

**Máster en profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas**

Especialidad en Biología y Geología

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2010-2011

“CONTINENTES EN MOVIMIENTO. TECTÓNICA DE PLACAS.”

Autor/a: ANA FLÓREZ FERNÁNDEZ

Directora: ROSARIO FERNÁNDEZ MANZANAL



**Universidad
Zaragoza**

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Formación general	
1.2. Formación específica	
1.3. Fase de prácticas	
2. TEMA SELECCIONADO	8
2.1. Título del tema y nivel de desarrollo	
2.2. Objetivos	
2.3. Tipos de actividades	
2.4. Desarrollo de actividades	
2.5. Evaluación	
3. CONCLUSIONES	24
4. BIBLIOGRAFÍA	26
4.1. Didáctica de las ciencias	
4.2. Normativa de referencia	
4.3. Webgrafía	
5. ANEXOS:	29
I. Tabla resumen del Máster (Biología y Geología)	
II. Contenidos del libro del tema seleccionado	
III. Desarrollo de actividades: iniciación, desarrollo, síntesis, consolidación y aplicación, refuerzo y ampliación.	
IV. Evaluación Proceso de enseñanza-aprendizaje	
V. Contenidos mínimos	
VI. Listado de documentos identificados y analizados en el centro de prácticas	

5. ANEXOS:

Anexo I: Tabla resumen del Máster

	ASIGNATURA	DOCENTES	EXÁMENES	TRABAJO	PRINCIPALES CONTENIDOS IMPARTIDOS	EVALUACIÓN
1º CUATRIMESTRE	Contexto de la actividad docente	2	1	2	A. Principios y evolución del Marco legislativo del sistema educativo español (objetivos, principios, fines..), LOE estructura del sistema educativo, Curriculum aragonés , atención a la diversidad (PDC, PCPI, medidas), ESO, bachillerato y FP, competencias curriculares, organización curricular, gobierno del centro educativo (consejo escolar, claustro, equipo directivo), PEC, PGA, memoria fin de curso, programación de aula. B. Socialización y educación, educación en igualdad, prejuicios, hacia un modelo de cambio de actitudes, solución de problemas, alumnos difíciles, solución de problema grupal, herramientas para salir del conflicto, la confianza en uno mismo.	A. EXAMEN 25%+FOROS 25% B. TRABAJOS EN CLASE + ASISTENCIA 50%
	Interacción y convivencia en el aula	2	1	1	A. Aportaciones de la psicología social al estudio de la interacción y la comunicación, procesos de interacción, interacción en el aula, instinto social, trabajo en grupo y grupos de trabajo (rol, líder, estatus..), facilitación social, interdependencia, sentido común, disciplina, canales de comunicación, nuevos retos en los grupos educativos (contexto multicultural del aula). Lecturas complementarias: <ul style="list-style-type: none"> - EL bullying percibido por los adolescentes - El clima escolar, clave para el aprendizaje - Convivencia escolar en secundaria: marco de análisis del clima social - Convivencia y racismo (cuadernillo para el alumnado) B. ¿qué es la educación?, evaluación del docente, principios de la convivencia, conducta-personalidad, vínculo, Psicopatología de la vida cotidiana, personalidad vs conducta, observación, comunicación y transmisión e interpretación, violencia vs agresividad, fracaso escolar, sexualidad, las drogas , Tutoría y orientación.	A. EXAMEN 40% B. TRABAJOS EN CLASE 60%
	Proceso de	3	1	1	Marco legislativo , etapas evolutivas, motivación, innovación, Teorías de	EXAMEN COMÚN

	enseñanza aprendizaje				aprendizaje, ¿Qué es el aprendizaje? Pautas para la elaboración de la programación y la unidad didáctica, competencias básicas , objetivos y contenidos, evaluación (tipos, criterios e instrumentos), atención a la diversidad, informe pisa , Uso de las TIC.	40% UNIDAD DIDÁCTICA 60% (grupo o individual)
	Prevención y resolución de conflictos	2	1*	1	A. En clase el contenido es nulo. Para el examen entra el contenido completo del libro: Educación y conflicto. Guía de educación para la convivencia (Xesús R. Jares), que no ha sido explicado en el aula. B. Marco normativo de educación, estructura del sistema de educación actual, programas específicos, competencias básicas , Plan de convivencia, principios y fines de la LOE, acoso escolar, inteligencias múltiples, mediación de 3 conflictos.	A. EXAMEN TIPO TEST DEL LIBRO B. TRABAJO SOBRE EL PLAN DE CONVIVENCIA DEL CENTRO DE PRÁCTICAS Y COMPARATIVA DE CONVIVENCIA EN 3 CCAA + ASISTENCIA
	Diseño curricular	2	0	1	Marco normativo , Ejemplo sencillo en ppt de programación de Ciencias de la Naturaleza de 1ºESO (2009-2010) sin unidades didácticas, competencias básicas (una vez por cada profesora), actividades didácticas (finalidad, interacción con conocimientos y criterios de valoración), programa Refworks, presupuestos básicos en la enseñanza de las ciencias, esquema transposición didáctica, contenidos conceptuales, procedimentales y actitudes, etapas educativas, informe Pisa , fundamentos constructivistas, factores que controlan la enseñanza y el aprendizaje de modelos científicos, ejemplo de índice de programación.	PROGRAMACIÓN 80% ACTIVIDADES EN CLASE 20%
	Fundamentos de diseño y metodologías de aprendizaje	1	0	1	Aspectos básicos del aprendizaje escolar (conocimientos, metodologías, recursos, contexto), fuentes de información, informe pisa , marco normativo , las ciencias de la naturaleza en el currículo de ESO , crisis educativa, estructura de la ESO , programaciones didácticas (comentario general), fines y objetivos de la ESO, competencias básicas , aprendizaje emocional, principios metodológicos en el currículo de la ESO (Aragón), Concepto de ciencia, clasificaciones de la ciencia, Ciencia- Sociedad, filosofía de la ciencia, Ciencia y tecnología, método científico, Ciencia-creencias y pseudociencia, ideas previas (origen y metodología para su	PORTAFOLIO+ ASISTENCIA+ PARTICIPACIÓN

					superación), paradigmas, proyectos I+D en Aragón	
	Practicum I	1	0	1	Análisis de documentación del centro según contenidos de la asignatura Contexto de la actividad docente.	ELABORACIÓN DE UNA MEMORIA.
T O T A L	7	13	4	8		
2º CUATRIMESTRE	Contenidos disciplinares de Biología	4	0	6	Los virus, la célula (eucariota, procariota, estructura, funciones, orgánulos...), estructura de la membrana, microscopia electrónica (imágenes), la herencia, genética molecular, biosíntesis de proteínas, funciones animales y aparatos (digestivo, circulatorio, respiratorio, excretor), la función de relación “estímulos y respuestas”, órganos de los sentidos en vertebrados e invertebrados, revisión de exámenes de selectividad	TRABAJOS + ASISTENCIA
	Habilidades comunicativas para profesores	1	0	1	El buen profesor, fuentes de la actuación docente, estilos docentes, la clase magistral, conductismo, constructivismo y cognitivismo , bases psicológicas del currículo e implicaciones didácticas, técnica expositiva, análisis en la interacción verbal profesor-alumnos, Componentes de la Competencia receptiva de textos académicos (orales y escritos), Estrategias de comprensión de un texto (La modalización), la exposición de un tema, Pautas de Evaluación de las clases desarrolladas.	PORTAFOLIO +ANÁLISIS DE GRABACIÓN DE UNA CLASE
	Evaluación e innovación docente	1	0	2	Causas de los principales errores y dificultades en el aprendizaje, comportamiento – cognición, Bases de orientación (cadena trófica), ideas alternativas sobre la evaluación, sugerencias constructivas, grupo de discusión, innovación (proyectos), transversalidad, educación moral y cívica, análisis unidades de proyectos de innovación, tratamiento de actividades, evaluación (conceptos, procedimientos, actitudes), recomendación de revistas y artículos relacionados, metodología V de Gowin, pruebas evaluadoras	TRABAJOS
	Diseño, organización y desarrollo de actividades de	4	0	4	A. Informe Pisa , interpretación de fotos aéreas, imágenes satélite, perfiles topográficos, minerales, microscopia óptica, hábitos de salud, sexualidad, adaptaciones curriculares. B. Aprendizaje por indagación, salidas de campo (Juslibol y Pza Pilar),	TRABAJOS ASISTENCIA

	B-G				bases de orientación , recursos on-line (Oikos), las rocas como material de construcción, mapas y cortes geológicos. C. Didáctica de las ciencias, didáctica de la Biología, conceptos, procedimientos y actitudes, contenidos, ejemplos de actividades de clase (residuos), tipos de actividades (iniciación, desarrollo, síntesis, evaluación, clave dicotómica arbórea, análisis de microorganismos de agua dulce, elaboración de redes tróficas, ciencia-tecnología y sociedad, preguntas de evaluación. D. Prácticas con egagrópilas	
	Practicum II Y III	1	0	1	Elaboración de una unidad didáctica e impartición de la misma en el aula.	UNIDAD DIDÁCTICA + MEMORIA
T O T A L	5	10*	0	14		
	TFM	1		1		
T o t a l	12	25	4	23		

*En mi caso sería 9 ya que mi tutora de practicum coincide con una docente de otra asignatura.

8

Estructura y dinámica de la Tierra



PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Comprenderás el ciclo de las rocas, sus procesos y la escala de tiempo a la que ocurren.
- Estudiarás la estructura de la Tierra.
- Averiguarás qué son las discontinuidades sísmicas.
- Entenderás qué es la litosfera, y qué procesos la originan y la destruyen.
- Diferenciarás las teorías fijas y movidas sobre el origen de los relieves.
- Conocerás los fundamentos de la teoría de la tectónica de placas.
- Sabrás cuál es el origen de los relieves, de los terremotos y de los volcanes.
- Reproducirs la reconstrucción de Pangea.



«A las cuatro de la tarde [...] noté que una grieta, que se encontraba en uno de los corrales de mi granja, se había abierto y vi que era una clase de grieta que tenía una profundidad solamente de la mitad de un metro. Me fijé alrededor [...] cuando sentí un trueno, los árboles temblaban [...]. Fue entonces que vi cómo en el agujero, la tierra se hinchó y se levantó dos o dos y medio metros de alto y una clase de humo o de polvo fino, gris como las cenizas, comenzó a levantarse para arriba en una porción de la grieta que no había visto previamente. Más humo comenzó inmediatamente a levantarse con un chiflido ruidosamente y continuo, y había un olor de azufre.»

Dionisio Pulido, un agricultor del pueblo de Parícutín, en México, describe así el comienzo de la erupción volcánica en su campo de maíz el día 20 de febrero de 1943. A finales de ese año, el volcán Parícutín tenía ya una altura de 336 metros y la lava había sepultado cinco pueblos de los alrededores.

En 1952 la actividad volcánica cesó tan bruscamente como había comenzado nueve años antes. El cono volcánico había alcanzado una altura de 424 metros y había cubierto de lava una extensión de 25 kilómetros cuadrados.

RECUERDA Y CONTESTA

1. ¿Recuerdas qué procesos realizan los agentes geológicos y qué resultados producen sobre el relieve?
2. ¿Qué edad tiene la Tierra? ¿Y el Sistema Solar?
3. ¿Se mueven los continentes o han estado siempre en las mismas posiciones que ocupan actualmente?
4. ¿Cuáles son las tres capas concéntricas en que está estructurado nuestro planeta?
5. ¿Qué es la litosfera? ¿Es lo mismo que la corteza?
6. El volcán Parícutín levantó su edificio volcánico de cientos de metros de altura en tan solo unos meses. ¿Todos los relieves se forman tan rápidamente?

Busca la respuesta

¿Realmente se separan los continentes americano y europeo? ¿Cómo se puede saber? ¿A qué velocidad lo hacen?



James Hutton fue el primer geólogo. © que desde que la Tierra tenía millones de años de antigüedad.

1 El tiempo y los procesos geológicos

A mediados del siglo XVIII, las ideas más aceptadas sobre el origen de la Tierra eran las que describe el relato del Génesis en la Biblia, según el cual, el mundo había sido creado unos 6 000 años antes de Cristo, y desde su creación mantenía un aspecto prácticamente inmutable.

James Hutton y el tiempo geológico

El geólogo James Hutton observaba, sin embargo, algo muy distinto a un relieve inmutable. Cada año, el río que pasaba cerca de su ciudad se desbordaba y dejaba una fina capa de arena y arcilla sobre la llanura de inundación. Hutton podía ver las sucesivas láminas de sedimentos que el río había acumulado durante muchos años y dedujo acertadamente que la arena y la arcilla procedían del desgaste de las montañas.

Sus observaciones le resultaron aún más chocantes cuando vio que las montañas, en muchos casos, estaban formadas por materiales apilados en capas sucesivas, muy parecidas a aquellas que él había visto formarse por el desbordamiento del río. Al parecer, había dos procesos contrapuestos en la Tierra, uno que tendía a desgastar las montañas y a acumular los restos en capas de sedimentos, y otro que era capaz de plegar las capas de sedimentos hasta formar cadenas de montañas.

Sin embargo, aquellos procesos actuaban muy lentamente. Hutton fue el primero que empezó a pensar que la edad de nuestro planeta debía medirse en millones de años. En su libro *Teoría de la Tierra*, publicado en 1795, apenas dos años antes de su muerte, afirmaba que en la historia de la Tierra «no encontramos vestigios de un comienzo ni perspectivas de un final».

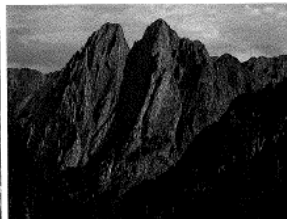
Hutton introdujo la noción de los millones de años del tiempo geológico para explicar que procesos muy lentos, como la erosión, pudieran lograr resultados de gran magnitud.

ACTIVIDADES

1. ¿Por qué a Hutton le parecía que la existencia de rocas formadas por sedimentos fluviales era incompatible con la idea de una Tierra inmutable y de pocos miles de años de edad?
2. ¿Qué significa que un proceso lento consigue resultados de gran magnitud?



Sedimentos depositados por un arroyo en la actualidad, procedentes de la erosión de un relieve.



Rocas sedimentarias en el Pirineo. Los sedimentos se han transformado en rocas que han sido plegadas.

2 El ciclo de las rocas

Hutton estaba en lo cierto al suponer que los sedimentos se transformaban en rocas y que estas eran de nuevo convertidas en sedimentos por los agentes geológicos. Este proceso cíclico se desarrolla en dos escenarios diferentes:

- **En la superficie terrestre.** Aquí tiene lugar la meteorización de las rocas y su transformación en sedimentos, transportados por los agentes geológicos y acumulados en las cuencas sedimentarias.
- **En el interior de la corteza terrestre.** Aquí los materiales se encuentran sometidos a altas presiones y temperaturas, los sedimentos se transforman en rocas que pueden plegarse, cambiar su aspecto y composición, o incluso fundirse.

El plegamiento de las rocas y el vulcanismo forman relieves, llevan los materiales hacia la superficie terrestre. La acumulación de sedimentos en cuencas sedimentarias, que presentan subsidencia, lleva los materiales hasta el interior de la corteza.

El interior de la corteza

En el interior de la corteza terrestre hay tres factores que producen modificaciones en los materiales:

- **La presión.** Debido al peso de las rocas, aumenta rápidamente con la profundidad. A 12 km de profundidad supera las 3 000 atmósferas.
- **La temperatura.** También aumenta con la profundidad, en unos 3 °C por cada 100 metros. Aunque este valor presenta variaciones, en la base de la corteza se alcanzan temperaturas próximas a los 1 000 °C.
- **Los esfuerzos de compresión y distensión.** Producidos por los movimientos del manto, que comprimen y estiran los materiales de la corteza.

Los tres factores mencionados producen importantes cambios en los materiales que se encuentran en el interior de la corteza:

- **Diagénesis.** Es la transformación de los sedimentos en rocas sedimentarias debido a la presión y a la temperatura, que producen compactación y cementación de los componentes del sedimento.
- **Metamorfismo.** Es el conjunto de cambios que experimentan las rocas sometidas a altas presiones y temperaturas, sin llegar a fundirse. Se forman así las rocas metamórficas.
- **Magmatismo.** Es la fusión de las rocas formando un magma, cuya consolidación origina las rocas magmáticas.

El ciclo de las rocas es el conjunto de procesos que les modifican, las transforman en sedimentos y convierten estos de nuevo en rocas.

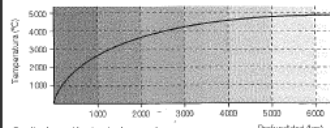
ACTIVIDADES

3. ¿Qué procesos son los que llevan los materiales desde la superficie hacia el interior de la corteza y desde el interior de nuevo hacia la superficie? ¿En qué zonas actúan cada uno de ellos?

	Procesos	Descripción	Resultado
Superficie terrestre	Meteorización	Fragmentación de rocas y alteración química de sus minerales.	Detrito. Clastos sueltos.
	Erosión y transporte	Traslado de materiales por los agentes geológicos.	Sedimento con madurez textural y mineralógica creciente.
	Sedimentación	Acumulación de los sedimentos en capas superpuestas.	Formación de estratos, y hundimiento hacia el interior de la corteza.
Interior de la corteza	Diagénesis	Cementación y compactación de sedimentos.	Rocas sedimentarias.
	Metamorfismo	Cambios en la textura y minerales de las rocas sin que se produzca fusión.	Rocas metamórficas.
	Magmatismo	Fusión de las rocas y formación de magmas.	Rocas magmáticas.

3 El gradiente geotérmico y el calor interno de la Tierra

El aumento de temperatura que se produce hacia el interior de la Tierra recibe el nombre de **gradiente geotérmico**.



Gradiente geotérmico. La temperatura aumenta rápidamente hasta alcanzar los 2000°C dentro del manto superior, y luego sigue haciéndolo con más lentitud, hasta aproximarse los 5000°C en el centro de la Tierra.

El valor medio de este gradiente es de unos 3°C por cada cien metros de profundidad (30°C por cada kilómetro de profundidad), hay zonas más frías donde el gradiente baja y zonas calientes donde aumenta.

El causante del gradiente geotérmico es el calor interno de la Tierra. En su mayor parte es calor residual procedente de hace más de 4000 millones de años.

En aquella época el planeta estaba sometido a tres procesos que generaban grandes cantidades de calor:

- Los impactos de meteoritos, cuya energía cinética se transforma en energía térmica. Durante unos mil millones de años se produjo un intenso bombardeo de meteoritos, algunos del tamaño de pequeños planetas.
- La desintegración de elementos radiactivos, que produce partículas subatómicas como los electrones y los neutrones a altas velocidades. Estas, al chocar con los átomos de su alrededor, aumentan su energía térmica. En aquella época estos elementos radiactivos eran mucho más abundantes que en la actualidad.
- La descomposición de los materiales más densos, principalmente el hierro, hacia el núcleo terrestre, comenzó cuando el planeta ya había empezado a fundirse, pero una vez iniciado produjo a su vez mucho más calor debido al rozamiento del hierro fundido al arrastrar los materiales rocosos.

Formación de capas

Los procesos descritos aumentaron tanto la temperatura de la Tierra que hace unos 4500 millones de años nuestro planeta llegó a estar fundido casi por completo.

Al fundirse la Tierra, los materiales se ordenaron por densidades: el hierro formó el núcleo; flotando sobre él quedaron los materiales rocosos del manto, y sobre este empezó a formarse la corteza como una delgada capa de rocas poco densas.

Los gases desprendidos de las rocas fundidas fueron acumulándose sobre la superficie del planeta, y formaron la atmósfera. El vapor de agua se fue condensando y acabó formando los océanos y el resto de la hidrosfera.

Hoy día los volcanes activos continúan emitiendo grandes cantidades de gases y de vapor de agua, que pasan a engrosar el volumen de la atmósfera y de la hidrosfera.

Actualmente todavía hay procesos que generan calor, como la desintegración de elementos radiactivos, que sigue produciéndose aunque a un ritmo mucho más lento, o el rozamiento provocado por el movimiento de los materiales en el interior del manto y del núcleo, pero la Tierra es un planeta que se enfría lentamente.



Erupción del volcán Pinatubo en Filipinas. La desgasificación de la Tierra continúa en la actualidad. Los gases emitidos por los volcanes aportan agua y gases al exterior.

ACTIVIDADES

4. ¿Por qué el calor producido por las desintegraciones de elementos radiactivos era mucho mayor hace 4000 millones de años que en la actualidad?
5. ¿La cantidad de agua que forma la hidrosfera terrestre permanece constante o tiende a aumentar con el tiempo? Explica tu respuesta.

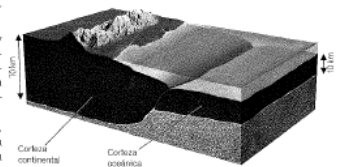
4 Composición y estructura de la Tierra

La Tierra presenta tres capas bien definidas: un núcleo metálico, un manto rocoso y una corteza, también rocosa y poco densa.

