



Biologia i Geologia

SÈRIE **OBSERVA**

El llibre de Biologia i Geologia 4 per al quart curs d'ESO és una obra col·lectiva concebuda, dissenyada i creada al Departament d'Edicions Educatives Grup Promotor / Santillana Educación, S. L., dirigit per **Teresa Grence Ruiz** i **Pere Macià Arqué**.

Hi ha participat l'equip següent:

Leonor Carrillo Vigil
Miguel Ángel Madrid Rangel

EDICIÓ
Belén Álvarez Garrido
Daniel Masciarelli García
Atona, SL

EDICIÓ EXECUTIVA
Begoña Barroso Nombela

DIRECCIÓ DEL PROJECTE
Antonio Brandi Fernández

Les activitats no s'han de fer en cap cas al llibre. Les taules, els esquemes i els altres recursos que s'hi inclouen són models perquè l'alumnat els copiï al quadern.

1. Estructura i dinàmica de la Terra	4	6. L'organització cel·lular dels éssers vius	108
<ol style="list-style-type: none"> 1. L'origen del sistema solar i de la Terra 2. L'estudi de l'estructura interna de la Terra 3. El model geodinàmic 4. El motor intern de la Terra 5. Moviments verticals de la litosfera 6. Moviments horitzontals de la litosfera 7. La tectònica de plaques 		<ol style="list-style-type: none"> 1. La teoria cel·lular 2. Els tipus cel·lulars i la seva relació evolutiva 3. La cèl·lula eucariota 4. El nucli cel·lular 5. El cicle cel·lular 6. Els cromosomes 7. La divisió cel·lular 8. La meiosi 	
2. Tectònica i relleu	22	7. Herència i genètica	126
<ol style="list-style-type: none"> 1. Vores convergents 2. Vores divergents i vores de cisalla 3. Fenòmens intraplaca. Els punts calents 4. Interacció entre la dinàmica interna i externa. El cicle de les roques 5. Plegaments 6. Diàclasi i falles 7. La representació del relleu. Els mapes topogràfics 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Mendel i l'estudi de l'herència 2. El naixement de la genètica 3. Les lleis de Mendel 4. Resolució de problemes de genètica 5. Dominància incompleta i codominància 6. La teoria cromosòmica de l'herència 7. Genètica humana 8. La determinació genètica del sexe en l'espècie humana 9. Trastorns d'origen genètic 10. Prevenció i diagnòstic de trastorns genètics 	
3. La història de la Terra	40	8. La informació i la manipulació genètica	148
<ol style="list-style-type: none"> 1. Idees històriques sobre l'edat de la Terra 2. Actualisme i uniformisme 3. Què ens diuen els fòssils? 4. La mesura del temps geològic 5. Geocronologia relativa 6. Geologia històrica 7. El Precambrià. El passat més llunyà 8. El Paleozoic. La diversitat de la vida 9. El Mesozoic. L'era dels rèptils 10. El Cenozoic. L'era dels mamífers 		<ol style="list-style-type: none"> 1. L'ADN i els àcids nucleics 2. La replicació de l'ADN 3. De l'ADN a les proteïnes 4. Com s'expressa la informació genètica 5. Les mutacions 6. Biotecnologia i enginyeria genètica 7. Tècniques d'enginyeria genètica 8. Aplicacions biotecnològiques 9. La clonació i les cèl·lules mare 10. El Projecte Genoma Humà 11. Bioètica 	
4. Estructura i dinàmica dels ecosistemes	62	9. L'origen i l'evolució de la vida	170
<ol style="list-style-type: none"> 1. L'estructura d'un ecosistema 2. Factors abiòtics i adaptacions 3. Límits de tolerància i factors limitants 4. Hàbitat i nínxol ecològic 5. Les relacions biòtiques 6. Les poblacions en els ecosistemes 7. Les relacions alimentàries 8. Les piràmides tròfiques 9. Energia i matèria en els ecosistemes 10. Els cicles biogeoquímics en els ecosistemes 11. El cicle del carboni 12. El cicle del nitrogen 13. Els cicles del fòsfor i del sofre 14. L'evolució dels ecosistemes 		<ol style="list-style-type: none"> 1. L'origen de la vida 2. L'origen de la biodiversitat 3. Lamarck i l'herència dels caràcters adquirits 4. Darwin i Wallace. La selecció natural 5. Bases genètiques de la variabilitat 6. Mecanismes evolutius més comuns 7. Proves a favor de l'evolució 8. Adaptació i especiació 9. Models evolucionistes actuals 10. Hominització 11. Evolució humana 	
5. L'activitat humana i el medi ambient	86	Projectes d'investigació	194
<ol style="list-style-type: none"> 1. Els recursos naturals 2. Impactes i activitats humanes sobre els ecosistemes 3. Impactes negatius sobre l'atmosfera 4. Impactes negatius sobre la hidrosfera 5. Impactes negatius sobre el sòl 6. Impactes negatius sobre la biosfera 7. La superpoblació i les seves conseqüències 8. El desenvolupament sostenible 9. Els residus 10. La gestió dels residus 11. El reciclatge 12. Fonts d'energia renovables 		<ul style="list-style-type: none"> • Es poden avaluar els impactes ambientals? • Són perjudicials els aliments transgènics? • Influeixen els processos geològics en l'evolució dels éssers vius? 	
		Pràctiques de laboratori	200
		Diccionari científic	216

4 Estructura y dinámica de los ecosistemas

1. ¿QUÉ ES EL FOTOPARANY?

Los fotoparanyos son un tipo de fenómeno que ocurre en las zonas montañosas de alta montaña de los Pirineos. Se trata de un tipo de fenómeno que ocurre en las zonas montañosas de alta montaña de los Pirineos. Se trata de un tipo de fenómeno que ocurre en las zonas montañosas de alta montaña de los Pirineos.

2. ¿CÓMO SE FORMA UN FOTOPARANYO?

Los fotoparanyos se forman cuando las rocas que forman parte de la corteza terrestre se fracturan y se separan en bloques que se desplazan unos respecto a otros. Este tipo de fenómeno puede ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar.

3. ¿CÓMO SE FORMA UN FOTOPARANYO?

Los fotoparanyos se forman cuando las rocas que forman parte de la corteza terrestre se fracturan y se separan en bloques que se desplazan unos respecto a otros. Este tipo de fenómeno puede ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar.

Interpreta la imatge

Claus per començar

- ### Ens fem preguntes
- És possible observar la formació d'una illa?
 - Per què hi ha fòssils marins a alguns cims dels Pirineus?
 - Com es pot saber l'aspecte que tenien els dinosaures si només en coneixem les restes fòssils?
 - Què és el fotoparany?
 - Les cimeres del clima, què són i per a què serveixen?
 - Com funciona el microscopi electrònic?
 - Què són les malalties de raça?
 - Què són els OGM?
 - Com es treballa a un jaciment arqueològic?

- ### SABER FER
- Interpretar el magnetisme romanent
 - Interpretar mapes batimètrics
 - Elaborar un perfil topogràfic
 - Identificar les característiques dels cràters d'impacte
 - Emprar el mètode radiomètric del potassi-argó
 - Interpretar un perfil geològic senzill
 - Interpretar icnites
 - Mesurar factors abiòtics en ecosistemes terrestres i aquàtics
 - Aprendre a separar residus
 - Mesurar la petjada ecològica
 - Observar les fases de la mitosi
 - Fer i interpretar cariotips
 - Dur a terme un encreuament prova
 - Resoldre un problema amb dos caràcters
 - Resoldre problemes sobre l'herència lligada al cromosoma X
 - Interpretar arbres genealògics
 - «Desxifrar» el codi genètic
 - Interpretar empremtes genètiques
 - Interpretar la distància evolutiva entre espècies
 - Interpretar un arbre filogenètic

COMPETÈNCIES

Interpretar mapes

Interpretar mapes batimètrics i topogràfics.

ACTIVITATS

Elaborar un perfil topogràfic i interpretar mapes batimètrics.

TRABAJOS COOPERATIU

Trabaja cooperatiu amb els teus companys per interpretar mapes i elaborar perfils topogràfics.

- ### Aprentatge cooperatiu
- Un vídeo sobre la tectònica de plaques
 - Una reproducció de cràters d'impacte
 - Una escala del temps geològic
 - Un pòster científic sobre parcs nacionals
 - Una auditoria ambiental
 - Una presentació digital sobre la mitosi
 - Un còmic sobre els estudis de Mendel
 - Una revista científica
 - Un pòster sobre l'evolució dels gossos

ANÀLISI CIENTÍFICA

PRÀCTICA

Observa la imatge d'una bacteria (A) i de una microscòpia (B) i completa les següents preguntes.

FORMES DE PENSAR: Anàlisi científic

El «suïcidi» o mort cel·lular programada

Les cèl·lules dels organismes eucariotes poden morir de manera programada. Aquest procés és conegut com a mort cel·lular programada o «suïcidi».

COMPETÈNCIES

Competència científica i tecnològica, Competència lingüística, Competència social i cívica, Competència digital, Iniciativa i actitud emprenedora.

- ### Anàlisi científica
- El Cinturó de Foc del Pacífic
 - El misteri dels atols
 - La formació de fòssils
 - Sistema depredador-presa
 - Ozó bo i ozó dolent
 - El «suïcidi» o mort cel·lular programada
 - L'herència influïda pel sexe
 - Declaració Universal sobre el Genoma Humà i els Drets Humans
 - Hibridacions entre homínids bípedes

- ### Competències
- Competència científica i tecnològica
 - Competència lingüística
 - Competència social i cívica
 - Competència digital
 - Iniciativa i actitud emprenedora

1

Estructura i dinàmica de la Terra

SABER

- L'origen del sistema solar i de la Terra
- L'estudi de l'estructura interna de la Terra
- El model geodinàmic
- El motor intern de la Terra
- Moviments verticals de la litosfera
- Moviments horitzontals de la litosfera
- La tectònica de plaques

SABER FER

- Interpretar el magnetisme romanent
- Interpretar mapes batimètrics

L'erupció es va originar a més de 100 metres de profunditat i el con volcànic que es va formar va trigar diversos mesos a sortir a la superfície.

L'illa va arribar a tenir una superfície de quasi 3 quilòmetres quadrats i una altura màxima de 130 metres, unes dimensions que actualment s'han reduït a causa de la ràpida erosió.



