaviotas, se ha confirmado que una población de focas grises lo usa regularmente como lugar de cría y bajo el agua se observan gran cantidad equinodermos y algas.



### CLAVES PARA EMPEZAR

- ¿Qué son las placas litosféricas?
- En algunos lugares del planeta se da la coincidencia de que hay una gran actividad volcánica y sísmica. ¿Existe alguna relación entre estos dos fenómenos?
- ¿Se mueven las placas litosféricas? En caso afirmativo, explica brevemente cuál es el motor que las empuja a moverse.



## CLAVES PARA ESTUDIAR

- Conocer el origen del sistema solar y los planetas.
- Conocer los componentes de la Tierra y su origen.

# 1

## El origen del sistema solar y de la Tierra

Según los astrónomos, el sistema solar comenzó a formarse hace unos 5 000 m. a. en el corazón de una nebulosa, una gran nube fría de polvo cósmico y gas (principalmente, hidrógeno y helio), situada en el extremo de uno de los brazos de nuestra galaxia, la Vía Láctea.

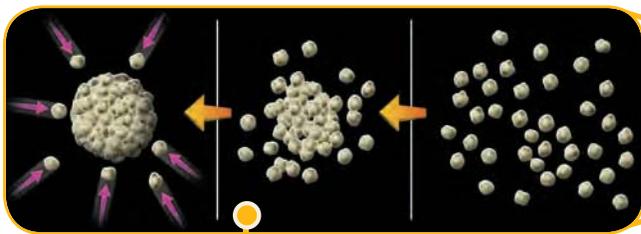
La hipótesis más aceptada en la actualidad sobre el origen del Sol y el sistema solar se conoce como **acreción planetesimal**.



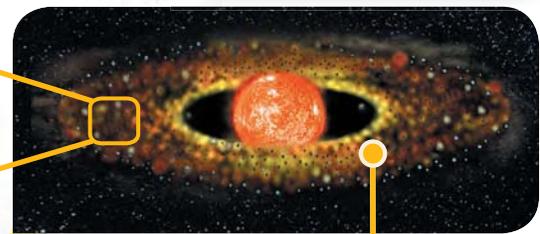
Al girar sobre sí misma, la nebulosa empezó a contraerse, adquiriendo forma de disco.



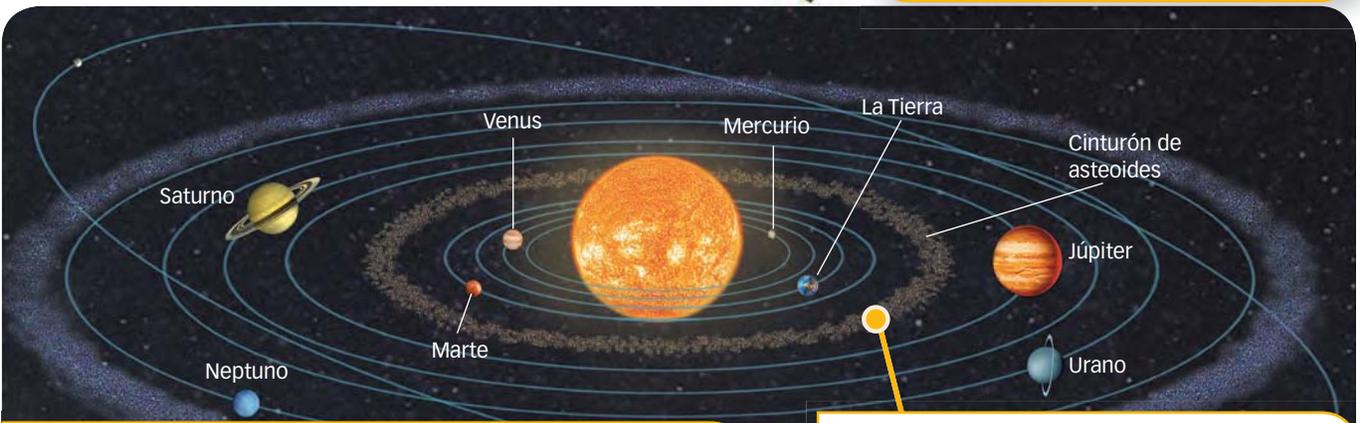
Por efecto de la gravedad, en el centro del disco se concentró una enorme masa de hidrógeno y helio, cuya temperatura fue en aumento hasta iniciar las reacciones de fusión termonuclear que activaron el Sol.



Estas partículas colisionaban entre sí por efecto de la gravedad, dando lugar a estructuras cada vez mayores, llamadas **planetesimales**.



Alrededor de aquel primitivo Sol gravitarían grandes cantidades de partículas sólidas, compuestas fundamentalmente por hierro, silicio, etc.



A lo largo de unos 400-450 m. a., se fueron formando los planetas:

- Cuatro rocosos: Mercurio, Venus, Tierra y Marte.
- Cuatro formados principalmente por gases: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

Entre los dos grupos de planetas se localiza el cinturón de asteroides, con pequeños y numerosos planetoides, del que proceden gran parte de los meteoritos que colisionan con la Luna, la Tierra y el resto de los planetas.

## La Tierra y sus componentes

La Tierra puede dividirse en cuatro componentes o «esferas»: geosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera. Cada una tiene su propia entidad, pero entre ellas existe un continuo intercambio de materia y energía.

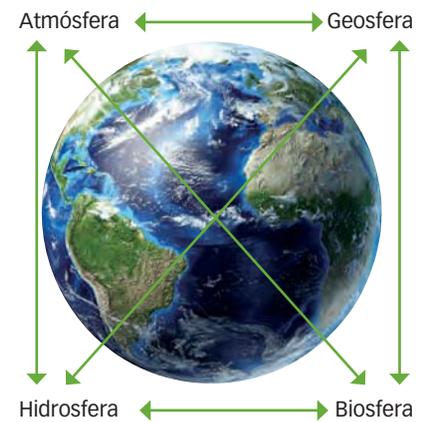
- **Geosfera.** Hace unos 4 500 m. a., la Tierra debió de ser una gran bola de roca fundida a causa de tres procesos que generaban calor:
  - Los impactos de planetesimales durante la acreción.
  - La desintegración de isótopos radiactivos, como el potasio-40 y el uranio-235.
  - La diferenciación de los materiales en capas de densidad creciente debido a la gravedad. El hierro, al ser el más pesado, pasó a formar parte del núcleo metálico. Flotando sobre él quedaron los silicatos de hierro y magnesio del manto, y sobre estos, los silicatos de aluminio, que formaron una delgada corteza.
- **Atmósfera e hidrosfera.** Durante el proceso de **diferenciación gravitatoria** se desprendió una gran cantidad de gas. Los gases más ligeros, hidrógeno y helio, escaparon hacia el espacio exterior, mientras que otros, como el dióxido de carbono y el vapor de agua, quedaron atrapados en la corteza, de donde escapaban a través de fisuras, originando una gran actividad volcánica que dio origen a la atmósfera primitiva.

Posteriormente, el agua de la atmósfera se condensó y las intensas lluvias inundaron las depresiones de la superficie sólida, dando origen a la hidrosfera.

- **Biosfera.** La distancia al Sol y las condiciones físico-químicas, como la temperatura y la existencia de agua líquida, han favorecido la presencia de vida en la Tierra.

Entre otras consecuencias, la actividad biológica ha influido en:

- La oxigenación de la atmósfera.
- La formación de suelos.
- La creación de grandes espesores de rocas, como las calizas, generadas a partir de la precipitación de carbonatos durante la formación de arrecifes de coral o la acumulación de conchas y esqueletos de carbonato cálcico.



Erupción del volcán Eyjafjalla en Islandia. La desgasificación de la Tierra continúa en la actualidad.

### ACTIVIDADES

- 1 ¿Cómo explicas que los planetas más cercanos al Sol sean más densos que los más lejanos?
- 2 Explica si la cantidad de agua que forma la hidrosfera permanece constante o tiende a aumentar con el tiempo.
- 3 **USA LAS TIC.** Busca procesos y fenómenos que impliquen transferencia de materia y energía entre los cuatro componentes de la Tierra. Un ejemplo de interacción entre biosfera y geosfera puede ser la formación de carbón y petróleo o la formación de arrecifes de coral.