Corteza

La corteza es una capa rocosa delgada y sólida. Existen dos tipos muy diferentes:

- **Corteza continental.** Su grosor varía entre 30 y 70 km. Forma las masas continentales y está compuesta fundamentalmente por granito. En muchas zonas, su superficie aparece cubierta de un espesor variable de rocas sedimentarias y de sedimentos sin consolidar.
- **Corteza oceánica.** Su grosor es de unos 10 km. Forma los fondos de los océanos y está compuesta por basalto y gabbro, rocas cuya densidad es un poco mayor que la del granito.

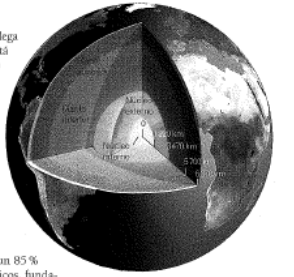


Manto

El manto es una capa rocosa situada bajo la corteza y que llega hasta la superficie del núcleo, a 2900 km de profundidad. Está compuesto casi únicamente por peridotita, una roca cuyo principal mineral componente es el olivino. Tiene dos partes:

- **Manto superior.** Comprende desde la base de la corteza hasta los 670 km de profundidad.
- **Manto inferior.** Abarca desde los 670 km hasta la superficie del núcleo, a 2900 km de profundidad.

A los 670 km de profundidad, la presión es suficiente para producir la compactación de los minerales de la peridotita, que adquiere así una densidad mayor, haciendo que el manto inferior sea más denso que el superior.



Núcleo

La composición del núcleo es metálica. Se calcula que tiene un 85% de hierro, un 5% de níquel y un 10% de elementos no metálicos, fundamentalmente silicio, oxígeno y carbono. Esta es la composición de los metales metálicos llamados sideritos.

El núcleo tiene dos partes con la misma composición pero con diferente estado físico:

- **Núcleo externo.** Comprende desde los 2900 km de profundidad, es decir, desde la base del manto, hasta los 5150 km, y se encuentra en estado líquido. Su fluidez es similar a la del agua, y está agitado por violentas corrientes de convección. Estas corrientes son las que originan el campo magnético terrestre.
- **Núcleo interno.** Es una esfera de unos 1220 km de radio, y se encuentra en estado sólido.

ACTIVIDADES

6. Busca en los conceptos clave el término sideritos y explica qué interés tienen los sideritos para el estudio de la Tierra.

5 Las discontinuidades sísmicas. La litosfera

Las ondas sísmicas que se producen en un terremoto recorren el interior de la Tierra y se reciben en los sismógrafos de todo el mundo. Cuando las ondas sísmicas pasan de una capa de la Tierra a otra de diferentes características cambian su velocidad, su trayectoria se desvía, y parte de la onda se refleja.

Al analizar los registros de las ondas sísmicas, los sismólogos pueden localizar a qué profundidad se encuentran las separaciones entre las capas. Debido a que estas superficies de separación se identifican y localizan gracias a los estudios sismológicos, reciben el nombre de **discontinuidades sísmicas**.

Se reconocen cuatro discontinuidades sísmicas, que llevan los nombres de sus descubridores:

- **Discontinuidad de Mohorovicic.** Separa la corteza y el manto. Está a una profundidad variable, entre 30 y 70 km.
- **Discontinuidad de Repetti.** Separa el manto superior del inferior. Se localiza a 670 km de profundidad.
- **Discontinuidad de Gutenberg.** Separa el manto del núcleo externo. Está a 2900 km de profundidad.
- **Discontinuidad de Lehman.** Separa el núcleo externo del núcleo interno. Se encuentra a 5150 km de profundidad.

La litosfera

En el interior del manto superior hay otra discontinuidad que se encuentra a una profundidad muy variable. La parte del manto que queda sobre esta discontinuidad se halla unida a la corteza formando un conjunto rígido.

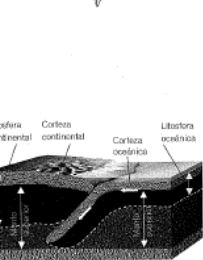
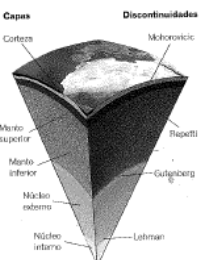
La parte más externa del manto superior está firmemente unida a la corteza formando un conjunto rígido, que recibe el nombre de **litosfera**.

Se distinguen dos clases de litosfera:

- **Litosfera continental.** Formada por corteza continental y parte del manto superior. Llega a tener un espesor de casi 300 km bajo las cadenas montañosas, mientras que en las zonas llanas continentales su grosor es de unos 100 km.
- **Litosfera oceánica.** Constituida por corteza oceánica y parte del manto superior. Su grosor es inferior a 100 km en las zonas más antiguas de los océanos, y de menos de 20 km en las zonas más jóvenes de los océanos.

El resto del manto superior situado bajo la litosfera, aunque también es sólido, está sometido a temperaturas y presiones tan altas que puede fluir lentamente como un líquido extremadamente viscoso, de forma parecida a como se mueve el hielo de los glaciares.

La litosfera, al ser arrastrada por esos movimientos del manto sublitosférico, se fragmenta en grandes bloques, llamados **placas litosféricas**.



ACTIVIDADES

7. Haz un dibujo esquemático de las capas de la Tierra indicando su composición y señalando las discontinuidades.

6 El origen de los relieves y el fijismo

Hutton intuía que el calor interno era el causante de que hubiera relieves en la Tierra. Esta intuición se vio confirmada en las erupciones volcánicas, como la del Parícutin en México. Estas erupciones levantan conos volcánicos de cientos de metros de altura en tan solo unos meses o unos años. Hutton pensaba en un proceso más lento, capaz de plegar las capas de sedimentos y apilarlas sobre sí mismas hasta levantarlas a miles de metros sobre el nivel del mar. Pero ¿cómo podía el calor interno de la Tierra causar ese levantamiento vertical?

A lo largo del siglo XIX y principios del XX se desarrollaron varias teorías que trataban de explicar el origen de las cordilleras y el plegamiento de los estratos, partiendo de la base de que los continentes y los océanos habían ocupado las mismas posiciones desde el origen de la Tierra.

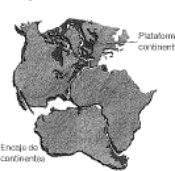
Algunos aludían a los relatos bíblicos, atribuyendo al diablo universal el aspecto de algunos relieves, o la presencia de fósiles marinos en las montañas; otros suponían que la Tierra se había ido contrayendo al enfriarse, y que los relieves eran las arrugas que tal contracción había causado en la corteza.

Estas teorías recibieron el nombre de **teorías fijistas**, ya que tendían en común la suposición de que los continentes habían permanecido siempre fijos en las mismas posiciones que ocupaban en la actualidad.

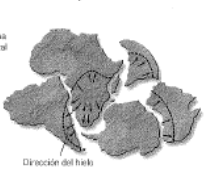
Wegener y el comienzo del moviismo

En 1912 el meteorólogo Alfred Wegener propuso una teoría revolucionaria. En su libro *El origen de los continentes y océanos* afirmaba que los continentes podían desplazarse, y que hasta 300 millones de años habían estado unidos formando una masa continental única a la que llamó **Pangea**.

Wegener aportó pruebas muy sólidas para defender su teoría, pero la idea de que los continentes pudieran desplazarse era demasiado increíble. Wegener pensaba que los continentes se movían resbalando sobre los fondos oceánicos, pero no podía explicar qué fuerza era capaz de empujarlos, aunque aludía a la rotación terrestre como una posible causa. A pesar de la validez de sus pruebas, su teoría de la **deriva continental** cayó en el descrédito.



El ensamble de los perfiles de los continentes había sido observado y mencionado por otros autores, como Alexander von Humboldt, a principios del siglo XIX, o Frank Taylor, en 1910.



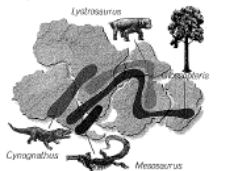
Las huellas de la erosión del hielo de hace 300 millones de años parecían caducas, pero corroboran sentido si se suponía que en esa época los continentes estaban juntos y cubiertos por un casaca de hielo.



El vulcanismo puede formar relieves rápidamente, como la isla de Surtsey, en Islandia, formada en una erupción volcánica en 1963.

ACTIVIDADES

8. ¿Qué son las teorías fijistas? ¿Qué proceso invocaban algunas de estas teorías para explicar el plegamiento de las rocas y la formación de los relieves?
9. Haz un resumen en tu cuaderno con las pruebas que aportó Wegener para demostrar que los continentes se habían movido.



Se encuentran fósiles iguales en continentes diferentes, lo que no podía explicarse a menos que los continentes hubieran estado en contacto sin ningún océano de separación.

7 Los movimientos verticales. La isostasia

El libro publicado por Wegener en 1912 no causó mucho impacto entre los geólogos.

Las teorías fijistas estaban en pleno desarrollo, el movimiento de los continentes parecía totalmente innecesario para explicar el origen de las montañas, todavía había científicos que intentaban encajar la historia de la Tierra en los pocos miles de años que abarcaba el relato bíblico, y muchos seguían atribuyendo al diluvio universal el origen de algunas formaciones geológicas de arenas y conglomerados.

Sin embargo, los movimientos verticales de la corteza sí necesitaban una explicación. Cada vez era más evidente que los fosiles que había en las montañas procedían de las profundidades marinas, y el enorme espesor de las series de estratos en las cordilleras indicaba que se habían depositado en una cuenca cuyo fondo se hundía a medida que se acumulaban las capas de sedimentos.

La astenosfera. Propuesta de una nueva capa

En 1914 el geólogo **Joseph Barrell** sugirió que en el interior del manto, a unos 100 km de profundidad, había una zona en la que las altas temperaturas harían que los materiales perdieran gran parte de su rigidez y se comportaran plásticamente. Llamó a esta capa **astenosfera**, que significa «capa débil».

La astenosfera permitiría que el fondo de las cuencas se hundiera debido al peso de los sedimentos que se acumulaban, y que los relieves se levantaran a medida que la erosión les iba quitando peso. Este proceso correspondía a la **isostasia**.

Los desplazamientos verticales debidos a la isostasia son en algunos casos muy llamativos. Por ejemplo, la península de Escandinavia se ha levantado varias decenas de metros desde que hace 10 000 años desapareciera el casquete de hielo que la recubría; actualmente continúa su levantamiento a una velocidad de entre 1 y 10 mm/año, según las zonas.

ACTIVIDADES

10. ¿Quién propuso la existencia de la astenosfera? ¿Dónde estaría situada esta capa? ¿Por qué pensaba este autor que era necesaria esta capa?

11. Busca en los conceptos clave el significado de isostasia. Explica un ejemplo que muestre el movimiento de ascenso de la corteza, y otro que muestre el movimiento de hundimiento o subsidencia.



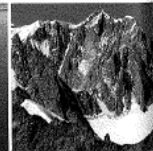
Las series sedimentarias con grandes espesores se explican por el hundimiento del fondo de la cuenca a la misma velocidad a la que se acumulaban los sedimentos.



Las terrazas son superficies prácticamente horizontales, que quedan levantadas cuando el río se encaja en su cauce. Este encaje es una consecuencia del levantamiento continental.



La llanura que se observa sobre el acantilado recibe el nombre de rasa costera, y fue elaborada por la erosión del alabeo antes de que el continente se levantara.



Los relieves como los Alpes continúan levantándose unos milímetros cada año debido a que la erosión les quita peso y produce su ascenso por isostasia.

8 El desarrollo del moviismo

Durante la Segunda Guerra Mundial se desarrolló intensamente la tecnología del SONAR, que permitió elaborar detallados mapas de los fondos oceánicos.

El aspecto del fondo del océano era radicalmente distinto de lo que se suponía. No era una llanura tapizada por una gruesa capa de sedimentos acumulados a lo largo de millones de años, sino que tenía relieves y profundas grietas, estaba recorrida por una cordillera de más de 2 000 m de altura y de miles de kilómetros de longitud, y las zonas llanas tenían muy pocos sedimentos. Aquella imagen del fondo de los océanos hizo que el fijismo resultara insostenible.

A lo largo de la década de 1950 se desarrollaron diversas campañas para la recogida de muestras de los fondos oceánicos y para completar los mapas con su topografía. Paralelamente, la informática tuvo un gran desarrollo, y los ordenadores permitieron un tratamiento más eficaz de los datos.

El análisis de las muestras puso de manifiesto que en los fondos oceánicos de todo el mundo no se encontraba ninguna roca de más de 185 millones de años de antigüedad.

Los argumentos aportados por Wegener empezaron a tomar protagonismo. Su propuesta de que los continentes actuales eran el resultado de la fragmentación de **Pangea**, ya no resultaba tan inaceptable como 25 años antes.

Entre 1945 y 1960 la abundante información recopilada sobre los fondos oceánicos hizo que las teorías fijistas quedaran desacreditadas y se empezara a aceptar la movilidad de los continentes.



Vista aérea de las islas Canarias. La isla de Tenerife es un gigantesco volcán que se alza más de 7 000 m sobre el fondo oceánico. Su edad no supera los 70 millones de años.

EN PROFUNDIDAD

Wegener y la defensa del moviismo

En 1926 se celebró un congreso al que acudieron geólogos de todo el mundo. El geólogo Frank Taylor expuso su hipótesis acerca de que el origen del Himalaya y otras cordilleras era un resultado del movimiento y la colisión de fragmentos de la corteza. Wegener presentó sus ideas sobre la deriva continental. Eran los dos únicos defensores del moviismo, y sus propuestas fueron rechazadas por el resto.

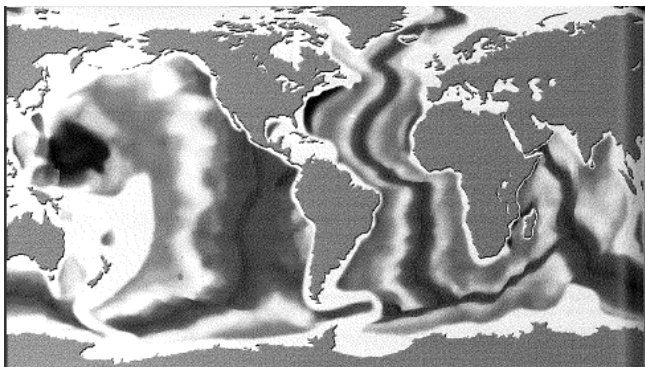
En 1929 el geofísico Arthur Holmes dedujo que el manto presentaba corrientes de convección. Aquello brindaba un punto de apoyo al moviismo.

En 1930 Wegener dirigió una expedición a Groenlandia, donde esperaba encontrar pruebas de que actualmente continuaba el movimiento de apertura del océano Atlántico. En el mes de noviembre unos miembros de la expedición quedaron aislados. Cuando Wegener se dirigió con su compañero Rasmus Willmannsen a llevarles provisiones, fueron sorprendidos por una violenta tormenta y ambos desaparecieron. El cuerpo de Wegener se recuperó un año más tarde.

¿Cuál crees que era el principal argumento en contra de la teoría de Wegener?



Alfred Wegener en la expedición a Groenlandia.



Edad de los fondos oceánicos. Las zonas más antiguas (azul) son las más próximas a los continentes. Las más recientes son las dorsales (rojo).

9 La extensión del fondo oceánico

Hacia 1960 se sabía ya que la composición del fondo oceánico era fundamentalmente basáltica, y que la dorsal oceánica era una cadena de volcanes activos que presentaban un elevado flujo térmico y una alta sismicidad.

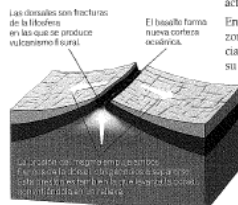
En 1962, el geofísico **Harry Hess** propuso que las dorsales eran en realidad zonas donde se creaba nueva corteza oceánica, y que esta era empujada hacia los lados por el nuevo material, de forma que el océano iba aumentando su extensión.

La edad de las rocas basálticas respaldaba esta hipótesis. Los basaltos del fondo oceánico eran tanto más antiguos cuanto más alejados estaban de la dorsal; su edad era máxima en las proximidades de los continentes y mínima en el mismo eje de la dorsal.

Todo empezaba a encajar. El océano Atlántico se había abierto al desplazarse hacia el este los continentes de Europa y África, y hacia el oeste Norteamérica y Suramérica, y continuaba creciendo y haciéndose cada vez más ancho.

La velocidad de expansión actual debía de ser de unos pocos milímetros al año, aunque era difícil de calcular. Sin embargo, la velocidad a la que se había expandido a lo largo de su historia se podía calcular gracias a las muestras recogidas por los barcos de prospección geofísica.

Los estudios sísmicos mostraban que no era la corteza, sino la **litosfera** entera la que se deslizaba, arrastrada probablemente por las **corrientes de convección** cuya existencia había sugerido Arthur Holmes en 1929. Si Wegener hubiera vivido hasta los 80 años, habría visto confirmadas sus ideas sobre la movilidad continental.

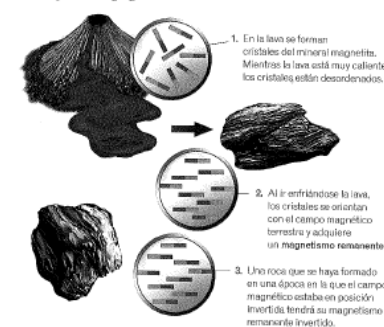


ACTIVIDADES

12. ¿Qué es el vulcanismo fissural? ¿En qué zonas de la Tierra se produce una intensa actividad volcánica de este tipo?

Bandeado magnético de los fondos oceánicos

Desde principios del siglo XX se sabía que el **campo magnético** de la Tierra es inestable, y que su polaridad se **invierte** cada cierto tiempo, de forma que el polo sur magnético pasa a ocupar el lugar del polo norte magnético, y viceversa. Actualmente, el polo norte magnético está en la Antártida (polo sur geográfico), y el polo sur magnético, en el océano Glacial Ártico (polo norte geográfico).



ACTIVIDADES

13. Teniendo en cuenta que la brújula es una aguja imantada y que los polos opuestos de un imán se atraen y los del mismo signo se repelen, ¿por qué el polo norte de la brújula señala hacia el polo norte geográfico?

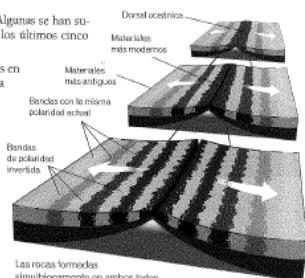
Estas inversiones ocurren con un ritmo muy irregular. Algunas se han sucedido más rápidamente y otras con más lentitud. En los últimos cinco millones de años se han producido más de veinte.

Las inversiones del campo magnético quedan registradas en las **rocas volcánicas** que contienen minerales como la **magnetita**, que pueden actuar como si fueran brújulas microscópicas.

Cuando la lava se consolida, los cristales de magnetita quedan orientados en la dirección norte-sur, en la posición en que el campo magnético terrestre se encuentra en esa época.

En 1963 los geólogos **Fred Vine** y **Drummond Matthews** publicaron un artículo en el que explicaban los resultados de las medidas del **magnetismo remanente** de las muestras de basaltos recogidas en los fondos oceánicos.

La interpretación que aportaron Vine y Matthews en su artículo terminó de arrinconar definitivamente las teorías fijistas.



Las rocas formadas simultáneamente en ambos lados de la dorsal tienen la misma orientación magnética y forman bandas paralelas y simétricas.

10 La tectónica de placas

La expansión del fondo oceánico propuesta por Hess en 1962 fue el detonante de un cambio profundo y muy rápido en la geología. En los años siguientes se publicaron numerosas investigaciones que fueron perfilando una nueva forma de comprender la Tierra, y en 1968 se había desarrollado ya una teoría completa sobre los procesos geológicos: la **tectónica de placas**.

Hay importantes diferencias con la deriva continental propuesta por Wegener, ya que la tectónica de placas hace referencia a la **litosfera**, que es arrastrada por el movimiento convectivo del manto situado bajo ella. Sin embargo, las deducciones que realizó Wegener sobre los desplazamientos continentales y sus argumentos a favor del moviimiento resultaron acertados.

ACTIVIDADES

14. ¿Qué idea, propuesta por Arthur Holmes en 1929, ha resultado fundamental en la teoría de la tectónica de placas?

	Deriva continental	Tectónica de placas
Mecanismo de movimiento de los continentes	Los continentes se deslizan sobre el fondo oceánico. Los fondos oceánicos permanecen inmóviles.	Las placas litosféricas se deslizan sobre el manto astenosférico. Se desplazan tanto los continentes como los fondos oceánicos.
Fuerza que impulsa al movimiento de los continentes	No hay un mecanismo directo. Se sugiere que la rotación de la Tierra podría ser la causa del movimiento.	Corrientes de convección del manto astenosférico. La expansión del fondo oceánico en los dorsales empuja a los continentes.
Causas de los relieves	Arreglos producidos en el frente de avance de los continentes.	Colisiones entre placas litosféricas.