INTERPRETA LA IMATGE

- S'hi observa un fragment d'escorça oceànica o d'escorça continental?
- Podries dir quin tipus de roques s'observen en primer pla?
- Quin tipus d'agents geològics deuen haver generat la ràpida erosió?
- Hi ha cap indicatiu que et faci pensar que s'ha instal·lat vida en aquesta illa?

Surtsey és un laboratori a l'aire lliure que ofereix als científics l'oportunitat d'estudiar des de zero com els éssers vius colonitzen ambients nous.

Per aquest motiu, l'any 2008 la Unesco va declarar aquesta illa patrimoni de la humanitat.

ENS FEM PREGUNTES

És possible observar la formació d'una illa?

A mitjan novembre de 1963, va tenir lloc un fenomen que s'havia presenciat molt poques vegades, el naixement d'una massa de Terra emergida nova.

Va tenir lloc a 32 quilòmetres al sud d'Íslàndia. El 14 de novembre, la tripulació d'un vaixell pesquer que navegava per la zona va poder comprovar que sortien bombolles i un estrany fum negre del mar. Després d'avisar les autoritats, diversos grups de científics es varen traslladar a l'indret per estudiar de primera mà el fenomen.

Pocs dies després, la lava, procedent d'un volcà submarí, va anar sortint a la superfície, es va anar refredant ràpidament i va anar augmentant cada vegada més la mida de l'illa nova, que va ser batejada amb el nom de Surtsey.

L'activitat del volcà es va aturar el juliol de 1967.

OPINA. Per què creus que un fenomen així pot tenir tant d'interès per als científics?



Avui dia, ja s'han establert a l'illa més de trenta espècies de plantes, hi ha una colònia estable de gavines, s'ha confirmat que una població de foques grises l'empra regularment com a lloc de cria i sota l'aigua s'observa una gran quantitat d'equinoderms i algues.



CLAUS PER COMENÇAR

- Què són les plaques litosfèriques?
- En alguns indrets del planeta es dona la coincidència que hi ha una gran activitat volcànica i sísmica. Hi ha cap relació entre aquests dos fenòmens?
- Es mouen les plaques litosfèriques? En cas afirmatiu, explica breument quin és el motor que les empeny a moure's.



CLAUS PER ESTUDIAR

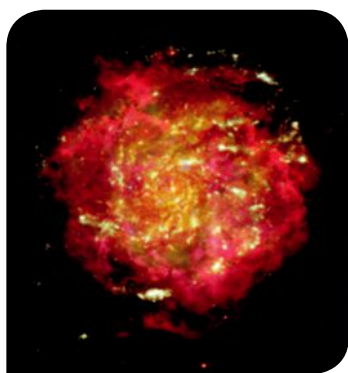
- Conèixer l'origen del sistema solar i els planetes.
- Conèixer els components de la Terra i el seu origen.

1

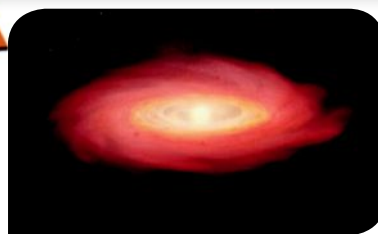
L'origen del sistema solar i de la Terra

Segons els astrònoms, el sistema solar es va començar a formar fa uns 5.000 Ma en el cor d'una nebulosa, un gran núvol fred de pols còsmica i gas (principalment, hidrogen i heli), situat a l'extrem d'un dels braços de la nostra galàxia, la Via Làctia.

La hipòtesi més acceptada actualment sobre l'origen del Sol i el sistema solar es coneix com a **acreció planetesimal**.



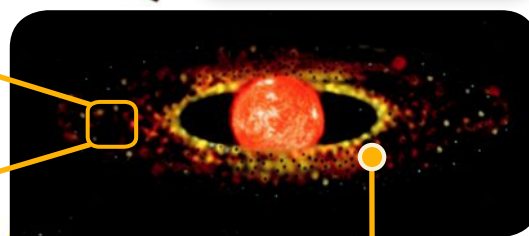
En girar sobre ella mateixa, la nebulosa es va començar a contreure i va adquirir forma de disc.



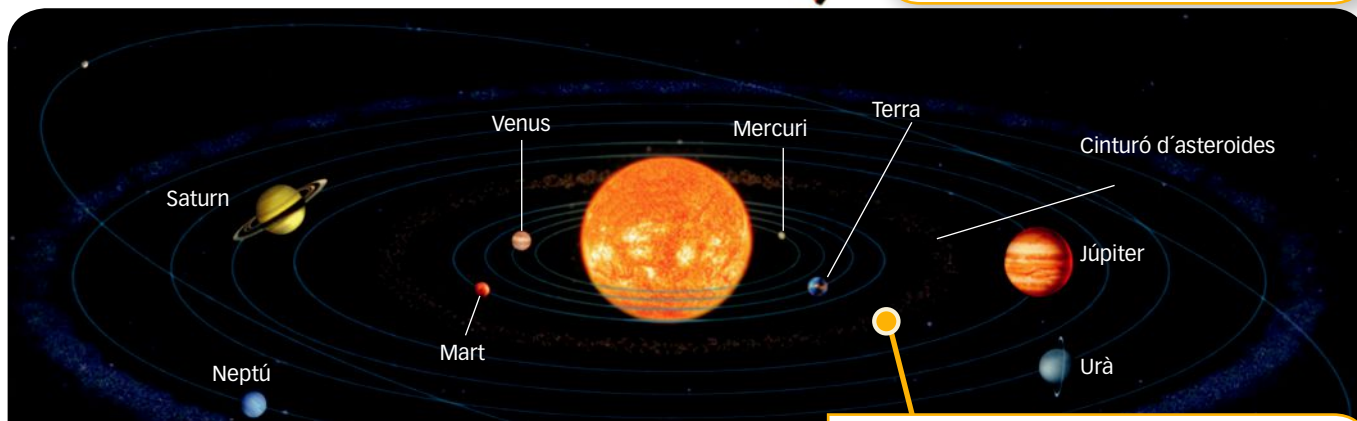
Per l'efecte de la gravetat, al centre del disc es va concentrar una massa enorme d'hidrogen i heli, la temperatura de la qual va anar augmentant fins que es varen iniciar les reaccions de fusió termonuclear que varen activar el Sol.



Aquestes partícules col·lidien entre elles per efecte de la gravetat, i així varen donar lloc a estructures cada vegada més grans, anomenades **planetesimals**.



Al voltant d'aquell Sol primitiu gravitaven grans quantitats de partícules sòlides, compostes fonamentalment de ferro, silici, etc.



Al llarg d'uns 400-450 Ma, es varen anar formant els planetes:

- Quatre rocosos: Mercuri, Venus, Terra i Mart.
- Quatre formats principalment de gasos: Júpiter, Saturn, Urà i Neptú.

Entre els dos grups de planetes es localitza el cinturó d'asteroides, amb nombrosos planetoides petits, del qual procedeix una gran part dels meteorits que col·lideixen amb la Lluna, la Terra i la resta dels planetes.

La Terra i els seus components

La Terra es pot dividir en quatre components o «esferes»: geosfera, atmosfera, hidrosfera i biosfera. Cadascuna té una entitat pròpia, però entre elles hi ha un intercanvi continuat de matèria i energia.

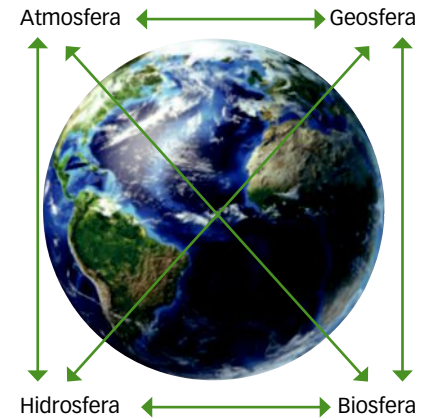
- **Geosfera.** Fa uns 4.500 Ma, la Terra era una gran bola de roca fosa a causa de tres processos que generaven calor:
 - Els impactes de planetesimals durant l'acreció.
 - La desintegració d'isòtops radioactius, com el potassi-40 i l'urani-235.
 - La diferenciació dels materials en capes de densitat creixent a causa de la gravetat. El ferro, com que és el més pesant, va passar a formar part del nucli metàl·lic. Surant-hi damunt varen quedar els silicats de ferro i magnesi del mantell, i damunt d'aquests altres, els silicats d'alumini, que varen formar una escorça prima.
- **Atmosfera i hidrosfera.** Durant el procés de **diferenciació gravitatòria** es va desprendre una gran quantitat de gas. Els gasos més lleugers, l'hidrogen i l'heli, varen escapar cap a l'espai exterior, mentre que d'altres, com el diòxid de carboni i el vapor d'aigua, varen quedar retinguts a l'escorça, d'on escapaven a través de fissures, i això va originar una gran activitat volcànica que va donar lloc a l'atmosfera primitiva.

Posteriorment, l'aigua de l'atmosfera es va condensar i les pluges intenses varen inundar les depressions de la superfície sòlida, i d'aquesta manera es va originar la hidrosfera.

- **Biosfera.** La distància al Sol i les condicions fisicoquímiques, com la temperatura i l'existència d'aigua líquida, han afavorit la presència de vida a la Terra.

Entre altres conseqüències, l'activitat biològica ha influït en:

- L'oxigenació de l'atmosfera.
- La formació dels sòls.
- La creació de grans gruixos de roques, com les calcàries, generades a partir de la precipitació de carbonats durant la formació d'esculls de corall o l'acumulació de closques i esquelets de carbonat càlcic.



Erupció del volcà Eyjafjalla a Islàndia. La desgasificació de la Terra continua actualment.

ACTIVITATS

- 1 Com expliques que els planetes més propers al Sol siguin més densos que els més llunyans?
- 2 Explica si la quantitat d'aigua que forma la hidrosfera és constant o tendeix a augmentar amb el temps.
- 3 **UTILITZA LES TIC.** Busca processos i fenòmens que impliquin transferència de matèria i energia entre els quatre components de la Terra. Un exemple d'interacció entre biosfera i geosfera pot ser la formació de carbó i petroli o la formació d'esculls de corall.



CLAUS PER ESTUDIAR

- Explicar com s'empren les ones sísmiques per saber com és l'interior de la Terra.
- Conèixer l'estructura de la Terra segons el model geoquímic.

