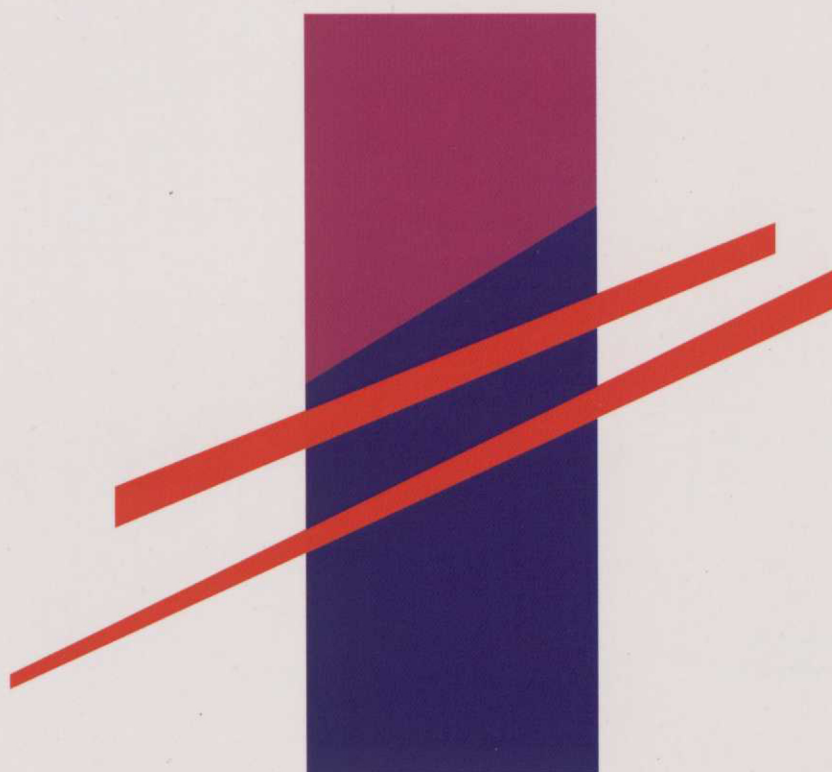


Materiales Didácticos

Geología



BACHILLERATO



Ministerio de Educación y Ciencia

Prólogo

La finalidad de estos materiales didácticos para el Bachillerato es orientar a los profesores que, a partir de octubre de 1993, impartirán las nuevas enseñanzas de Geología de primer y segundo curso, algunas de las cuales continúan las de los cursos anteriores. El Ministerio de Educación y Ciencia quiere facilitar el desarrollo del nuevo currículo en su práctica docente, ofreciendo sugerencias de programación y unidades didácticas que les sirvan de guía. Estas sugerencias, desde luego, no prescriptivas, ni tampoco cerradas, sino abiertas y con posibilidades varias de ser aprovechadas y desarrolladas por los centros educativos y los profesores supone el haber anticipado desde el curso 1992/93 la implantación de las nuevas enseñanzas, contribuyendo a la consecución de los objetivos de lo que será en un futuro la implantación generalizada, inerece no sólo el reconocimiento, sino también un apoyo por parte del Ministerio, que se manifiesta en este prólogo creyendo ayudar a los profesores a afrontar ese desafío.

Optativas

Geología

El Ministerio valora muy positivamente el trabajo de los autores de estos materiales, que se adaptan a un esquema general propuesto por el Servicio de Innovación, de la Subdirección General de Programas Experimentales, y han sido elaborados en estrecha conexión con los asesores de este Servicio. Por consiguiente, aunque la autoría pertenece de pleno derecho a las personas que los han preparado, el Ministerio considera que son útiles ejemplos de programación y de unidades didácticas para la correspondiente asignatura, y que su utilización por profesores, en la medida en que se ajustan al marco de los planes curriculares que los centros establezcan y se adecúan a las características de sus alumnos, contribuirá para perfeccionar estos materiales y para elaborar otros.

La presentación misma, en forma de documentos de trabajo y no de libro propiamente dicho, es un signo de que se trata de materiales con cierto carácter provisional, destinados a ser contrastados en la práctica, depurados y completados, mediante ese trabajo de contrastación y depuración que ha hecho precisamente a partir de las sugerencias y experiencias que van surgiendo de los centros que se anticipan a la reforma.

Autores:

Ana María Alcalde Oñate
Jaime Martínez Jiménez
Manuel Roiz García

Coordinación:

María Jesús Martín-Díaz
del Servicio de Innovación

La Resolución de 29 de diciembre de 1992 de la Dirección General de Innovación Pedagógica, por la que se regula el currículo de las materias optativas de primer y segundo curso de Geología, incluye en su anexo la información referida a esta asignatura al término del presente volumen.

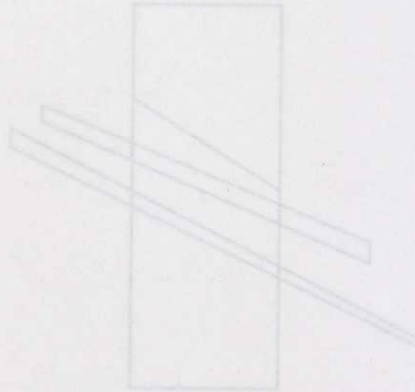


58117

DEPARTAMENTO DE INFORMACIÓN, DOCUMENTACIÓN, EDICIÓN Y DIFUSIÓN

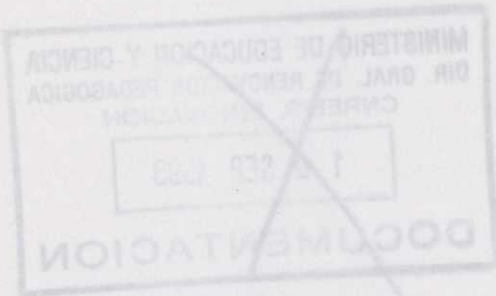
C. N. R. E. E. / SERVICIO DE INNOVACIÓN

- Coordinación de la edición: Ana Francisca Aguilar Sánchez
- Maquetación y supervisión de pruebas: Pedro Sauras Jaime



Geología

Optativas



Autores:

Ana María Alcalde Ojeda
 Jaime Martínez Jiménez
 Manuel Roiz García

Coordinación:

Marta Jesús Martín Díaz
 del Servicio de Innovación



Ministerio de Educación y Ciencia
 Secretaría de Estado de Educación

N. I. P. O.: 176-93-117-x
 I. S. B. N.: 84-369-2415-0
 Depósito legal: Z-2210-93
 Realización: EDELVIVES



Ministerio de Educación y Ciencia

PEPASA

Prólogo

	Páginas
<i>La finalidad de estos materiales didácticos para el Bachillerato es orientar a los profesores que, a partir de octubre de 1993, impartirán las nuevas enseñanzas de Bachillerato en los centros que han anticipado su implantación. Pretenden facilitarles el desarrollo de las materias de segundo curso, algunas de las cuales continúan las de primer curso. Con estos materiales el Ministerio de Educación y Ciencia quiere facilitar a los profesores la aplicación y desarrollo del nuevo currículo en su práctica docente, proporcionándoles sugerencias de programación y unidades didácticas que les ayuden en su trabajo;</i>	7
<i>unas sugerencias, desde luego, no prescriptivas, ni tampoco cerradas, sino abiertas y con posibilidades varias de ser aprovechadas y desarrolladas. El desafío que para los centros educativos y los profesores supone el haber anticipado desde el curso 1992/93 la implantación de las nuevas enseñanzas, constituyéndose con ello en pioneros de lo que será más adelante la implantación generalizada, merece no sólo un cumplido reconocimiento, sino también un apoyo por parte del Ministerio, que a través de estos materiales didácticos pretende ayudar a los profesores a afrontar ese desafío.</i>	11
<i>El Ministerio valora muy positivamente el trabajo de los autores de estos materiales, que se adaptan a un esquema general propuesto por el Servicio de Innovación, de la Subdirección General de Programas Experimentales, y han sido elaborados en estrecha conexión con los asesores de este Servicio. Por consiguiente, aunque la autoría pertenece de pleno derecho a las personas que los han preparado, el Ministerio considera que son útiles ejemplos de programación y de unidades didácticas para la correspondiente asignatura, y que su utilización por profesores, en la medida en que se ajusten al marco de los proyectos curriculares que los centros establezcan y se adecuen a las características de sus alumnos, servirá para perfeccionar estos materiales y para elaborar otros.</i>	13
<i>La presentación misma, en forma de documentos de trabajo y no de libro propiamente dicho, pone de manifiesto que se trata de materiales con cierto carácter experimental: destinados a ser contrastados en la práctica, depurados y completados. Es intención del Ministerio seguir realizando ese trabajo de contrastación y depuración a lo largo del próximo curso, y hacerlo precisamente a partir de las sugerencias y contrapropuestas que vengan de los centros que se anticipan a la reforma.</i>	14
<i>La Resolución de 29 de diciembre de 1992 de la Dirección General de Renovación Pedagógica, por la que se regula el currículo de las materias optativas de Bachillerato, contiene en su anexo la información referida a esta asignatura que aparece reproducida al término del presente volumen.</i>	15
<i>Estrategia didáctica</i>	15
<i>Secuencia de actividades</i>	18
<i>Evaluación</i>	21
	21
	21
	22
	23
	33
	34
	37
	39
	39
	39
	42
	42
	44
	45

Índice

	<u>Páginas</u>
I. INTRODUCCIÓN	7
Análisis del contenido	7
Finalidad de la materia	11
Dificultades en la enseñanza y aprendizaje	13
Posibles enfoques de la materia	14
II. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y PARA LA EVALUACIÓN	15
Orientaciones generales	15
Orientaciones para la evaluación	18
III. PROGRAMACIÓN	21
Planteamiento general	21
Organización de los contenidos	22
Unidades didácticas	23
Metodología	33
Evaluación	34
UNIDAD DIDÁCTICA: «RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y EL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y DE LOS ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO»	37
IV. GUÍA DEL PROFESOR I	39
Enfoque de la unidad	39
Objetivos y contenidos	39
Dificultades en la enseñanza y aprendizaje	42
Estrategia didáctica	42
Secuencia de actividades	44
Evaluación	45

V. CUADERNO DEL ALUMNO	47
1. Planteamiento inicial	47
2. Interpretación	69
3. Replanteamiento	71
4. Aplicación	79
5. Conclusión	80
Textos	85
VI. GUÍA DEL PROFESOR II	89
1. Planteamiento inicial	89
2. Interpretación	98
3. Replanteamiento	100
4. Aplicación	102
5. Conclusión	103
Ampliación de conocimientos y de actividades	106
Bibliografía	118
VII. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS	121
Bibliografía	121
Otros recursos	122
VIII. ANEXO: CURRÍCULO OFICIAL	125

Introducción

Análisis del contenido

Esta materia representa la posibilidad de estudiar geología de forma específica e independiente en la enseñanza no universitaria, aunque con anterioridad se hayan podido estudiar diversos aspectos geológicos en el área de Ciencias de la Naturaleza, o en las materias de Geología y Biología o Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.