Las pruebas aportadas por Wegener sobre el movimiento de los continentes siguen siendo válidas, y su propuesta de la existencia del continente único Pangea se ha visto confirmada.

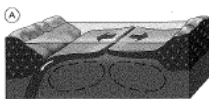
La astenosfera, una capa que no estaba

Cuando, en 1914, **Joseph Barrell** sugirió la existencia de la **astenosfera**, no estaba pensando en una capa sobre la que pudiera deslizarse la litosfera, sino que buscaba una explicación para los movimientos isostáticos, pero con el

Desde el principio se le atribuyó un importante papel en el movimiento de la litosfera; confirmar su existencia con el método sísmico parecía una tarea relativamente sencilla. Incluso se propuso que la convección del manto estaba limitada solamente a esta capa.

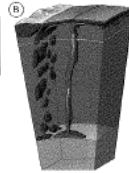
Pero en la década de 1990 empezó a quedar claro que la astenosfera no estaba donde se suponía. No había una capa plástica continua bajo la litosfera. Actualmente, los estudios sísmicos han mostrado que la convección afecta a todo el manto situado bajo la litosfera.

La convección en el manto es la causante del movimiento de las placas litosféricas.



A: Inicialmente se pensaba que la astenosfera era la capa que permitía el deslizamiento de la litosfera, y que podía ser en ella donde se producía la convección.

B: Actualmente se ha comprobado que la convección afecta a todo el manto. La litosfera que subduce representa la parte descendente de la convección.





La convección en el manto es la causante del movimiento de las placas litosféricas.

11 Las placas litosféricas

La litosfera es una capa mixta formada por la corteza y parte del manto superior. Su espesor es variable, en las grandes cordilleras llega a tener 300 km de grosor, ya que los relieves son en realidad un engrosamiento de toda la litosfera, mientras que en los fondos oceánicos su espesor es menor de 100 km. En las dorsales oceánicas, que son zonas de fractura de la litosfera, el manto sublitosférico está prácticamente en la superficie.

Hay dos tipos de litosfera que se diferencian en su composición y en sus propiedades físicas: la **litosfera oceánica** y la **litosfera continental**.

Tipo de litosfera	Grosor	Composición de la corteza	Densidad	Movimiento
Litosfera oceánica	 <p>0 km 50 km 100 km</p>	<p>Más del 90 % de su masa son rocas basálticas.</p> <p>Rocas metamórficas pobres en cuarzo.</p>	<p>El basalto es una roca densa. La litosfera oceánica puede hundirse en el manto.</p>	<p>Se desplaza activamente al formar parte de las corrientes de convección del manto.</p>
Litosfera continental	 <p>0 km 100 km 200 km 300 km</p>	<p>Más del 85 % de su masa son rocas graníticas.</p> <p>Rocas metamórficas ricas en cuarzo.</p> <p>Rocas volcánicas ricas en cuarzo.</p> <p>Rocas sedimentarias.</p>	<p>El granito y las rocas ricas en cuarzo son poco densas. La baja densidad de la corteza continental impide que esta litosfera pueda hundirse en el manto.</p>	<p>Se desplaza pasivamente, empujada por la litosfera oceánica arrastrada por las corrientes de convección.</p>

Si observamos el mapa tectónico de la superficie terrestre podemos apreciar que hay tres tipos de placas según su composición:

- **Placas oceánicas.** Están compuestas únicamente por litosfera oceánica. La placa Pacífica, la placa de Cocos y la de Nazca son de este tipo.
- **Placas continentales.** Están compuestas únicamente por litosfera continental. La placa Árabe es de este tipo.
- **Placas mixtas.** Contienen litosfera continental y oceánica. Es el caso de la mayoría de las placas, como la Euroasiática, la Africana, etc.

Las placas litosféricas de mayor tamaño son mixtas: tienen litosfera continental y oceánica, por lo que forman parte a la vez de las masas continentales y de los fondos oceánicos.

Casi toda la superficie terrestre está ocupada por siete grandes placas mixtas: Norteamericana, Suramericana, Africana, Euroasiática, Pacífica, Antártica y Australiana.

Hay además otras placas de menor tamaño, como las de Nazca, Cocos, India, Caribe, Filipina y Árabe.

A una escala más detallada hay también fragmentos pequeños de litosfera que se mueven empujados por las placas mucho más grandes que los rodean. Es el caso de algunas islas del Mediterráneo, como las Baleares, Córcega, Cerdeña, y otras. Reciben el nombre de **microplacas** o **litosferoclastos**, es decir, fragmentos de litosfera.

ACTIVIDADES

15. ¿La litosfera forma parte de las corrientes de convección del manto o es arrastrada pasivamente por ellas?

16. Te presentan dos muestras de rocas tomadas de dos sondeos, uno realizado en un fondo oceánico y otro efectuado en un continente. La muestra A es oscura, densa, contiene muy poco cuarzo y parece de origen volcánico. La B es de color más claro, contiene mucho cuarzo y es bastante menos densa que otra. ¿Puedes deducir cuál pertenece a cada sondeo?

Pruebas de la tectónica de placas

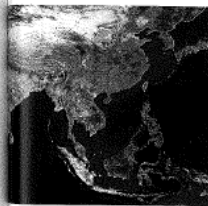
Las numerosas investigaciones realizadas a lo largo de las décadas de 1970 y 1980 mostraron que, fenómenos geológicos como el vulcanismo, la sismicidad, la formación de cordilleras y muchos otros, podían encontrar una explicación en el contexto de la tectónica de placas.

En la década de 1950, el físico y sismólogo Hugo Benioff descubrió que los terremotos que se producían en la costa noreste de América del Pacífico presentaban una distribución peculiar: aquellos cuyo foco sísmico era menos profundo estaban próximos a la línea de costa, y los más profundos se producían tierra adentro, como si se dispusieran en un plano inclinado. Esa superficie inclinada se llamó **plano de Benioff**.

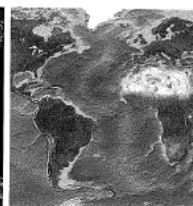


En algunos lugares, como en la zona de la costa noreste de América del Pacífico, los terremotos se disponen sobre un plano inclinado.

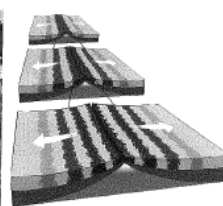
Según la teoría de la tectónica de placas, el plano de Benioff se correspondería con la superficie de una placa litosférica oceánica que se hundía en el manto bajo el continente.



La distribución de volcanes y terremotos coincide con los bordes de las placas litosféricas. El cinturón de fuegos del Pacífico es una zona de intenso vulcanismo y sismicidad que bordea los márgenes de este océano, donde la litosfera oceánica se hunde bajo los continentes que lo rodean. En estas zonas se forman cadenas montañosas e islas de origen volcánico.



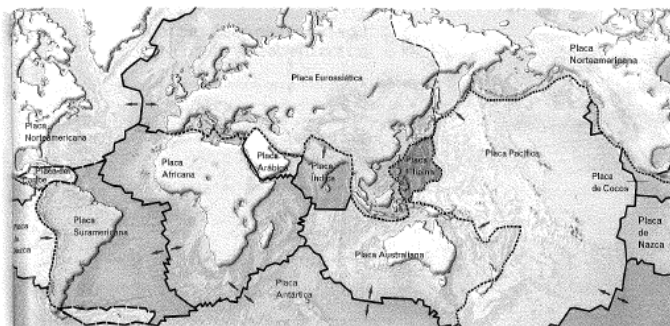
Actualmente es posible medir la velocidad a la que se desplazan los continentes, midiendo variaciones diminutas en el tiempo que tarda un rayo láser en viajar desde un laboratorio hasta otro situado en otro continente, reflejándose en la Luna o en un satélite artificial. Según estas mediciones, Europa y América se separan entre 2 y 6 milímetros al año.



Las dorsales oceánicas presentan una intensa actividad volcánica y sísmica, como corresponde a zonas de fractura de la litosfera. La simetría en las bandas de magnetismo remanente de las rocas es una prueba de que en las dorsales se crea litosfera que es empujada hacia los lados a medida que va surgiendo más material por la dorsal.

Las cadenas montañosas son el resultado de la **cofisión de placas**. Se ha comprobado que la India era una placa independiente cuya deriva la llevó a colisionar con Asia levantando el relieve del Himalaya.

La tectónica de placas aporta el mecanismo que Hutton buscaba, capaz de plegar los sedimentos y levantar con ellos cadenas de montañas.



Movimientos relativos en los bordes de las placas

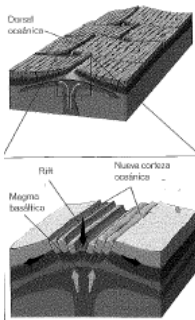
Los **bordes de las placas** son zonas en las que dos o más placas entran en contacto e interactúan entre sí, dando lugar a una intensa actividad geológica: vulcanismo, sismicidad, compresión y distensión de los materiales, subsidencia... y estos procesos son a su vez el resultado del tipo de **movimiento relativo** que se produce en esos bordes.

Tipo de movimiento entre las placas	Tipo de borde resultante	Estructuras geológicas que se producen	Ejemplos	Principales procesos geológicos asociados
Divergente	Constructivo. Se crea nueva litosfera oceánica.	Dorsal oceánica.	Dorsal centroatlántica	Sismicidad moderada. Intenso vulcanismo. Expansión del fondo oceánico.
Convergente	Destrucción. Se destruye litosfera oceánica.	Zona de subducción	Costa del Pacífico en Suramérica	Sismicidad intensa. Vulcanismo. Formación de relieves volcánicos.
	De colisión. Se produce colisión entre continentes.	Órgeno de colisión	Pinnece	Sismicidad. Plegamiento de las rocas. Formación de relieves.
De cizalla	Pasivo o conservador.	Fallo transformante	Falla de San Andrés (California)	Sismicidad.

ACTIVIDADES

17. ¿Qué dos placas están implicadas en la zona de subducción de la costa occidental de Suramérica? ¿Qué cordillera volcánica se ha formado en esa zona como resultado?

18. ¿Qué tipo de movimiento se produce en el límite entre la placa del Caribe y la Norteamericana? ¿Qué procesos geológicos puedan darse en esa zona? ¿Y en el margen oriental de la placa del Caribe?



12 Los procesos geológicos en los bordes de placa

Bordes constructivos. Las dorsales oceánicas

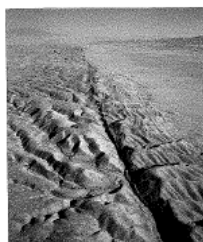
Los bordes constructivos de placa son las dorsales oceánicas. Presentan las siguientes características:

- Son zonas de fractura, de miles de kilómetros de longitud, en las que el material caliente del manto sale a la superficie originando una intensa actividad volcánica fissural.
- El vulcanismo produce grandes volúmenes de basalto, que origina nueva corteza oceánica. Esta corteza queda adherida a la parte más superficial del manto formando una delgada litosfera.
- Las corrientes de convección divergentes producen esfuerzos distensivos que tienden a separar los dos flancos de la fractura, por lo que esta tiende a permanecer abierta favoreciendo la continua salida del magma basáltico.
- La presión que realiza el magma desde el interior levanta los dos bordes de la fractura, que forman el relieve de la dorsal. Entre ambos bordes queda la depresión ocupada por la fractura, que recibe el nombre de rift.
- En la zona del rift, la corteza es delgada y está muy fracturada. El agua del océano se infiltra fácilmente por ella, pero al entrar en contacto con las rocas incandescentes situadas apenas a unos metros de profundidad, es expulsada a muy alta temperatura, formando surtidores hidrotermales.

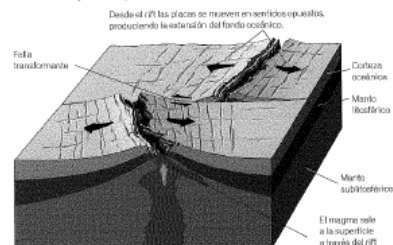
Bordes pasivos. Las fallas transformantes

Las dorsales son fracturas discontinuas y zigzagantes; con frecuencia, una dorsal se interrumpe y continúa unos kilómetros más a la izquierda o a la derecha. En ese caso, la extensión del fondo oceánico hace aparecer una zona de cizalla que recibe el nombre de falla transformante.

La principal característica de las fallas transformantes es un movimiento de cizalla muy activo que produce una fuerte sismicidad.



La falla de San Andrés, en California, es una falla transformante que tiene en uno de sus flancos el continente nortamericano y en el otro la península de California. La sismicidad de este área se debe a la actividad de esa zona de fractura.



Bordes destructivos. Las zonas de subducción

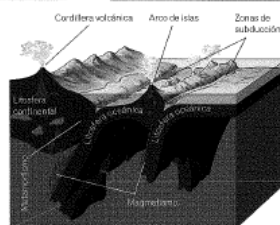
A medida que la litosfera oceánica se aleja de la dorsal donde se formó se va enfriando y se hace más densa.

Su grosor aumenta debido a que el manto sublitosférico se enfría y se va adhiriendo a ella. Finalmente tiene suficiente densidad para hundirse en el manto.

En las zonas de subducción la litosfera oceánica se dobla y se sumerge en el manto. Por ello son zonas de destrucción de litosfera oceánica.

La placa subducente siempre es oceánica, pero la placa cabalgante, que es la que permanece en la superficie, puede ser oceánica o continental. En ambos casos ocurren procesos similares:

- Se destruye litosfera oceánica.
- El empuje de la placa subducente origina una intensa sismicidad.
- Se produce magmatismo por la fusión del basalto de la placa subducente.
- El engrosamiento de la placa cabalgante origina una cordillera volcánica (orógeno térmico) o una alineación de islas volcánicas (arco de islas).
- Se produce metamorfismo por el incremento de la presión y la temperatura.



ACTIVIDADES

19. ¿Dónde será más gruesa la litosfera: en el Pirineo o en la provincia de Burgos? ¿Cuál de ambas zonas experimenta un ascenso isostático más notable?

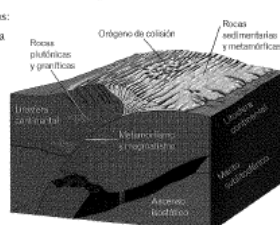
Bordes de colisión. Los orógenos de colisión

La litosfera continental no puede subducir debido a que el granito tiene una densidad insuficiente para hundirse en el manto.

Cuando se produce la colisión entre dos placas continentales, una de ellas queda cabalgada sobre la otra y el movimiento convergente se detiene.

En una zona de colisión ocurren varios procesos geológicos:

- El grosor de la litosfera continental se incrementa, llegando a duplicarse, debido a la superposición de ambas placas.
- Los sedimentos acumulados entre las dos placas antes de su colisión, quedan deformados, fracturados y apilados sobre la zona de sutura entre las dos placas, formando un relieve que recibe el nombre de orógeno de colisión.
- Se produce un ascenso isostático del orógeno por el empuje que realiza el manto sobre la litosfera engrosada.
- La compresión debida al choque y el rozamiento entre ambas placas producen metamorfismo y magmatismo. Se originan emplazamientos de plutones graníticos.
- La colisión provoca en ambas placas grandes fracturas que causan una fuerte sismicidad.



EN PROFUNDIDAD

Sondeos en el fondo oceánico

El *Glomar Challenger* era un barco de 122 metros de eslora que en 1908 fue adaptado para la investigación marina. Se le instaló una torre de perforación de 60 metros de altura, desde la que se podían realizar sondeos en fondos oceánicos de hasta 6000 metros de profundidad.

Estaba equipado con un sistema de posicionamiento dinámico GPS, consistente en un receptor que detectaba constantemente la posición del barco gracias a los satélites GPS, y conectado a un ordenador que calculaba si el barco se encontraba exactamente en el lugar preciso o si había sido desplazado por el oleaje y las corrientes.

El barco tenía cuatro hélices independientes que podían desplazarse rápidamente en cualquier dirección y sentido contrarrestando cualquier desplazamiento. El ordenador controlaba el funcionamiento de las hélices, de forma que el barco podía permanecer inmóvil sobre un punto del fondo oceánico, lo que resultaba imprescindible para realizar los sondeos en zonas profundas del océano, ya que en ellos era necesario extraer periódicamente la tubería para recuperar las muestras o para cambiar la boca, tras lo cual había que continuar el sondeo bajando de nuevo la tubería... y así sucesivamente.

En cada sondeo se proyectaba extraer un testigo continuo; es decir, un cilindro de roca tan largo como la profundidad del sondeo. Para ello se utilizaba un tubo de perforación hueco en cuyo interior quedaba la muestra. Naturalmente, el testigo se obtenía en varios fragmentos, ya que algunos sondeos tenían cientos de metros de profundidad.

Era difícil saber si la tecnología para realizar sondeos a 6000 metros de profundidad desde un barco funcionaría como se esperaba, pero los resultados fueron espectaculares. En el primer año, el *Glomar Challenger* recogió más de 5000 metros de testigo realizando sondeos con una gran precisión, muchos de ellos de cientos de metros de profundidad.

El laboratorio del barco contaba con los últimos adelantos tecnológicos para estudiar las muestras. Podía realizar análisis mineralógicos para saber el origen de las rocas, análisis mineralógicos para averiguar su edad absoluta, análisis paleomagnéticos, y todo tipo de observaciones con microscopios ópticos y electrónicos.

En 1972 el *Glomar Challenger* comenzó una campaña en el Mediterráneo, y una vez más los resultados fueron sorprendentes. Bajo una capa de sedimentos había unos estratos de sal que superaban los 1000 metros de espesor en muchas zonas. ¿Qué podía significar aquello?

Solo había una explicación posible: el Mediterráneo se había secado por completo en algún momento de su historia. La explicación parecía imposible, pero no tardó en ser confirmada por nuevas investigaciones. Hace 6,5 millones de años, el Estrecho de Gibraltar quedó cerrado y el Mediterráneo, privado de su principal fuente de alimentación, se convirtió en un desierto de sal. Permaneció en ese estado durante casi un millón de años, y hace unos 5,5 millones de años volvió a llenarse cuando el Estrecho se abrió de nuevo, permitiendo la entrada del agua desde el Atlántico.



Entre 1968 y 1983 el *Glomar Challenger* realizó innumerables campañas geofísicas en las maras y océanos de todo el mundo. Los resultados de estas campañas cambiaron por completo nuestra visión de la Tierra.

ACTIVIDADES

20. Explica en qué consiste el sistema de posicionamiento dinámico y por qué es necesario un sistema tan sofisticado a bordo de un barco de investigación geológica.

21. Uno de los problemas que se tienen al realizar un sondeo es la temperatura de las rocas, que si es demasiado alta puede estropear el dispositivo de perforación. ¿Dónde es más probable que se encuentre este problema: cerca de la dorsal atlántica o cerca de los bordes del océano? Explica tu respuesta.

22. Explica qué tipo de rocas y sedimentos se extraerán del fondo del Mediterráneo para reconstruir esa historia sobre su desecación y sobre el momento en que sucedió.

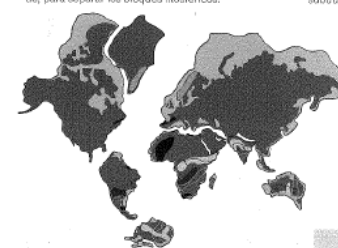
Ciencia en tus manos

Reconstrucción de Pangea

Wegener realizó un trabajo de investigación, correlación y reconstrucción paleogeográfica de una gran envergadura: recorrió diferentes partes del mundo en busca de fósiles, estructuras y formaciones geológicas, y demostró que la única forma lógica de correlacionarlas era aceptando la movilidad continental. Vamos a reproducir su reconstrucción de la Pangea: utilizaremos los resultados de sus investigaciones tratando de correlacionar el contenido fósil y las formaciones geológicas de los distintos continentes.

1. Preparamos el material. En primer lugar debemos hacer una fotocopia muy ampliada del dibujo de los continentes con el aspecto que tenían hace 250 M.a., y del planisferio actual. A continuación recortaremos los continentes antiguos por la línea negra de su borde, para separar los bloques litosféricos.

2. Comparamos con la situación actual. Si superponemos los continentes dibujados con los del planisferio, veremos que ni su tamaño ni su forma encajan bien. Esto se debe a los cambios producidos por la deriva continental, las colisiones entre continentes y la subducción.