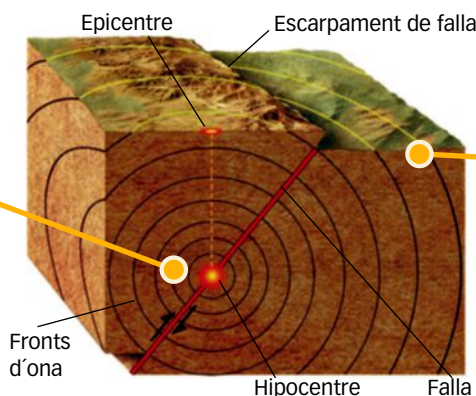
2

L'estudi de l'estructura interna de la Terra

Per estudiar i saber com és l'interior de la Terra, els geòlegs recorren als terratrèmols, també anomenats sismes, de la mateixa manera que la medicina recorre a tecnologies com els rajos X, escàners o ecografies.

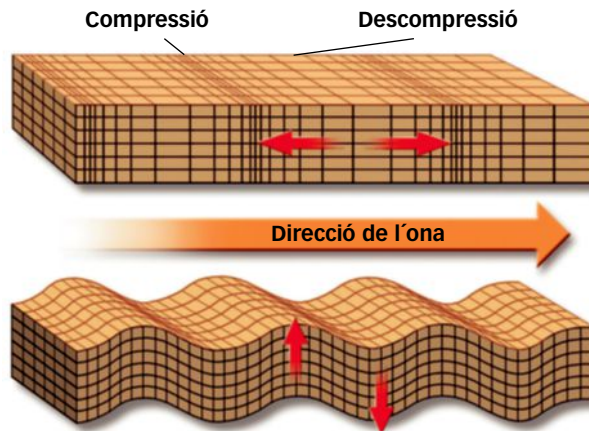
Els terratrèmols són tremolors de la Terra causats per sacsejades brusques de l'escorça terrestre, que són provocades pel desplaçament sobtat de grans masses rocoses situades a zones de fractura o falles.

A partir del punt de ruptura, anomenat **hipocentre** o **focus**, es propaguen vibracions en forma d'**ones sísmiques** que formen fronts d'ones esfèrics que viatgen per l'interior de la Terra. Es distingeixen dos tipus d'ones sísmiques: **P** i **S**.



El punt de la superfície terrestre on arriben primer aquestes ones és el que està situat a la vertical del focus, i es denomina **epicentre**; a partir d'aquest punt, es generen les **ones superficials** que causen els efectes catastròfics dels terratrèmols.

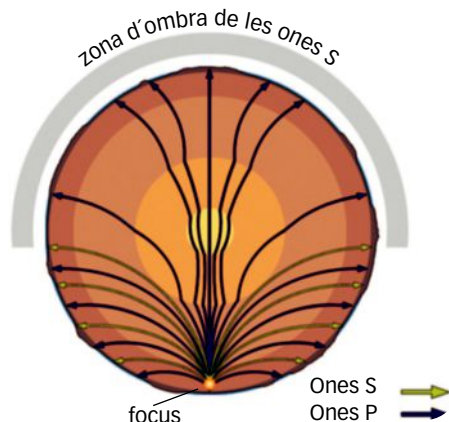
Ones primàries (P). Són les més ràpides, per la qual cosa són les primeres que arriben als sismògrafs. Les partícules vibren en la mateixa direcció que l'ona mitjançant moviments de compressió i descompressió. Són capaces de travessar tant materials sòlids com líquids, encara que redueixen la seva velocitat quan travessen els líquids.



Ones secundàries (S). La seva velocitat és inferior, per la qual cosa els sismògrafs les registren en segon lloc. Les partícules vibren perpendicularment a la trajectòria de l'ona. Només es propaguen a través de materials sòlids, no pels fluids.

S'anomena «zona d'ombra» aquella en què no es reben unes determinades ones.

Trajectòria de les ones P i S per l'interior de la Terra.



Quan les ones passen d'una capa de la Terra a una altra de composició química o comportament dinàmic diferent, es reflecteixen o es refracten, i això dona com a resultat canvis en la velocitat i en la direcció de la seva trajectòria.

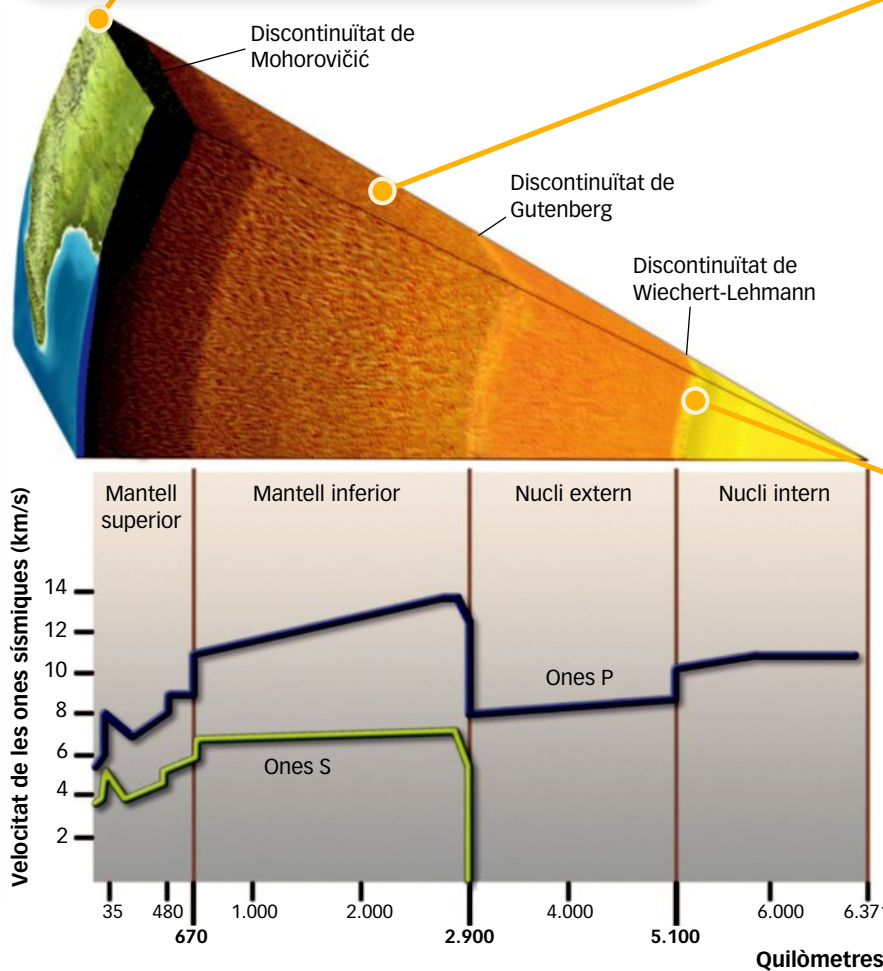
Quan analitzen els registres de les ones sísmiques, els sismòlegs interpreten quin és l'estat físic de les capes (rígida, plàstica o fluida) i localitzen a quina profunditat són les **discontinuitats** sísmiques o separacions entre les capes.

El model geoquímic de l'estructura interna de la Terra

A partir del comportament de les ones P i S a l'interior terrestre, la sismologia ens n'ofereix dos models o representacions. El primer, denominat **model estàtic** o **geoquímic**, se centra en la composició de les capes.

Des de la superfície cap a l'interior, trobem tres capes: **escorça**, **mantell** i **nucli**, separades entre elles per tres grans discontinuïtats sísmiques, que duen els noms dels seus descobridors.

Escorça. Està constituïda majoritàriament per silicats d'alumini. La seva natura i història és diferent als fons oceànics que als continents, per la qual cosa se'n distingeixen dos tipus: **escorça continental** i **escorça oceànica**.



? INTERPRETA LA IMATGE

- 4 Com sabem que hi ha una discontinuïtat a partir del gràfic de les ones P i S?

Mantell. És una capa de roques ígnies riques en silicats de ferro i magnesi, com la peridotita, el mineral principal de la qual és l'olivina.

Es divideix en **mantell superior** i **mantell inferior**, separats per una **zona de transició** en què les propietats físiques de les roques del mantell superior van variant a causa de l'increment de pressió i temperatura, i això dóna lloc a materials més densos.

Nucli. Format per ferro gairebé pur, mesclat amb un petit percentatge de níquel i sulfurs de ferro. Té dues parts amb un estat físic diferent: **nucli extern**, en estat líquid, i **nucli intern**, en estat sòlid.

La fluïdesa del nucli extern és semblant a la de l'aigua, i està agitat per violents corrents de convecció que originen el **camp magnètic terrestre** o **magnetosfera**.

ACTIVITATS

- 5 Dibuixa proporcionalment la gràfica de la propagació de les ones sísmiques a l'interior d'un planeta imaginari que tingués les característiques següents a mesura que s'aprofundeix en el seu interior:

- 0-700 km: capa sòlida amb una densitat i una rigidesa que van augmentant progressivament.
- 700-1.500 km: capa sòlida i homogènia.
- 1.500-3.000 km: capa fluida.



CLAUS PER ESTUDIAR

- Conèixer l'estructura de la Terra segons el model geodinàmic.



INTERPRETA LA IMATGE

- 6 Quines diferències observes entre l'estructura de la Terra segons el model geodinàmic i el geoquímic?