### CLAVES PARA ESTUDIAR

- Explicar cómo se utilizan las ondas sísmicas para conocer el interior de la Tierra.
- Conocer la estructura de la Tierra según el modelo geoquímico.

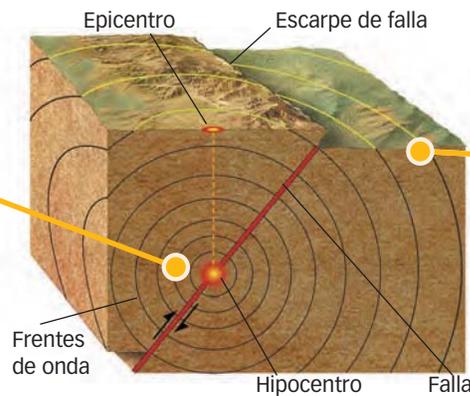
## 2

## El estudio de la estructura interna de la Tierra

Para estudiar y conocer el interior de la Tierra, los geólogos recurren a los terremotos, también llamados sismos o seísmos, de la misma manera que la medicina recurre a tecnologías como los rayos X, escáneres o ecografías.

Los terremotos son temblores de tierra causados por sacudidas bruscas de la corteza terrestre, debidas al súbito desplazamiento de grandes masas rocosas situadas en zonas de fractura o fallas.

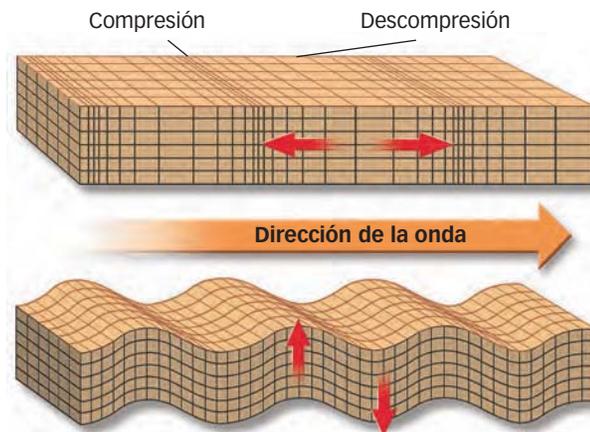
A partir del punto de rotura, llamado **hipocentro** o **foco**, se propagan vibraciones en forma de **ondas sísmicas** que forman frentes de ondas esféricos viajando por el interior de la Tierra. Se distinguen dos tipos de ondas sísmicas: **P** y **S**.



El punto de la superficie terrestre donde primero llegan estas ondas es el situado en la vertical del foco, y se denomina **epicentro**; a partir de él, se generan las **ondas superficiales** causantes de los efectos catastróficos de los terremotos.

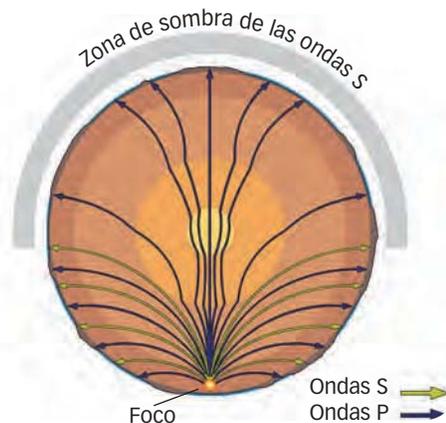
**Ondas primarias (P).** Son las más rápidas, por lo que son las primeras en llegar a los sismógrafos. Las partículas vibran en la misma dirección que la onda mediante movimientos de compresión y descompresión. Son capaces de atravesar tanto materiales sólidos como líquidos, aunque su velocidad se reduce al atravesar estos últimos.

**Ondas secundarias (S).** Su velocidad es menor, por lo que son registradas en segundo lugar por los sismógrafos. Las partículas vibran perpendicularmente a la trayectoria de la onda. Solo se propagan a través de materiales sólidos, no por los fluidos.



Se denomina «zona de sombra» a aquella en que determinadas ondas no se reciben.

Trayectoria de las ondas P y S por el interior de la Tierra.



Cuando las ondas pasan de una capa de la Tierra a otra de diferente composición química o comportamiento dinámico, se reflejan o se refractan, dando como resultado cambios en la velocidad y en la dirección de su trayectoria.

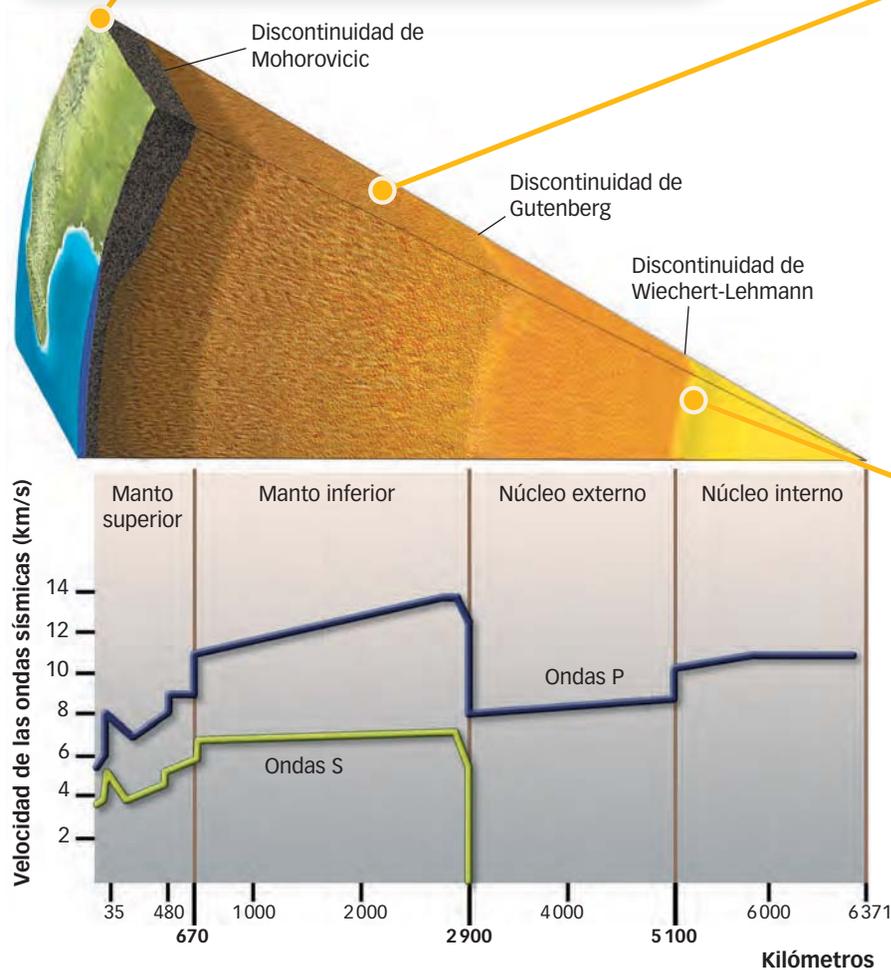
Al analizar los registros de las ondas sísmicas, los sismólogos interpretan cuál es el estado físico de las capas (rígido, plástico o fluido) y localizan a qué profundidad se encuentran las **discontinuidades** sísmicas o separaciones entre las capas.

## Modelo geoquímico de la estructura interna de la Tierra

A partir del comportamiento de las ondas P y S en el interior terrestre, la sismología nos brinda dos modelos o representaciones de este. El primero, denominado **modelo estático** o **geoquímico**, se centra en la composición de las capas.

Desde la superficie hacia el interior, encontramos tres capas: **corteza**, **manto** y **núcleo**, separadas entre sí por tres grandes discontinuidades sísmicas, que llevan los nombres de sus descubridores.

**Corteza.** Está constituida mayoritariamente por silicatos de aluminio. Su naturaleza e historia es diferente en los fondos oceánicos que en los continentes, por lo que se distinguen dos tipos: **corteza continental** y **corteza oceánica**.



### ? INTERPRETA LA IMAGEN

- 4 ¿Cómo sabemos que hay una discontinuidad observando el gráfico de las ondas P y S?

**Manto.** Es una capa de rocas ígneas ricas en silicatos de hierro y magnesio, como la peridotita, cuyo principal mineral es el olivino.

Se divide en **manto superior** y **manto inferior**, separados por una **zona de transición** en la que las propiedades físicas de las rocas del manto superior van variando debido al incremento de presión y temperatura, dando lugar a materiales más densos.