El estudio de esta materia ha de proporcionar al alumnado la comprensión de la estructura lógica del conocimiento geológico, y ha de poner en evidencia el papel desempeñado por la geología en nuestra sociedad. Este segundo aspecto lleva al estudio de los problemas reales que abordan los geólogos en su desempeño profesional así como a dar mayor importancia a ciertos contenidos, conceptuales y procedimentales, que tradicionalmente quedaban marginados, tales como las características geológicas del entorno regional o la utilización de la geología en la prospección de petróleo; etc.

El objetivo de la geología consiste en conocer la estructura, composición, origen y evolución de la Tierra. Objetivo que en la actualidad se ha ampliado, gracias a la exploración espacial, a otros planetas del sistema solar.

Hoy día la geología se encuentra en una fase de madurez caracterizada por disponer de una teoría global aceptada por la comunidad científica, equivalente en importancia y trascendencia a la teoría de la evolución biológica o a la teoría de la relatividad para la biología y la física respectivamente.

Su historia conoció el apasionante debate intelectual entre las corrientes de pensamiento vigentes en cada momento:

- **Actualismo y catastrofismo:** Desde que J. Hutton propuso a finales del siglo XVIII el *actualismo* como principio de interpretación de los acontecimientos geológicos pasados, dos tendencias del pensamiento geológico, una «metafísica, catastrofista» y otra «actualista, física», se desarrollaron paralelamente, siendo difícil en ocasiones definir los límites entre una y otra.

Ya en plena Revolución Industrial, J. Hutton, J. Playfair y posteriormente Ch. Lyell, mantuvieron duras polémicas con los «neptunistas y catastrofistas». Y en este mismo siglo, el *uniformismo* ha sido puesto en cuestión por varias razones: parece que los procesos geológicos en la Tierra primitiva no ocurrían igual que ahora, con atmósfera oxidante, y hay muestras de que el planeta ya consolidado ha estado más caliente que ahora, emitiendo lavas de más alto punto de fusión.

Otros conceptos o teorías fundamentales de la geología también han pasado por un proceso de evolución interesante:

- **El ciclo geológico**, propuesto también por J. Hutton, es un modelo deducido a partir de su concepción organicista de la Tierra. En *La Teoría de la Tierra* se imagina la Tierra como un superorganismo con una circulación constante de agua como ocurre en los animales.

Pero si el principio del actualismo se puede utilizar flexiblemente y hoy está revalidado, el concepto de *ciclo geológico* sin embargo está devaluado: actualmente se piensa que el planeta gasta su energía gradualmente y por lo tanto los procesos orogénicos ocurren de forma continua, y no de forma intermitente, como proponía Hutton, aunque localmente puedan producirse liberaciones bruscas de energía.

- **La teoría contraccionista.** Descartes sostenía que la Tierra es un astro enfriado, excepto en su centro en el que subsiste materia semejante a la del Sol.

La pérdida de calor en las erupciones volcánicas y el flujo térmico apoyaban la idea de contraccionistas como Suess y Dana que explicaban la formación de las montañas como arrugas debidas a la contracción de la Tierra a partir de una masa fundida.

La puntilla al modelo *contraccionista* fue el descubrimiento de la radiactividad, que podía evitar el enfriamiento e incluso provocar un aumento de temperatura.

- **Teoría del geosinclinal.** La formación de pliegues asimétricos y de mantos de corrimiento parecía exigir unas fuerzas de compresión tangencial. El descrédito de la teoría de la contracción, al descubrirse la radiactividad (la existencia de energía suplementaria en la Tierra que podía evitar su enfriamiento), obligó a buscar otras causas de la compresión tangencial y, el modelo de las corrientes de convección, posiblemente tomado del comportamiento de fluidos en el exterior de la Tierra, se utilizó para explicar la compresión tangencial en los geosinclinales.

- **Teoría de Wegener.** Aunque no fue el primero en proponer un modelo movilista para explicar las orogénias, su propuesta se caracterizó por la coherencia de los argumentos que empleó. La idea marco de la deriva continental se le ocurrió en 1910, según él mismo escribía, observando la complementación geométrica de los continentes a ambos lados del Atlántico.

- **La tectónica de placas.** Los nuevos datos que provocaron el cambio de mentalidad fueron:

- El paleomagnetismo.
- La edad de las rocas del fondo oceánico.

La introducción de métodos de trabajo propios de las ciencias físicas sirvió para desvelar las huellas de la deriva continental, grabadas magnéticamente en las rocas, y posibilitó el cálculo de la edad de las mismas. Así se pudo comprobar que las rocas de la misma edad tenían un campo magnético coincidente, y descubrir un dato fundamental: la juventud del fondo oceánico.

Al final de los años 50, se presentía la necesidad de un nuevo modelo teórico. Hess en 1960 y Dietz en el 61 tuvieron el acierto de integrar en su modelo, *la expansión del fondo oceánico*, un gran número de datos inconexos: la juventud de fondos oceánicos, el sistema circumpacífico de fosas y arcos de islas u orógenos y su intensa actividad sísmica y magnética. Por otra parte la interpretación de las dorsales y su actividad geológica completaba un modelo coherente, comprobable y cuantificable por procedimientos físicos.

Por otro lado, la ciencia no es sólo un conjunto de conceptos y teorías sino que está caracterizada al mismo tiempo por una forma de proceder, por un sistema de trabajo que adquiere rasgos

específicos en cada una de las disciplinas científicas. Por eso, cualquier planteamiento didáctico debe servir para mostrar ambas facetas al mismo tiempo. En este sentido se sugiere acercar el discurso de aula al del geólogo mediante estrategias que hagan comprender al alumnado la naturaleza de los fenómenos geológicos, el alcance de las teorías geológicas y el interés de la participación de los geólogos en tareas de gran trascendencia que nuestra sociedad tiene planteadas.

La investigación geológica oscila entre dos enfoques diferentes según sea la naturaleza del problema abordado. En unos casos intenta reducir los procesos geológicos a procesos físico-químicos y en otros les sitúa en su contexto espacio-temporal real, tratando de comprender lo que hay de singular en ellos. En el primer caso busca la explicación general y en el segundo la interpretación de cada situación en particular.

De la evolución habida en los métodos de trabajo y de los retos a que se enfrenta la nueva geología podemos destacar lo siguiente:

- **La toma de datos.** Si hasta mediados de siglo, los instrumentos de trabajo además de *la observación visual*, eran la lupa, el microscopio, el telescopio, la brújula, el martillo y el gravímetro; desde entonces los instrumentos de observación y recogida de muestras se han desarrollado hasta permitir que, con la microsonda electrónica se pueda reconstruir el crecimiento de los cristales, o se puedan colocar detectores de sismos en la Luna y traer de allí muestras de rocas. Con las naves espaciales se pueden conocer los satélites de Júpiter y comparar los procesos geológicos de varios planetas.

Los sistemas de perforación en tierra y océanos sirven para la obtención de muestras de rocas y los sismógrafos permiten hacer prospecciones geofísicas para obtener perfiles profundos o superficiales. Estos sistemas han revolucionado los procedimientos de los estudios de búsqueda de recursos minerales, petrolíferos, etc.

La adquisición de datos geológicos se ha beneficiado en los últimos años de dos tecnologías concretas:

- *La espacial*, a través de satélites específicamente geológicos, como Lageos, que ha permitido comprobar el movimiento de los continentes, o de observación, como Landsat o ERS, que han dado paso a la teledetección como nueva vía de abordar problemas geológicos.
- *Los ordenadores*, que han permitido construir modelos geoméricamente complejos de sistemas inaccesibles, como el manto terrestre, verificando las teorías conflictivas.
- **La experimentación.** Se puede decir que el iniciador de la geología experimental fue J. Hall, compañero de J. Hutton, que fundió basaltos en un cañón y obtuvo otra vez la misma roca al interrumpir su solidificación.

Aunque no se logren reproducir todos los factores ambientales de la evolución magmática, los resultados obtenidos por Bowen, a principios de siglo en EE.UU., proporcionan un modelo que explica la composición mineral de muchas rocas de origen magmático.

Actualmente las cubetas de sedimentación y los cauces artificiales son bancos de pruebas para elaborar modelos de erosión y sedimentación.

- **La predicción de acontecimientos geológicos.** Con la utilización de modelos teóricos y empíricos (la teoría de la tectónica de placas, la teoría del rebote elástico para los terremotos, los histogramas de caudales fluviales, etc.), que incluyen la cuantificación de algunos procesos, se pueden programar prospecciones petrolíferas, predecir terremotos, prevenir riadas, etc.

- **La datación.** La precisión y la flexibilidad de los sistemas de datación radiométrica, practicable hoy día, junto a la aplicación de la tecnología moderna (p. ej., la microscopía electrónica sobre granos de arena) permiten reconstrucciones de un detalle que hubiera parecido increíble hace sólo dos décadas.

En resumen, podemos decir que la geología actual es una ciencia que:

- Cuenta con modelos teóricos, o *paradigmas*, que guían las investigaciones y orientan las aplicaciones técnicas.
- Utiliza principios de interpretación flexibles que ayudan a superar aparentes contradicciones como los hechos uniformistas y las catástrofes, estimulando el análisis de las variables que interaccionan en los procesos.
- Ha desarrollado una metodología de trabajo para comprobar las previsiones teóricas y una forma de cuantificar los procesos que dan fiabilidad a complejas interpretaciones de la historia de la Tierra, e incluso de la de otros planetas.

Por otro lado, la selección temática realizada por el M.E.C para esta materia recoge los temas fundamentales de la geología:

- Aproximación al trabajo científico, a las técnicas, etc.
- Las relaciones entre geología, tecnología y sociedad.
- Materia y energía de la Tierra.
- Los procesos geológicos.
- Historia de la Tierra.
- La geología de España y del entorno regional.

Los dos primeros apartados se plantean como aspectos transversales que han de impregnar a todas y cada una de las unidades didácticas que aborden los contenidos contemplados en los restantes núcleos temáticos. Estos temas transversales persiguen el objetivo de propiciar la enseñanza de procedimientos y actitudes en las asignaturas científicas del Bachillerato.

Pero conviene hacer un análisis comparativo de los contenidos previstos para la geología y para las otras asignaturas de la modalidad de la Naturaleza y de la Salud (Biología y Geología/ Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente):

BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA	GEOLOGÍA	CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE
Aproximación al trabajo científico.	Aproximación al trabajo científico.	Aproximación al trabajo científico.
La naturaleza de las ciencias naturales y sus relaciones con la tecnología y con la sociedad.	La naturaleza de la geología y sus relaciones con la tecnología y la sociedad.	La humanidad y el medio ambiente.
La Tierra como cuerpo planetario. Origen y composición.	Materia y energía de la Tierra.	Los sistemas terrestres: La geosfera, la atmósfera y la hidrosfera, la biosfera y las interfaces entre las capas terrestres.
Evolución de la Tierra y dinámica de la litosfera.	Los procesos geológicos.	Las relaciones entre la humanidad y la naturaleza.
Origen y evolución de los seres vivos.	Historia de la Tierra.	Medio ambiente y desarrollo sostenible.
Mantenimiento y perpetuación de la vida.	Geología de España y del entorno regional.	
La herencia: un enfoque mendeliano.		