3

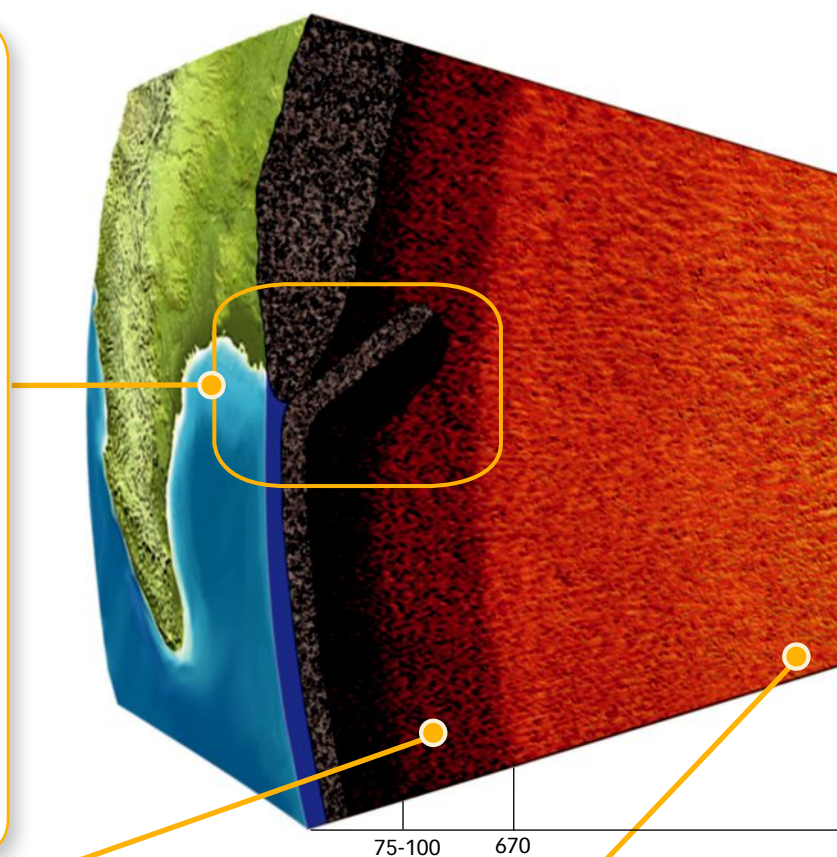
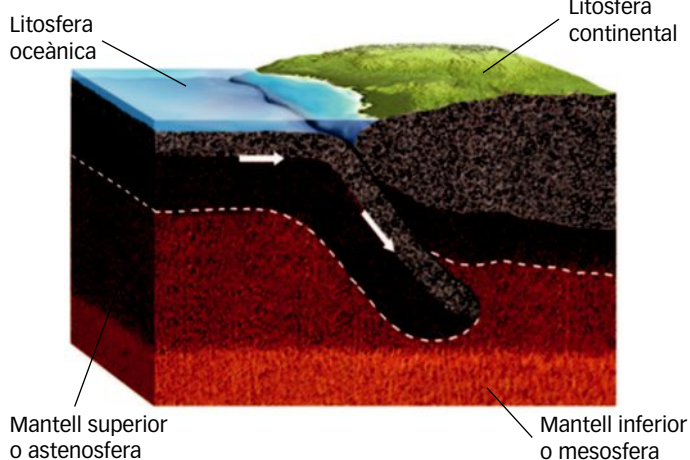
El model geodinàmic

El segon model sobre l'estructura interna de la Terra, denominat **geodinàmic**, es basa en l'estat físic de les capes (plasticitat, rigidesa o densitat) i en les seves propietats mecàniques com a resposta a les pressions i temperatures a què estan sotmeses.

El model geodinàmic concep la Terra com una màquina tèrmica, en què l'agitació d'àtoms i molècules produïda pels canvis de temperatura modifica l'estructura i la composició dels materials i, per tant, genera moviments i pressions que s'alliberen lentament o bruscamment, i que transformen l'energia tèrmica en energia mecànica. Des de la superfície fins a l'interior hi ha les capes següents: **litosfera**, **astenosfera**, **mesosfera**, **zona D''** i **endosfera**.

Litosfera

La part més externa del mantell superior està fermament unida a l'escorça i hi forma un conjunt rígid, la **litosfera**, que és de dos tipus: la litosfera **oceànica** i la **continental**. Quan l'arrosseguen els moviments del mantell sublitosfèric, es fragmenta en grans blocs, anomenats **plaques litosfèriques**, que encaixen entre elles i estan sotmeses a moviments horitzontals, la **tectònica de plaques**, o verticals, els **ajustos isostàtics**.



Astenosfera o mantell superior sublitosfèric

Situada entre la litosfera i la mesosfera. Després d'anys de controvèrsia sobre la seva existència, actualment es considera que coincideix amb el mantell superior.

És una capa plàstica que mostra tendència a fluir com a resposta a esforços aplicats durant llargs períodes de temps, com els que actuen durant els moviments de la litosfera.

Mesosfera

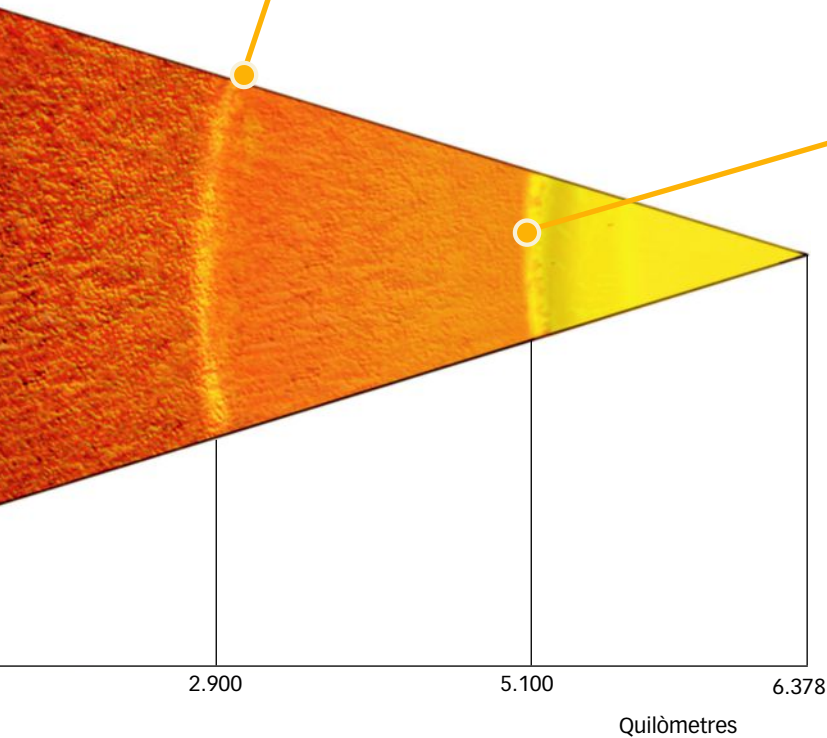
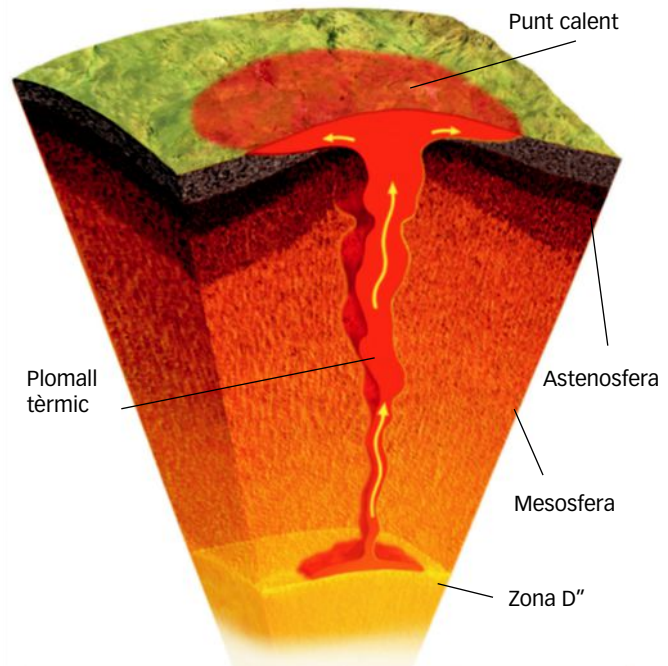
Comprèn la regió del mantell inferior, des de 670 km de profunditat fins a la capa D''. Encara que és sòlida, és capaç de fluir molt lentament (pocs centímetres l'any) i, així mateix, permet el descens de plaques litosfèriques fredes procedents de les zones de subducció, i l'ascens dels plomalls de magma procedents de la zona D''.

Zona o capa D''

És una de les zones més dinàmiques del planeta. Acumula calor procedent del nucli extern i n'escapen, de forma episòdica, els anomenats **plomalls tèrmics**, columnes de magma molt calent que arriben a la litosfera i la perforen, i que hi originen els anomenats **punts calents** amb una activitat volcànica intensa, com les illes Hawaii.



Erupció del volcà Kilauea.

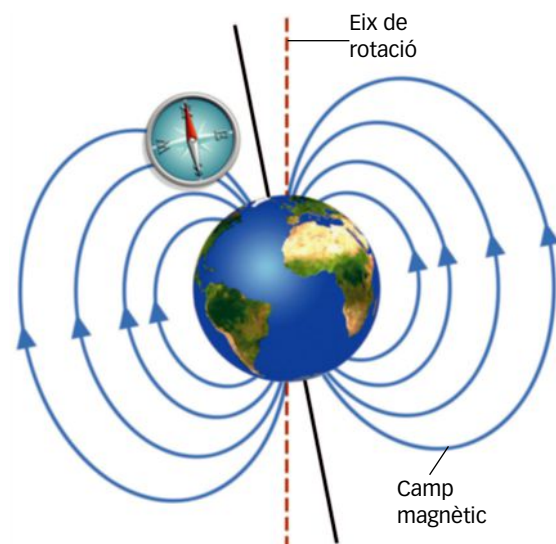


Endosfera

Coincideix amb el nucli (intern i extern) del model geoquímic. La calor del nucli intern, sòlid, es propaga al nucli extern, líquid, i genera corrents de convecció que evacuen la calor cap a l'exterior i l'acumulen a la zona o capa D''.

D'altra banda, aquests corrents de convecció són els causants del camp magnètic terrestre.

El camp magnètic consisteix en línies de força invisibles que travessen la Terra i s'estenen d'un pol magnètic a un altre. Aquests pols no coincideixen exactament amb els geogràfics, sinó que estan separats per una distància que varia amb el temps.



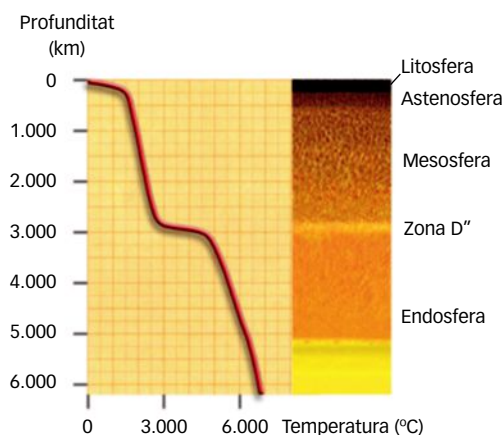
ACTIVITATS

- 7 **UTILITZA LES TIC.** Busca informació sobre l'astenosfera i explica per què la seva existència ha estat polèmica en la història de la geologia.
- 8 Explica de quina manera es transmet la calor des de l'endosfera fins a la litosfera.