**Núcleo.** Formado por hierro prácticamente puro, mezclado con un pequeño porcentaje de níquel y sulfuros de hierro. Tiene dos partes con diferente estado físico: **núcleo externo**, en estado líquido, y **núcleo interno**, en estado sólido.

La fluidez del núcleo externo es similar a la del agua, y está agitado por violentas corrientes de convección que originan el **campo magnético terrestre** o **magnetosfera**.

### ACTIVIDADES

- 5 Dibuja proporcionalmente la gráfica de la propagación de las ondas sísmicas en el interior de un planeta imaginario que tuviera las siguientes características según se profundiza en su interior:

- 0-700 km: capa sólida cuya densidad y rigidez va aumentando progresivamente.
- 700-1 500 km: capa sólida y homogénea.
- 1500-3000 km: capa fluida.



### CLAVES PARA ESTUDIAR

- Conocer la estructura de la Tierra según el modelo geodinámico.



### INTERPRETA LA IMAGEN

- ¿Qué diferencias aprecias entre la estructura de la Tierra según el modelo geodinámico y el geoquímico?

## 3

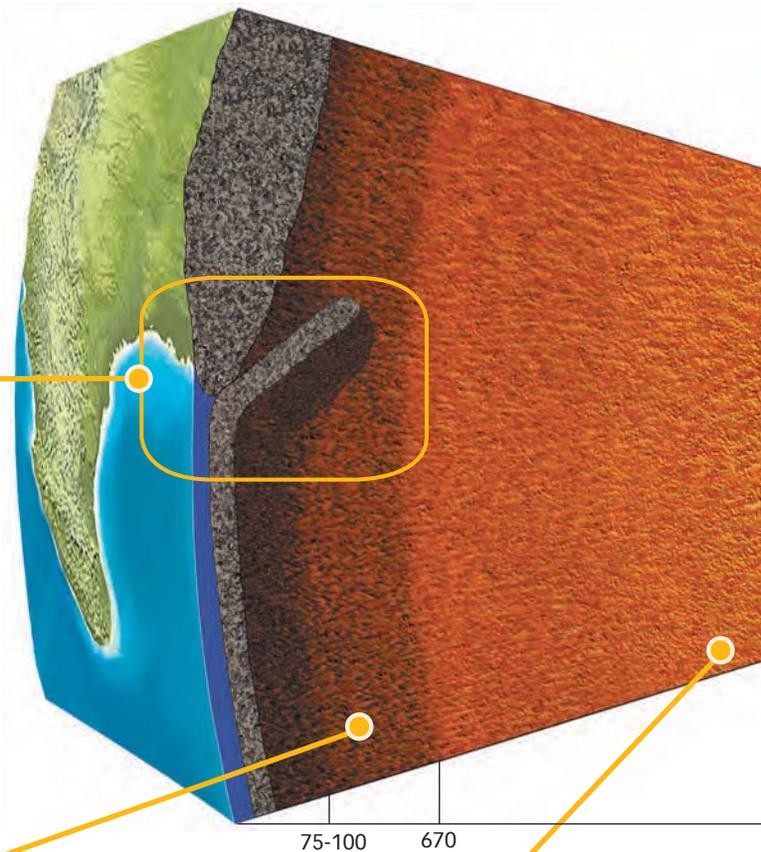
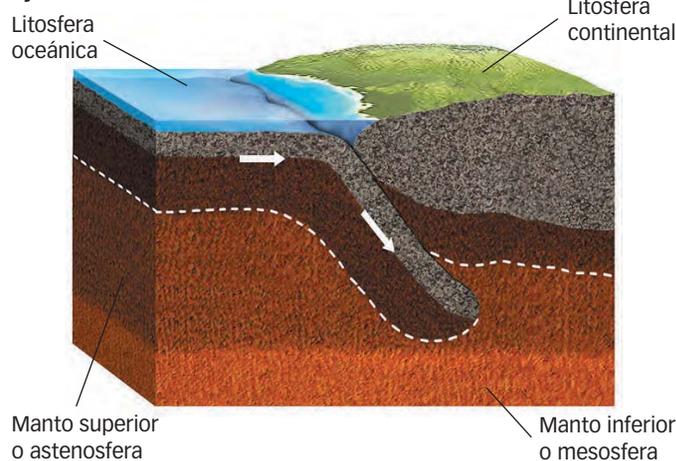
### Modelo geodinámico

El segundo modelo sobre la estructura interna de la Tierra, denominado **geodinámico**, está basado en el estado físico de las capas (plasticidad, rigidez o densidad) y en sus propiedades mecánicas como respuesta a las presiones y temperaturas a las que se encuentran.

El modelo geodinámico concibe la Tierra como una máquina térmica, en la que la agitación de átomos y moléculas producida por los cambios de temperatura modifica la estructura y composición de los materiales y, por tanto, genera movimientos y presiones que se liberan lenta o bruscamente, transformando la energía térmica en energía mecánica. Desde la superficie hasta el interior se encuentran las siguientes capas: **litosfera, astenosfera, mesosfera, zona D'' y endosfera**.

#### Litosfera

La parte más externa del manto superior está firmemente unida a la corteza formando un conjunto rígido, la **litosfera**, de la que existen dos tipos: la litosfera **oceánica** y la **continental**. Al ser arrastrada por los movimientos del manto sublitosférico, se fragmenta en grandes bloques, llamados **placas litosféricas**, que encajan entre sí y están sometidas a movimientos horizontales, **tectónica de placas**, o verticales, **ajustes isostáticos**.



#### Astenosfera o manto superior sublitosférico

Situada entre la litosfera y la mesosfera. Tras años de controversia sobre su existencia, actualmente se considera coincidente con el manto superior.

Se trata de una capa plástica que muestra tendencia a fluir ante esfuerzos aplicados durante largos periodos de tiempo, como los que actúan durante los movimientos de la litosfera.

#### Mesosfera

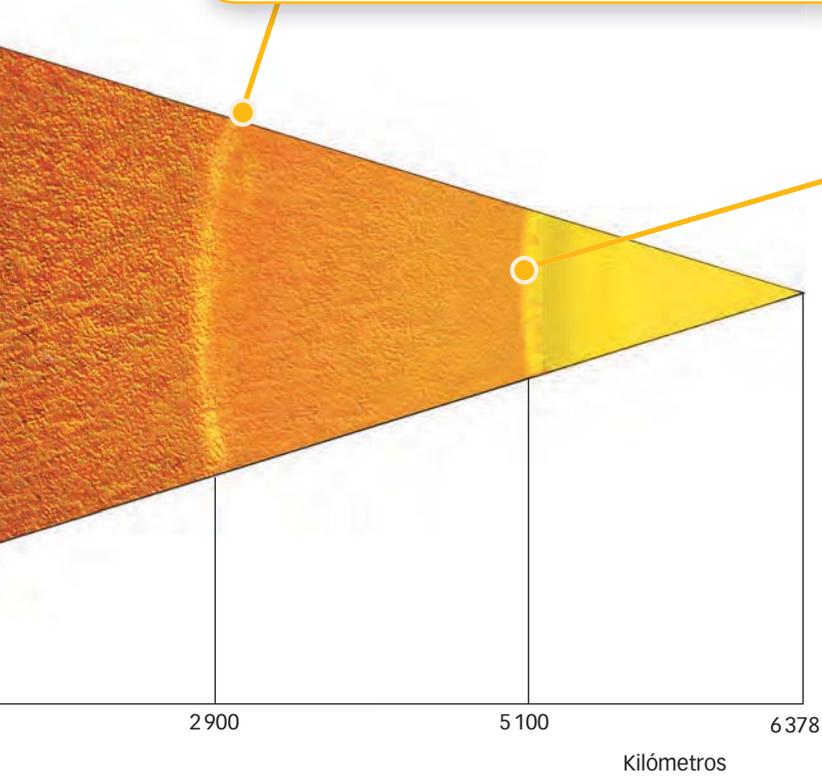
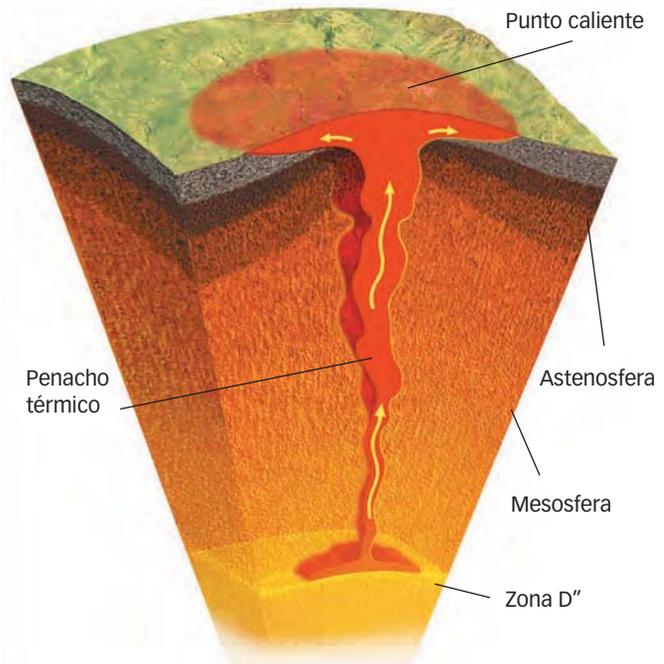
Comprende la región del manto inferior, desde 670 km de profundidad hasta la capa D''. Aunque sólida, es capaz de fluir muy lentamente (unos pocos centímetros al año) y, asimismo, permite el descenso de placas litosféricas frías procedentes de las zonas de subducción, y el ascenso de las plumas de magma procedentes de la zona D''.