- Áreas emergidas actualmente
- Plataformas continentales actuales
- Mares graníticos
- Línea hasta el que llegan los sedimentos glaciares (límites del Carbonífero)
- Dirección de flujo del hielo durante la glaciación del Carbonífero
- Cadenas montañosas antiguas en el hemisferio sur
- Cadenas montañosas del periodo Carbonífero en el hemisferio norte
- Distribución del rifting (línea) Cretácico
- Distribución del rifting (línea) Mesozoico
- Distribución del vegetal fósil Ginkgo



3. Montamos Pangea. Tratamos a continuación de montar el puzle del supercontinente Pangea. Para ello debemos girar y desplazar los continentes de manera que las distribuciones de fósiles, las estructuras y las formaciones geológicas se continúen de la forma más lógica posible. Hay que tener en cuenta que en las plataformas continentales no se han buscado fósiles (están bajo el agua), pero eso no quiere decir que no estén allí.

ACTIVIDADES

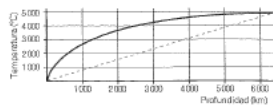
23. Observa el continente suramericano. Actualmente está más curvado, debido a la subducción. ¿En qué costa de este continente se produce subducción, y qué relieve se ha levantado como consecuencia?

24. La India tampoco encaja con Asia si damos a los continentes la forma que tenían hace 250 M.a. ¿Qué ha ocurrido entre estos dos continentes?

25. Observa que en la mayoría de los casos las placas continentales giran sobre sí mismas además de desplazarse. ¿Qué placa es la que ha realizado un giro mayor desde la rotura de Pangea?

Actividades

35. ● ● ● ¿Qué idea introdujo Hutton en la geología? ¿Por qué un evento como el del volcán Parícutín podrá utilizarse como argumento para discutir esa idea?
37. ● ● ● ¿Qué procesos intervienen en el ciclo de las rocas modificando su composición y su aspecto? ¿Cuáles de ellos ocurren en el interior de la Tierra y cuáles en la superficie?
39. ● ● ● ¿Qué procesos son los que conducen los materiales desde la superficie terrestre hacia el interior de la corteza y del manto? ¿Qué procesos son los que pueden originar un relieve?
39. ● ● ● El gradiente geotérmico se atenúa a partir de unos kilómetros de profundidad. ¿Qué temperatura habría en el centro de la Tierra si no se atenúa y la temperatura continúa ascendiendo 30 °C por cada kilómetro de profundidad? Calcula sabiendo que el radio terrestre es de 6 370 km. ¿Qué temperatura se alcanza realmente en el centro de la Tierra?
39. ● ● ● En el extremo de un pasillo de 15 metros de longitud hay un radiador que proporciona al ambiente una temperatura de 26 °C. En el otro extremo del pasillo hay una puerta que da a la calle, donde la temperatura es de 5 °C. Calcula el gradiente que hay entre los dos extremos del pasillo, y represéntalo gráficamente.
31. ● ● ● Observa la gráfica del gradiente geotérmico; la línea no es una recta. ¿Qué significa eso?



- Imagina que el gradiente geotérmico tuviera el aspecto de la línea recta azul de trazos.
- a) ¿La temperatura en el centro de la Tierra sería la misma?
- b) ¿Sería igual el gradiente en la corteza terrestre?
- c) ¿Tendría la misma temperatura el manto superior?
- d) ¿La Tierra en su conjunto tendría más o menos energía térmica? ¿Sería un planeta más activo o menos activo geológicamente?
32. ● ● ● Uno de los tres procesos que generaron calor durante la formación de la Tierra es utilizado por el ser humano para producir electricidad. ¿Cuál es? ¿Puedes describir en pocas palabras el proceso que se sigue para obtener electricidad por ese método?

33. ● ● ● ¿Cuándo se produjo la fusión de la Tierra? ¿Qué consecuencias tuvo este proceso?
34. ● ● ● ¿Dónde hay más rocas sedimentarias: en la corteza continental o en la oceánica? ¿Por qué?
35. ● ● ● El manto terrestre está separado en dos partes de la misma composición.
- ¿Cómo se llaman y a qué profundidad está la discontinuidad que las separa? ¿Cómo se llama esa discontinuidad? ¿En qué se diferencian esas dos partes, si tienen prácticamente la misma composición mineralógica?
36. ● ● ● El núcleo externo y el interno tienen la misma composición metálica, y se diferencian en que el núcleo externo está líquido mientras que el núcleo interno está sólido. Sin embargo, si comprobamos la gráfica del gradiente geotérmico, puedes ver que el núcleo interno está más caliente que el externo.
- ¿Por qué, entonces, no está también fundido?
37. ● ● ● ¿Qué es y cómo se detecta una discontinuidad sísmica? ¿Qué les ocurre a las ondas sísmicas al atravesar una discontinuidad?
38. ● ● ● ¿Qué es la litosfera? ¿Es una capa de composición homogénea? ¿Dentro de qué capa de la Tierra se encuentra su base? ¿Qué tipos de litosfera hay?
39. ● ● ● ¿Qué diferencia importante hay entre el comportamiento de la litosfera y el del manto sublitósferico? ¿Qué relación tiene esa diferencia con el movimiento de los continentes?
40. ● ● ● ¿Qué son las teorías fijistas? ¿Cómo explicaban la formación de relieves?
41. ● ● ● ¿Por qué el hecho de que se encuentren en África y en Suramérica fósiles de la misma especie de reptil se puede considerar una prueba de que estos continentes estaban juntos? ¿No podría vivir el mismo reptil en dos continentes separados? Razona tu respuesta.
42. ● ● ● Según la teoría de Wegener, ¿cuál era el origen de la cordillera de los Andes en Suramérica y de las Montañas Rocosas en Norteamérica?
43. ● ● ● La cantidad de sedimentos en los fondos oceánicos es nula en las dorsales y muy grande en las proximidades de los continentes.
- Explica por qué ese hecho contradice las teorías fijistas, y qué explicación le da la tectónica de placas.

44. ● ● ● En esta fotografía puedes ver unos reflectores de rayos láser que los astronautas de la misión Apolo 11 instalaron en la superficie de la Luna en 1969. Gracias a estos instrumentos se comprobó un año después que, en efecto, los continentes se movían y que Norteamérica se alejaba de Europa a unos cinco centímetros por año. Explica cómo se usaron estos espejos para realizar esa medición.

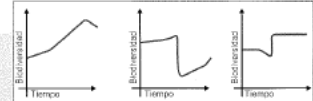


UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

El neocatastrofismo

- A principios del siglo XIX, el geólogo y paleontólogo Georges Cuvier propuso que en la historia de la Tierra habían ocurrido sucesivas inundaciones catastróficas, la última de las cuales habría sido el diluvio universal. Estas inundaciones eran las causantes de extinciones masivas de las formas de vida. Su teoría se llamó **catastrofismo**.
- El catastrofismo se abandonó pronto, pero a lo largo del siglo XX se vio que en la historia de nuestro planeta también había habido eventos catastróficos. Uno muy conocido es el que relaciona un impacto meteorítico hace 65 millones de años con la extinción de muchas especies de seres vivos, entre ellos los dinosaurios. La teoría que trata de valorar la importancia de estas catástrofes en la historia geológica se ha llamado **neocatastrofismo**.
47. ● ● ● La teoría catastrofista suponía que los continentes no habían cambiado de lugar, y era por tanto una teoría fijista. ¿Es también una teoría fijista el neocatastrofismo?
48. ● ● ● Las tres gráficas adjuntas representan la variación del número de especies (biodiversidad) con respecto al tiempo. ¿Cuál de ellas se corresponde con una extinción catastrófica? Razona tu respuesta.

45. ● ● ● Es posible hacer un cálculo aproximado de la intensidad del vulcanismo en la dorsal centroatlántica. El océano Atlántico tiene una extensión de 91 millones de kilómetros cuadrados, y la corteza oceánica que forma su fondo tiene una capa de basalto de unos 2,5 kilómetros de espesor medio.
- a) Con estos datos, calcula cuántos kilómetros cúbicos de basalto hay en el fondo del Atlántico.
- b) Teniendo en cuenta que este océano comenzó a formarse hace 175 millones de años, calcula qué cantidad de basalto ha vertido la dorsal por término medio cada año desde el inicio de su formación.
- c) En realidad, el vertido de basalto no ha sido constante, porque al principio la dorsal era más pequeña. Calcula qué vertido de basalto por año se produce en la actualidad, teniendo en cuenta que en cada año el océano amplía su extensión en unos 40 000 kilómetros cuadrados aproximadamente.
46. ● ● ● Sabiendo que el océano Atlántico aumenta su anchura unos cinco centímetros al año, calcula cuánto ha aumentado la distancia entre Europa y América desde que Colón cruzó este océano en 1492.



49. ● ● ● El catastrofismo de Cuvier se abandonó pronto, pero el neocatastrofismo se ha ido afianzando a lo largo del siglo XX, y continúa aportando interpretaciones valiosas del registro geológico. ¿Cuál crees que puede ser la causa de esta diferencia?
- a) El catastrofismo se basaba en una interpretación de la Biblia, y el neocatastrofismo se basa en la interpretación objetiva de observaciones.
- b) Ambas teorías dicen básicamente lo mismo, pero el neocatastrofismo es más actual.
- c) Ambas son teorías científicas, e igual que se abandonó el catastrofismo, tal vez se abandone próximamente el neocatastrofismo.
50. ● ● ● La interpretación de las rocas ha permitido reconocer que en la historia de la Tierra ha habido en efecto, algunas inundaciones catastróficas, aunque ninguna a escala de todo el planeta. Ninguna de esas inundaciones se ha atribuido al diluvio universal, ¿a qué crees que es debido?

ACTIVIDADES INICIALES

GRANDES CAPÍTULOS DE CONTENIDOS DEL TEMA A TRATAR

1. Las teorías orogénicas.
 - a. Fijistas
 - b. Movilistas
2. Los precedentes de la TTP
 - a. La Teoría de la Deriva Continental
 - b. La expansión del Fondo Oceánico.
3. La Teoría de la Tectónica de Placas.
 - a. Postulados principales
 - b. Placas más importantes.
 - c. El movimiento de las Placas. Tipos de bordes: Constructivos, Destructivos y Pasivos.
 - d. Zonas intraplaca. Puntos calientes.
 - e. El ciclo de Wilson
 - f. La causa del movimiento de las placas: Las corrientes de convección.
4. Fenómenos relacionados con la tectónica global.
 - a. Orogénesis
 - b. Sismicidad.
 - c. Volcanes.

CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTOS PREVIOS

1. Realización de mapas conceptuales para que el alumno vea como se organizan los contenidos.
2. ¿Qué puedes decir de...?
 - montaña
 - continente
 - tectónica
 - océano
 - magma
 - volcán
 - litosfera
 - geodinámica
 - lava
3. ¿Cuáles son las capas de la Tierra? ¿Cómo interactúan unas con otras?
4. ¿La distribución de las tierras emergidas ha sido la misma a lo largo de la historia de la Tierra?
5. ¿Qué manifestaciones conoces de la actividad interna de la Tierra?
6. ¿Cómo se forman las montañas?
7. Es posible que en alguna ocasión hallas visto estratos plegados. ¿Qué puede haber originado fuerzas de tales características?
8. ¿Están los continentes inmóviles o en movimiento?
9. ¿Qué son las placas litosféricas?
10. ¿Qué materiales arrojan los volcanes?
11. ¿Se puede predecir un terremoto?

ACTIVIDADES DE APOYO EN EL DESARROLLO DEL TEMA

1. La lombriz de tierra se encuentra distribuida por Asia, Europa y la costa occidental de América. Puesto que el mar es un escollo insalvable para este tipo de animales, ¿cómo explicas una distribución tan dispersa?
2. ¿Por qué aumenta el espesor de los sedimentos conforme nos alejamos de la dorsal?
3. ¿Por qué si en las dorsales se genera continuamente nueva litosfera oceánica, la superficie total de la Tierra no aumenta?
4. Indica qué pruebas demuestran que el fondo oceánico se construye en las dorsales y se destruye en las fosas.
5. Indica si son oceánicas, continentales o mixtas cada una de las grandes placas.
6. Consulta el mapa de placas y señala el tipo de movimiento (divergencia, convergencia o deslizamiento lateral) que existirá en los diferentes límites de placa.
7. ¿Cuál es el motor del movimiento de las placas?
8. ¿Quiénes están más a salvo de catástrofes sísmicas o volcánicas, las personas que habitan en el centro de una placa o cerca de sus bordes?
9. ¿Por qué las zonas inestables de alta actividad sísmica y volcánica se corresponde con la localización de cordilleras de plegamiento reciente y con grandes líneas de fractura?
10. A partir de la TTP, explica cómo se formaron el Himalaya, el océano Atlántico y el arco de las islas Marianas.

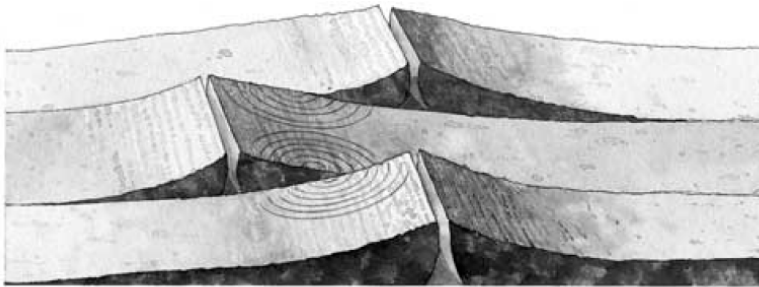
ACTIVIDADES RESUMEN

1. ¿Cuál de las hipótesis sobre el mecanismo impulsor de las placas crees que es más compatible con el modelo del interior de la Tierra?
2. ¿Qué diferencias básicas hay entre la teoría de la Deriva Continental de Wegener y la TTP?
3. Explica la relación entre los bordes de placa litosféricos y la localización de la mayor parte de los epicentros de los terremotos que se registran.
4. Tomando como base la TTP, elabora una hipótesis sobre lo que ocurrirá dentro de algunos millones de años con la región de los valles intracontinentales del este de África.
5. Cita 5 lugares de la Tierra dónde existan bordes destructivos, las placas que interaccionan en cada caso y describe las características geológicas que se dan en cada uno de ellos.
6. ¿Qué estudia la TTP?
7. ¿Qué observaciones fueron necesarias para el desarrollo de la TTP?
8. Describe brevemente las pruebas de la expansión del fondo del mar.
9. ¿Qué lugares geográficos nos indican que estamos ante la presencia de un límite de placas?
10. ¿Cuáles son los tipos de límites de placas?
11. ¿Cómo se forman los límites divergentes?
12. ¿Cómo actúan las placas en los límites transformantes?
13. Un terremoto se produce a 5 km de la fosa y hacia el interior del continente, otro lo hace a 100 km de la fosa y también hacia el interior del continente. ¿Cuál de los dos tiene más posibilidades de que su foco sea superficial? Razona y haz un esquema explicativo.
14. ¿Qué tipo de corteza puede entrar en contacto en los límites convergentes?
15. Al contrario que en los fondos oceánicos, la corteza continental suele presentar en su zona central las rocas más antiguas, rodeadas en sus bordes por rocas más recientes. Explica a qué se debe esto.
16. Explica el ciclo de Wilson.

ACTIVIDADES PARA CONSOLIDAR Y APLICAR CONOCIMIENTOS

ACTIVIDADES DE CONSOLIDACIÓN

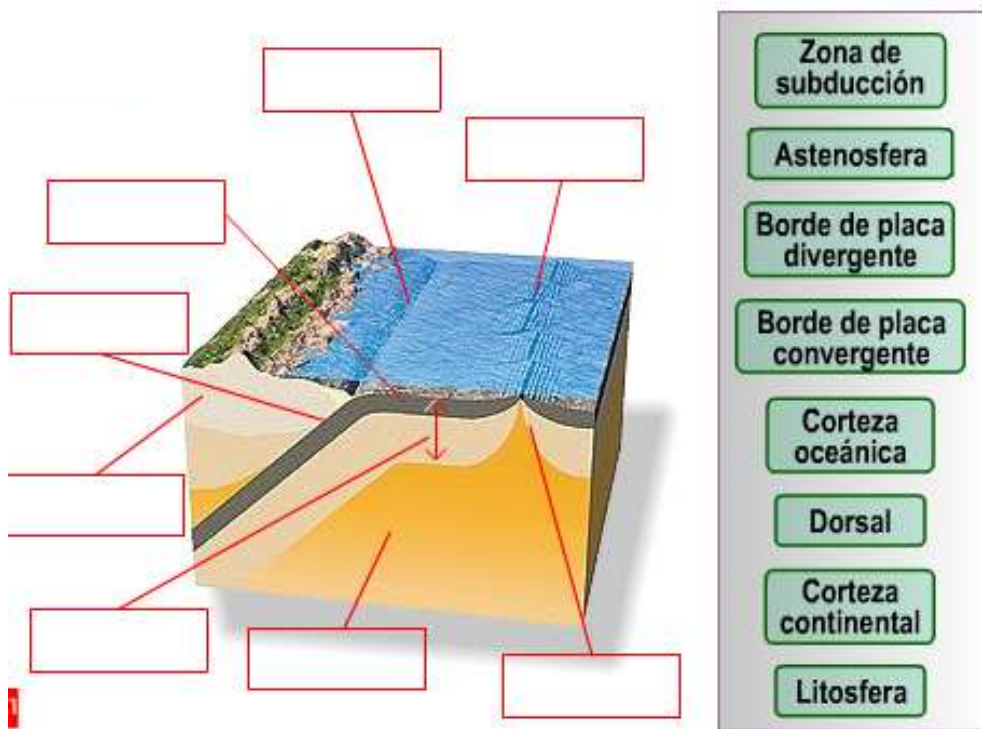
1. ¿Cómo se explica que la edad de las rocas continentales más antiguas sea de unos 4.000 millones de años y sin embargo no se hayan encontrado rocas en el fondo oceánico con edad superior a los 185 millones de años?
2. ¿Cómo se explica que en las fallas transformantes sólo se produzcan terremotos en la zona comprendida entre los rifts de la dorsal, tal y como se señala en la figura siguiente?



3. ¿Qué diferencias fundamentales existen entre las teorías movelistas y las fijistas para explicar el movimiento de las placas litosféricas?
4. ¿De qué fases del ciclo de Wilson son representativas las siguientes zonas de la Tierra?:
 - Mar Rojo.
 - Región de los grandes lagos africanos.
 - Océano Atlántico.
 - Región de los Andes y fosa de Perú-Chile.
 - Cordillera del Himalaya.

EJERCICIO ADICIONAL RECOGIDO POR ESCRITO

1. COMPLETAR EL SIGUIENTE DIBUJO:



2. BUSCA 10 TÉRMINOS RELACIONADOS CON LA TECTÓNICA DE PLACAS. 5 ESTÁN RELACIONADOS CON LA CONVERGENCIA Y OTROS 5 CON LA DIVERGENCIA:



3. MARCA LA RESPUESTA CORRECTA:

- ❖ Las placas litosféricas que forman la superficie terrestre están formadas por:
- ☐ Corteza oceánica y manto.
 - ☐ Corteza oceánica y litosfera.
 - ☐ Corteza oceánica, corteza continental y manto.
- ❖ Los bordes de placa en los que se producen movimientos convergentes de dos placas se localizan en:
- ☐ Las dorsales.
 - ☐ Las zonas de subducción.
 - ☐ Las fallas transformantes.
- ❖ Las fallas transformantes son bordes de placa divergentes:
- ☐ Verdadero.
 - ☐ Falso.
- ❖ En su desplazamiento, las placas litosféricas flotan sobre una capa de material semifundido que se llama:
- ☐ Manto.
 - ☐ Astenosfera.
 - ☐ Pluma mantélica.
- ❖ El movimiento de las placas litosféricas es producido por:
- ☐ Corrientes de convección del manto y la astenosfera.
 - ☐ Deslizamiento por gravedad de las placas.
 - ☐ Arrastre de las placas desde las zonas de subducción.
 - ☐ Todas son verdaderas.
- ❖ La creación de litosfera oceánica tiene lugar en:
- ☐ Las dorsales.
 - ☐ Las zonas de subducción.
 - ☐ Las fallas transformantes.
- ❖ La destrucción de litosfera en las zonas de subducción va acompañada de intensa actividad:
- ☐ Sísmica.
 - ☐ Volcánica.
 - ☐ Ambas.
- ❖ El proceso de acreción continental consiste en la acumulación de:
- ☐ Sedimentos oceánicos.
 - ☐ Corteza oceánica.
 - ☐ Litosfera oceánica.
- ❖ Los procesos de reajuste isostático consisten en:
- ☐ El engrosamiento de la corteza continental.
 - ☐ La elevación de la litosfera hasta el nivel de equilibrio.
 - ☐ La intrusión de la litosfera en la astenosfera.
- ❖ ¿Cuáles de las siguientes estructuras de deformación son debidas a esfuerzos compresivos?
- ☐ Pliegues y fallas normales.
 - ☐ Pliegues y fallas inversas.
 - ☐ Sólo pliegues.