CLAUS PER ESTUDIAR

- Comprendre els mecanismes responsables de la dinàmica interna de la Terra.
- Identificar les causes dels moviments verticals de l'escorça.



El gradient tèrmic és la variació de la temperatura amb la profunditat.



INTERPRETA LA IMATGE

- 9 Si el gradient geotèrmic fos constant des de la superfície de la Terra fins al centre, quina seria la temperatura al centre? Compara el valor que has calculat amb el de la gràfica de la figura superior. Com és que hi ha aquesta diferència?

ACTIVITATS

- 10 A quina profunditat hauria d'estar una font d'aigua, a una zona amb gradient tèrmic normal ($3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), per obtenir vapor a una temperatura de $150\text{ }^{\circ}\text{C}$?

4

El motor intern de la Terra

Per entendre com actua la dinàmica interna de la Terra, s'ha de tenir en compte la gravetat i l'energia interna en forma de calor.

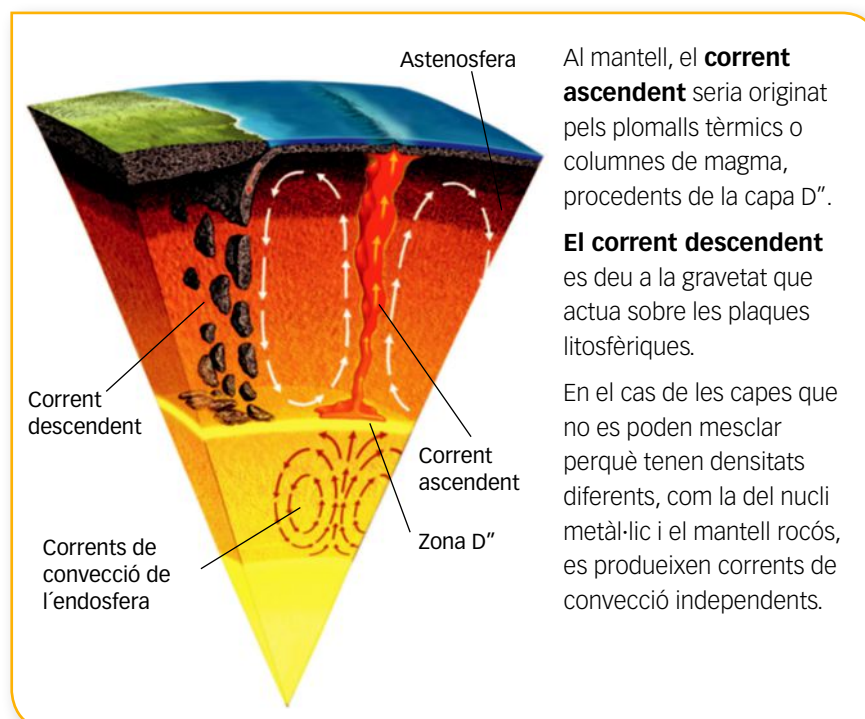
La major part d'aquesta calor procedeix de l'etapa inicial de la Terra, en què estava fosa. Una altra part es deu a la desintegració radioactiva d'isòtops inestables, que encara ara continua generant calor. Tot i això, podem considerar que la Terra és un cos que es refreda lentament.

L'augment de temperatura cap a l'interior de la Terra rep el nom de **gradient geotèrmic**. A l'escorça, té un valor mitjà de $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ per cada 100 metres, i arriba a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ per cada 100 metres a les àrees volcàniques. A profunditats més grans, aquests valors no es mantenen i la distribució de temperatures s'estima en funció d'extrapolacions basades en experiments de laboratori i en les dades sísmiques.

Transport de calor a la geosfera

El **flux tèrmic** és la quantitat d'energia calorífica que arriba a la superfície terrestre des de l'interior del planeta. Aquesta calor es pot transmetre per **conducció**, però, a causa de la baixa conductivitat de les roques, és un mecanisme molt lent.

El vertader motor de la dinàmica interna de la Terra són els **corrents de convecció**, mitjançant els quals el material calent, menys dens i, per tant, més lleuger, ascendeix cap a la superfície. Quan es refreda, aquest material augmenta de densitat i es torna a enfonsar. Aquest flux de materials és generat per la forta variació de temperatura entre la litosfera i la capa D''.



Al mantell, el **corrent ascendent** seria originat pels plomalls tèrmics o columnes de magma, procedents de la capa D''.

El **corrent descendent** es deu a la gravetat que actua sobre les plaques litosfèriques.

En el cas de les capes que no es poden mesclar perquè tenen densitats diferents, com la del nucli metàl·lic i el mantell rocós, es produeixen corrents de convecció independents.

5

Moviments verticals de la litosfera

La litosfera rígida «sura» damunt el mantell sublitosfèric, i manté un equilibri de flotació anomenat **isostàsia**.

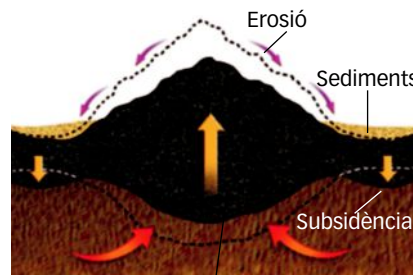
Aquest equilibri s'altera a causa de dinàmiques que poden ser d'origen intern o extern, que provoquen moviments en vertical de blocs o porcions de litosfera per restablir l'equilibri isostàtic, com passa en un vaixell quan es carrega o es descarrega.

Un increment del pes sobre la litosfera pot provocar-ne l'enfonsament, un fenomen denominat **subsidiència**. Un exemple són les grans acumulacions de gel damunt els continents durant les glaciacions, o de sediments a les conques sedimentàries. Per contra, l'erosió o el desgel reueixen el pes damunt els blocs, cosa que provoca que s'elevin.



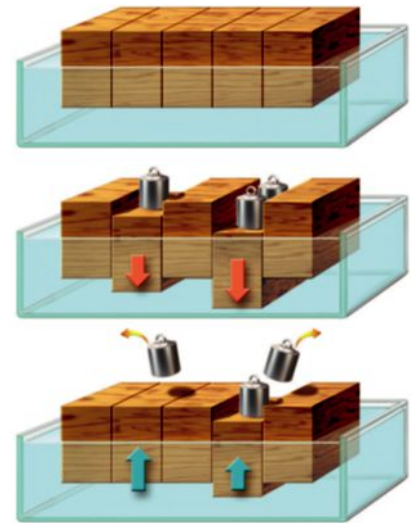
Subsidiència

El pes dels materials que formen la muntanya fa que l'escorça que hi ha davall s'enfonsi.



Elevació

L'erosió en redueix el pes i la dinàmica interna fa que l'escorça es torni a elevar.



D'una manera senzilla, la isostàsia es pot explicar pel principi d'Arquimedes, segons el qual en un conjunt de blocs submergits en un fluid, cadascun s'enfonsa més o menys en funció del volum i la densitat que té.

? INTERPRETA LA IMATGE

- 11 Què passa amb els sediments procedents de l'erosió de la muntanya?

SABER-NE MÉS

Cada dia més amunt

La península d'Escandinàvia s'ha aixecat diverses desenes de metres d'ençà que fa 10.000 anys va desaparèixer el casquet de gel que la recobria. Actualment es continua elevant a una velocitat entre 1 i 10 mm/any, segons la zona.

- Se t'acut cap manera de mesurar any rere any aquesta elevació? Com ho faries?



ACTIVITATS

- 12 Observa les imatges de la dreta. A representa un tall d'una llengua glacial i B reflecteix el que passa molts anys després de la seva desaparició. Explica què és el que ha passat.





CLAUS PER ESTUDIAR

- Conèixer les dues hipòtesis principals que varen defensar el moviment de les plaques.

6

Moviments horitzontals de la litosfera

Fins a principi del segle XX, les idees predominants sobre els continents eren **fixistes** i defensaven que havien romàs sempre en les mateixes posicions que ocupen actualment.

Wegener i la hipòtesi de la deriva continental

Encara que va tenir precursors, la formulació més completa i important sobre possibles desplaçaments horitzontals dels continents va ser la d'**Alfred Wegener** el 1912. La seva **hipòtesi de la deriva continental** relacionava, mitjançant una explicació unificadora, nombrosos fenòmens observats en el camp de la paleontologia, la petrologia, la paleoclimatologia, la geodèsia i la geografia.

A mitjan dècada dels anys vint del segle passat, la teoria de la deriva continental va caure en el descrèdit i només va començar a ser reconsiderada una trentena d'anys més tard.

Wegener afirmava que els continents es podien desplaçar i que feia 300 milions d'anys havien estat units i formaven una massa continental única, que va anomenar **Pangea**. A poc a poc, aquesta massa es va començar a fragmentar i els seus components es varen anar allunyant els uns dels altres, desplaçant-se horitzontalment sobre els fons oceànics, d'una manera semblant a com els icebergs es mouen pel mar, i això va donar lloc als continents actuals.

Com a suport a la seva teoria, Wegener va presentar una gran quantitat d'índicis i proves, però no va poder explicar quina força era capaç d'empènyer-los, i va suggerir que podria ser la rotació terrestre.



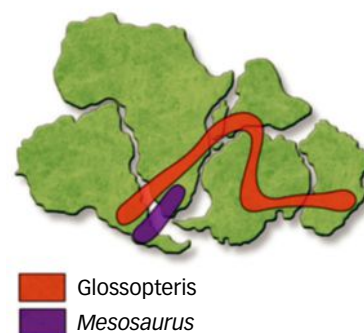
El 1912, Alfred Wegener va publicar *L'origen dels continents i els oceans*, en què va defensar per primera vegada que els continents es desplaçaven.



Proves geogràfiques. L'encaix dels perfils dels continents, sobretot els d'Àfrica i Sud-amèrica, havia estat observat i esmentat per altres autors, com ara Benjamin Franklin al segle XVIII, o Alexander von Humboldt al XIX.



Proves paleoclimàtiques. Un exemple són les empremtes deixades per una antiga glaciació que va tenir lloc fa 300 Ma. La distribució de les fletxes vermelles indica les direccions dels senyals d'erosió del gel.