De dicho análisis se deduce que la diferencia más clara entre la Geología y las otras dos asignaturas está en la inclusión de la geología de España y del entorno regional como un núcleo al mismo nivel de importancia que el de los procesos geológicos por poner un ejemplo.

Respecto a los otros núcleos, la diferencia puede consistir en el grado de formalización con que se abordan y en la perspectiva desde la cual se estudian.

En esta situación, bien puede ser entonces la geología de España y del entorno regional el hilo argumental de la programación que conduzca a los demás núcleos temáticos en la materia de geología.

La modalidad de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud, como cualquier otra opción, tiene que dar respuesta al triple carácter del Bachillerato: formativo, propedéutico y orientador. Y además, de una lectura detallada de los objetivos establecidos por el M.E.C se puede deducir que se pretende:

- Aportar al alumno formación científica básica, fundamental e imprescindible en aquellas disciplinas esenciales del ámbito de las Ciencias de la Naturaleza y de la Salud.
- Proporcionar una visión crítica y actualizada de la ciencia (su metodología, sus avances, su cuerpo de conocimientos, etc.) sin caer en una formación demasiado especializada en algún campo concreto del saber científico que es objeto de estudios posteriores.
- Proporcionar un grado de formalización acorde con la edad y no alcanzado en la Educación Secundaria Obligatoria.

Por otro lado, el estudio de la geología en el Bachillerato tiene especial interés por las siguientes razones:

• Sociales

España cuenta, junto a otros países de su entorno sociocultural, con una sólida tradición geológica: su riqueza minera, su paisaje propicio a los estudios geológicos y su complejidad estructural han generado una investigación con reconocimiento internacional.

Finalidad de la materia



Además la geología es un punto de partida para diversas profesiones que están jugando y que han de jugar aún más en el futuro un papel muy destacado en la resolución de diversos problemas que nuestra sociedad tiene planteados. Entre ellos destacan los siguientes:

- La dependencia energética de nuestro país, el agotamiento acelerado de las reservas existentes de combustibles fósiles y los problemas derivados de los residuos radiactivos, no sólo han fomentado la investigación sobre fuentes alternativas de energía, sino que han llevado a la búsqueda de nuevos yacimientos de gas, carbón y petróleo, o al mejor aprovechamiento de los que se vienen explotando.
- El abastecimiento de materias primas para alimentar las necesidades de una sociedad en continuo crecimiento y desarrollo.
- La necesidad de reducir los daños económicos y las pérdidas en vidas humanas que se producen como consecuencia de accidentes naturales de origen geológico (deslizamientos en laderas, inundaciones, terremotos, etc.) precisa de serios estudios de los riesgos propios de cada territorio. A estos accidentes naturales se añaden los inducidos por la actividad humana que pueden llegar a ser mucho más graves. Baste pensar en la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos que en algunas zonas puede llevar a su agotamiento o la salinización de los mismos o de los suelos.
- La realización de importantes obras públicas (autovías, edificios, presas, etc.) con garantías de seguridad requiere de la intervención de geólogos, arquitectos, ingenieros, etc.
- Hoy sabemos que cualquier uso del territorio, ya sea minero, urbano, vial, recreativo, agrícola, etc., requiere un estudio serio de tipo ambiental que permita evitar impactos desastrosos e irreversibles en el medio.

• Educativas

La Geología es una disciplina de gran interés formativo por razones diversas relativas a la propia naturaleza de esta ciencia:

- La geología es una ciencia interdisciplinar y por ello un campo excepcional en el que los alumnos pueden apreciar los resultados de la relación entre fenómenos de diferente naturaleza: entre lo físico y lo químico, lo físico y lo biológico, lo geológico y lo biológico, etc.
- Es una disciplina científica en la que se emplean tanto los procedimientos de las ciencias experimentales como los de las ciencias históricas.
- Dado que cada fenómeno o configuración geológica, ya sea un pliegue o un yacimiento de petróleo, es singular e irrepetible, la interpretación correspondiente a cada caso no puede obtenerse generalmente mediante la aplicación directa de los modelos teóricos. Esto significa que se han de buscar hipótesis particulares, actividad que favorece el desarrollo del pensamiento hipotético-deductivo.
- La naturaleza de los problemas estudiados por la geología, en cuanto a la escala espacio-temporal y en cuanto al elevado número de variables en juego, favorece el desarrollo del pensamiento formal en los alumnos, ya que han de imaginar fuerzas capaces de provocar, actuando durante muchos millones de años, cambios espectaculares como el traslado de los continentes, el plegamiento de las rocas o la elevación de las montañas.

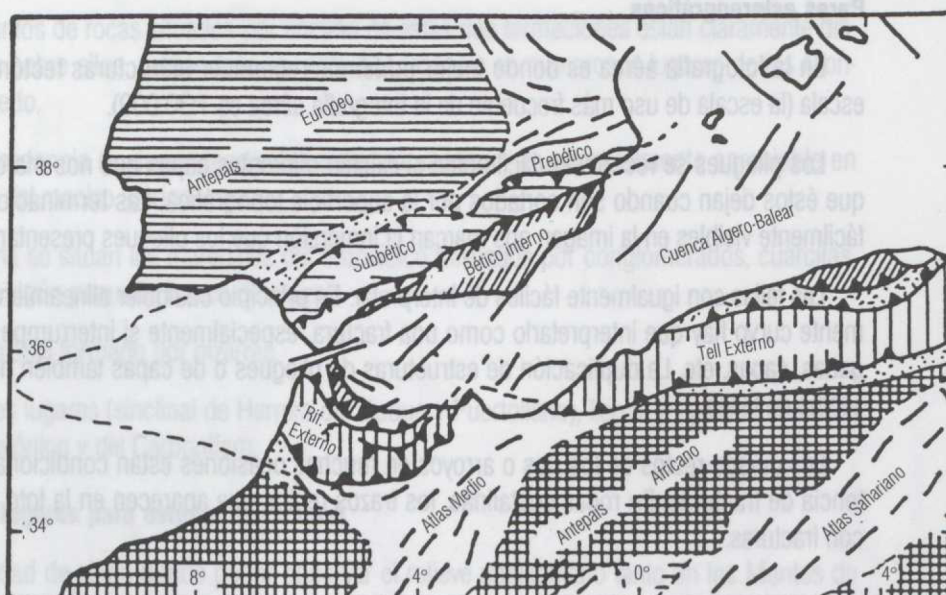


Figura 68. Esquema de las cordilleras Bética y del Rif (Díaz del Río, Coor., 1991).

- *Depresiones del macizo hespérico en la orogenia alpina*

La orogenia alpina es consecuencia del choque Placa Africana-Iberia-Laurasia. Choque que produjo importantes fenómenos orogénicos en Pirineos y Penibética. El macizo hespérico responde como un bloque rígido y sólo sufre reactivación de las antiguas fracturas hercínicas, dando lugar a relieves como el Sistema Central y los Montes de Toledo que, sin embargo, sufren intensa erosión y aportan materiales a las cuencas receptoras.

Sugerencia de actividades

Estudio estructural sobre fotografía

Imágenes regionales de satélite, escala 1: 100.000 (ortoimágenes)

Las imágenes de satélite sirven para estudiar las discontinuidades que presenta el relieve terrestre. Estas discontinuidades pueden ser de dos tipos: límites de cuerpos geológicos, es decir, estratificaciones o bordes de rocas intrusivas, y fracturas y fallas.

Las discontinuidades estratigráficas que se observan en las imágenes de satélite permiten afinar y contrastar los mapas geológicos. Las fracturas son observables aunque no se determine el desplazamiento de las estructuras geológicas.

En fotografía aérea y en imágenes de satélite se utiliza el término lineación para designar cualquier línea de origen incierto representada en estos documentos. Aunque el significado de las anomalías lineales observadas en las imágenes Landsat no está suficientemente claro, es posible asimilar la trama de lineaciones a un sistema de fracturas siempre que exista un análisis tectónico previo.

El uso sistemático de satélite ha permitido delimitar grandes lineaciones a escala continental, que necesariamente han de ser asimiladas a dislocaciones o cizallamiento de la corteza.

El análisis del origen de estas interpretaciones por parte del alumnado puede llevar a considerar que en parte están ligadas a un pensamiento intuitivo y que en parte constituyen errores inducidos en la propia escuela. De cualquier forma, éste es un aspecto importante que hay que tener en cuenta.

Posibles enfoques de la materia

Si se entiende por enfoque a la perspectiva desde la cual se aborda el contenido de la asignatura o, dicho de otra manera, a la mayor importancia que en el tratamiento de los contenidos se da a un tipo de objetivos frente a otros, se puede entonces considerar alguna de las siguientes posibilidades:

- Enfoque **funcional o de geología aplicada**, en el que lo que preocupa es poner en evidencia el papel social de la geología. Desde esta perspectiva interesa orientar la programación hacia las cuestiones y actividades humanas que en el mundo de hoy requieren la intervención de la geología. Se trata de hacer ver que esta ciencia desempeña un papel importante en la resolución de problemas sociales y en el avance científico y tecnológico. En el fondo de este tipo de programación está la preocupación por las actitudes de los alumnos respecto a la ciencia.
- Enfoque **práctico**, en el que lo característico es enseñar a saber hacer cosas tales como las que haría el geólogo, es decir, enseñar a interpretar mapas, manejar lupas binoculares y microscopios, aplicar modelos interpretativos, etc. En este caso se hace hincapié en los contenidos procedimentales aunque no se olviden los conceptuales y actitudinales. Se trata pues de usar como argumento principal los métodos y procedimientos de investigación en geología.
- Enfoque **conceptual**, en el que preocupa fundamentalmente mostrar las características más destacadas del cuerpo de conocimientos de la geología. Los conceptos, teorías y modelos se convierten en la preocupación fundamental de la enseñanza. Dentro de esta perspectiva se pueden distinguir distintas posibilidades:
 - **Evolutiva**, puesto que el hilo argumental son los cambios a través del tiempo que se producen en la estructura, composición y dinámica geológica planetaria.
 - **Físico-química**, en la que el estudio del origen, composición, naturaleza y transformaciones de la materia planetaria se convierten en el eje central de la organización de la programación.
 - **Fenomenológica**, debido a que la preocupación se centra en los procesos geológicos, externos y/o internos, su naturaleza, origen, funcionamiento y consecuencias. Una variante de este enfoque consistiría en utilizar la teoría de tectónica de placas como hilo conductor de la programación, en tanto que dicha teoría se constituye en teoría global de la dinámica geológica.
 - **Geomorfológica**: la línea argumental consiste en el estudio de las formas del relieve terrestre, en tanto éstas son analizables como un resultado de la dinámica terrestre, a través de los tiempos geológicos.
 - **Teórico-descriptiva**: el argumento principal consiste en señalar las principales ramas de la ciencia geológica y en detallar los conceptos y teorías más destacados en cada una de esas ramas.