### Zona o capa D''

Se trata de una de las zonas más dinámicas del planeta. Acumula calor procedente del núcleo externo y de ella escapan, de forma episódica, los llamados **penachos térmicos**, plumas de magma muy caliente que alcanzan y perforan la litosfera, originando los llamados **puntos calientes** con intensa actividad volcánica, como las islas Hawái.



Erupción del volcán Kilauea.

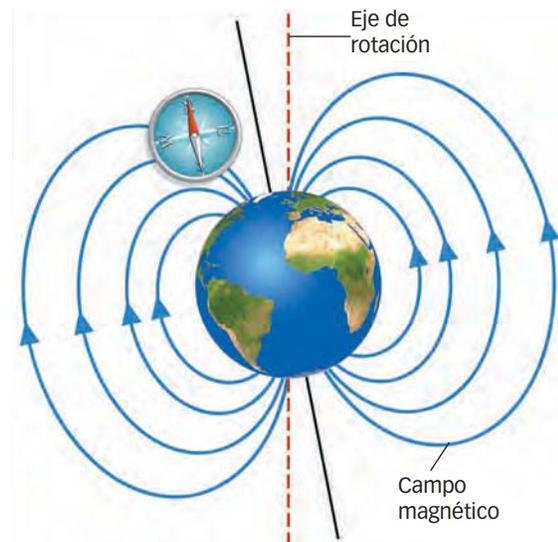


### Endosfera

Coincide con el núcleo (interno y externo) del modelo geoquímico. El calor del núcleo interno, sólido, se propaga al núcleo externo, líquido, y genera corrientes de convección que evacuan el calor hacia el exterior y lo acumulan en la zona o capa D''.

Por otra parte, dichas corrientes de convección son las causantes del campo magnético terrestre.

El campo magnético consiste en líneas de fuerza invisibles que atraviesan la Tierra y se extienden de un polo magnético a otro. Estos polos no coinciden exactamente con los geográficos, sino que están separados por una distancia que varía con el tiempo.



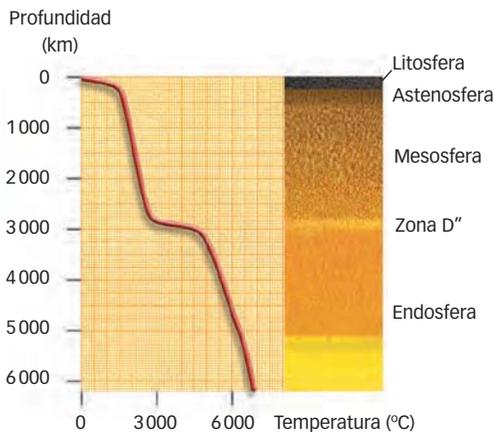
### ACTIVIDADES

- 7 **USA LAS TIC.** Busca información sobre la astenosfera y explica por qué su existencia ha sido polémica en la historia de la geología.
- 8 Explica de qué manera se transmite el calor desde la endosfera hasta la litosfera.



## CLAVES PARA ESTUDIAR

- Comprender los mecanismos responsables de la dinámica interna de la Tierra.
- Identificar las causas de los movimientos verticales de la corteza



El gradiente térmico es la variación de la temperatura con la profundidad.



## INTERPRETA LA IMAGEN

- 9 Si el gradiente geotérmico fuera constante desde la superficie de la Tierra hasta el centro, ¿cuál sería la temperatura en dicho centro? Compara el valor que has calculado con el de la gráfica de la figura superior. ¿A qué puede deberse esta diferencia?

## ACTIVIDADES

- 10 ¿A qué profundidad debería encontrarse una fuente de agua, en una zona con gradiente térmico normal ( $3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ) para obtener vapor a una temperatura de  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

# 4

## El motor interno de la Tierra

Para entender cómo actúa la dinámica interna de la Tierra, hay que tener en cuenta la gravedad y la energía interna en forma de calor.

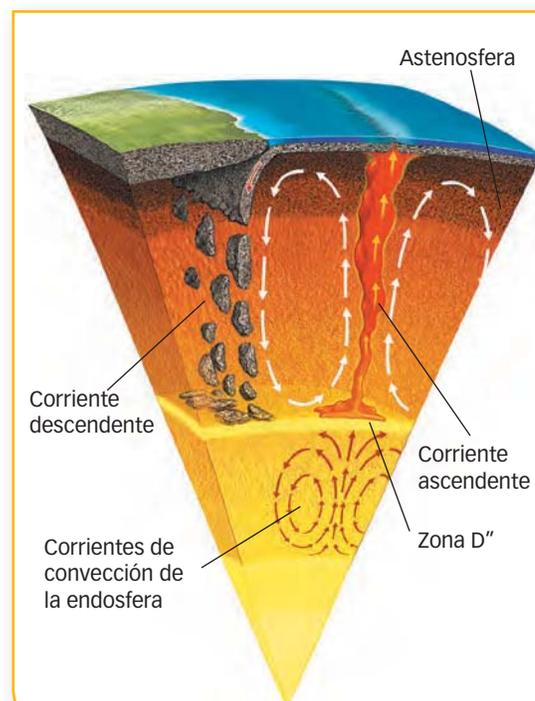
La mayor parte de este calor procede de la etapa inicial de la Tierra, cuando esta se encontraba fundida. Otra parte se debe a la desintegración radiactiva de isótopos inestables, que sigue generando calor en la actualidad. A pesar de esto, podemos considerar que la Tierra es un cuerpo que se enfría lentamente.

El aumento de temperatura hacia el interior de la Tierra recibe el nombre de **gradiente geotérmico**. En la corteza, su valor medio es de  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  por cada 100 metros, llegando a  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  por cada 100 metros en las áreas volcánicas. A profundidades mayores estos valores no se mantienen y la distribución de temperaturas se estima en función de extrapolaciones basadas en experimentos de laboratorio y en los datos sísmicos.

### Transporte de calor en la geosfera

El **flujo térmico** es la cantidad de energía calorífica que llega a la superficie terrestre desde el interior del planeta. Este calor puede transmitirse por **conducción**, pero, debido a la baja conductividad de las rocas, se trata de un mecanismo muy lento.

El verdadero motor de la dinámica interna de la Tierra son las **corrientes de convección**, mediante las cuales el material caliente, menos denso y, por tanto, más ligero, asciende hacia la superficie. Cuando se enfría, este material aumenta su densidad y vuelve a hundirse. Este flujo de materiales es generado por la fuerte variación de temperatura entre la litósfera y la capa D''.



En el manto, la **corriente ascendente** estaría originada por los penachos térmicos o plumas de magma, procedentes de la capa D''.

La **corriente descendente** se debe a la gravedad que actúa sobre las placas litosféricas.

En el caso de las capas que no pueden mezclarse por tener diferente densidad, como la del núcleo metálico y el manto rocoso, se producen corrientes de convección independientes.

## 5

## Movimientos verticales de la litosfera

La litosfera rígida «flota» sobre el manto sublitosférico, manteniendo un equilibrio de flotación llamado **isostasia**.