ACTIVIDADES DE APLICACIÓN

1. Lectura: Vigilancia de los riesgos Sísmicos y Volcánicos.

◆ TÉCNICA: VIGILANCIA DE LOS RIESGOS SÍSMICOS Y VOLCÁNICOS

Los terremotos y la actividad volcánica pueden resultar muy destructivos para el ser humano. Para evitar las catástrofes, se necesita saber el momento y el lugar precisos donde va a tener lugar un seísmo o la erupción volcánica, para, al menos, evacuar a la población. Los científicos saben de la importancia de una estrecha vigilancia de las zonas propensas a sufrir acontecimientos geológicos de este tipo.

PROCEDIMIENTO

A. Predicción de terremotos. Se basa en un preciso conocimiento de la geología de la región, en el estudio de la frecuencia con que históricamente se han producido los seísmos y en la evaluación de ciertas variaciones locales (premonitores sísmicos) que se producen en un territorio algún tiempo antes de que se produzca uno de estos acontecimientos.

En la actualidad, se cree que es mejor localizar, en mapas detallados, las zonas de la Tierra en las que es mayor el riesgo sísmico (la probabilidad de que se produzcan terremotos).

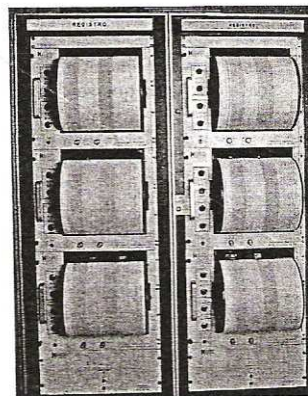
B. La vigilancia de los volcanes. Para evaluar el riesgo de erupciones, es necesaria una estrecha vigilancia de los volcanes que tenga en cuenta los siguientes aspectos:

- Detección de terremotos en el volcán.
- Estudio de las deformaciones verticales y horizontales del suelo.
- Comparación de las variaciones del campo magnético terrestre dentro y fuera del campo volcánico.
- Registro continuo del flujo térmico total en el área del cráter, en los pozos de agua cercanos al volcán, etc.
- Análisis de las emanaciones gaseosas de las fumarolas y aguas termales.

Las variaciones en alguno de esos aspectos podrían indicar la inminencia de una erupción.

PREMONITORES SÍSMICOS

- Ligera elevación del terreno.
- Cambios en la transmisión de corriente eléctrica de las rocas de la zona.
- Cambios en el campo magnético de la zona.
- Aumento de la emisión de gas radón.
- Aumento de la cantidad de micro-seísmos locales.

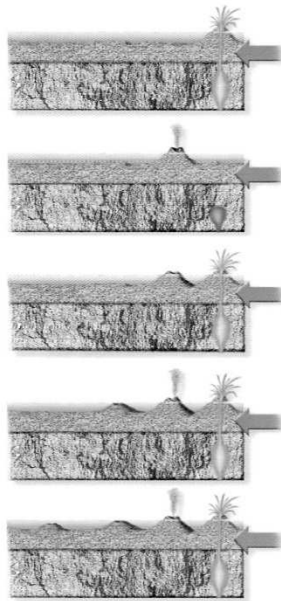


El más débil temblor de tierra queda registrado por los sofisticados sismógrafos de la amplia red de vigilancia sísmica terrestre.

2. Modelización mediante ordenador de los aspectos vistos en el tema.

3. Estudio sobre puntos calientes.

Los puntos calientes



Funcionamiento de un punto caliente.

Si observas el mapa de distribución de volcanes y lo comparas con el de placas, podrás apreciar que existen zonas con actividad volcánica, como Hawái, las islas Canarias, Yellowstone y África oriental, que no se hallan situadas cerca de un borde de placa. Al parecer, su origen no está relacionado con el desplazamiento de las placas, sino con su localización sobre unas zonas especiales del manto denominadas **puntos calientes**.

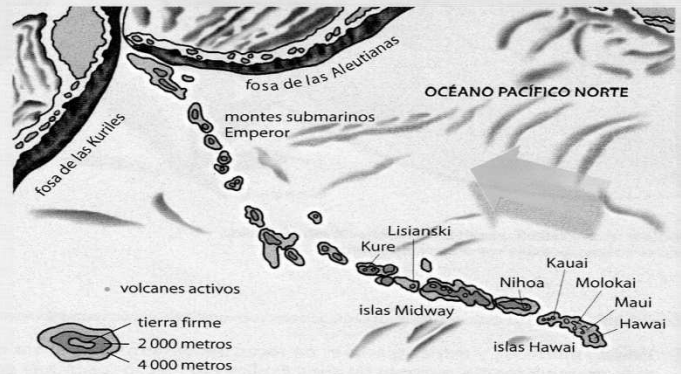
Según se cree, estos puntos se originan por el ascenso de una columna de materiales a elevada temperatura procedente del manto inferior. Cuando esta columna se acerca a la litosfera, al bajar la presión, comienza a fundirse y emite magmas al exterior. La composición de estos magmas difiere de la de los basaltos que emergen por las dorsales, ya que provienen del manto profundo.

Aunque el origen de los puntos calientes no parece tener relación con el movimiento de las placas, sí aportan, en cambio, una prueba concluyente a favor de la tectónica de placas. El punto caliente está fijo y emite intermitentemente magma a una capa superior, la litosfera, que está en movimiento, como se indica en la figura.

Cuando el punto caliente vuelve a emitir magma tras un período de «reposo», el volcán que le había servido anteriormente de vía de escape se habrá desplazado, con lo cual necesitará abrir otra salida y se formará así un nuevo volcán. Este proceso, repetido a lo largo de millones de años, acabará originando un archipiélago con forma lineal.

Investigación

En la figura se muestra la distribución de las islas Hawai y Midway. La flecha señala la dirección de desplazamiento de la placa pacífica. Responde a las siguientes cuestiones:



- ¿Qué isla será la más reciente del archipiélago y cuál la más antigua?
- En Hawai existe actualmente un volcán activo, el Kilauea, principal vía de escape del punto caliente. ¿En qué isla se encontrará?
- ¿Por qué las islas del noroeste son más bajas y están sumergidas?
- ¿Por qué los montes submarinos Emperor no se encuentran en línea recta, con respecto a las Hawai, si todas las islas proceden del mismo punto caliente?

4. Estudio de la magnitud y localización del epicentro de un terremoto.

Calcular la magnitud de un sismo y la localización del epicentro

En algunas regiones de la Tierra existe gran actividad sísmica provocada, en la mayor parte de los casos, por fallas, que son desgarres del terreno que aparecen en zonas sometidas a empujes distintos. A lo largo de los años se acumulan tensiones y en un momento determinado se libera la energía de forma violenta, provocando el movimiento de los bloques de la falla y la aparición de un gran terremoto.

¿Cómo se puede calcular la magnitud de un sismo, medida en la escala de Richter, y dónde se localiza el epicentro?

MATERIAL NECESARIO

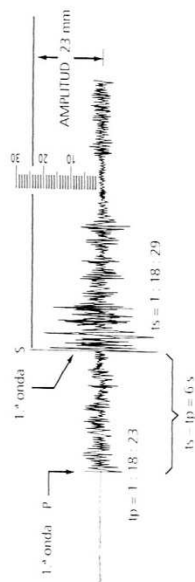
Sismogramas
Mapa mundi
Nomograma para el cálculo de la magnitud
Gráficas para el cálculo de la distancia al epicentro

PROCEDIMIENTO

1. Cálculo de la magnitud de un sismo

Los sismos se detectan mediante los sismógrafos, que son aparatos que registran en una gráfica, llamada sismograma, la hora de llegada de los diferentes grupos de ondas sísmicas P, S y L y la amplitud de sus vibraciones. La **magnitud**, que es la medida de la energía liberada por el sismo, se puede calcular a partir de los datos que proporciona el sismograma:

- En primer lugar, se calcula el **desfase** entre el tiempo de llegada de las ondas P (t_p) y el de las ondas S (t_s), y se expresa en segundos ($t_s - t_p$).
- En segundo lugar, se mide con una regla la **amplitud máxima** de las ondas S y se expresa su valor en milímetros.



- Con estos datos (amplitud y tiempo de desfase), se puede calcular la **magnitud** en la **escala de Richter**. Para ello, se puede utilizar el **nomograma** de la **figura 1**, que es una representación gráfica que permite realizar con rapidez cálculos numéricos, ya que facilita la lectura de una variable dependiente (la magnitud) en función de dos variables independientes: el tiempo de desfase S-P (o la distancia al epicentro, ambas se sitúan en el mismo eje) y la amplitud máxima de las ondas S. La magnitud del sismo se obtiene al unir con una recta el tiempo del desfase ($t_s - t_p$) expresado en segundos (o la distancia al epicentro, expresada en kilómetros) y la amplitud máxima de las ondas S, expresada en milímetros (en este caso, el nomograma admite un desfase máximo de 50 s o una distancia máxima al epicentro de 500 km).

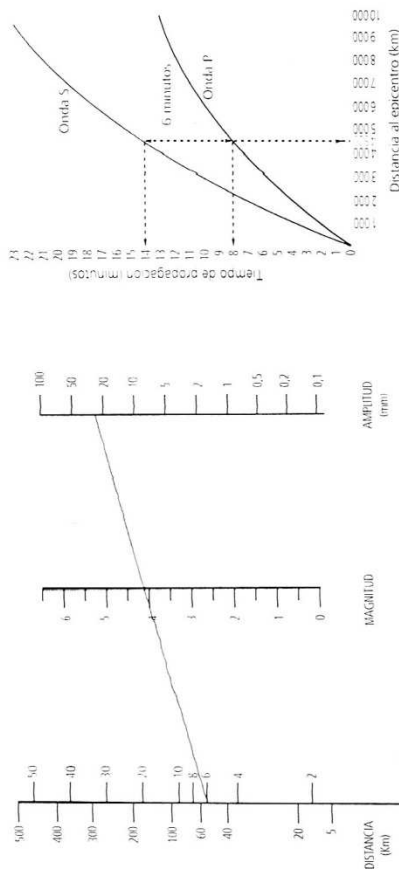


Figura 1. Un sismo en el que la amplitud máxima de las ondas S es de 23 mm y cuyo desfase entre los tiempos de llegada de las ondas P y las ondas S es de 6 segundos, tiene una magnitud aproximada de 4,1 en la escala de Richter.

2. Localización del epicentro de un sismo

Para averiguar la **distancia al epicentro** de un sismo se calcula el **desfase** ($t_s - t_p$) en los tiempos de llegada de las ondas P y S (distinto para cada observatorio), medidos en el sismograma, que se corresponden de en la gráfica de la **figura 2** con un punto situado a una distancia determinada (también se puede calcular con el nomograma de la **figura 1**, pero solo se aprecia una distancia máxima de 500 kilómetros, ya que el tiempo de desfase S-P viene dado en segundos).

Ahora bien, la información proporcionada por cada sismograma significa que el epicentro puede estar situado en todos los puntos de una circunferencia cuyo centro es el observatorio y cuyo radio es la distancia. Por ello, la localización del **epicentro** en un **mapa** requiere, al menos, **tres registros sismográficos** procedentes de **tres observatorios distintos**: el **epicentro** se sitúa en el **punto de intersección** de las tres circunferencias (para calcular el radio de cada circunferencia hay que tener en cuenta la escala del mapa).

Figura 2. El desfase entre el tiempo de llegada de las ondas P y el de las ondas S aumenta cuanto mayor es la distancia entre el observatorio y el epicentro.

APLICA EL PROCEDIMIENTO

1. Calcula la magnitud del sismo registrado en el sismograma de la **figura 3**.
2. Localiza el epicentro de un sismo registrado por tres observatorios sismológicos distintos con los datos que figuran en la siguiente tabla:

Hora del sismo	TIEMPO DE LLEGADA	DESFASE	DISTANCIA
2 h 30' 00" pm	(en minutos y segundos)	(en km)	
STUTTGART (ALEMANIA)	P 2 h 36' 15" S 2 h 41' 00"		
NEW YORK (EE.UU.)	P 2 h 37' 30" S 2 h 43' 15"		
RIO DE JANEIRO (BRASIL)	P 2 h 41' 00" S 2 h 49' 30"		

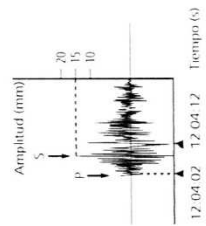


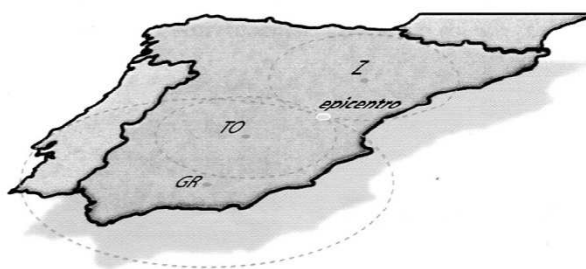
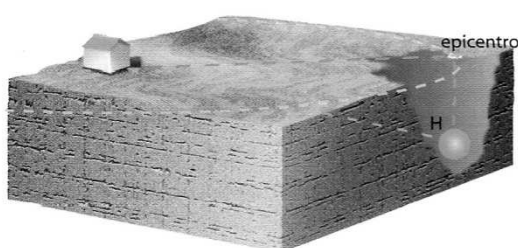
Figura 3.

Estudio de los terremotos

Localización del epicentro de un terremoto

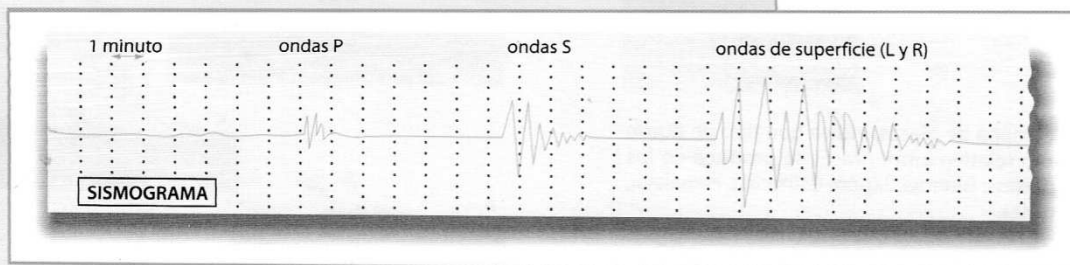
Si dos vehículos parten de un mismo punto A con velocidades constantes y conocemos la diferencia de tiempo con la que llegan a otro punto B, no es difícil calcular la distancia que separa ambos puntos. Se puede aplicar el mismo proceso con las ondas P y S. Si se conoce el retraso entre la llegada de ambos tipos de ondas, podemos calcular la distancia a la que

se encuentra el epicentro del terremoto. Ahora bien, esta medición no determina en qué punto concreto se produjo la sacudida; tan sólo indica que el epicentro se encuentra en un punto cualquiera de una circunferencia con centro en la estación sismográfica y radio la distancia calculada. Para ello, es preciso utilizar los registros de, al menos, tres sismógrafos.



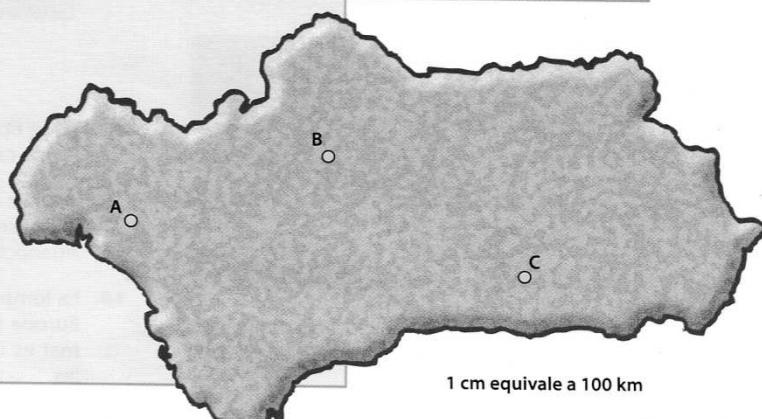
Investigación

1. En este sismograma puedes observar la diferencia entre la llegada de las ondas P y S. Sabiendo que la velocidad media es de 6 y 3,5 km/s, respectivamente, calcula la distancia del epicentro a la estación sismográfica.



2. Los sismógrafos A, B y C han detectado un terremoto. Si el epicentro se encuentra a 320, 140 y 460 km, respectivamente, de cada una de las estaciones:

- a) Calcula el punto en el que se produjo el terremoto.
- b) Si éste tuvo lugar a las 11 h 20 min, ¿a qué hora llegaron las primeras ondas P a cada una de las estaciones? ¿Y las ondas S?



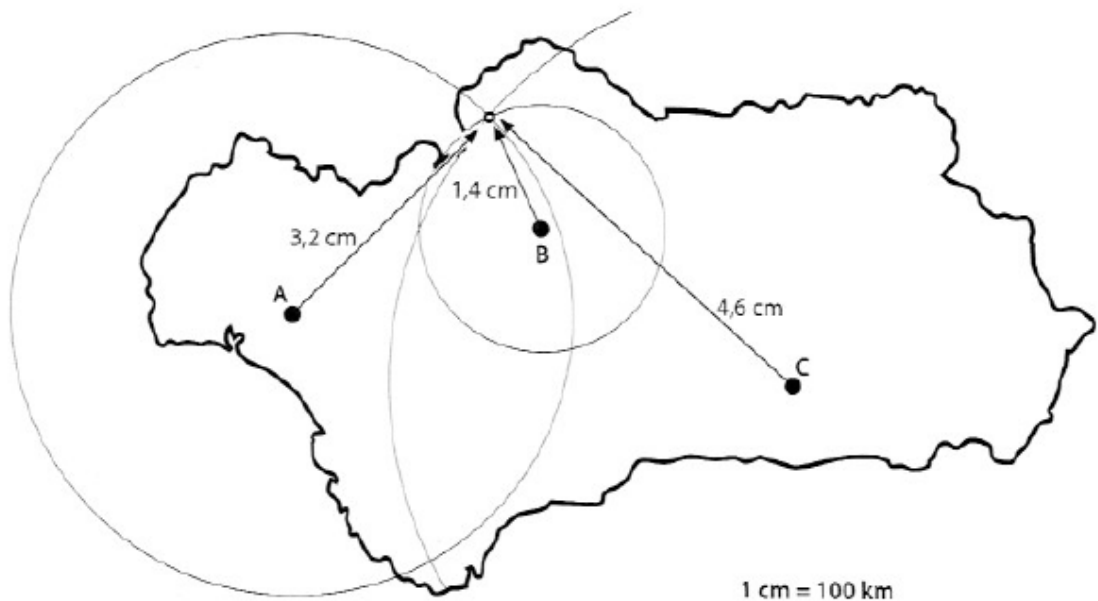
SOLUCIÓN:

1. La distancia del epicentro a la estación sismográfica se calcula fácilmente teniendo en cuenta que el espacio recorrido por ambas ondas es el mismo, que las ondas S han llegado seis minutos más tarde que las E (360 segundos). El espacio recorrido por las ondas P equivale al espacio recorrido por las ondas S:

$$\begin{aligned}v_p \cdot t_p &= v_s \cdot t_s \\6 \text{ km/s} \cdot t_p &= 3,5 \text{ km/s} \cdot (t_p + 360 \text{ s}) \\t_p &= 504 \text{ s}\end{aligned}$$

En consecuencia el espacio recorrido es $6 \cdot 504 = 3024$ km.

2.



5. USO E INTERPRETACIÓN DE MAPAS

a) Sobre un mapa mudo reconocer los diferentes bordes de placa, el nombre de las placas más importantes y marcar las zonas de riesgo sísmico y volcánico.

- ¿Observas algo de particular en su distribución?
- ¿Dónde se localizan principalmente los terremotos y los volcanes?
- ¿Podrías dar una explicación a esta distribución?