Esta clasificación, como otras que posiblemente se puedan establecer, han de entenderse como posibilidades en estado puro que generalmente no se dan tal cual. La necesaria búsqueda de un equilibrio entre los diversos objetivos de enseñanza, lleva a considerar posibilidades mixtas en las cuales predomine un determinado punto de vista. De esa naturaleza es la opción que se expondrá más adelante.



Orientaciones didácticas y para la evaluación

El modelo pedagógico ha de ser coherente con la creencia de que es el alumno quien construye su propio conocimiento mediante un proceso de análisis y síntesis sucesivos que pone a prueba sus propias teorías. Desde esta perspectiva, es muy importante conferir al alumno el grado de autonomía necesario para que pueda afrontar de una forma personal la comprensión y valoración de la ciencia.

En este curso, dadas las características del alumnado en cuanto a madurez intelectual, es posible aumentar la autonomía en el aprendizaje respecto a cursos anteriores; por eso se deben plantear actividades que les permita tomar decisiones, posibilitando en ciertos momentos la elección de los caminos o vías de continuación o resolución del trabajo. Esta autonomía no significa que los alumnos trabajen individualmente, sino que podrán trabajar en pequeños grupos, desarrollando actitudes de cooperación entre ellos.

Los estudios realizados hasta el momento sobre la existencia de «ideas previas» en los alumnos, no coincidentes con las de la geología, y la constatación de la persistencia de las mismas a lo largo de la vida escolar, hacen necesario conocer esta realidad y poner en práctica estrategias didácticas que hagan que los alumnos se den cuenta de cuáles son sus propias teorías y de cuál es la validez de las mismas. Se sugiere por consiguiente un enfoque didáctico que favorezca el «cambio conceptual» en los alumnos.

La organización de la clase, la estructura del grupo y los roles a desempeñar por alumno y profesor deberán ser consecuentes con los principios manifestados hasta el momento.

Se considera conveniente conferir al grupo-clase el carácter de seminario cuya tarea esencial consista en el análisis de cuestiones que caracterizan a la geología de finales del siglo XX. El seminario es dirigido por la mano experta del profesor y se subdivide en grupos de dos a cuatro alumnos en aquellos momentos que se considere necesario. Caracteriza el trabajo del seminario: la formulación de un problema, la actitud de indagación, la ejecución de un plan negociado, la asimilación de un cuerpo de conocimientos nuevo, el análisis-crítico y por último el establecimiento de conclusiones.

Todo lo anteriormente expuesto lleva a considerar que el profesor no debe ser un mero transmisor de conocimientos, en su labor de coordinación y asesoramiento debe ajustar sus exposiciones a los momentos en los que la propia dinámica generada las demande, ya que se debe potenciar el trabajo del alumno de manera que aprenda a estudiar la información y a tomar decisiones por sí mismo. El papel del profesor ha de ser el del profesional con los conocimientos y recursos necesarios para elegir, diseñar, organizar y dirigir el trabajo de sus alumnos. Hay que tener previstos los problemas de los que se va a partir y las actividades y los materiales que se van a utilizar para su resolución a lo largo del curso, por otro lado el profesor ha de mostrarse flexible y atender a las demandas de los alumnos, prestándoles ayuda para profundizar más en un contenido determinado o animándoles, cuando esté justificado, a seguir un camino aunque no fuera el previsto.

Orientaciones generales

Cualquiera que sea la estrategia didáctica concreta, deberá ser coherente con el conjunto de las directrices señaladas hasta el momento, y que en resumen son:

- Dar una visión global de la geología integrando conocimientos tratados de forma dispersa en cursos anteriores.
- Atender especialmente a lo específico de esta ciencia.
- Dar la misma importancia al contenido conceptual y al procedimental.
- Posibilitar que los alumnos contrasten sus interpretaciones con las de la ciencia.
- Conferir mayor grado de autonomía al alumno.
- Cubrir con actividades variadas los distintos aspectos del proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Favorecer que el grupo-clase se comporte como un seminario que indaga, reflexiona y llega a conclusiones.
- Asunción por parte del profesor del papel de experto que dirige, asesora y facilita el trabajo del grupo.

Aunque deberá ser cada profesor o profesora quien determine la estrategia más conveniente para sus alumnos, se considera deseable un planteamiento didáctico predominante de descubrimiento guiado que, partiendo de problemas amplios conduzca a los alumnos y alumnas a la reconstrucción del conocimiento y al profesor a una exposición dosificada del contenido científico. Esta estrategia permite más fácilmente la familiarización del alumno con los procedimientos de la ciencia y le sitúa en contextos similares a los que vieron nacer conceptos y teorías. Esto no quiere decir que los alumnos y alumnas vayan a «descubrir la ciencia» en la línea de un inductivismo ingenuo, sino que constituye un método, «un hilo conductor», que va generando demandas de nueva información teórico-práctica a un ritmo y dé una forma que hacen posible el aprendizaje significativo de la misma.

Los problemas que se abordan deben ser parecidos a los que un geólogo pudiera plantearse, más sencillos lógicamente, y deben resolverse de manera similar a como lo haría este geólogo.

Partir de planteamiento de problemas es necesario no sólo para comprender las principales ideas en torno al problema sino para conseguir la familiarización del alumno con diferentes aspectos del trabajo científico: planteamiento de problemas, formulación de hipótesis, manejo de documentos científicos diversos y contrastación de la información, elaboración de estrategias de resolución de los problemas planteados, contrastación de las hipótesis planteadas bien por experimentación como comparando el problema de estudio con otro ya conocido, presentación de los datos y de los resultados, conclusiones, síntesis, etc.

Los problemas, o «cuestiones abiertas», en torno a los que debe girar el planteamiento de esta materia deben elegirse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Que requieran el estudio de todos o gran parte de los contenidos que se han de impartir en este curso.
- Deben ser motivadores.

- Han de ser problemas que pueda resolver el alumnado con la orientación del profesor (nivel adecuado).
- Se tiene que contar con abundante material de trabajo que posibilite a los alumnos la resolución de los problemas planteados: libros de texto, publicaciones, mapas, etc.
- Tienen que favorecer un trabajo investigador en equipo.
- Los alumnos tienen que ser conscientes y responsables del trabajo que se esté haciendo y capaces de valorar lo aprendido durante la realización de ese trabajo.

El trabajo del seminario debe ser conducido por el profesor mediante una secuencia de actividades bien planificada que permita el análisis del problema y la formalización del conocimiento estudiado. Dicha secuencia puede ser variable, a continuación se sugiere una estructura a modo de ejemplo:

FASE	PAPEL DEL PROFESOR	PAPEL DEL ALUMNADO
PLANTEAMIENTO INICIAL	<p>Presentar el problema y los datos necesarios para poder abordarlo.</p> <p>Ejercicios para comprobar el grado de comprensión del problema por parte del alumnado.</p>	<p>Describir detalladamente el problema. Recabar toda la información disponible que sea relevante.</p>
INTERPRETACIÓN	<p>Colaborar en el análisis del problema en la puesta en común.</p> <p>Ayudar a seleccionar las hipótesis más plausibles.</p> <p>Averiguar cuáles son las ideas previas del alumnado en relación al problema central.</p>	<p>Establecer hipótesis que expliquen el problema. Descomponer el problema en otros más específicos (determinar las variables del problema).</p>
REPLANTEAMIENTO	<p>Aportar datos aún no considerados.</p> <p>Presentar los modelos de la geología empleados para interpretar problemas semejantes. Guiar el análisis y la comprensión de dichos modelos mediante la realización de ejercicios, explicaciones y debates.</p>	<p>Valoración y análisis de los nuevos datos aportados por el profesor.</p> <p>Valoración y análisis de los modelos teóricos presentados por el profesor.</p> <p>Contraste entre sus explicaciones, las de sus compañeros y las de la geología oficial.</p>
APLICACIÓN	<p>Dirigir la realización de ejercicios de aplicación de los modelos teóricos al problema en estudio.</p>	<p>Aplicación de dichos modelos al problema central en estudio y a otros casos similares.</p>
CONCLUSIÓN	<p>Plantear actividades de pequeño grupo en primer lugar y de seminario posteriormente para establecer conclusiones finales.</p>	<p>Elaborar un informe que determine en qué medida, y de qué forma, las estructuras geológicas influyen en la configuración morfológica.</p>

El uso de unos problemas u otros depende en primer lugar del enfoque escogido para desarrollar la programación. Así, por ejemplo, el estudio de la desaparición de los dinosaurios y de otras muchas especies históricas, puede servir en el marco de una línea argumental evolutiva o de geología histórica y el análisis de la ausencia de grandes yacimientos de petróleo en España entra dentro de una lógica de preocupación social y económica.

Algunos problemas en los que se puede trabajar son de carácter amplio y pueden constituir el hilo conductor de varias unidades de programación, otros son más concretos para ser analizados dentro de una unidad en particular. Véanse algunos otros ejemplos:

- ¿Cómo se formó el relieve de la región donde se vive, o el relieve de España o de la Tierra?
- ¿Cómo se formaron los principales rasgos geológicos de España?
- ¿En qué lugares de la geografía de España es menos arriesgado instalar una central nuclear?
- ¿En qué lugares de la geografía española es más seguro enterrar los residuos radiactivos?
- ¿Se equivocó Julio Verne al imaginarse el interior terrestre?
- ¿Qué le pasó a Pompeya?
- ¿Por qué en la Tierra no hay tantos cráteres como en la Luna?

Orientaciones para la evaluación

Si bien es verdad que el referente habitual y básico de la evaluación es el alumno y más concretamente el grado de aprendizaje realizado por el mismo en relación a los objetivos didácticos planteados, también es cierto que el grado de aprendizaje conseguido está muy condicionado por el plan didáctico desarrollado en clase (objetivos planteados, método seguido, contenidos abordados, tipos y secuencia de actividades realizadas, etc.) y por el tipo de relaciones generado en el grupo-clase. Por eso, es conveniente que consideremos las unidades didácticas como hipótesis que hemos de someter a contraste, evaluación y posiblemente mejora, entendiendo por mejora el ajuste al contexto específico y no el perfeccionamiento absoluto.

Evaluar el desarrollo de las unidades didácticas puede servir para:

- Valorar el plan inicial e introducir algunas modificaciones de última hora.
- Ajustar, paso a paso, el ritmo de la unidad.
- Detectar problemas concretos en el aula e introducir modificaciones durante el desarrollo de la unidad.
- Realizar la evaluación final de la unidad y del aprendizaje con más objetividad.
- Reformular la unidad para otros años.