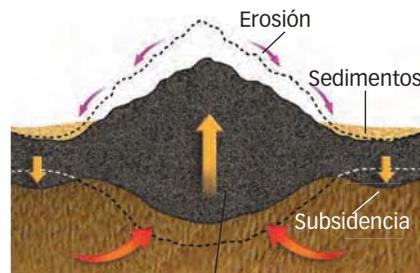
Este equilibrio se altera debido a dinámicas que pueden ser de origen interno o externo, que provocan movimientos en la vertical de bloques o porciones de litosfera, para restablecer el equilibrio isostático, como sucede en un barco cuando se carga o se descarga.

Un incremento del peso sobre la litosfera puede provocar su hundimiento, fenómeno denominado **subsistencia**. Un ejemplo son las grandes acumulaciones de hielo sobre los continentes durante las glaciaciones, o de sedimentos en las cuencas sedimentarias. Por el contrario, la erosión o el deshielo reducen el peso sobre los bloques, lo que provoca su elevación.



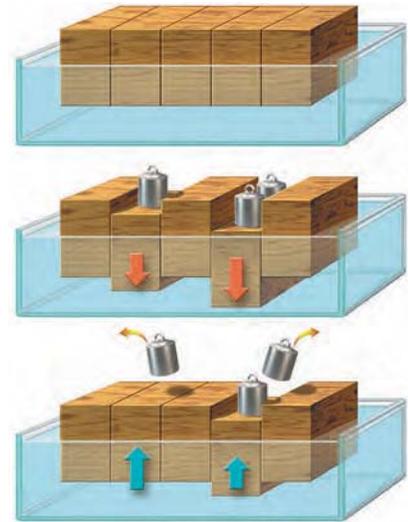
Subsistencia

El peso de los materiales que forman la montaña provoca el hundimiento de la corteza bajo ella.



Elevación

La erosión reduce su peso y la dinámica interna hace que vuelva a elevarse.



De manera sencilla, la isostasia puede ser explicada por el principio de Arquímedes, según el cual en un conjunto de bloques sumergidos en un fluido, cada uno se hundirá más o menos en función de su volumen y densidad.

## ? INTERPRETA LA IMAGEN

- 11 ¿Qué es lo que ocurre con los sedimentos procedentes de la erosión de la montaña?

## SABER MÁS

## Cada día más alto

La península de Escandinavia se ha levantado varias decenas de metros desde que hace 10 000 años desapareciera el casquete de hielo que la recubría. Actualmente continúa su levantamiento a una velocidad de entre 1 y 10 mm/año, según las zonas.

- ¿Se te ocurre alguna forma de medir año tras año este levantamiento?  
¿Cómo lo harías?



## ACTIVIDADES

- 12 Observa las imágenes de la derecha. A representa un corte de una lengua glaciar y B refleja lo que sucede muchos años después de su desaparición. Explica qué es lo que ha ocurrido.





## CLAVES PARA ESTUDIAR

- Conocer las dos principales hipótesis que defendieron el movimiento de las placas.

# 6

## Movimientos horizontales de la litosfera

Hasta principios del siglo XX las ideas predominantes sobre los continentes eran **fijistas** y defendían que estos habían permanecido siempre fijos en las posiciones que ocupan en la actualidad.

### Wegener y la hipótesis de la deriva continental

Aunque tuvo precursores, la formulación más completa e importante sobre posibles desplazamientos horizontales de los continentes fue la de **Alfred Wegener** en 1912. Su **hipótesis de la deriva continental** relacionaba, mediante una explicación unificadora, numerosos fenómenos observados en el campo de la paleontología, la petrología, la paleoclimatología, la geodesia y la geografía.

A mediados de los años veinte del siglo pasado, la teoría de la deriva continental cayó en el descrédito y solo comenzó a ser reconsiderada unos treinta años más tarde.

Wegener afirmaba que los continentes podían desplazarse y que hacía 300 millones de años habían estado unidos formando una masa continental única, a la que llamó **Pangea**. Esta comenzó a fragmentarse paulatinamente y sus componentes fueron alejándose unos de otros, desplazándose horizontalmente sobre los fondos oceánicos, de forma semejante a como los icebergs se mueven en el mar, dando lugar a los continentes actuales.

En apoyo a su teoría, Wegener presentó gran cantidad de indicios y pruebas, pero no podía explicar qué fuerza era capaz de empujarlos, sugiriendo que podría ser la rotación terrestre.



En 1912, Alfred Wegener publicó *El origen de los continentes y los océanos*, donde defendió por primera vez que los continentes se desplazaban.

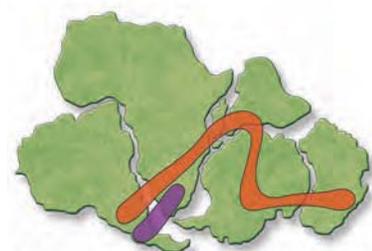


**Pruebas geográficas.** El encaje de los perfiles de los continentes, especialmente entre África y Sudamérica, había sido observado y mencionado por otros autores, como Benjamin Franklin en el siglo XVIII, o Alexander von Humboldt en el XIX.



#### Pruebas paleoclimáticas.

Un ejemplo son las huellas dejadas por una antigua glaciación que tuvo lugar hace 300 m. a. La distribución de las flechas rojas indica las direcciones de las señales de erosión del hielo.



■ Glossopteris  
■ Mesosaurus

#### Pruebas paleontológicas.

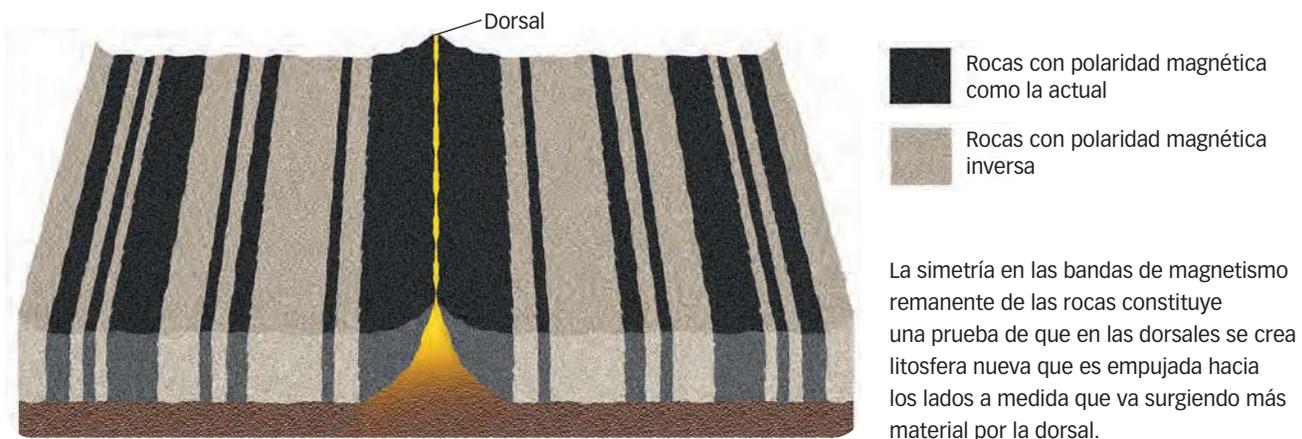
Se encontraban fósiles de animales y plantas muy similares en continentes diferentes, lo que no podía explicarse a menos que esos continentes hubieran estado en contacto en el pasado.

## Hipótesis de la expansión del fondo oceánico

Tras la Segunda Guerra Mundial se produjo una fase muy intensa de exploración oceánica, favorecida por la tecnología del sonar, que permitió elaborar detallados mapas de los fondos oceánicos. Además, en los laboratorios se ponían a punto nuevos métodos basados en el estudio de la radiactividad y el **magnetismo remanente de las rocas**, mientras que el desarrollo de los ordenadores propició un tratamiento más eficaz de los datos.

El conjunto de nuevos descubrimientos sobre la naturaleza geológica y geofísica del fondo marino culminó con la formulación de la **hipótesis de la expansión del fondo oceánico**, realizada por **Harry Hess** en 1962.

La expansión de los fondos oceánicos ocurre en las dorsales, donde se forma nueva corteza oceánica mediante la actividad volcánica y el movimiento gradual del fondo alejándose de la dorsal.