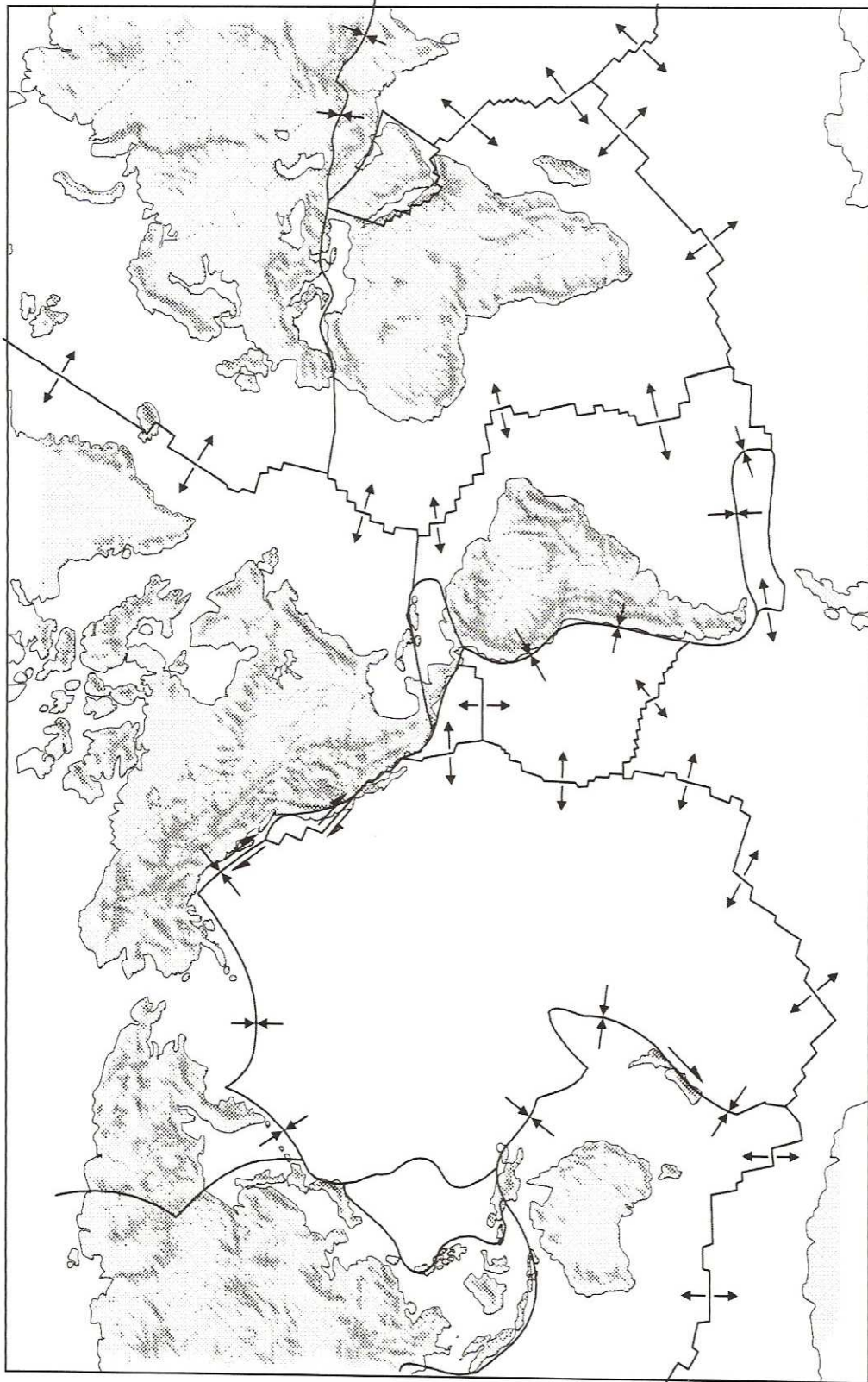
1. En un mapa mudo señala las cordilleras surgidas durante las principales orogenias. Responde:

- ¿Qué tipo de cordilleras existen?
- ¿En qué situación se forma cada una?

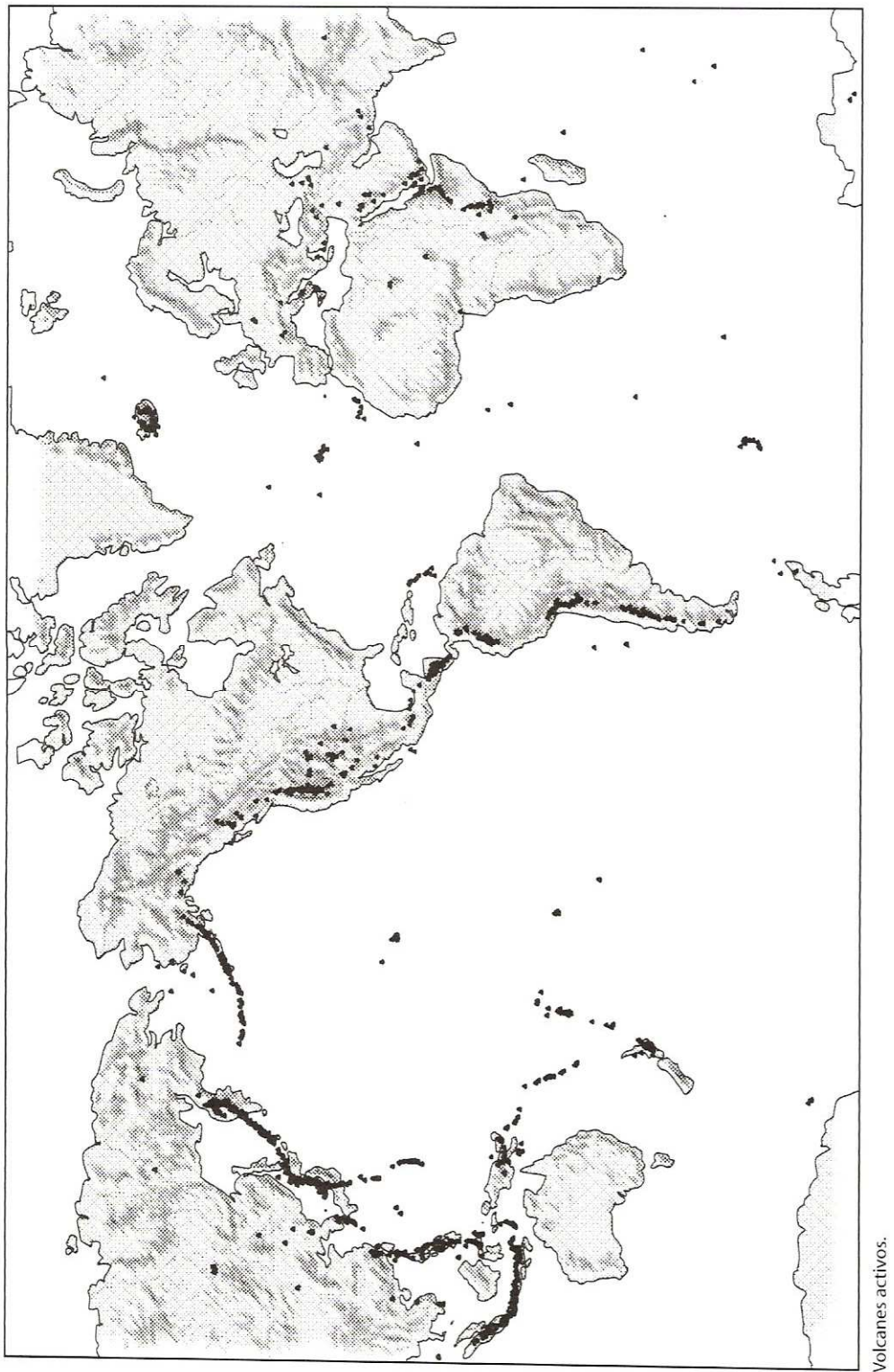
MAPA MUDO



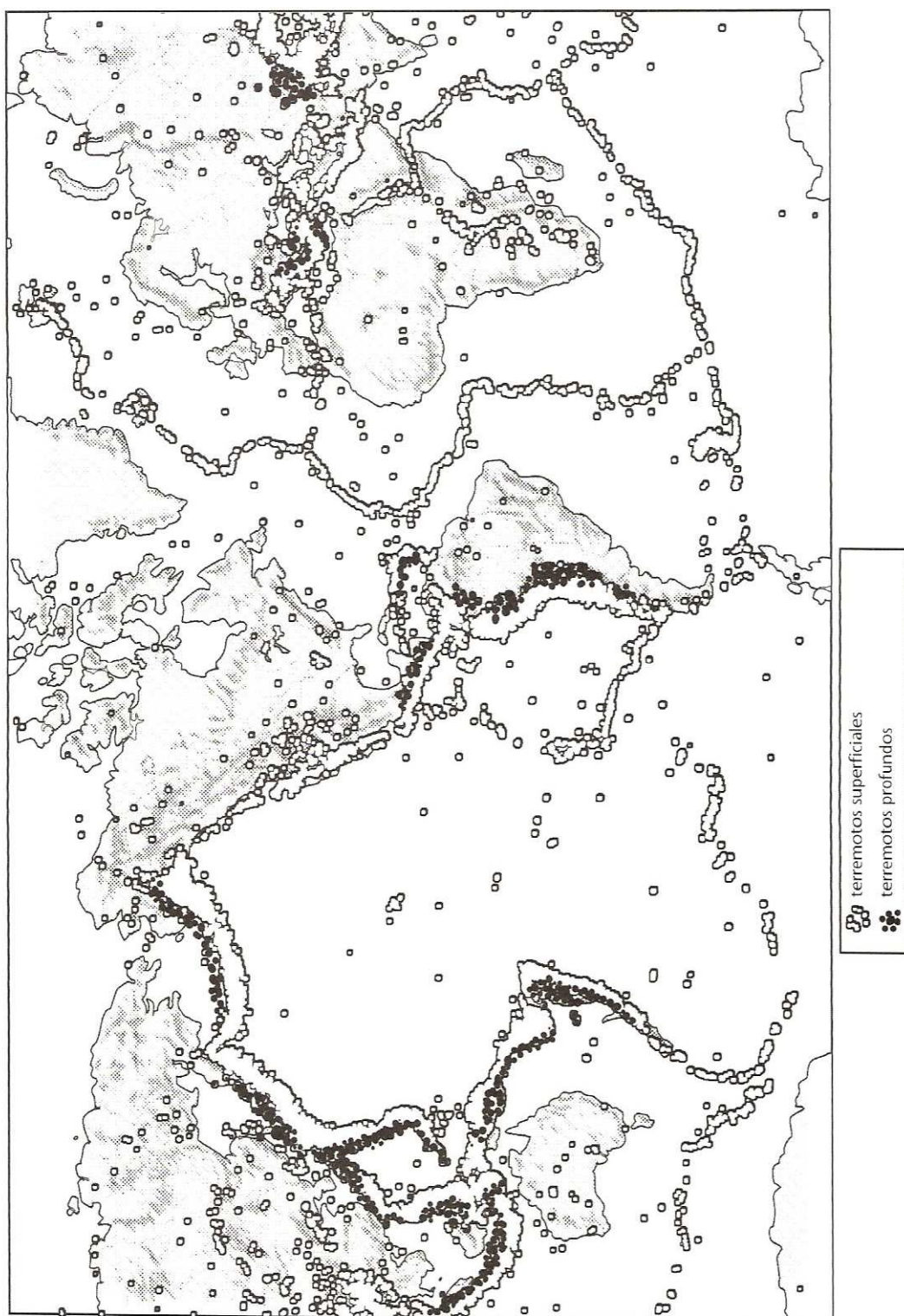
MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE PLACAS



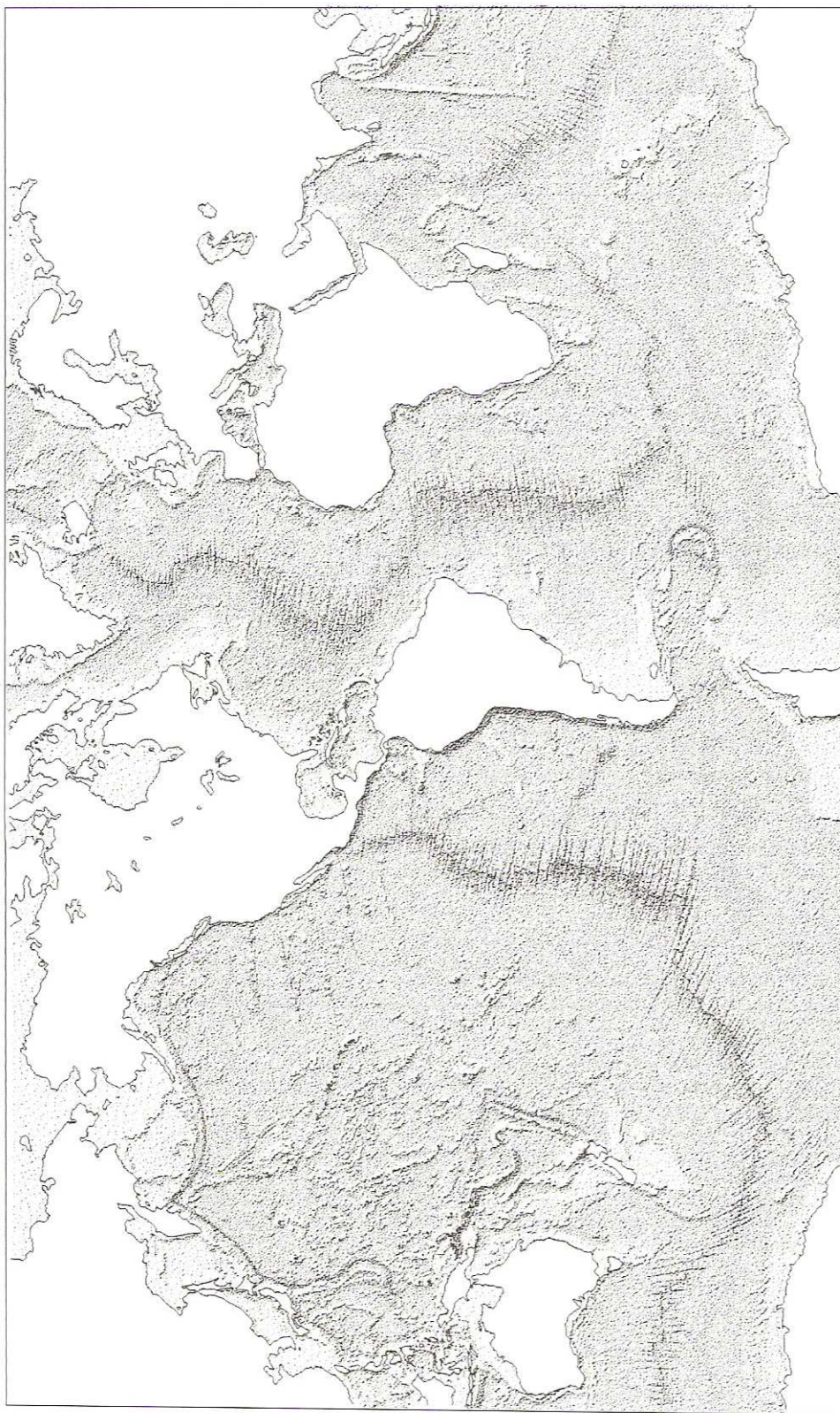
MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE VOLCANES



MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TERREMOTOS

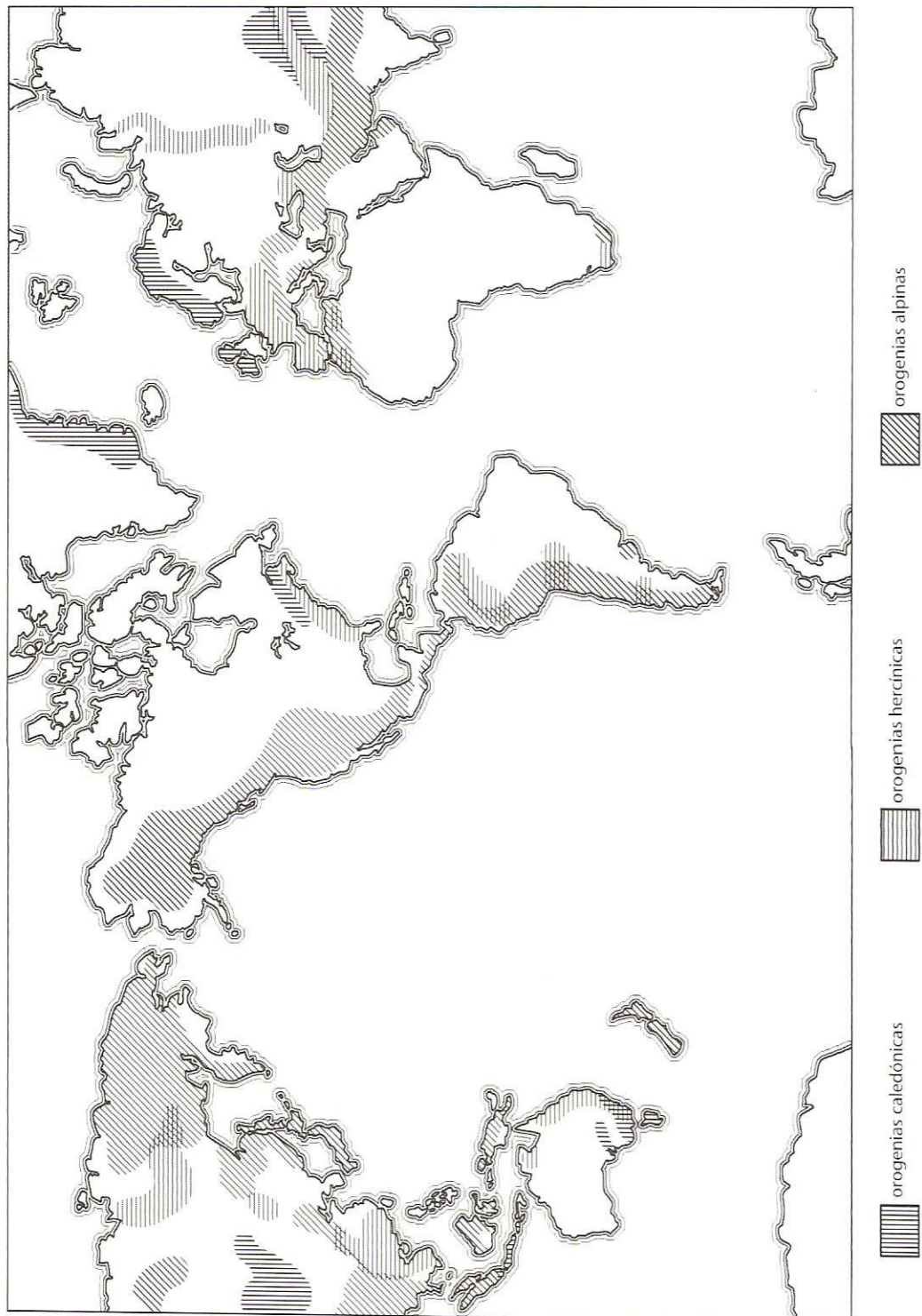


MAPA DE LOS FONDOS OCEÁNICOS



CORDILLERAS SURGIDAS DURANTE LAS PRINCIPALES OROGENIAS

Localiza en un atlas los nombres de las cordilleras pertenecientes a las distintas orogenias.



ACTIVIDADES DE REFUERZO

1. Explica qué argumentos paleontológicos utilizó Wegener para avalar su teoría.
2. ¿Qué aclaraciones se hacen en la actualidad respecto al mecanismo de la isostasia?
3. ¿En qué consiste el bandeo magnético de las rocas del fondo oceánico y cómo se explica a la luz de la teoría de la extensión del fondo oceánico? Dibuja un esquema.
4. ¿Qué tipo de convergencia se da en la región representada en la figura? ¿Qué características diferenciales tiene este tipo de convergencia?



5. ¿Dónde crecen los continentes y cuáles son los principales procesos que los hacen crecer?
6. ¿Por qué suele decirse que la tectónica de placas es «hija de los océanos»? ¿Qué papel ha desempeñado la tecnología en esta afirmación?
7. ¿Cuáles son los principales procesos que ocurren en un orógeno de tipo alpino?
8. Además de los puntos calientes, ¿qué otro origen puede tener el vulcanismo intraplaca?
9. A partir de mapas mudos identificar el tipo de límite de placa. En cada una de ellas identificar las distintas estructuras asociadas.
10. Rotular sobre un mapa mudo los nombres de las placas litosféricas más importantes.
11. Esquematizar el ciclo de Wilson.

ACTIVIDADES DE AMPLIACIÓN

1. Simulación de una erupción volcánica (MONOGRÁFICO: Actividades para la enseñanza-aprendizaje de los fenómenos asociados a la Tectónica de Placas y el desarrollo de competencias - Simulador Volcano Explorer. Observatorio tecnológico Escuela 2.0. Ministerio de Educación)

Esta actividad se realizará utilizando el simulador Volcano Explorer.

Al entrar en el simulador aparece una pantalla como la que se muestra en la figura 3. En ella se puede observar una perspectiva global de la Tierra en movimiento, la cual nos muestra los límites de las placas y la distribución del vulcanismo. La pantalla principal muestra otras opciones como son los tipos de volcanes, que pulsando sobre ella podemos acceder a los distintos volcanes que nos muestra el simulador, otra de las opciones que tenemos es observar la estructura interna de un volcán con cada una de sus partes. Finalmente tenemos la opción de construir nuestro propio volcán, que es donde se desarrolla la mayor parte de la interacción, al pulsar sobre ella, la pantalla nos muestra dos escalas una de viscosidad y otra de contenido de gases, una vez elegidas las condiciones de viscosidad y gas que queremos, pulsaremos “start eruption” y podremos visualizar en la pantalla el volcán. El volcán creado se nos mostrará en pantalla (Fig. 5 y 6), así como datos sobre el material arrojado o el tipo de manifestación volcánica (flujos piroclásticos, lahares, coladas de lava, nubes de cenizas, etc), pulsando sobre estos datos se desplegará un texto aportándonos más información sobre ellos.