Se propone por tanto una evaluación continua que comprenda la evaluación inicial o diagnóstica, la del proceso de enseñanza y aprendizaje o formativa y por último la final o sumativa. Una evaluación con la finalidad de incorporar mejoras durante el desarrollo de la acción didáctica y de determinar el progreso realizado por el alumnado en relación a los objetivos generales de la asignatura.

Corresponde hacer por tanto, en línea con lo anterior, una observación y recogida de datos en tres momentos:

1. Antes de enseñar cada Unidad:

— Respecto a los alumnos (datos obtenidos a partir de unidades anteriores):

- Alumnos que necesitan refuerzo o compensación.
- Alumnos que necesitan ampliación.
- Dinámica existente en el grupo-clase.
- Conocimientos previos respecto a la Unidad.

— Respecto a la Unidad (análisis del diseño de la Unidad):

- Enfoque de la Unidad: objetivos y contenidos.
- Estructura de la Unidad: actividades y metodología.
- Recursos necesarios.
- Distribución temporal.

2. Durante la enseñanza (anotaciones breves del profesor durante la clase o al finalizar la misma):

— Respecto a los alumnos:

- Posturas y conceptos de los alumnos que se manifiestan en la introducción a cada una de las partes de la Unidad.
- Grado de aprendizaje alcanzado en la recapitulación de cada una de las partes de la Unidad.

— Respecto al desarrollo de la Unidad:

- Fecha de aplicación.
- Curso en el que se aplica.
- Dificultades encontradas por los alumnos.
- Dificultades encontradas por el profesor/a.
- Desviación respecto al plan previsto.
- Ajustes realizados sobre la marcha.

3. Después (datos que se obtienen de las actividades de recapitulación y evaluación final):

— Respecto a los alumnos y alumnas:

- Situación de cada alumno respecto a una escala previamente establecida (criterios de evaluación) mediante pruebas, cuestionarios, informes, etc.

— Respecto a la Unidad:

- Valoración del profesor o profesora: dificultades y posibles mejoras (conclusiones).

Planteamiento
general

- Valoración por parte del alumno:

- Actividades preferidas.
- Actividades que no gustan.
- Dificultades encontradas.
- Sugerencias para la mejora.
- Reformulación de la Unidad.
- Ajustes introducidos.
- Observaciones para otro año.

Por otro lado, la evaluación del nivel de aprendizaje logrado por el alumno tiene que estar estrechamente relacionada con las actividades diarias de aula, campo o laboratorio. Esto permite evaluar tanto los contenidos conceptuales como los procedimentales y actitudinales.

Los tipos posibles de actividades de evaluación son variados y su valor está en función de lo que se quiera evaluar fundamentalmente. A continuación se citan algunos de ellos con el fin de que se puedan escoger en función de las distintas posibilidades:

1. Pruebas escritas (cerradas, abiertas o mixtas):

- Cuestionarios.
- Análisis de textos.
- Diseño de trabajos experimentales.
- Utilización de instrumentos y técnicas: mapas, cortes, etc.
- Realización de informes de trabajo.

2. Pruebas orales:

- Exposición de informes de trabajo.

3. Seguimiento del trabajo experimental realizado a lo largo del curso.

En lo anteriormente expuesto se supone que la evaluación es ejercida por el profesorado y se ha defendido además que la necesidad de que se refiera tanto al aprendizaje del alumno como al desarrollo de la Unidad didáctica. Pero sería un olvido imperdonable no argumentar en favor de la implicación del alumnado en la evaluación. Si bien es claro que la responsabilidad de comprobar la superación de la asignatura por parte de los alumnos, corresponde al profesorado; también es verdad que en una evaluación formativa orientada a la mejora de la enseñanza y aprendizaje tan fundamental es la observación sistemática del profesor como la del alumno. Implicar a los alumnos en una autoevaluación les proporciona la capacidad de regular su propio aprendizaje y les vincula no sólo cognitivamente sino también afectivamente con el conocimiento de la asignatura. Implicar a los alumnos en la evaluación del proceso didáctico y de la labor del profesor proporciona a los docentes una referencia básica para entender mejor los problemas específicos de la enseñanza. Por eso, se propone hacer partícipes desde el principio a los alumnos del diseño y desarrollo del curso, facilitándoles momentos en que se cuestione críticamente lo que se está haciendo.

Programación

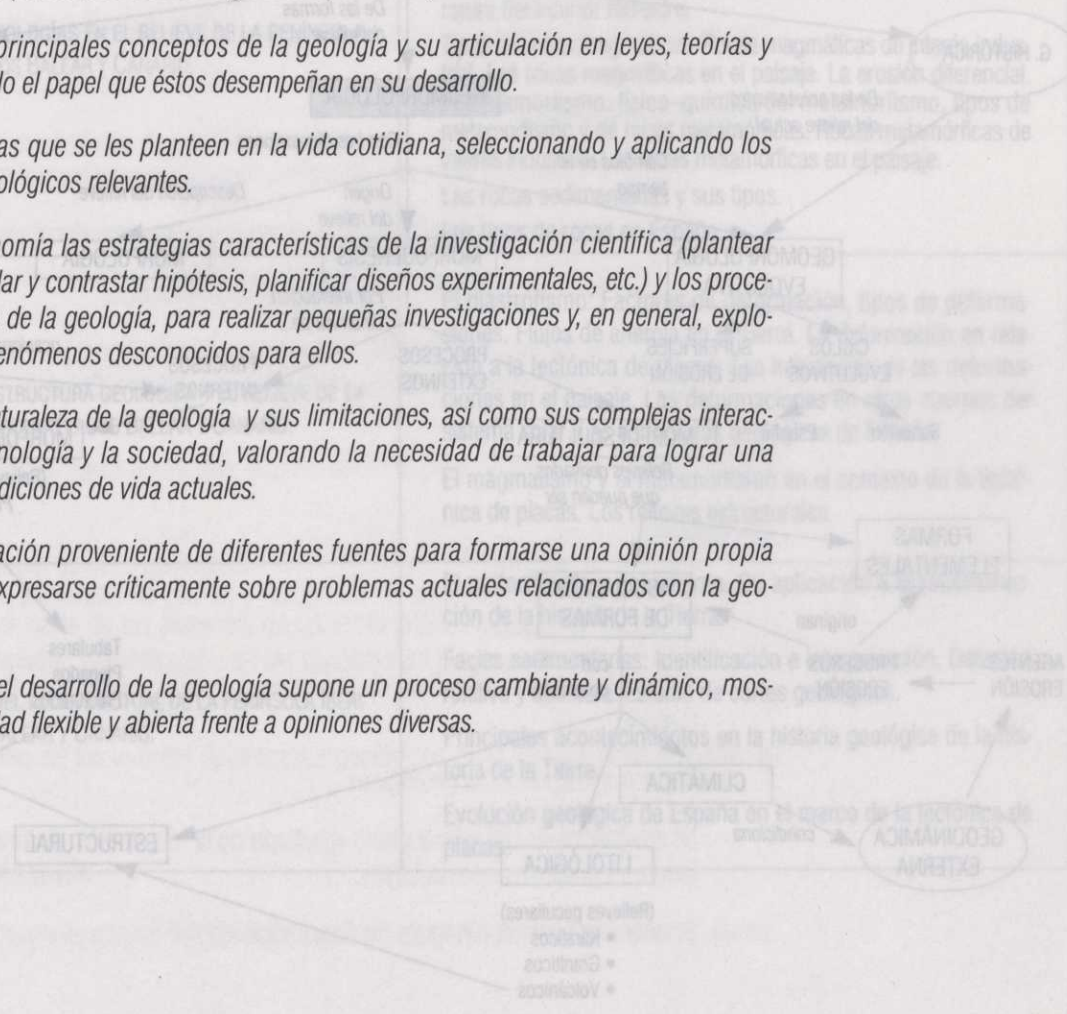
La programación que se sugiere utiliza la geomorfología como hilo conductor pero al mismo tiempo recoge lo esencial del enfoque funcional en cuanto que pretende la comprensión de las características geológicas del paisaje español, y también, en tercer lugar, se nutre de los principios del enfoque práctico pues pretende asimismo el aprendizaje de los procedimientos característicos del quehacer de los geólogos.

El estudio e interpretación del relieve y otras manifestaciones geológicas de la península Ibérica y de las islas será el argumento de la programación de la Geología. O dicho de otra manera, el problema central del curso sobre el que gravitarán todas las actividades será: ¿A qué puede deberse el relieve tan variado que caracteriza a la geografía española?

De acuerdo con la Resolución que establece el currículo de las materias optativas en Bachillerato, los objetivos generales planteados son los siguientes (*ver Anexo*):

1. *Comprender los principales conceptos de la geología y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que éstos desempeñan en su desarrollo.*
2. *Resolver problemas que se les planteen en la vida cotidiana, seleccionando y aplicando los conocimientos geológicos relevantes.*
3. *Utilizar con autonomía las estrategias características de la investigación científica (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, planificar diseños experimentales, etc.) y los procedimientos propios de la geología, para realizar pequeñas investigaciones y, en general, explorar situaciones y fenómenos desconocidos para ellos.*
4. *Comprender la naturaleza de la geología y sus limitaciones, así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de trabajar para lograr una mejora de las condiciones de vida actuales.*
5. *Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia que les permita expresarse críticamente sobre problemas actuales relacionados con la geología.*
6. *Comprender que el desarrollo de la geología supone un proceso cambiante y dinámico, mostrando una actividad flexible y abierta frente a opiniones diversas.*