### → SABER HACER

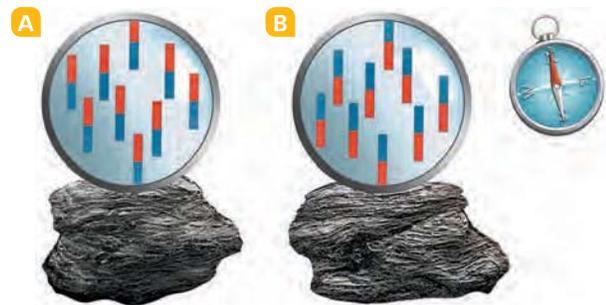
#### Interpretar el magnetismo remanente

La magnetita es un mineral que se forma en la lava. Al enfriarse, los cristales de magnetita se orientan con el campo magnético terrestre.

Sabemos que cada cierto tiempo la polaridad de la Tierra se invierte debido a la inestabilidad del campo magnético, por lo que estas diferencias de polaridad tienen que haber quedado registradas en la propia roca. A esto se le denomina magnetismo remanente.

Los cristales de magnetita actúan como brújulas, por lo que para representar su orientación, sus polos se distinguen igual que la aguja de una brújula, representando en color rojo el polo que apunta hacia donde estaba localizado el polo norte de la Tierra en el momento de su enfriamiento.

De esta manera los geólogos pueden identificar rocas formadas en el mismo o en distintos periodos de polaridad de la Tierra.



#### ACTIVIDADES

- 13** Las muestras A y B han sido tomadas en las cercanías del borde de una dorsal oceánica. Teniendo en cuenta que el último fenómeno de inversión de polaridad del campo magnético terrestre tuvo lugar hace 780 000 años, ¿qué muestra es más actual? Explica cómo lo has deducido.



## CLAVES PARA ESTUDIAR

- Comprender los principios básicos de la tectónica de placas.

# 7

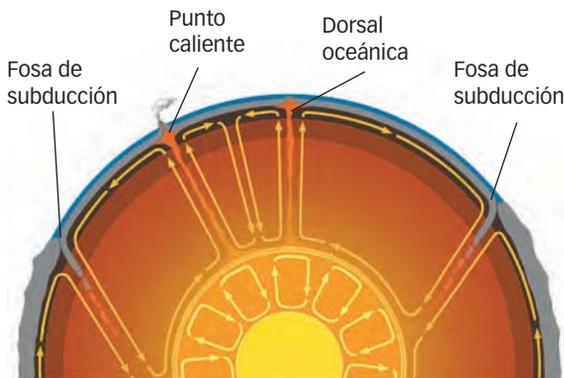
## La tectónica de placas

La expansión del fondo oceánico propuesta por Hess fue el detonante para el desarrollo de una teoría completa sobre los procesos geológicos: la **teoría de la tectónica de placas**.

El concepto de placa fue elaborado por el geólogo canadiense **Tuzo Wilson**, a raíz de la interpretación de la distribución mundial de terremotos y volcanes. Las placas pueden ser **oceánicas**, compuestas íntegramente por litosfera oceánica, o **mixtas**, compuestas con parte de litosfera continental y parte oceánica.

### Principales postulados de la tectónica de placas

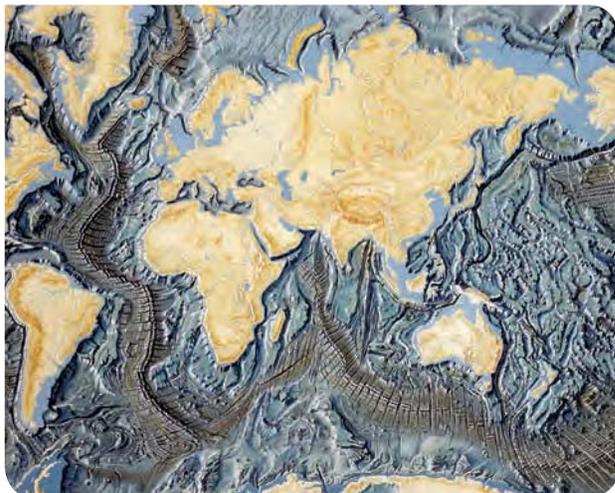
- La litosfera se encuentra dividida en placas, regiones estables limitadas por franjas inestables de gran actividad sísmica y volcánica, que encajan entre sí como las piezas de un gran puzzle.
- La litosfera oceánica, más delgada y densa que la continental, se genera continuamente en las dorsales oceánicas. Dado que el volumen terrestre es constante, una cantidad equivalente a la litosfera oceánica creada se destruye en las fosas.
- El calor interno de la Tierra junto con la fuerza de la gravedad generan corrientes de convección que mueven unas placas con respecto a otras, arrastrando con ellas a los continentes.
- Las placas interactúan entre sí dando origen a las grandes estructuras del relieve terrestre y fenómenos asociados, como los terremotos.



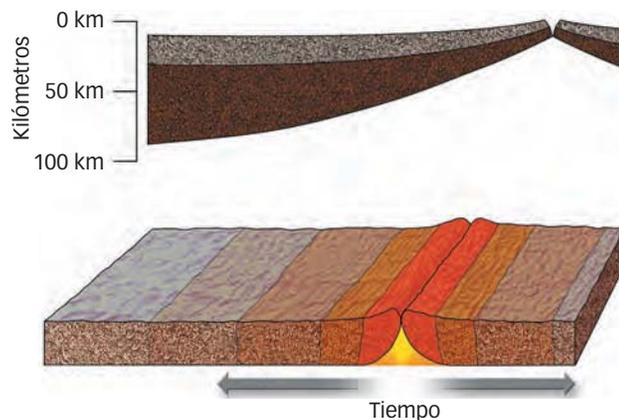
El trabajo conjunto entre las fosas, las dorsales y los puntos calientes permite que el tamaño de la Tierra sea constante.

### Algunas pruebas de la tectónica de placas

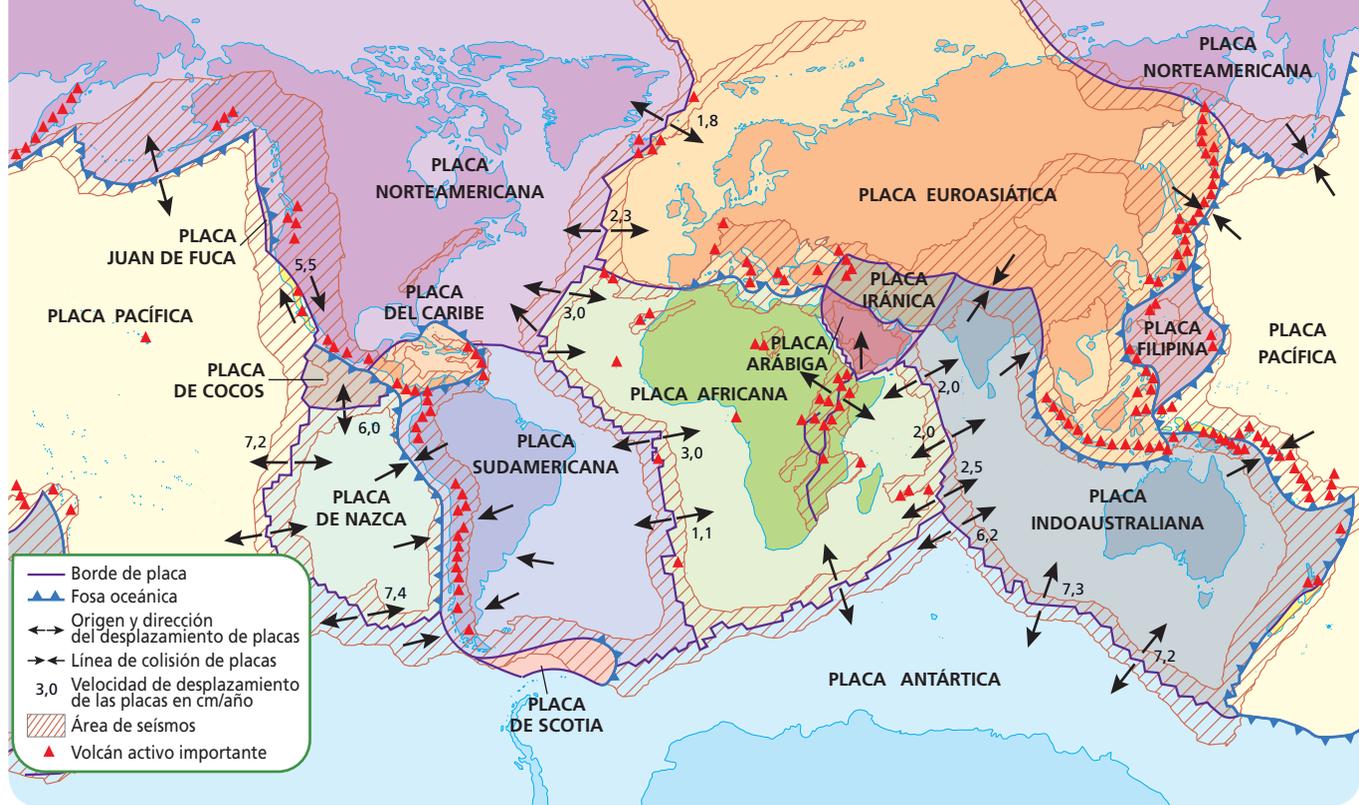
- La cartografía de fondos oceánicos muestra dorsales, fosas y grandes fallas submarinas.
- Mediciones directas realizadas por diversos métodos han demostrado el desplazamiento y la dirección que siguen las placas actuales.