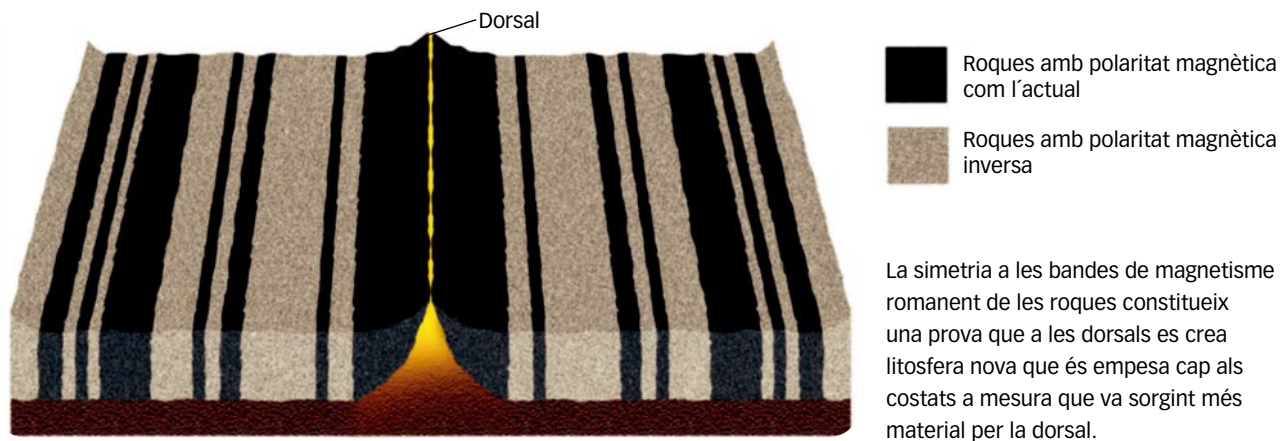
Proves paleontològiques. S'havien trobat fòssils d'animals i plantes molt semblants en continents diferents, cosa que no es podia explicar llevat que aquests continents haguessin estat en contacte en el passat.

Hipòtesi de l'expansió del fons oceànic

Després de la Segona Guerra Mundial es va produir una fase molt intensa d'exploració oceànica, afavorida per la tecnologia del sonar, que va permetre elaborar mapes detallats dels fons oceànics. A més, als laboratoris es varen enllestir mètodes nous basats en l'estudi de la radioactivitat i el **magnetisme romanent de les roques**, mentre que el desenvolupament dels ordinadors va propiciar un tractament més eficaç de les dades.

El conjunt de descobriments nous sobre la natura geològica i geofísica del fons marí va culminar amb la formulació de la **hipòtesi de l'expansió del fons oceànic**, elaborada per **Harry Hess** l'any 1962.

L'expansió del fons oceànic té lloc a les dorsals, on es forma escorça oceànica nova mitjançant l'activitat volcànica i el moviment gradual del fons, que es fa cap a fora de la dorsal.



→ SABER FER

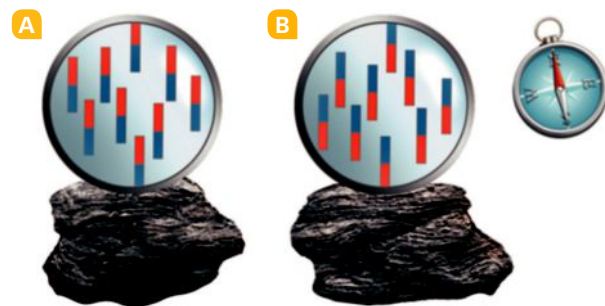
Interpretar el magnetisme romanent

La magnetita és un mineral que es forma a la lava. Quan es refreda, els cristalls de magnetita s'orienten amb el camp magnètic terrestre.

Sabem que cada cert temps la polaritat de la Terra s'inverteix a causa de la inestabilitat del camp magnètic, per la qual cosa aquestes diferències de polaritat han d'haver quedat registrades a la roca mateixa. Això s'anomena *magnetisme romanent*.

Els cristalls de magnetita actuen com a brúixoles, per tant, per representar-ne l'orientació, els seus pols es distingeixen igual que la busca d'una brúixola, representant-hi en color vermell el pol que apunta cap a on estava localitzat el pol Nord de la Terra en el moment que es va refredar.

D'aquesta manera els geòlegs poden identificar roques formades en el mateix o en diferents períodes de polaritat de la Terra.



ACTIVITATS

- 13** Les mostres A i B s'han pres a prop de la vorera d'una dorsal oceànica. Tenint en compte que el darrer fenomen d'inversió de polaritat del camp magnètic terrestre va tenir lloc fa 780.000 anys, quina mostra és més actual? Explica com ho has deduït.



CLAUS PER ESTUDIAR

- Comprendre els principis bàsics de la tectònica de plaques.

7

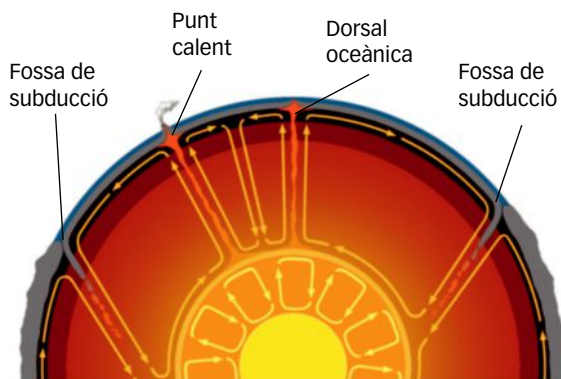
La tectònica de plaques

L'expansió del fons oceànic proposada per Hess va ser el detonant per al desenvolupament d'una teoria completa sobre els processos geològics: la **teoria de la tectònica de plaques**.

El concepte de placa va ser elaborat pel geòleg canadenc **Tuzo Wilson**, arran de la interpretació de la distribució mundial de terratrèmols i volcans. Les plaques poden ser **oceàniques**, compostes íntegrament per litosfera oceànica, o **mixtes**, compostes amb una part de litosfera continental i una part d'oceànica.

Principals postulats de la tectònica de plaques

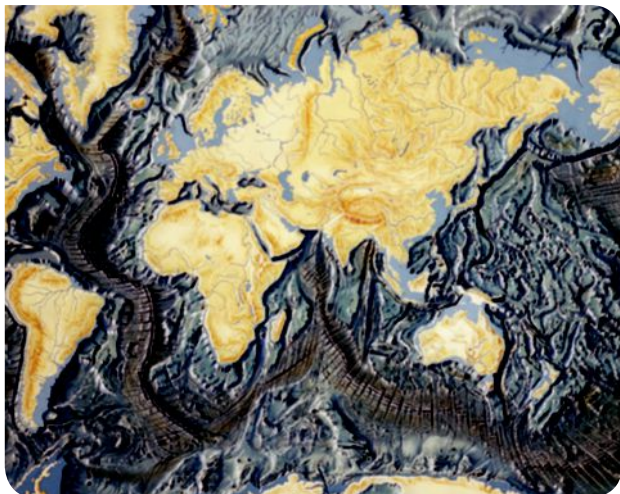
- La litosfera està dividida en plaques, unes regions estables limitades per franges inestables d'una gran activitat sísmica i volcànica, que encaixen entre elles com les peces d'un gran trencaclosques.
- La litosfera oceànica, més prima i densa que la continental, es genera contínuament a les dorsals oceàniques. Atès que el volum terrestre és constant, una quantitat equivalent a la litosfera oceànica creada es destrueix a les fosses.
- La calor interna de la Terra, juntament amb la força de la gravetat, generen corrents de convecció que mouen unes plaques respecte de les altres, i que arrossegueu amb elles els continents.
- Les plaques interactuen entre elles i d'aquesta manera originen les grans estructures del relleu terrestre i fenòmens associats, com els terratrèmols.



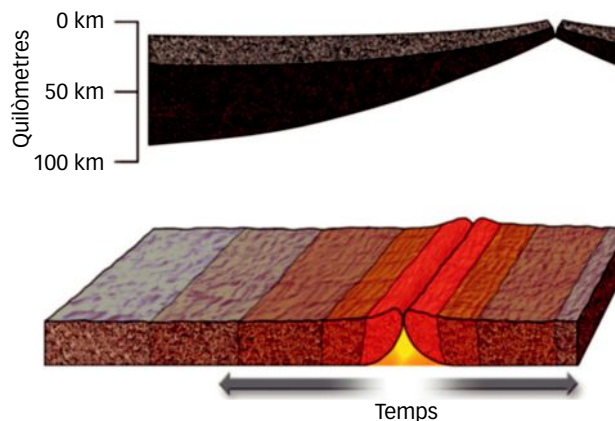
La feina conjunta entre les fosses, les dorsals i els punts calents permet que la mida de la Terra sigui constant.