Planteamiento general

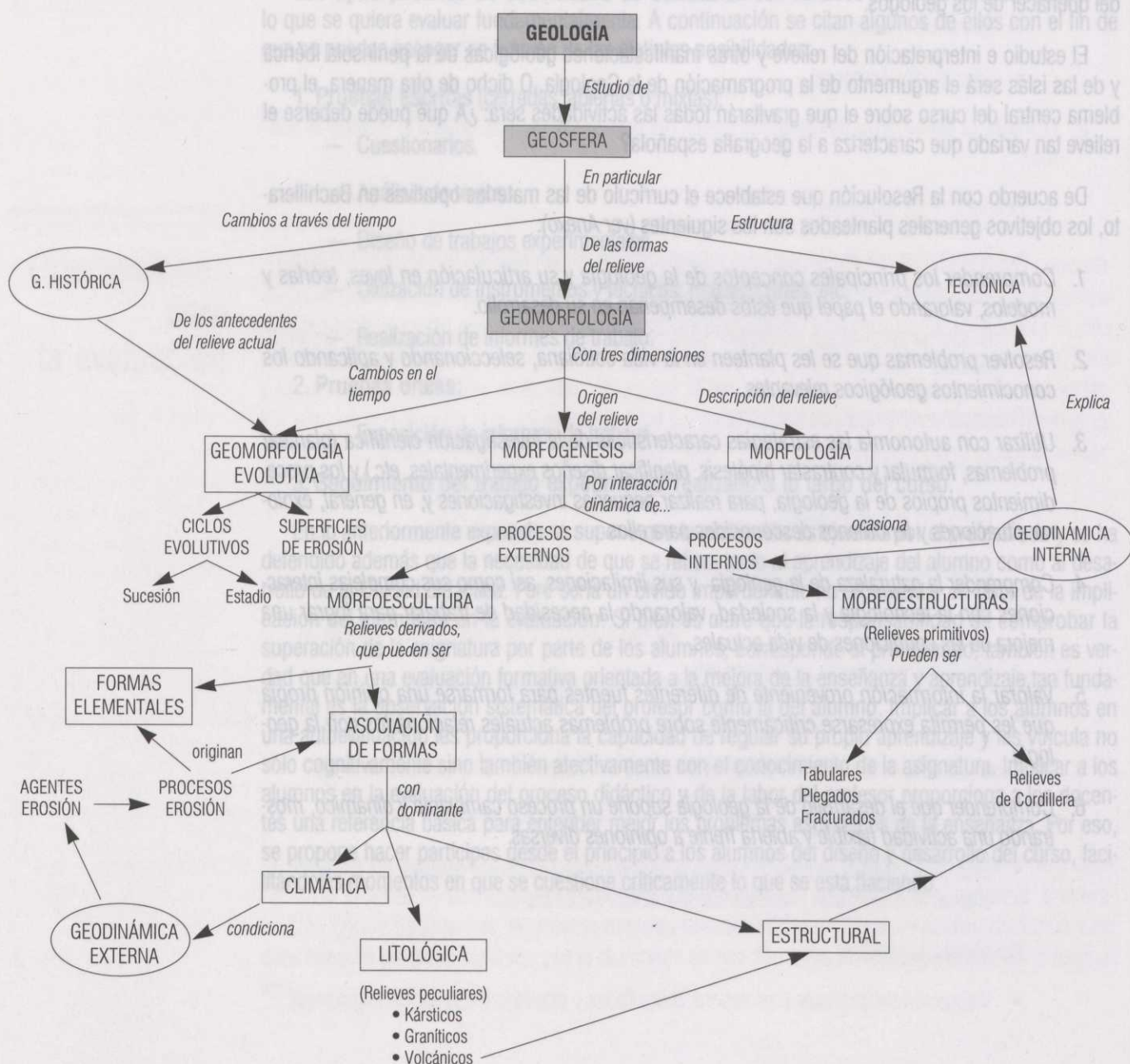


Organización de los contenidos

El análisis del problema central lleva a considerar el grado de influencia de cada una de las variables más influyentes. En este sentido conviene recordar que fue la obra de William Morris Davis, padre de la geomorfología moderna, la que desarrolló el primer método de análisis geomorfológico, al establecer que «toda forma del terreno es un producto de la dinámica, a lo largo de la historia natural». Lo que viene a decir que «toda variedad de formas de la superficie terrestre, es función de tres variables: la estructura geológica (litología, tectónica, etc.), el proceso de modelado (y sus factores) y el tiempo o estado evolutivo».

El estudio de la influencia de cada una de estas variables no sólo consistirá en establecer la relación con el problema en cuestión, también servirá para formalizar y clarificar los conocimientos básicos relativos a cada una de ellas. Esto nos permitirá realizar aproximaciones a cada una de las siguientes disciplinas geológicas: petrología, geomorfología, tectónica, estratigrafía, geología histórica, etc.

Véase en el siguiente mapa conceptual la organización de los contenidos coherente con el planteamiento que se propone:



Unidades didácticas

En consonancia con la organización de contenidos anterior se plantean las siguientes unidades didácticas:

UNIDADES	CONTENIDOS
<p>0. LOS RASGOS DEL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO.</p>	<p>Los rasgos característicos del relieve de España: macizo Ibérico, montañas circundantes y periféricas, depresiones, islas Baleares e islas Canarias. El análisis geomorfológico: Hipótesis básicas de interpretación.</p>
<p>1. LA INFLUENCIA DE LA EROSIÓN EN EL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO.</p>	<p>La erosión de la superficie terrestre: Agentes, modelado del relieve, las rocas y facies sedimentarias. El análisis geomorfológico: Los sistemas morfológicos. Los procesos geológicos externos. Manifestaciones de procesos externos en otros planetas. El suelo y tipos de suelos.</p>
<p>2. INFLUENCIA DE LAS LITOLOGÍAS EN EL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO.</p>	<p>Tipos de materiales geológicos. Aproximación a la comprensión de la naturaleza de la materia mineral. Propiedades físicas y químicas de las rocas. Estructura de la Tierra. Origen y composición. Calor y temperatura del interior terrestre. Tipos de rocas magmáticas. Rocas magmáticas de interés industrial. Las rocas magmáticas en el paisaje. La erosión diferencial. El metamorfismo: físico-química del metamorfismo, tipos de metamorfismo y de rocas metamórficas. Rocas metamórficas de interés industrial. Las rocas metamórficas en el paisaje. Las rocas sedimentarias y sus tipos. Los tipos de rocas en España.</p>
<p>3. RELACION ENTRE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y EL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO.</p>	<p>El diastrofismo: Factores de deformación, tipos de deformaciones. Flujos de energía en la Tierra. La deformación en relación a la tectónica de placas. Las influencias de las deformaciones en el paisaje. Las deformaciones en otros cuerpos del sistema solar. Las estructuras geológicas de España. El magmatismo y el metamorfismo en el contexto de la tectónica de placas. Los relieves estructurales.</p>
<p>4. HISTORIA GEOLÓGICA DEL RELIEVE ACTUAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO.</p>	<p>El uniformismo y actualismo. Su aplicación a la reconstrucción de la historia de la Tierra. Facies sedimentarias: Identificación e interpretación. Datación relativa y absoluta. Estudio de cortes geológicos. Principales acontecimientos en la historia geológica de la historia de la Tierra. Evolución geológica de España en el marco de la tectónica de placas.</p>

Los contenidos que se incluyen en la programación están ordenados en cinco unidades didácticas, la primera de ellas es la presentación general del curso, y las restantes se corresponden con contenidos propios de algunas de las disciplinas que constituyen la ciencia de la geología.

El orden en que aparecen las diferentes unidades en el cuadro general anterior no tiene por qué corresponderse con el momento en que realmente se aborden. Puesto que la geología es la suma de muchos procesos que han actuado a lo largo del tiempo y que, para comprender los complejos sistemas que han interrelacionado es necesario realizar un estudio analítico antes que sintético, pueden ser los propios alumnos los que decidan qué orden seguir para llevar a cabo dicho análisis. En todo caso, hay que comenzar planteando el problema en torno al cual se desarrollarán todas las actividades y estudiando también en las primeras sesiones el relieve de la Península, Baleares y Canarias.

Por otro lado, la duración de cada una de las unidades no tiene por qué ser la misma. Una posible distribución temporal puede ser:

1.º Trimestre: Unidades números 0 y 1.

2.º Trimestre: Unidades números 2 y 3.

3.º Trimestre: Unidad número 4.

A continuación se detallan diversos aspectos de cada una de las unidades propuestas:

UNIDAD 0

LOS RASGOS DEL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO

Objetivos didácticos

- Identificar y describir diferentes dominios, formas y elementos del relieve.
- Dominar las técnicas de observación, representación, descripción y clasificación del relieve.
- Comprender la naturaleza y objetivos de la geomorfología.
- Reconocer las distintas variables influyentes en la configuración del relieve continental, y en particular de la península Ibérica y archipiélagos Balear y Canario.

Contenidos

Conceptos

- Análisis morfográfico: tipos de elementos y formas de relieve. La pendiente como elemento básico en el relieve.
- Principales rasgos del relieve de la península Ibérica, de las islas Baleares y del archipiélagos Canario.
- Repaso a los procesos geológicos.
- La morfogénesis del relieve como resultado de la interacción dinámica entre procesos modeladores y procesos constructivos.
- Principales tipos de hipótesis geomorfológicas.

- Los procesos geológicos como resultado de transferencias de energía de unas capas a otras del planeta Tierra.

Procedimientos

- Los sistemas de representación del relieve: el mapa topográfico, el mapa de alturas relativas, el mapa de pendientes, los bloques-diagrama, etc.
- Confección del mapa de dominios fisiográficos de España.
- Familiarización con el método hipotético-deductivo.

Actitudes

- Predisposición al análisis rigurosos como medio de resolver problemas.
- Valoración positiva ante la formulación de hipótesis distintas, pero plausibles, en relación a un mismo problema.

Actividades sugeridas

- Estudio del mapa topográfico de la Península e Islas.
- Observación, estudio e interpretación de imágenes de la península Ibérica e Islas (haciendo especial hincapié en el entorno):
 - Paisajes: diapositivas, postales, películas, etc.
 - Imágenes de satélite a distintas escalas.
 - Pares estereográficos escala 1:30.000.
- A partir de visualizar distintas diapositivas de paisajes, realizar una primera aproximación a los objetivos propios de la geomorfología.
- Enumerar y clasificar los distintos tipos de energía que podemos encontrar en la Tierra. ¿Cuáles de ellas influyen directa o indirectamente en el modelado de la superficie del planeta?
- Nombrar los distintos fenómenos que ocurren en la Tierra como consecuencia del calor interno.
- Nombrar los distintos fenómenos que ocurren en la superficie terrestre y que causan el modelado terrestre.
- Revisión del concepto de ciclo geológico.
- Manifestación, por parte de los alumnos, de las ideas previas respecto al origen de los rasgos del relieve español. Identificación de las variables en juego y elección de una de ellas para iniciar la interpretación del problema.
- Estudio comparativo de los indicios de procesos geológicos de la Tierra y otros planetas del sistema solar.

Criterios para la evaluación

- Interpretar correctamente mapas fisiográficos, perfiles topográficos e histogramas de alturas.

- Identificar los tipos de relieve más característicos en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias a partir del mapa topográfico, fotos aéreas y de diapositivas.
- Establecer hipótesis respecto a la desigual influencia de las variables que determinan el modelado de los distintos paisajes españoles.

UNIDAD I

LA INFLUENCIA DE LA EROSIÓN EN EL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO

Objetivos didácticos

- Comprender la naturaleza de la geomorfología y de la geodinámica externa, así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de trabajar para lograr una mejora de las condiciones de vida actuales.
- Comprender el concepto de ciclo de erosión normal, sus limitaciones y su grado de aplicabilidad al relieve de la península Ibérica e islas Baleares y Canarias.
- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia que les permita expresarse críticamente sobre problemas relacionados con el modelado del relieve.
- Valorar el grado de influencia de los diferentes agentes de erosión en la diferenciación de los dominios del relieve español.