- El espesor de los sedimentos disminuye desde los bordes continentales hasta ser casi inexistentes en las dorsales.



- La edad de las rocas aumenta desde el centro de las dorsales hacia los continentes. Además, no se han encontrado rocas de más de 185 m. a. en los fondos oceánicos.



### Movimientos relativos de las placas

Los lugares de contacto entre las placas se denominan **bordes**. Según sean los movimientos relativos entre las placas, en sus bordes se producirán diversos fenómenos geológicos en los que habrá creación, destrucción o conservación de la litosfera. En ellos tienen lugar intensos fenómenos geológicos, como terremotos, actividad volcánica, subsidencia, etc.

El tipo de borde depende de los movimientos relativos que realicen las placas y de cómo interactúan entre sí.

### ? INTERPRETA LA IMAGEN

- 14 Haz una lista con las placas que sean oceánicas y las que sean mixtas.

Tipos de borde	Sucesos que tienen lugar	Estructuras geológicas que producen
Convergente	Los continentes colisionan.	Fenómenos orogénicos (montañas, cordilleras, etc.).
	Destrucción de litosfera oceánica.	Zonas de subducción.
Divergente	Creación de litosfera oceánica.	Formación de dorsales oceánicas.
De cizalla	Bordes conservadores o pasivos.	Fallas transformantes.

### ACTIVIDADES

- 15 Explica qué relación existe entre las corrientes de convección del manto y el movimiento de las placas litosféricas. ¿Qué tienen que ver las fosas y las dorsales oceánicas en este proceso?
- 16 Completa la tabla con ejemplos de cada tipo de borde.
- 17 ¿Existen placas tectónicas compuestas íntegramente de corteza continental? ¿En qué tipo de placas podemos encontrarla?

# ACTIVIDADES FINALES

## ★ REPASA LO ESENCIAL

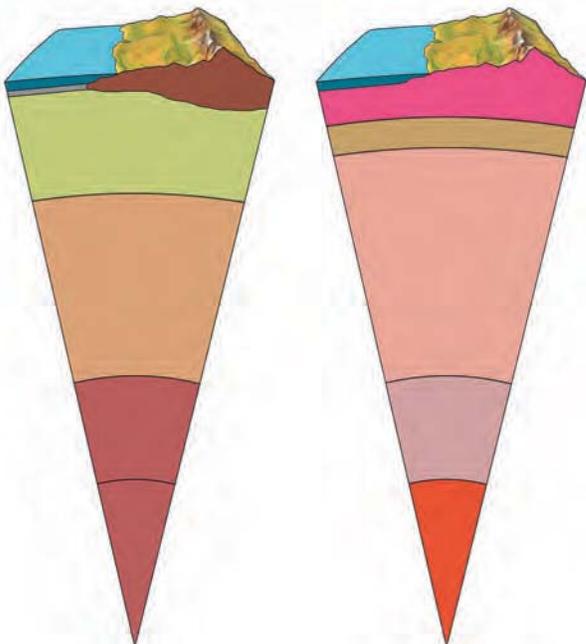
**18 RESUMEN.** Copia y completa los contenidos que faltan.

- La hipótesis de la acreción planetesimal es \_\_\_\_\_.
- Las ondas P y la ondas S se diferencian en \_\_\_\_\_.
- Según el modelo geoquímico, la Tierra se \_\_\_\_\_.
- Según el modelo geodinámico, la Tierra se \_\_\_\_\_.
- Las corrientes de convección son \_\_\_\_\_.
- La isostasia es \_\_\_\_\_.
- La deriva continental y la expansión de los océanos son \_\_\_\_\_.
- Los postulados de la teoría de la tectónica de placas dicen que \_\_\_\_\_.
- Los bordes de placa pueden ser \_\_\_\_\_.

**19** Explica brevemente el proceso por el que la Tierra se diferenció en capas.

**20** ¿Qué criterios se han seguido para elaborar los dos modelos sobre la estructura interna de la Tierra?

**21** Copia en tu cuaderno a mayor tamaño los siguientes esquemas y complétalos según las instrucciones.



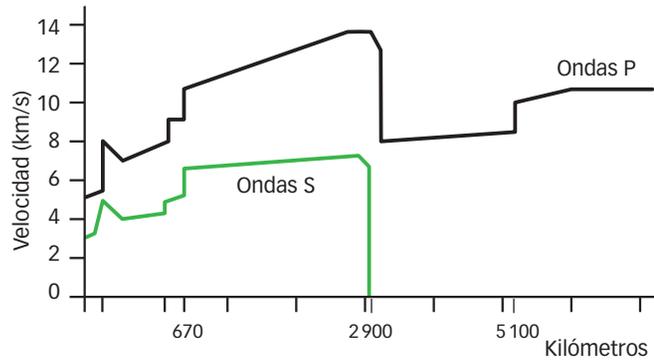
a) Indica a qué modelo corresponde cada dibujo y rotula las partes en que se estructura la Tierra en cada uno.

b) Escribe la profundidad a la que se encuentran las discontinuidades y rotula su nombre.

**22** Explica qué relación existe entre los penachos térmicos, los puntos calientes, las corrientes de convección, la zona D'' y el campo magnético terrestre.

**23** Copia en tu cuaderno la siguiente gráfica sobre la variación de las ondas P y S en la geosfera y señala sobre ella:

- a) Las discontinuidades de Mohorovicic, de Gutenberg y de Wiechert-Lehmann.
- b) Corteza, manto y núcleo interno y externo.



**24** Completa en tu cuaderno la tabla siguiente sobre la estructura de la Tierra según el modelo geodinámico.

Capa	Grosor	Composición y fenómenos que tienen lugar
_____	_____	_____

**25** Explica la diferencia entre subsidencia y subducción.

**26** Explica las hipótesis de la deriva continental de Wegener y la expansión de los fondos oceánicos de Hess y relaciónalos con los postulados de la teoría de la tectónica de placas.

**27** ¿Qué es el campo magnético terrestre?  
¿Qué fenómeno es el causante de su formación?  
¿Es siempre igual o ha variado a lo largo del tiempo?

**28** ¿Cuál es el motor que mueve las placas? Haz un esquema de dicho mecanismo.

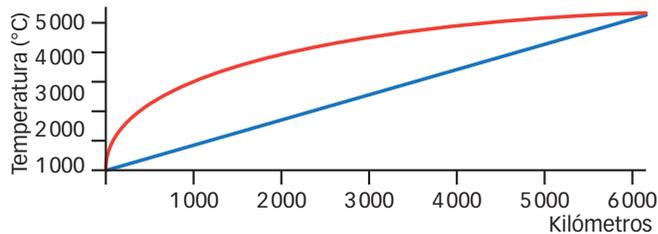
**29** ¿Es lo mismo flujo térmico que gradiente geotérmico? Justifica tu respuesta.