Algunes proves de la tectònica de plaques

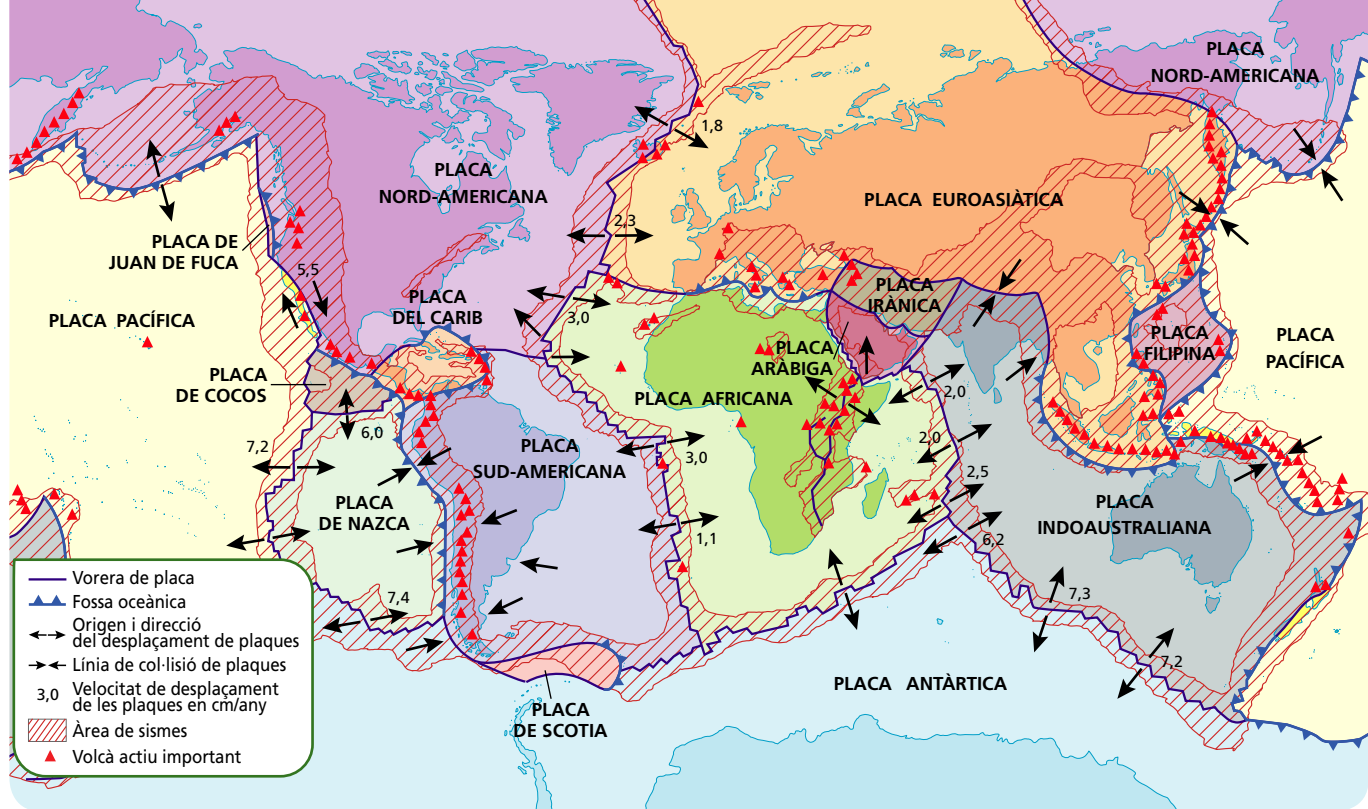
- La cartografia de fons oceànics mostra dorsals, fosses i grans falles submarines.
- Mesuraments directes fets per diversos mètodes han demostrat el desplaçament i la direcció que segueixen les plaques actuals.



- El gruix dels sediments minva des de les voreres continentals fins que són gairebé inexistents a les dorsals.



- L'edat de les roques augmenta des del centre de les dorsals cap als continents. A més, no s'han trobat roques de més de 185 Ma als fons oceànics.



Moviments relatius de les plaques

Els llocs de contacte entre les plaques s'anomenen **voreres**. Segons com siguin els moviments relatius entre les plaques, a les voreres es produeixen diversos fenòmens geològics en els quals hi ha creació, destrucció o conservació de la litosfera. Hi tenen lloc intensos fenòmens geològics, com ara terratrèmols, activitat volcànica, subsidència, etc.

El tipus de vorera depèn dels moviments relatius que facin les plaques i de com interactuen entre elles.

? INTERPRETA LA IMATGE

- 14 Fes una llista de les plaques que siguin oceàniques i les que siguin mixtes.

Tipus de vorera	Fenòmens que hi tenen lloc	Estructures geològiques que produeixen
Convergent	Els continents col·lideixen.	Fenòmens orogènics (muntanyes, serralades, etc.).
	Destrucció de litosfera oceànica.	Zones de subducció.
Divergent	Creació de litosfera oceànica.	Formació de dorsals oceàniques.
De cisalla	Voreres conservadores o passives.	Falles transformants.

ACTIVITATS

- 15 Explica quina relació hi ha entre els corrents de convecció del mantell i el moviment de les plaques litosfèriques. Què tenen a veure les fosses i les dorsals oceàniques en aquest procés?
- 16 Completa la taula amb exemples de cada tipus de vorera.
- 17 Hi ha plaques tectòniques compostes íntegrament d'escorça continental? En quin tipus de plaques la podem trobar?

ACTIVITATS FINALS

REPASSA L'ESSENCIAL

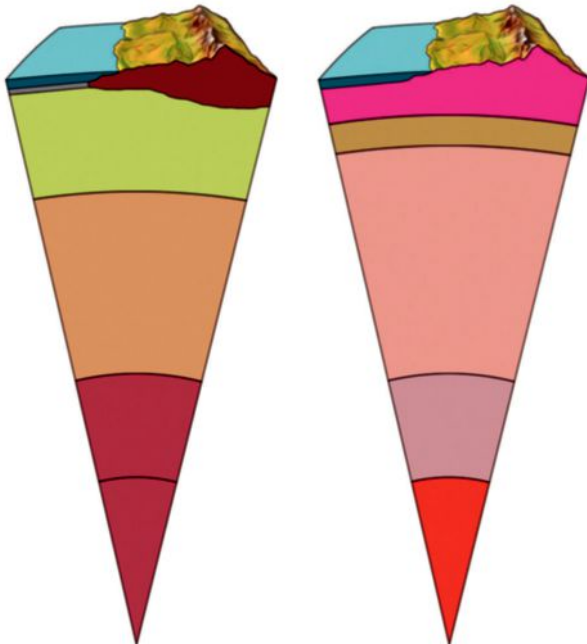
18 RESUM. Copia i completa els continguts que falten.

- La hipòtesi de l'acreció planetesimal és _____.
- Les ones P i les ones S es diferencien en _____.
- Segons el model geoquímic, la Terra _____.
- Segons el model geodinàmic, la Terra _____.
- Els corrents de convecció són _____.
- La isostàsia és _____.
- La deriva continental i l'expansió dels oceans són _____.
- Els postulats de la teoria de la tectònica de plaques diuen que _____.
- Les voreres de placa poden ser _____.

19 Explica breument el procés pel qual la Terra es va diferenciar en capes.

20 Quins criteris s'han seguit per elaborar els dos models sobre l'estructura interna de la Terra?

21 Copia al quadern a mida més gran els esquemes següents i completa'ls segons les instruccions.

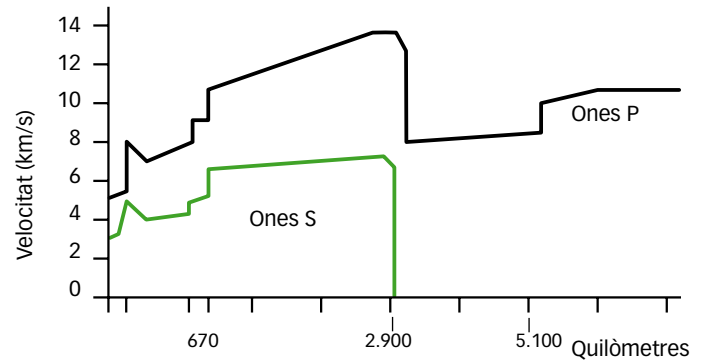


- Indica a quin model correspon cada dibuix i retola les parts en què s'estructura la Terra a cadascun.
- Escriu la profunditat a la qual hi ha les discontinuïtats i retola'n el nom.

22 Explica quina relació hi ha entre els plomalls tèrmics, els punts calents, els corrents de convecció, la zona D'' i el camp magnètic terrestre.

23 Copia al quadern la gràfica següent sobre la variació de les ones P i S a la geosfera i indica-hi:

- Les discontinuïtats de Mohorovičić, de Gutenberg i de Wiechert-Lehmann.
- Escorça, mantell i nucli intern i extern.



24 Completa al quadern la taula següent sobre l'estructura de la Terra segons el model geodinàmic.

Capa	Gruix	Composició i fenòmens que hi tenen lloc
_____	_____	_____

25 Explica la diferència entre subsidència i subducció.

26 Explica les hipòtesis de la deriva continental de Wegener i l'expansió del fons oceànic de Hess i relaciona'ls amb els postulats de la teoria de la tectònica de plaques.

27 Què és el camp magnètic terrestre? Quin fenomen en causa la formació? És sempre igual o ha variat al llarg del temps?

28 Quin és el motor que mou les plaques? Fes un esquema d'aquest mecanisme.

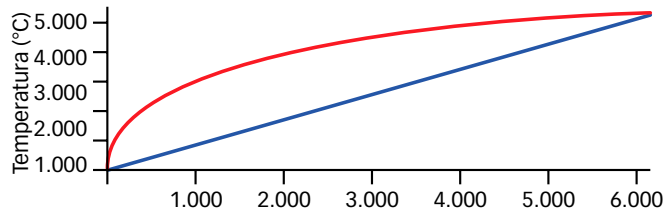
29 És el mateix flux tèrmic que gradient geotèrmic? Justifica la resposta.

30 Copia aquesta taula al quadern i completa-la.

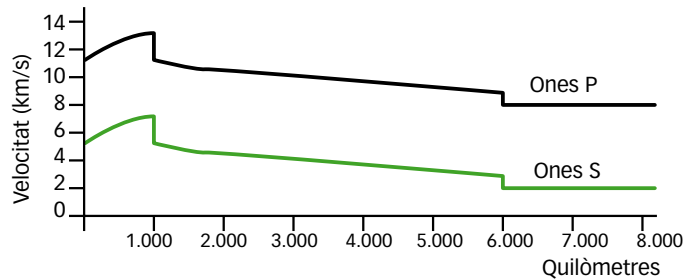
Tipus de vorera	Fenòmens	Exemples
Convergent	_____	_____
	_____	_____
_____	Es genera litosfera oceànica.	_____
_____	_____	_____

PRACTICA

- 31** Observa les gràfiques del gradient geotèrmic de dos planetes diferents. Quin dels dos seria més bon candidat per explotar-ne l'energia geotèrmica? Quina gràfica podria ser de la Terra? Raona per què.

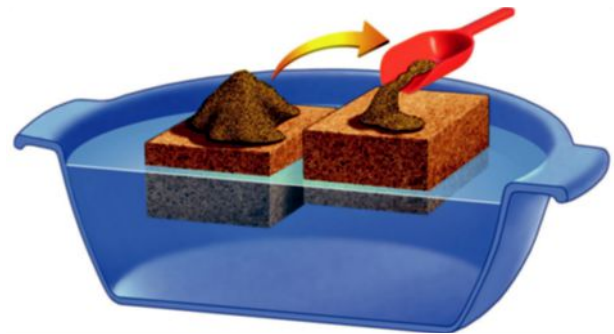


- 32** Observa aquesta gràfica d'ones P i S d'un planeta imaginari. Identifica-hi les discontinuïtats i indica les característiques més importants de la composició de cada capa.