Contenidos

Conceptos

- Procesos y agentes geológicos externos.
- Meteorización mecánica y química.
- Fenómenos de ladera o gravitacionales.
- Agentes geológicos externos: ríos, torrentes, glaciares, viento, agua subterránea y el mar.
- Los agentes como transferencias de energía.
- Los procesos como conjuntos de acciones físico-químicas.
- Los relieves derivados.
- Teorías sobre la evolución del paisaje:
 - Ciclo geográfico (W. M. Davis).
 - Sistemas morfoclimáticos (Tricart y Cailleux).
- Clima y paisaje. Sistema morfoclimático glaciar, templado-húmedo y subdesértico.
- El suelo. Composición y estructura. Formación y erosión del suelo.

Procedimientos

- Aplicación de las teorías morfogenéticas a la península Ibérica e Islas: localización de penillanuras, montes-isla, pedimentos, dominios morfoclimáticos, etc.
- Revisión sistemática de las diferentes hipótesis manifestadas.

Actitudes

- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia.
- Valorar la mayor autonomía en el trabajo y estudio, como motor de nuevos aprendizajes.
- Valorar positivamente la colaboración en el estudio de la unidad con el resto de los compañeros del grupo y de la clase.
- Valorar la influencia de los procesos geológicos externos en el desarrollo de nuestra civilización así como en nuestra vida diaria.

Actividades sugeridas

- Salidas al campo para estudiar formas de modelado.
- Análisis y discusión de las diferentes teorías geomorfológicas mediante la lectura de textos y artículos de los autores originales.
- Confección de maquetas representando algunas de las zonas del relieve estudiado.
- Emisión y discusión de hipótesis en las que los procesos de erosión sean los responsables del relieve en cuestión.
- Elaboración de un mapa geomorfológico.
- Exposición, discusión y valoración del informe.
- Enumeración de los aspectos del relieve no interpretados por medio de la geodinámica externa exclusivamente.

Criterios de evaluación

- Aplicar la noción de sistema morfoclimático en la interpretación del relieve peninsular y de las islas.
- Utilizar satisfactoriamente mapas climáticos.
- Identificar los agentes de erosión que actúan en la diferenciación de los distintos relieves españoles.
- Comprobar si la distribución de climas en España coincide con la de dominios fisiográficos.

UNIDAD II

INFLUENCIA DE LAS LITOLOGÍAS EN EL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO

Objetivos didácticos

- Conocer las características físicas y químicas más importantes que condicionan la erosión diferencial.
- Valorar el grado de influencia de las litologías en la conformación del relieve.
- Conocer los rasgos más notorios de los diferentes tipos de «relieves singulares» (karst, berrocales, etc.).
- Adquirir mayor conocimiento de la petrología.

Contenidos

Conceptos

- La erosión diferencial. Las rocas y su comportamiento en diferentes tipos de climas.
- Propiedades físicas y químicas de las rocas: dureza, cohesión, plasticidad, etc.
- Petrología. Clasificación genética de las rocas.
- Rocas magmáticas. Magmatismo: origen, ascenso y consolidación magmática. Tipos de magmas y de rocas ígneas. Texturas y estructuras en las rocas ígneas. Yacimientos de las rocas magmáticas. Rocas plutónicas y volcánicas en la Península e Islas.
- Rocas metamórficas. Metamorfismo: factores, tipos de metamorfismo y de rocas metamórficas. Texturas y estructuras de las rocas metamórficas. Facies metamórficas. Mineral índice. las rocas metamórficas en la Península e Islas.
- Rocas sedimentarias. Sedimentación. Medios sedimentarios. Diagénesis. Composición, textura, estructura y clasificación de las rocas sedimentarias. El carbón y el petróleo.
- Rocas industriales en la Península e Islas. Conceptos de mineral, cristal y roca.
- La materia mineral. Redes espaciales. Algunas estructuras minerales.
- Minerales petrogenéticos y minerales de interés industrial.
- Yacimientos minerales en la Península e Islas.
- Geomorfología litológica: los relieves singulares, el karst, berrocales, etc.

Procedimientos

- Reconocimiento de minerales y rocas a través de sus propiedades y características.
- Estudio y reconocimiento de algunos minerales y de algunas rocas al microscopio petrográfico.
- Manejo de la lupa binocular (estudio de sedimentos, rocas y minerales).
- Interpretación de la litología representada en el mapa geológico de la Península, escala 1:1.000.000 y de mapas geológicos regionales.
- La consulta bibliográfica de diferentes fuentes.
- Identificación de formas de erosión diferencial a partir de mapas topográficos.

Actitudes

- Predisposición al análisis riguroso como medio de resolver problemas.
- Valoración positiva de la manifestación de hipótesis distintas en relación a un mismo problema.
- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia.
- Valorar la mayor autonomía en el trabajo y estudio como motor de nuevos aprendizajes.
- Valorar positivamente la colaboración en el estudio de la Unidad con el resto de los compañeros del grupo y de la clase.

Actividades sugeridas

- Realización de alguna excursión que permita observar en detalle fenómenos de erosión diferencial por influencia litológica.
- Itinerarios urbanos para apreciar las distintas resistencias de las rocas, presentes en las fachadas de los edificios, frente a la meteorización.
- Estudio o elaboración de un mapa litológico de la Península e Islas.
- Estudio comparativo del mapa litológico y el mapa de dominios del relieve realizado anteriormente.
- Detección de posibles casos de convergencia y de divergencia de formas.
- Hacer un inventario de paisajes que muestren clara influencia litológica.
- Tratar de explicar la distribución de rocas en la Península e Islas.
- Confección de un informe en el que se establezca el grado de influencia de la litología en el relieve estudiado.
- Exposición y discusión del informe de cada grupo.

Criterios de evaluación¹

- Saber interpretar un mapa litológico.
- Reconocer, en el campo o laboratorio, los tipos de rocas más frecuentes.
- *Identificar las características más importantes de la materia mineral, y establecer algunas relaciones sencillas entre la composición química, la estructura cristalina y el comportamiento físico-químico.*
- Identificar en cortes geológicos sencillos las distintas formaciones litológicas presentes.
- Relacionar el conocimiento petrológico con la obtención de materias primas, construcción de obras públicas y con las características del paisaje.
- Explicar la distribución de los distintos tipos de litologías con la de los dominios fisiográficos existentes en la Península Ibérica e Islas.

UNIDAD III

RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y EL RELIEVE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO

Objetivos didácticos

- Comprender las características de la tectónica de placas y sus limitaciones a la hora de explicar el relieve terrestre.

1. El criterio de evaluación con letra cursiva se corresponde con el enunciado de la resolución que establece el currículo de las materias optativas de Bachillerato (ver Anexo).

- Aplicar el conocimiento de la tectónica a la interpretación del relieve terrestre, distribución de rocas y existencia de estructuras geológicas en la Península e Islas.
- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia sobre la influencia de la geotectónica en el relieve.

Contenidos

Conceptos

- Relieves estructurales: tipos.
- Estructuras tectónicas: pliegues (elementos y tipos), fallas, cabalgamientos, mantos de corrimiento.
- Tipos de esfuerzo causantes de deformación: tensión, compresión y cizalla. Dirección de los esfuerzos.
- Deformaciones elásticas: sismicidad.
- Modelos sobre la génesis de las deformaciones en las rocas: modelos orogénicos fijistas y movillistas.
- Teoría de la tectónica de placas: tipos de orógenos, bordes de placas.
- El movimiento de las placas: flujo de energía en el interior de la Tierra, mecanismos de movimiento.
- Las deformaciones en la península Ibérica e Islas:
 - Dominios estructurales.
 - Sismicidad.
 - La Península e Islas en el contexto de la placas tectónicas.

Procedimientos

- Aplicar los modelos fijista y movillista en la interpretación del relieve.
- Diseñar modelos experimentales.
- Reconocer paisajes estructurales en el campo y en mapas topográficos.
- Exponer informes de forma clara y ordenada.

Actitudes

- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia.
- Valorar la mayor autonomía en el trabajo y estudio como motor de nuevos aprendizajes.
- Valorar positivamente la colaboración en el estudio de la Unidad con el resto de los compañeros del grupo y de la clase.
- Appreciar la importancia de la geología en la prevención de riesgos naturales.
- Mostrar interés y respeto por el punto de vista de los demás.

Actividades sugeridas

Ver el apartado dedicado a la Unidad didáctica.

Criterios de evaluación

- Deducir a partir de mapas y cortes geológicos la existencia de estructuras geológicas concretas, así como la relación entre dichas estructuras y el relieve.
- Relacionar la investigación en geología estructural con actividades tales como, la obtención de materias primas o la solución a determinados problemas medioambientales.
- Aplicar la tectónica de placas a la interpretación del relieve.
- Describir el comportamiento dinámico de la geosfera mediante esquemas gráficos.
- Comprobar las posibles coincidencias de distribución espacial entre la geología estructural y dominios fisiográficos de España.

UNIDAD IV

HISTORIA GEOLÓGICA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y ARCHIPIÉLAGOS BALEAR Y CANARIO

Objetivos didácticos

- Comprender la naturaleza de la geología histórica, los principios por los que se guía, y las limitaciones con que se encuentra.
- Conocer, y aplicar críticamente al problema abordado, los conceptos de herencia de formas, superficies de erosión, sucesión de formas, interacción dinámica y evolución cíclica. (ciclo de erosión normal, etc...).
- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes en relación a la historia del relieve. Críticas al ciclo de erosión normal y posteriores aportaciones.
- Elaborar una explicación global que tenga en cuenta las diferentes variables geomorfológicas (estructura, proceso y tiempo).

Contenidos

Conceptos

- Geología histórica.
 - Principios en geología histórica: actualismo (C. Lyell), superposición de estratos (Steno), uniformismo (Hutton), horizontalidad, sucesión faunística.
 - Ciclo geográfico (W. M. Davis).
 - Secuencia de elevación y erosión (N. Penk).
 - Pedimentación (King).
 - Registro fósil. Fósil guía. Fósiles de facies. Fósil característico.
 - Cronología relativa. Unidades cronoestratigráficas. Correlaciones estratigráficas. Métodos de datación relativa.

- El tiempo en geología. Cronología absoluta. Unidades geocronológicas. Métodos de datación. Unidades de tiempo.
- Principales acontecimientos en la historia de la Tierra.
 - Precámbrico: formación del planeta, consolidación de la corteza, seres vivos primitivos.
 - Paleozoico: fragmentación de Pangea I, principales invertebrados paleozoicos. Aparición de los peces, reptiles e insectos, orogenias caledónica y hercínica, formación de Pangea II.
 - Mesozoico: fragmentación de Pangea II, invertebrados característicos, los reptiles, aparición de aves y mamíferos. La flora en el mesozoico.
 - Cenozoico: evolución de mamíferos y aves, orogenia alpina, glaciaciones del cuaternario.
- Principales acontecimientos en la historia de la península Ibérica e Islas.

Procedimientos

- Aplicación correcta de diferentes criterios de datación cronológica.
- Identificación de algunos fósiles guía.
- Identificación e interpretación de algunas facies y estructuras sedimentarias.