**30** Copia en tu cuaderno y completa la tabla siguiente.

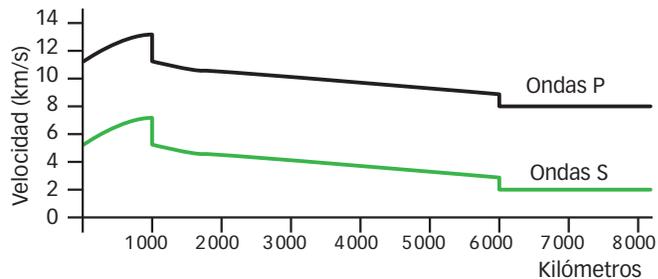
Tipos de borde	Sucesos	Ejemplos
Convergentes	_____	_____
_____	Se genera litosfera oceánica	_____
_____	_____	_____

## PRACTICA

- 31** Observa las gráficas del gradiente geotérmico de dos planetas distintos. ¿Cuál de los dos sería mejor candidato para explotar su energía geotérmica? ¿Cuál de ellas podría ser de la Tierra? Razona por qué.



- 32** Observa la siguiente gráfica de ondas P y S de un planeta imaginario. Identifica las discontinuidades y señala las características más importantes de la composición de cada capa.



- 33** Imagina que tienes el montaje de la figura, formado por dos balsas de corcho flotando en el agua. Una tiene un montón de arena y la otra no. Con una cucharilla vas tomando la arena de la primera y llevándola a la segunda.

- ¿Cómo reacciona la primera balsa a medida que le quitas peso?
- ¿Y la segunda a medida que se le añade?
- ¿Qué procesos geológicos estás representando?
- ¿Qué zonas de la superficie terrestre relacionadas con la erosión y la sedimentación representa cada una de las balsas?



## FORMAS DE PENSAR. Análisis científico

## «Cinturón de fuego» del Pacífico

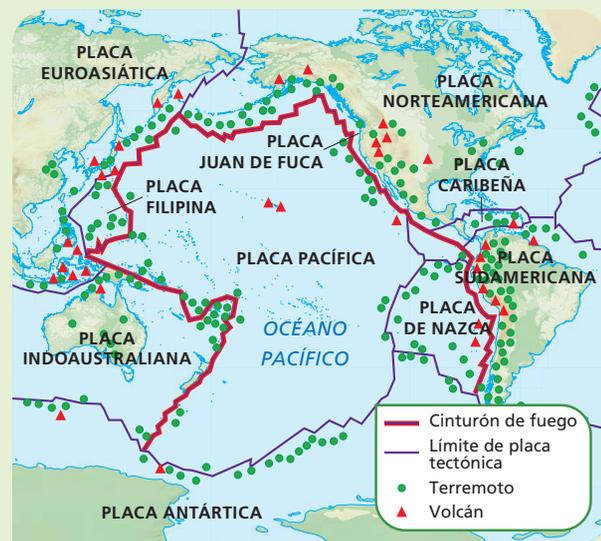
El «cinturón de fuego», localizado en las costas del Pacífico, se caracteriza por una intensa actividad sísmica y volcánica relacionada con el movimiento de las placas tectónicas.

La sección oriental del cinturón es el resultado de la subducción de la placa de Nazca y la placa de Cocos debajo de la placa Sudamericana. Lo mismo sucede en aquellos puntos donde colisionan la placa Pacífica con la Norteamericana, la Filipina y la Indoaustraliana.

Este enorme y complejo sistema ha servido como una de las pruebas más importantes para confirmar la teoría de la tectónica de placas.

- 34** **COMPRESIÓN LECTORA.** ¿Qué tipos de fenómenos geológicos asociados a los bordes de placa se citan en el texto?

- 35** **COMPRESIÓN LECTORA.** Según la información que aporta el texto, ¿el océano Pacífico está aumentando su extensión o se está reduciendo?



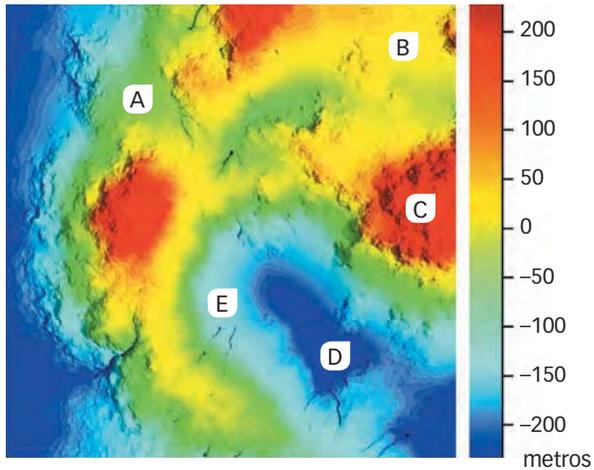
- 36** **EXPRESIÓN ESCRITA.** ¿Por qué los volcanes no se encuentran diseminados al azar en la superficie terrestre?

- 37** **EXPRESIÓN ESCRITA.** Argumenta de qué manera este anillo constituye una prueba de la teoría de la tectónica de placas.



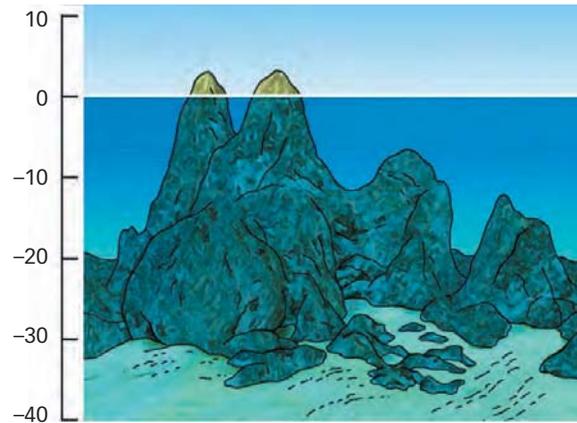
## ACTIVIDADES

- 38 Observa el siguiente mapa batimétrico y contesta en tu cuaderno las preguntas.



- Ordena de menor a mayor profundidad los puntos indicados con letras.
- ¿Se observa en el mapa tierra emergida? ¿Cómo lo sabes?
- ¿En qué lugar se observa una mayor pendiente?

- 39 Realiza en tu cuaderno un borrador de un posible mapa batimétrico de la siguiente imagen. Para representar la profundidad utiliza una escala de colores de tu elección.



- 40 **USA LAS TIC.** Busca información sobre la tecnología del sonar y su historia y realiza una línea del tiempo con sus eventos más importantes.

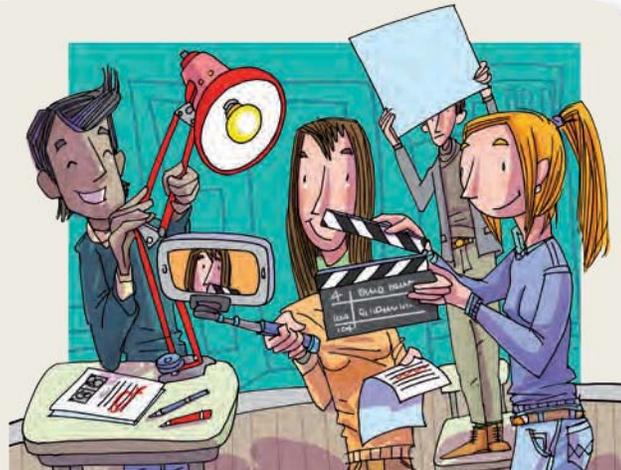
## TRABAJO COOPERATIVO

## Un vídeo sobre la tectónica de placas

Con la cámara de un teléfono móvil, elaborad un video de 1 a 2 minutos de duración para explicar la tectónica de placas. Podéis usar cartulinas o plastilina para fabricar el modelo.

A tal fin, repartid la tarea en grupos, que deberán actuar coordinadamente en las diversas fases del proyecto:

- **Redacción.** Establecen los contenidos que se van a explicar en el vídeo y preparan el texto.
- **Producción.** Se encargan de que el material, desde el dispositivo de grabación hasta las cartulinas o la plastilina, esté a punto en el lugar y el momento decidido para el rodaje.
- **Imagen, sonido y efectos sonoros.** Controlan la iluminación, la grabación de la voz (o voces) de la narración, música, etc.



- **Realización.** Coordinan al resto y deciden los planos y el montaje; controlan el tiempo dedicado a cada secuencia hasta la edición o terminación del producto.
- **Difusión.** Se encargan de presentarlo y divulgarlo, o emplean otras formas de difusión que se deciden en grupo.