- 33** Imagina que tens el muntatge de la figura, format per dos bocins de suro que suren dins l'aigua. Un té un caramull d'arena i l'altre, no. Amb una cullereta vas agafant l'arena del que en té i la poses a l'altre.

- Com reacciona el primer suro a mesura que li treus pes?
- I el segon, a mesura que n'hi afegeixes?
- Quins processos geològics representes?
- Quines zones de la superfície terrestre relacionades amb l'erosió i la sedimentació representa cadascun dels suros?



MANERES DE PENSAR. Anàlisi científica

El Cinturó de Foc del Pacífic

El Cinturó de Foc, localitzat a la costa del Pacífic, es caracteritza per una intensa activitat sísmica i volcànica relacionada amb el moviment de les plaques tectòniques.

La secció oriental del Cinturó és el resultat de la subducció de la placa de Nazca i la placa de Cocos davall la placa Sud-americana. Passa el mateix en aquells punts on col·lideixen la placa Pacífica i la Nord-americana, la Filipina i la Indoaustraliana.

Aquest sistema enorme i complex ha estat una de les proves més importants per confirmar la teoria de la tectònica de plaques.

- 34** **COMPRESIÓ LECTORA.** Quins tipus de fenòmens geològics associats a les voreres de placa s'esmenten al text?

- 35** **COMPRESIÓ LECTORA.** Segons la informació que aporta el text, l'oceà Pacífic augmenta d'extensió o es redueix?



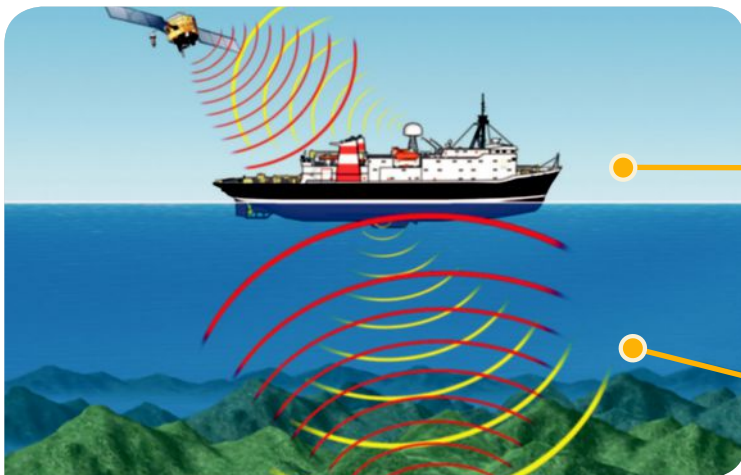
- 36** **EXPRESSIÓ ESCRITA.** Per què els volcans no estan disseminats a l'atzar sobre la superfície terrestre?

- 37** **EXPRESSIÓ ESCRITA.** Argumenta de quina manera aquest anell constitueix una prova de la teoria de la tectònica de plaques.

Interpretar mapes batimètrics

El desenvolupament de la tècnica del sonar (*Sound Navigation and Ranging*), a partir dels anys quaranta del segle passat, va permetre cartografiar els fons oceànics.

Aquesta tecnologia ha estat fonamental per al coneixement de la formació dels continents i el desenvolupament de la teoria de la tectònica de plaques.

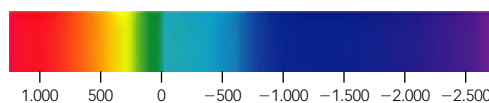
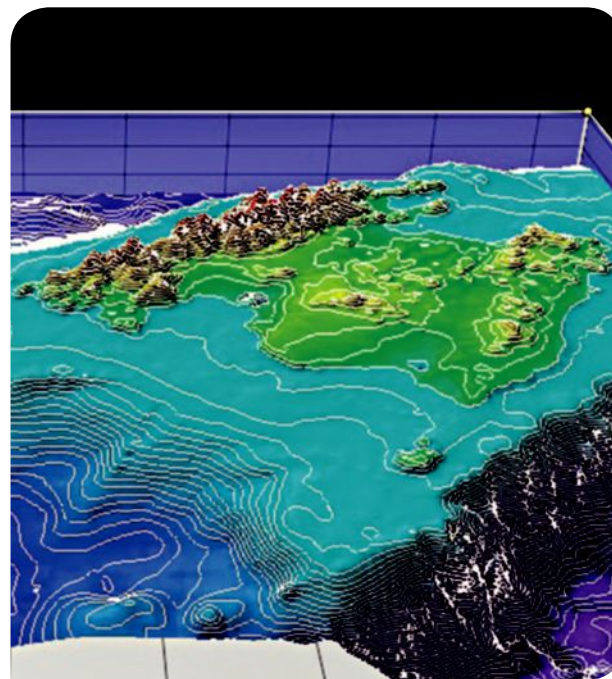
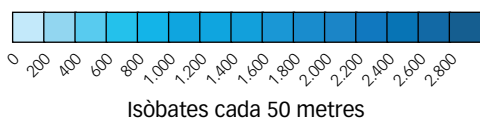
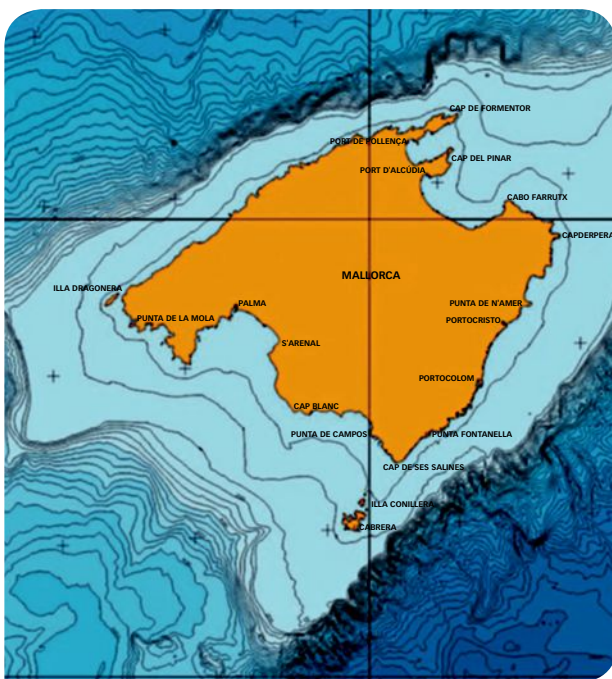


El sonar, un instrument derivat del radar, emet senyals acústics que, en topar amb un objecte (roques del fons, per exemple), «reboten» fins a l'aparell emissor.

A partir de la velocitat del so dins l'aigua i del temps que es torben les ones durant el camí d'anada i tornada, es dedueix la distància a la qual hi ha un punt determinat.

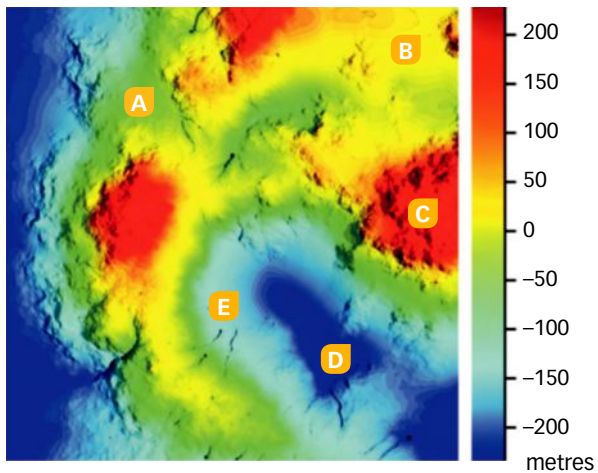
A partir de les dades obtingudes a diversos punts d'una trajectòria, s'elaboren **mapes batimètrics**, semblants als topogràfics, en els quals es representa la profunditat amb una escala de colors.

El desenvolupament de la tecnologia GPS i els sistemes informàtics permet crear models batimètrics digitals en 3D molt precisos, amb mesuraments propers a un centímetre.



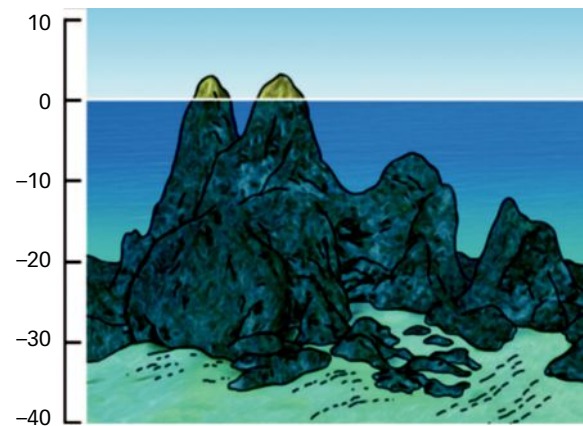
ACTIVITATS

- 38 Observa el mapa batimètric següent i al quadern respon a les preguntes.



- Ordena de menys profunditat a més els punts indicats amb lletres.
- S'observa terra emergida al mapa? Com ho saps?
- A quin lloc s'observa un pendent més gran?

- 39 Elabora al quadern un esborrany d'un possible mapa batimètric de la imatge següent. Tria una escala de colors per representar-hi la profunditat.



- 40 **UTILITZA LES TIC.** Busca informació sobre la tecnologia del sonar i la seva història i fes-ne una línia del temps amb els esdeveniments més importants.

APRENENTATGE COOPERATIU

Un vídeo sobre la tectònica de plaques

Amb la càmera d'un telèfon mòbil, elaboreu un vídeo d'1 o 2 minuts de durada per explicar la tectònica de plaques. Podeu emprar cartolines o plastilina per fabricar-ne un model.

Amb aquesta finalitat, repartiu la feina en grups, que han d'actuar coordinadament en les diverses fases del projecte:

- **Redacció.** Estableixen els continguts que s'han d'explicar en el vídeo i en preparen el text.
- **Producció.** S'encarreguen que el material, des del dispositiu d'enregistrament fins a les cartolines o la plastilina, estigui a punt al lloc i en el moment decidits per al rodatge.
- **Imatge, so i efectes sonors.** Controlen la il·luminació, l'enregistrament de la veu (o veus) de la narració, música, etc.
- **Realització.** Coordinen la resta i decideixen els plans i el muntatge; controlen el temps dedicat a cada seqüència fins a l'edició o finalització del producte.
- **Difusió.** S'encarreguen de presentar-lo i divulgar-lo, o empen altres formes de fer-ne difusió que es decideixen en grup.