Fig. 3. Interfaz de Volcano Explorer, pantalla principal

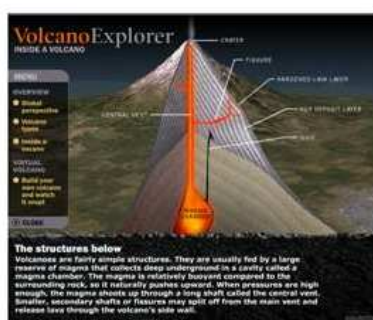


Fig. 4. Partes del volcán



Fig. 5. Ejemplo de volcán simulado.
Hawaiano.



Fig. 6. Ejemplo de volcán simulado.
Pliniano.

Se responderá a las siguientes cuestiones, para ello se modificará los valores de viscosidad y contenido de gases para crear distintos volcanes:

2.1 ¿Qué ocurre cuando la viscosidad del magma es mayor que el contenido de gases?

2.2 ¿Y si el contenido de gases es mayor que la viscosidad?

2.3 ¿Qué tipo de volcanes y erupciones se han producido variando estos parámetros?

2.4 Una de las simulaciones tiene similitudes con la reciente erupción del volcán de Islandia ¿Qué daños pueden provocar las erupciones volcánicas?

2.5 Localiza en el globo terrestre Islandia y emite una hipótesis sobre el origen de este volcán.

Comentario

El objetivo de esta actividad es que el alumno comprenda que la distribución geográfica del vulcanismo no es aleatoria sino que la mayor parte de los volcanes se localizan en los límites de placas: en las dorsales oceánicas, zonas de subducción (orógenos marginales y arcos isla), y en cordilleras intracontinentales jóvenes (rift). Esta coincidencia se debe a los movimientos de las placas, pues son éstas las que inciden tanto en la distribución espacial como en las características físicas del volcán, pudiendo observar los alumnos tal coincidencia en el icono de perspectiva global del simulador.

Es importante que comprendan que el fenómeno volcánico tiene su origen en el magmatismo. Si en una zona de la corteza o del manto, se dan las condiciones de presión y temperatura adecuadas, se generarán masas fundidas que se abrirán camino hacia la superficie. Parte de él se emplazará y cristalizará en el interior de la propia corteza, pero parte conseguirá llegar a la superficie, iniciándose la actividad volcánica.

En este punto sería necesario puntualizar que no en todos los límites de placas se produce vulcanismo. En los límites convergentes donde se acercan dos placas de naturaleza continental (tipo Himalaya) no es posible que los magmas originados (elevada temperatura e intensa fracturación) lleguen hasta la superficie puesto que la corteza se encuentra tan engrosada que los magmas difícilmente pueden atravesarla por completo. Por ello en estos contextos sólo encontraremos plutonismo

Por lo tanto con esta actividad se pretende que los alumnos puedan observar en una perspectiva global de la tierra tal coincidencia, además de poder conocer los distintos tipos de volcanes (Fig. 5 y Fig. 6) en relación con su estructura así como las distintas partes de éste.

Como el simulador de volcanes permite al alumno crear distintos tipo de volcanes variando los parámetros de viscosidad del magma y el contenido de gases, es muy importante que sepan relacionar que estos dos factores son los que determinan la explosividad del volcán y por tanto su peligrosidad. En esta propuesta se pueden utilizar algunos de los aspectos planteados en la actividad 1, ya que ambas actividades tienen bastantes puntos en común (se puede volver a plantear el concepto de viscosidad, la diferencia entre magma y lava, así como la relación entre la viscosidad y la estructura volcánica originada).

Suele ser frecuente que el alumno asocie erróneamente la amenaza de los volcanes con los peligros que entrañan las corrientes de lava. Se les puede explicar que éstas raramente se desplazan a grandes velocidades (algunas decenas de Km/h como máximo) y, por lo general la mayor mortandad suele ir asociada a fenómenos volcánicos más catastróficos y súbitos que las emisiones de lava, como las explosiones seguidas de nubes ardientes, las emisiones bruscas de ceniza, las emanaciones de gases venenosos muy densos y la fusión de la nieve que cubre el cono, que produce repentinas avalanchas de lodo (lahares). En esta actividad podemos señalar la importancia de la colaboración y ayuda internacional para evitar grandes pérdidas de vidas humanas y materiales por causas secundarias posteriores a la erupción. Es importante concienciar a los alumnos que los riesgos volcánicos pueden afectar al medio ambiente y a la salud, pudiendo hacer referencia al volcán de Islandia, pues una de las cuestiones trata sobre ello.

2. LECTURAS COMPLEMENTARIAS

LA DINÁMICA DE LAS PLACAS Y LOS SERES VIVOS

En la unidad anterior se explicó que la Tierra es un sistema con varias partes interrelacionadas. Si esto es así, es lógico pensar que un fenómeno global, como la dinámica de las placas litosféricas, debe tener efectos sobre todos los subsistemas terrestres, incluida la biosfera. Sin embargo, para los investigadores no es fácil imaginar la manera en que han podido influir en los seres vivos (si es que lo han hecho) millones de años de cambios en la litosfera.

Para encontrar evidencias de esta relación entre dinámica de placas y seres vivos, los investigadores han recurrido a los fósiles de los organismos que habitaron la Tierra durante la era secundaria, mientras el planeta experimentaba uno de los acontecimientos más espectaculares derivados de la dinámica de las placas: la fragmentación del supercontinente Pangea.

El análisis del registro fósil de los tres periodos geológicos (triásico, jurásico y cretácico) de esta época, muestra que el número de especies animales y vegetales diferentes que convivían en cada período fue aumentando hacia el final de la era.

Pero, ¿qué relación puede tener este hecho con la dinámica de las placas? Los científicos creen que la respuesta es esta:

En los tiempos de Pangea, la enorme extensión de una masa continental con las costas muy alejadas del centro, propiciaría un clima seco y muy uniforme en la mayor parte del interior del continente, con pocas variaciones territoriales aparte de las relacionadas con la latitud. Como consecuencia, la variedad de hábitats, y por tanto, de especies diferentes debió de ser muy escasa en Pangea, como parecen confirmar los fósiles.

Al fragmentarse de forma gradual el supercontinente, algunas poblaciones de las relativamente pocas especies que habitaban Pangea quedaron separadas por océanos en expansión y sin posibilidad de reunirse de nuevo. Al mismo tiempo, la presencia de océanos entre los fragmentos de Pangea permitió una mayor variedad climática y de hábitats.

Con el tiempo, las poblaciones aisladas evolucionaron para adaptarse a las condiciones de sus nuevos hábitats, y formaron nuevas especies. El resultado, confirmado también por el registro fósil, hizo del cretácico el período con mayor diversidad de especies de la era secundaria.

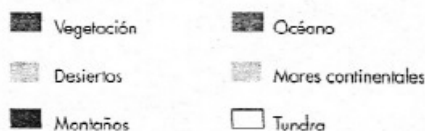
Triásico



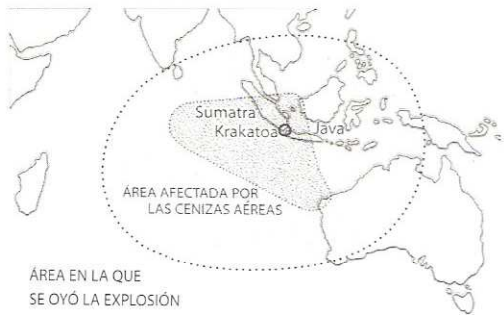

Jurásico



Cretácico



ERUPCIONES FAMOSAS

El Krakatoa (1883)	El nacimiento del Parícutín (1943)
<p>El volcán Krakatoa tenía una larga historia de pequeñas erupciones, que fueron formando grandes conos volcánicos compuestos de basaltos y andesitas, seguidas por gigantescas erupciones que constituyeron auténticos cataclismos y provocaron el colapso del edificio volcánico para, a continuación, volverse a formar lentamente un nuevo cono volcánico.</p> <p>La última gran erupción del Krakatoa es lo suficientemente reciente como para estar bien documentada. Los efectos de la erupción se extendieron por todo el mundo. La explosión final, el domingo 27 de agosto de 1883, se oyó a 4 700 km de distancia. La onda expansiva y las olas marinas producidas por dicha explosión dieron la vuelta al globo; originales puestas de Sol, producidas por la presencia de finas arenas en la atmósfera, se pudieron observar incluso en Londres y grandes islas flotantes de pumita fueron arrastradas por las corrientes de los océanos durante meses. La mayor parte de las 36 000 víctimas fueron debidas, sin embargo, a los tsunamis provocados por la explosión. Estos tsunamis, olas de hasta 35 metros de altura, arrasaron las costas de Java y Sumatra.</p>  <p><i>Efectos de la erupción del Krakatoa de 1883.</i></p>	<p>Durante muchos años, una pequeña fosa existente en un valle de una zona agrícola de México intrigó a los habitantes del valle, por su persistencia en reaparecer al poco tiempo de haber sido rellenada con tierra. El día 20 de febrero de 1943, un poco después de las cuatro de la tarde, se abrió a través de dicha fosa una grieta, por la que escapaba una pequeña columna de cenizas grises. A las 24 horas, la lava estaba fluyendo de la base de un cono de escorias basálticas de 50 metros de alto, que se había formado durante este tiempo sobre la fisura. En unos pocos meses, el nuevo volcán forzó a sus 4 000 habitantes a desalojar Parícutín, localidad situada a 3 km del volcán, y en junio de 1944 la capital del distrito, la ciudad de Parangaricutiro, había sido completamente destruida por la lava. En septiembre de ese mismo año, la lava cubría ya una superficie de 25 km², y las nuevas coladas se iban apilando sobre las antiguas. Al cabo de dos años, el volcán Parícutín alcanzó su máxima altura, 500 metros, y el ritmo de la erupción comenzó a declinar, hasta que, exactamente en su noveno aniversario, la erupción cesó bruscamente. El Parícutín ha sido el primer volcán que ha podido ser observado científicamente desde su nacimiento.</p>  <p><i>Situación del Parícutín.</i></p>

CUESTIONES

- Después de leer ambos textos, decide a qué tipo de volcanes pertenecían el Krakatoa y el Parícutín.
- Busca en una enciclopedia los términos que desconozcas y que no aparezcan en el libro.
- ¿Qué factores favorecen el hecho de que una erupción produzca un gran número de víctimas?
- Busca en un atlas la localización de estos volcanes y explica su situación en relación con la tectónica de placas.
- ¿Qué puedes decir sobre la viscosidad del magma en cada uno de los casos descritos?
- ¿Qué son los tsunamis? ¿A qué fenómenos suelen estar asociados?

TERREMOTOS FAMOSOS

El terremoto de San Francisco de 1906	El terremoto de Alaska de 1964
<p>Sacudió toda California: tuvo lugar unos pocos instantes después de las cinco de la mañana. El epicentro estaba situado cerca del Golden Gate, por lo que San Francisco fue severamente castigada, llegando a alcanzar el terremoto una intensidad XII en algunas zonas. Un movimiento con desplazamientos medios de 4 m se produjo a lo largo de aproximadamente 400 km de la falla de San Andrés, dando lugar a un terremoto de magnitud 8,3 y con fuertes sacudidas que llegaron a durar cerca de un minuto. El terreno se onduló; surgieron surtidores de arena en los valles y se originaron corrimientos de tierras en las zonas de las colinas, donde grandes árboles fueron arrancados del terreno o quebrados por las sacudidas. El fuego se extendió por toda la ciudad, siendo casi imposible luchar contra él, al haberse roto las conducciones de agua en terrenos inconsistentes o en las zonas atravesadas por la falla. El hecho de que muchas casas tuvieran estructura de madera hizo que el incendio, que se prolongó durante tres días, causara enormes pérdidas. Los daños producidos en las conducciones de desagüe causaron serios problemas sanitarios. El informe oficial muestra que las mayores intensidades coincidieron con la línea de falla y con los valles formados por sedimentos ligeros. En el interior de la ciudad se dieron claras diferencias entre los daños sufridos en los edificios construidos sobre terrenos de relleno (intensidad X) y los construidos sobre una base rocosa (intensidad VII). El informe señalaba también el hecho de que los daños tenían cierta relación con el tipo y estilo de su construcción: los edificios de estructura de madera soportaron las sacudidas mucho mejor que los ladrillos o la piedra. Considerando la causa del terremoto, H. F. Reid expuso una teoría sobre el mecanismo de ruptura de las rocas, conocida como <i>teoría del rebote elástico</i>, y sugirió que si se pudiese medir adecuadamente la tensión a que estaba siendo sometido el terreno podrían predecirse los terremotos. Tras el estudio de los distintos sismogramas, trazó las curvas de los tiempos de propagación, mostrando las horas de llegada de las ondas sísmicas a diferentes observatorios situados a distancias distintas del epicentro, procedimiento que se estableció como estándar para determinar el epicentro de los terremotos posteriores.</p>	<p>Ocurrido al anochecer de un Viernes Santo, la magnitud se ha fijado en 8,6. La energía total liberada fue probablemente equivalente a 60 bombas de un megatón, y el doble de la correspondiente al terremoto de San Francisco de 1906, que tuvo una magnitud de 8,3. Las sacudidas fueron fuertes y prolongadas, durando del orden de siete minutos, de los cuales tres fueron de intensidad destructiva. Aunque los efectos dañinos se produjeron sólo en una zona equivalente a un décimo de la superficie de Alaska, esta zona constituía en 1964 el corazón económico del Estado y en ella vivía la mitad de la población. La pérdida de vidas humanas fue pequeña, 115, de las cuales la mayor parte pereció probablemente víctima de las devastadoras olas marinas. Afortunadamente, el terremoto no coincidió con la marea alta ni con la temporada de pesca, en cuyo caso las víctimas hubieran sido mucho más elevadas. No se produjeron casi heridos por derrumbamiento de edificios, pues la mayoría de éstos estaban contruidos a prueba de terremotos. Y se dio, además, la circunstancia de que al ser un día festivo los edificios comerciales estaban cerrados. Fallos del terreno producidos por licuefacción y los consecuentes corrimientos de tierras que siguieron a los mismos, fueron la causa de importantes daños en inmuebles e instalaciones, aunque en algunos casos fueron también atribuidos a una construcción defectuosa. En Seward, los tanques de almacenamiento de petróleo se incendiaron y el petróleo ardiendo se extendió sobre las aguas del puerto. Las alteraciones del terreno fueron menos severas en Kodiak, construida sobre una base rocosa.</p>

CUESTIONES

- ¿Por qué el terremoto de Alaska de magnitud 8,6 liberó el doble de energía que el terremoto de San Francisco que alcanzó 8,3?
- Explica cómo la hora y el día pueden influir en el número de víctimas ocasionado por un terremoto.
- ¿De qué forma afectó en ambos terremotos el sustrato sobre el que estaban edificadas las ciudades?
- ¿Qué daños producen los terremotos que pueden provocar a la larga más víctimas que las derivadas de la vibración en sí?
- Explica cómo, a partir del terremoto de San Francisco, pudieron localizarse los epicentros de los terremotos por medio de sismógrafos.

MEDIDAS QUE HAY QUE ADOPTAR ANTE UN TERREMOTO

Medidas de protección ante un terremoto		
Antes del terremoto	Durante el terremoto	Después del terremoto
<p>Tenga localizados distintos lugares donde pueda refugiarse con seguridad.</p> <p>Conozca las características de la casa o edificio donde vive; recuerde cuáles son las áreas más seguras durante un terremoto.</p> <p>Sepa dónde están las puertas y otras salidas de emergencia.</p> <p>Mantenga una mochila o maletín con artículos de primeros auxilios, algunos alimentos no perecederos, una linterna y una botella de agua.</p>	<p><i>Si usted se encuentra en casa</i></p> <p>Si no conoce las características del material de la construcción, trate de salir manteniendo la calma. Si no puede salir, póngase debajo de la cama o de una mesa.</p> <p>Si sale, hágalo con calma y con precaución, pues puede haber objetos sueltos (floreros, tejas, cuadros, etc.) en pisos superiores o estantes altos.</p> <p>Si es de noche y no puede salir, y observa que hay objetos quebrados y mucho polvo, <i>por ningún motivo encienda un fósforo, máxime si hay cocina de gas</i>, pues debido a la cantidad de polvo no percibirá la fuga del gas. Si está acostado, antes de levantarse póngase zapatos o zapatillas; así evitará cortarse con los vidrios que pueden haber caído.</p> <p>Recuerde que la luz eléctrica casi siempre se interrumpe; sin embargo, es recomendable desconectar el sistema eléctrico de la casa.</p> <p><i>Si se encuentra dentro de un edificio alto</i></p> <p>No use los ascensores para salir, porque generalmente la luz eléctrica se corta y puede quedar atrapado; además, el ascensor puede desprenderse y caer.</p> <p>Si utiliza las escaleras para salir, hágalo lentamente y con precaución; no se apresure, pues puede provocar el pánico en otras personas.</p> <p>Aléjese de las ventanas, pues pueden reventar.</p> <p>Si sale del edificio, observe y tenga cuidado, pues se pueden desprender balcones, tejas, letreros, cornisas, etc.</p> <p><i>Si se encuentra en la calle</i></p> <p>Observe el sector; si existen lugares abiertos y libres, diríjase hacia allí.</p> <p>No corra sin saber adónde, pues puede ser atropellado por un vehículo.</p> <p>Cuidado con los postes, los alambres eléctricos, los letreros colgantes, etc.: pueden caerse.</p> <p><i>Si se encuentra en un vehículo</i></p> <p>Si puede, párese en un lugar abierto.</p> <p>No acelere, porque puede volcar o provocar el pánico de otros conductores y ocasionar accidentes.</p> <p>Conduzca con precaución o deténgase; tenga cuidado con los peatones y los otros vehículos.</p>	<p>Es posible que el temblor sólo sea una parte del terremoto y se produzcan luego réplicas o un seísmo mayor; por tanto, manténgase atento.</p> <p>Después del seísmo habrá mucha confusión, pero pronto podrá escuchar noticias en su radio.</p> <p>Atienda a su familia. Si es de noche y está seguro de que no corre ningún riesgo y no tiene un foco (o una linterna), encienda una vela.</p> <p>No trate de llamar por teléfono a familiares o amigos. Ellos tendrán el mismo problema. <i>Los teléfonos deben dejarse libres para los servicios de emergencia</i>, que en esos momentos son muy importantes.</p> <p>Si hay algún herido, evalúe la gravedad de sus heridas, pues a veces bastará con lo que usted tiene en el botiquín; en caso contrario, recurra a los servicios de salud.</p> <p>Si existe alguna persona atrapada por un derrumbe, estudie el caso; si no puede liberarla solo, pida ayuda a sus vecinos.</p> <p>Si se corta el agua y tiene depósito en su casa, reviselo; <i>el agua potable es indispensable después de un terremoto</i>.</p> <p>Si posee refrigerador, recuerde que tiene hielo y probablemente algunas bebidas; racione su uso.</p> <p>Si tiene comida que se pueda deteriorar, consúmala en primer lugar mientras se organiza el barrio o la ciudad y las autoridades se hacen cargo de la situación.</p> <p>Si puede, no se mueva del barrio y ayude a sus vecinos.</p> <p>Si su casa está semidestruida, tenga mucho cuidado, pues un nuevo temblor puede destruirla totalmente.</p> <p>Si hay peligro de incendio, trate de sofocarlo con ramas, tierra o agua.</p> <p>No conecte el fluido eléctrico hasta que haya revisado la instalación y esté seguro de que no hay peligro de incendio.</p>

3. CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE RIESGOS SÍSMICOS Y VOLCÁNICOS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA.

Direcciones útiles:

- www.geol.uniovi.es/gaspi Alerta de terremotos, no España.
- www.geo.ign.es Alerta de terremotos, si España.
- www.emsc.csem.org Mediterráneo
- www.iris.washington.edu Mundial
- www.gocities.com/volcanes.html

Sobre dinámica terrestre:

- www.pub.usgs.gov/publications/text/dynamic.html

4. RECONSTRUIMOS EL PASADO

Esta actividad práctica tiene como objeto familiarizar al alumnado con las teorías movilizadas.

Los estudiantes deberán recortar en primer lugar América del Norte y América del Sur, y luego Europa, hasta los Urales, y África, además de las piezas que componen el fondo del Atlántico. Si optan por estudiar la evolución del océano Atlántico partiendo de la situación actual, deberán quitar la placa del Caribe para ensamblar los continentes americanos y separar África de Europa para formar en medio el mar de Tethys.

Después de realizar esta actividad, los alumnos y alumnas podrán extraer conclusiones muy interesantes, como, por ejemplo, que el Atlántico comenzó a abrirse en su zona central, luego siguió expandiéndose hacia el sur y por último hacia el norte. Se observa también que, a medida que se abre, África se desplaza, girando en contra de las agujas del reloj, en dirección a Europa. Este movimiento genera las cadenas alpinas que rodean el Mediterráneo.

Reconstruimos el pasado

La evolución del océano Atlántico

Si se conoce la edad de los fondos oceánicos es sencillo establecer la posición de los continentes en el pasado. Las reconstrucciones para períodos anteriores a 200 millones de años son menos precisas porque se carece de muestras de fondos de esa edad.

Copia en tu cuaderno la siguiente figura, que muestra las distintas edades de las rocas que componen el fondo del Atlántico. Recorta todas las piezas en cartulina o cartón, por las líneas negras de trazos gruesos, respetando los colores.

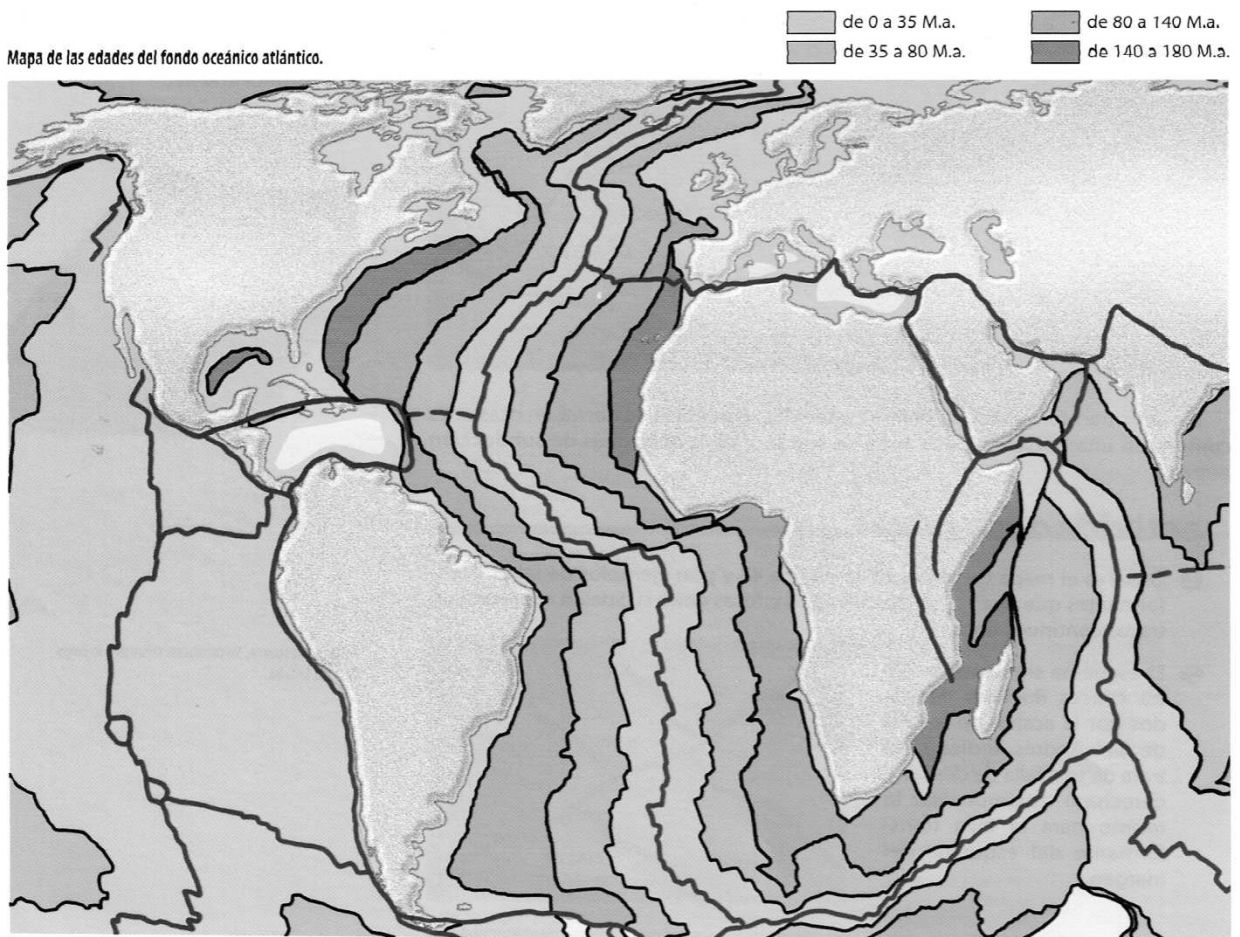
Se puede estudiar la evolución de este océano de dos maneras: dando marcha atrás en el tiempo desde el momento actual o colocándonos en la situación de partida, cuando los continentes se hallaban unidos, y avanzar en el tiempo hasta la época actual.

En el primer caso, basta con ir retirando del rompecabezas las piezas correspondientes a los materiales del fondo oceánico, empezando por las más recientes, y en cada una de estas operaciones encajar las piezas restantes para cerrar el hueco dejado.

En el segundo caso, se encajan los continentes entre sí y, a continuación, se van intercalando, sucesivamente, las bandas que componen el fondo oceánico, empezando por las más antiguas.

Si realizáis la actividad en grupo, podéis pegar sobre una cartulina las distintas fases de la evolución del océano Atlántico e indicar bajo cada una su edad en millones de años.

Mapa de las edades del fondo oceánico atlántico.

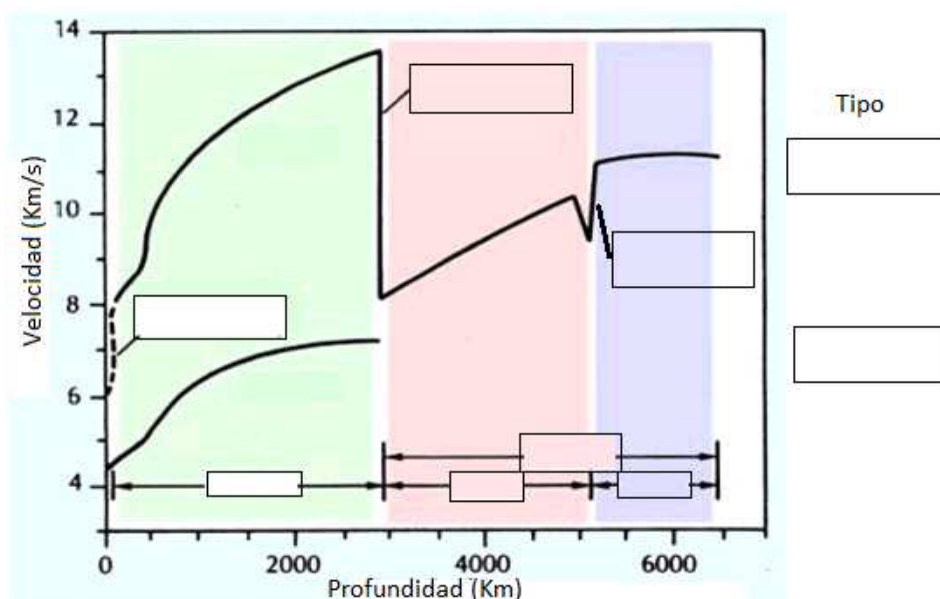


Anexo IV: EVALUACIÓN

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE APRENDIZAJE: PRUEBA FINAL

Examen de 3º Evaluación de Biología y Geología. Primera Prueba.
Estructura interna de la Tierra y Tectónica de Placas.

1. Completa el siguiente gráfico, correspondiente a las ondas sísmicas del planeta Tierra.



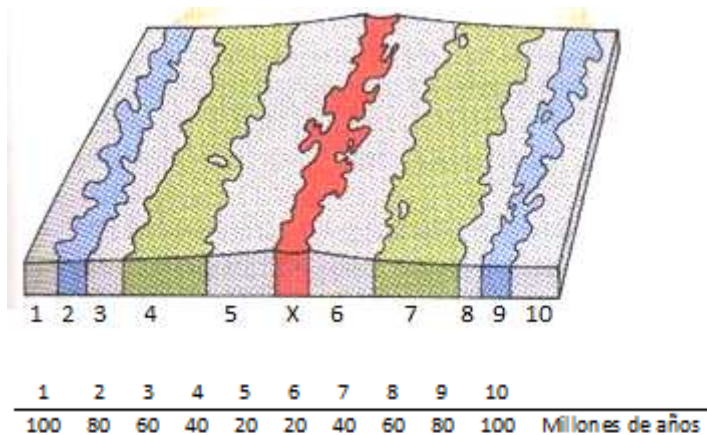
2 a. Enumera las evidencias de la Teoría de la Deriva Continental

2 b. Rellena el siguiente cuadro con la diferencias entre la Deriva Continental y la Tectónica de Placas.

	Deriva Continental	Tectónica de Placas
Mecanismo de movimiento de los continentes		
Fuerza que impulsa el movimiento		
Causas del relieve		

3. Explica la diferencia que existe entre el proceso de formación de los Andes y el de los Pirineos.

4. Se hacen 10 muestreos de un fondo oceánico y se obtienen los siguientes resultados:



a) ¿A qué estructura geológica corresponde la zona que aparece indicada con una “X” en el dibujo?

b) ¿Qué otra evidencia conoces, además de la edad de las rocas del océano, que apoye la idea de la expansión del fondo oceánico?

5. Clasifica los siguientes fenómenos según el tipo de borde y el tipo de placas litosféricas que los genera:

- Subducción –
- Arco de islas volcánicas -
- Falla transformante –
- Dorsal –
- Rift africano –
- Obducción –

Marca las opciones correctas de las siguientes afirmaciones.

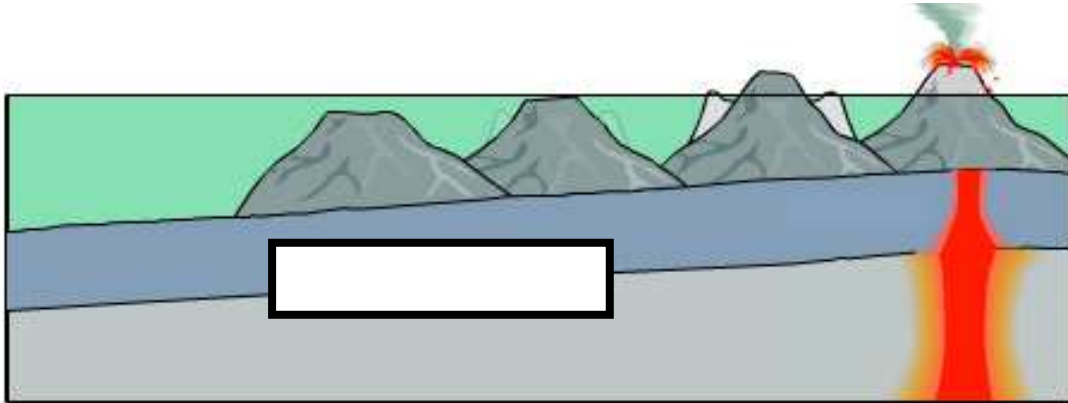
6. La energía liberada durante un terremoto se transforma en...

- a) Ondas sísmicas superficiales y profundas
- b) Calor que posteriormente se transforma en ondas sísmicas
- c) Ondas P y S
- d) La a y la c son correctas

7. ¿Cuáles de los siguientes procesos están relacionados con el fenómeno de la ISOSTASIA?

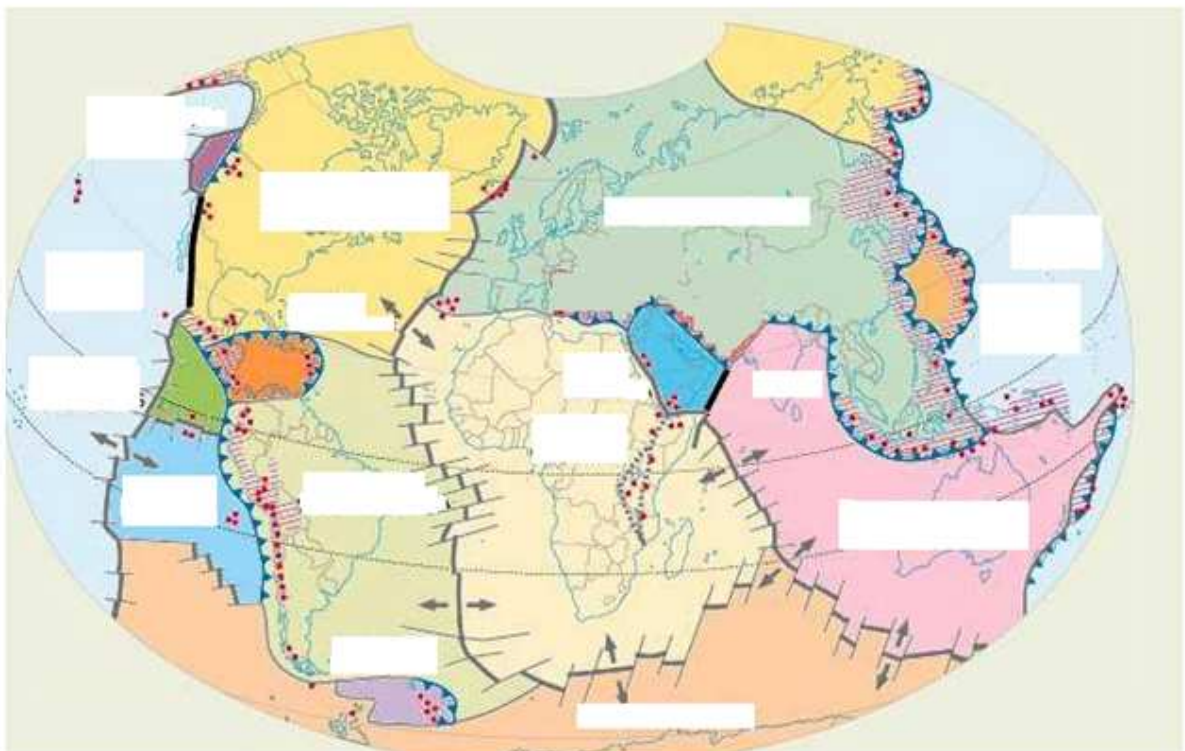
- a) Elevación de la litosfera como consecuencia de la acumulación de sedimentos
- b) Hundimiento de una montaña por el fenómeno de erosión
- c) Elevación de una montaña por el fenómeno de erosión.
- d) Hundimiento de una cuenca por deposición sedimentaria

8. ¿Qué fenómeno está representado en la siguiente imagen? Explica cómo tiene lugar y pon un ejemplo. Indica, con una flecha, la dirección de desplazamiento de la Litósfera en esta zona.



9. A la vista del mapa tectónico que se ha adjuntado explica la distribución terrestre de volcanes (📍) y terremotos (📍).

10. Haz el corte de los primeros kilómetros de la Tierra entre los puntos A y B que aparecen en el mapa. Complétalo con las unidades geodinámicas y geoquímicas, los nombres de las placas y los tipos de bordes que aparecen.



EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA

Responde a las siguientes preguntas con tu opinión personal sobre el profesor -----:

1. ¿Consideras que el contenido de las clases estaba bien preparado por parte del profesor?
2. ¿Crees que la explicación ha sido clara y que se han aclarado las dudas surgidas durante la misma? ¿Te ha sido posible entender y seguir las clases?
3. A lo largo de las clases ¿se han planteado actividades de aprendizaje (repasos, ejercicios,...)? ¿crees que han sido útiles para tu aprendizaje? ¿hubieras enfocado las actividades de diferente forma?
4. ¿Qué aspectos positivos destacarías?
5. ¿En qué crees que puede mejorar?
6. ¿Consideras que la evaluación ha estado acorde con los contenidos trabajados?
7. ¿Qué clima ha generado el profesor en la clase? (abierto / cerrado, participativo / no participativo,...) ¿Cómo lo ha hecho?
8. Otros comentarios adicionales:

Anexo V: CONTENIDOS MÍNIMOS

Ciclo de las rocas.

Aunque lo explicamos no se preguntará de manera directa. Sin embargo podéis relacionar aquellos lugares que aparecen en tectónica de placas en los que se han podido producir un tipo de roca u otro: dorsales, volcanes, zonas de fricción en subducciones, etc...

Todo lo que tiene que ver con los procesos de meteorización, erosión, etc... lo retomaremos cuando hablemos de los agentes geológicos externos y su intervención en el modelado del paisaje.

Estructura interna de la Tierra.

Métodos de estudio de la Tierra. Inconvenientes y problemas que plantea el estudio de nuestro planeta. Caer en la cuenta de que es un estudio relativamente reciente y de la importancia que el desarrollo tecnológico ha tenido en él.

Métodos de estudio directo: gradiente geotérmico, características físicas y químicas de las rocas superficiales y de las extraídas por sondeos, análisis de rocas procedentes del interior de la Tierra.

Métodos de estudio indirectos: densidad media del planeta, estudio de meteoritos, estudio de la propagación de las ondas sísmicas, magnetismo terrestre.

Importancia del estudio de los terremotos en el modelo de estructura terrestre desarrollado por el hombre. Concepto de discontinuidad y tipos de discontinuidades: Moho, Gutenberg y Lehman.

El alumnado tiene que conocer la composición, los límites, las partes y las características más importantes de las estructuras geoquímicas y geodinámicas explicadas en clase:

Unidades geoquímicas:

Corteza: situación, límites, tipos (oceánica y continental) y capas (sedimentaria, granítica y basáltica). Diferente origen de la capa basáltica de la corteza continental de la capa basáltica de la corteza oceánica. (Basta con representación ¿? En dibujo)

Manto: situación, límites y composición química. Capas diferenciadas: manto superior, manto de transición y manto inferior.

Núcleo: composición química, límites y partes. Núcleo interno y externo. Diferencias entre ellos. Saber explicar su diferente estado físico.

Unidades geodinámicas:

Litosfera. Concepto y límites.

Astenosfera. Qué es, Dónde se encuentra. Qué características tiene. Cómo se producen en ella corrientes de convección. Qué importancia tienen éstas en la dinámica de la Tierra. Qué papel desempeña la astenosfera en la isostasia.

Mesosfera. Definición y límites.

Endosfera. Definición y límites.

El relieve. Explicación de su origen.

Teorías orogénicas:

- El fijismo como explicación del relieve terrestre. Teorías fijistas vistas en clase.
- El moviismo:

- Wegener y la deriva continental. Hipótesis. Evidencias sobre las que basó sus ideas. Explicación que dio Wegener del movimiento de los continentes. En qué falló y qué acogida tuvieron sus ideas.

- Tectónica de placas:

Como han colaborado el conocimiento del fondo oceánico (dorsales y relieve oceánico) , el descubrimiento de la astenosfera, el estudio de los terremotos y de los fenómenos volcánicos, y el descubrimiento de las dorsales oceánicas, en el desarrollo de la teoría de la Tectónica de placas.

Descubrimiento de la importancia del mecanismo de movimiento de las placas: Intervención de las corrientes de convección.

- Concepto y tipos de placas litosféricas. Nombres de las placas.
- Tipos de bordes de placas
 - Activos:
 - Constructivos: dorsales oceánicas. Qué es, dónde están y cómo se forman. Ejemplos.
 - Destructivos: zonas de subducción y de obducción. Qué son, qué tipos hay, en qué parte del planeta se produce cada una de ellas poniendo ejemplos. Cómo evolucionan, su relación con los terremotos y los volcanes. Arcos insulares y orogenias. Ejemplos.
 - Pasivos: fallas transformantes: qué son y cómo se producen. Ejemplos.
- Fenómenos intraplaca: Puntos calientes. Ejemplos.

El alumnado tendrá que saber hacer un corte de los primeros kilómetros de la Tierra en el que aparezcan: las unidades geoquímicas y geodinámicas, los nombres de las placas y tipos de borde.

Anexo VI: LISTADO DE DOCUMENTOS IDENTIFICADOS Y ANALIZADOS EN EL CENTRO DE PRÁCTICAS

Documentos generales:

- a. *Proyecto Educativo del Centro (PEC)*
- b. *PGA*
- c. *Memoria-Evaluación de la PGA*
- d. *ROF*
- e. *DOC*
- f. *Plan de Convivencia*
- g. *PAT*
- h. *POAP*

Otros documentos específicos del centro:

- i. *Sistema de calidad*
- j. *Escuela de Padres*
- k. *Formación Social*
- l. *Carácter propio*
- m. *Plan de repetición*
- n. *Programa base de diversificación curricular*
- o. *PAD (Plan de atención a la diversidad-en ESO).*
- p. *Programa base de refuerzo educativo en la ESO.*
- q. *La modalidad organizativa de refuerzo en grupos de desdoble para 1º y 2º ESO.*
- r. *Programa para el tránsito de primaria a ESO.*
- s. *PAB (Programa de aprendizaje básico).*
- t. *PCPI (Programa de cualificación profesional inicial).*
- u. *Protocolos:*
 - *Protocolo de intervención con alumnos extranjeros.*
 - *El modo de proceder del profesor para derivar a un alumno a especialista externo.*
 - *También incluye el protocolo de actuación con alumnado de incorporación tardía al centro, desglosado en: Acogida, valoración, designación del aula y obtención de datos.*