Actitudes

- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia.
- Valorar la mayor autonomía en el trabajo y estudio, como motor de nuevos aprendizajes.
- Valorar positivamente la colaboración en el estudio de la Unidad con el resto de los compañeros del grupo y de la clase.

Actividades sugeridas

- Enumerar, catalogar y sistematizar los principales acontecimientos geológicos mediante la revisión de informes, observación de diapositivas, salidas al campo, etc.
- Confección de la columna estratigráfica general de la Península e Islas.
- Identificar las principales discontinuidades estratigráficas.
- Estudio de mapas y cortes a escala regional.
- Representación en bloques diagrama de las diferentes etapas por las que ha pasado el relieve de la Península e Islas.
- Elaboración y exposición de un informe final.

Criterios de evaluación²

- Analizar hechos o acontecimientos del pasado que pudieran determinar los rasgos topográficos y geológicos de la península Ibérica e Islas, teniendo en cuenta la escala y división del

² El criterio de evaluación con letra cursiva se corresponde con el enunciado de la Resolución que establece el currículo de las materias optativas de Bachillerato (ver *Anexo*).

tiempo geológico, la posibilidad de ocurrencia de acontecimientos graduales o catastróficos y la fiabilidad de los procedimientos para la obtención de datos.

- Relacionar las características más destacadas del entorno regional con la evolución geológica de la península Ibérica y de los archipiélagos Balear y Canario.
- Identificar en cortes geológicos acontecimientos geológicos de importancia.
- *Utilizar satisfactoriamente diversos instrumentos y técnicas como son: mapas geológicos, cortes geológicos, tabla de tiempos geológicos, criterios de datación diferentes, etc.*

Evaluación

En el apartado de «Orientaciones generales» se exponían las líneas didácticas que se consideraban deseables para un curso de estas características:

Un planteamiento de descubrimiento guiado que contemple momentos de enseñanza por transmisión-recepción en los que el profesor introduzca nueva información. Con esto se pretende conseguir, entre otras cosas, una mayor implicación de los alumnos en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La organización del grupo-clase como un seminario que, dirigido por la mano experta del profesor, indaga, debate, se documenta, contrasta y llega a conclusiones.

Una estrategia de resolución de problemas que lleve al seminario a una actividad de investigación, en la que con referencia al estudio de situaciones o casos concretos se aborden nuevos conceptos y procedimientos y se manifiesten las actitudes personales respecto a dichos problemas.

La organización del seminario en grupos de 3 a 5 alumnos. Cada grupo contará con un coordinador y un secretario que velarán por la calidad del trabajo que se ha de realizar. Al final de cada unidad didáctica, el grupo tendrá que presentar y exponer al resto de sus compañeros sus conclusiones. Dicho informe será tenido en cuenta en la evaluación.

En cada una de las unidades didácticas del curso se partirá de las ideas previas del alumnado en relación a sus contenidos esenciales y se seguirá una secuencia didáctica pensada para favorecer el cambio conceptual y metodológico. Se propone una secuencia consistente en *cinco fases*: planteamiento inicial, interpretación, replanteamiento, aplicación y síntesis final.

Pero a las anteriores sugerencias hay que añadir otras que concreten más el trabajo que hay que realizar:

- La elección de un problema central para todo el curso. Al principio se presentará el problema en cuestión. Después se procederá a la identificación y formulación de las ideas previas de los alumnos y se reconocerán las variables de mayor influencia en el problema.
- La distribución temporal de unidades a lo largo del curso que permita establecer un ritmo de enseñanza y aprendizaje trimestral. Al concluir cada trimestre se expondrá y discutirá el informe final en el que se hará un balance de conjunto en el que se determinará: el grado en el que el problema ha encontrado explicación, el tipo y grado de aprendizajes realizados y la valoración del proceso seguido en dicho período de tiempo transcurrido. Se proporcionará un guión orientativo a los grupos de trabajo para la elaboración del informe.

Metodología

PLANTEAMIENTO INICIAL

INTERPRETACIÓN

REPLANTEAMIENTO

APLICACIÓN

CONCLUSIÓN

Evaluación

Para que el sistema de seguimiento y evaluación sea operativo y asequible ha de estar integrado en la misma secuencia didáctica de forma que las mismas actividades de enseñanza aporten los datos necesarios para la evaluación, y que a su vez el mecanismo de evaluación constituya una pieza esencial en la formación de los alumnos.

A lo largo del desarrollo de la unidad se irá registrando en un diario las incidencias más relevantes respecto a la marcha de la unidad. A continuación se expone de forma esquemática las actividades orientadas a la evaluación y el momento de su realización:

FASE	ACTIVIDADES
PLANTEAMIENTO INICIAL	Detección inicial de las ideas, conocimientos y posturas del alumnado en relación al problema o contenido a abordar.
INTERPRETACIÓN	Poner en evidencia las distintas formas de explicar el problema por parte de los miembros del grupo. Identificar «ideas previas».
REPLANTEAMIENTO	Comprobar mediante ejercicios de aplicación y otras actividades el grado de comprensión por parte de cada alumno de los conceptos y teorías de la ciencia introducidos. Se recomienda la realización de cuestionarios mixtos con preguntas abiertas y cerradas.
APLICACIÓN	Evaluar la realización de ejercicios de aplicación de los modelos teóricos al problema en estudio por parte del alumnado.
CONCLUSIÓN	Evaluar a los alumnos, mediante los informes finales de cada grupo, la exposición de dichos informes y mediante una prueba escrita global. Evaluar la puesta en práctica de la Unidad didáctica mediante: Las incidencias registradas en el diario. La valoración de la unidad por parte de los alumnos (ver guión de valoración).

Se distingue pues entre la evaluación del aprendizaje de los alumnos y la del desarrollo de la Unidad. Concebida esta última como un plan de trabajo en el que el profesor, grupos de trabajo, recursos, contenido de la unidad y actividades, constituyen los elementos básicos en juego.

La evaluación del aprendizaje se obtendrá a partir de:

- Cuestionario de comprensión de los conceptos y teorías.
- Pruebas de aplicación, donde se comprueba el dominio de los procedimientos y la transferencia de los conocimientos a otros problemas similares.
- Informe final sobre la «investigación» realizada. En él se establecerán las conclusiones correspondientes a la interpretación del problema en estudio.
- Exposición del informe por parte de cada grupo. El resto de los compañeros valorarán la exposición mediante el siguiente guión:

VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN (Puntuar de 0 a 10 puntos)

CLARIDAD	
SÍNTESIS	
ORDEN	
ESFUERZO REALIZADO	
ORIGINALIDAD	
CONCLUSIONES	
INTERÉS DESPERTADO	

La evaluación del desarrollo de la Unidad se hará mediante:

- Las observaciones de todo tipo registradas en el diario del profesor.
- La valoración efectuada por el grupo de alumnos al finalizar la Unidad. Los criterios para dicha valoración pueden ser los siguientes:
 - Funcionamiento de los grupos de trabajo.
 - Desarrollo de las clases.
 - Explicaciones del profesor.
 - Grado de comprensión de los conceptos y procedimientos.
 - Grado en que se da explicación al problema.
 - Recursos empleados.
 - Metodología empleada.

Guía del profesor I

Enfoque de la Unidad

La estructura tectónica es uno de los factores esenciales que controlan el desarrollo de las formas del relieve. Sin embargo, la forma en que la estructura influye en la morfogénesis ha sido interpretada de forma diferente a lo largo del tiempo: para Davis (1889, citado en Gómez Mendoza *et al.*, 1982) la estructura sería un factor estático que condiciona, limita o dirige la erosión. Para Penck (1924, citado en Gómez Mendoza *et al.*, 1982) la influencia es también dinámica pues los movimientos tectónicos se producen al mismo tiempo que la erosión.

En esta Unidad se trata de ver hasta qué punto la diversidad de relieves en la geografía española y la especificidad de cada uno de los principales dominios fisiográficos se explican por la influencia pasiva o dinámica de la tectónica. La representación plástica de esta Unidad sería la superposición de dos tipos de mapas, el de dominios fisiográficos y el estructural. La coincidencia de una determinada morfología y una estructura geológica concreta ayuda a entenderse como una posible relación entre ambas variables.

En la Unidad se ha optado por analizar la influencia de la estructura peninsular, identificando y estudiando los grandes «relieves estructurales» a escala regional, caracterizados por su gran singularidad y su relación con la tectónica global. Como consecuencia de ello, casi todas las actividades planteadas son de aula y requieren el uso imprescindible de todo tipo de mapas y de fotos de satélite.

Unidad didáctica

«La estructura geológica y el relieve de la península Ibérica y archipiélagos Balear y Canario»

Objetivos didácticos

Los alumnos y alumnas tendrán que ser capaces de:

- Comprender la naturaleza de la tectónica, en particular de la tectónica de placas, y sus limitaciones a la hora de explicar el relieve terrestre.
- Aplicar el conocimiento de la tectónica a la interpretación del relieve terrestre, distribución de rocas y existencia de estructuras geológicas en la península e islas.

GUÍA DEL PROFESOR I

CUADERNO DEL ALUMNO

GUÍA DEL PROFESOR II

Unidad didáctica

«La estructura geológica y el relieve de la península Ibérica y archipiélagos Balear y Canario»

Unidad didáctica
de Geología
de la Península Ibérica
y Archipiélagos Balear
y Canario

Guía del profesor I

La estructura tectónica es uno de los factores esenciales que controlan el desarrollo de las formas del relieve. Sin embargo, la forma en que la estructura influye en la morfogénesis ha sido interpretada de forma diferente a lo largo del tiempo: para Davis (1889, citado en Gómez Mendoza *et al*, 1982) la estructura sería un factor estático que condiciona, limita o dirige la erosión. Para Penk (1924, citado en Gómez Mendoza *et al*, 1982) la influencia es también dinámica pues los movimientos tectónicos se producen al mismo tiempo que la erosión.

En esta Unidad se trata de ver hasta qué punto la diversidad de relieves en la geografía española y la especificidad de cada uno de los principales dominios fisiográficos se explican por la influencia pasiva o dinámica de la tectónica. La representación plástica de esta Unidad sería la superposición de dos tipos de mapas, el de dominios fisiográficos y el estructural. La coincidencia de una determinada morfología y una estructura geológica concreta habría de entenderse como una posible relación entre ambas variables.

En la Unidad se ha optado por analizar la influencia de la estructura peninsular, identificando y estudiando los grandes «relieves estructurales» a escala regional, caracterizados por su gran complejidad y su relación con la geotectónica global. Como consecuencia de ello, casi todas las actividades planteadas son de aula y requieren el uso imprescindible de todo tipo de mapas y de fotos de satélite.

El estudio local de las «formas estructurales», tales como cuevas, combes, mesas, escarpes de falla, etc., podría ser un trabajo complementario en el que las salidas al campo constituyesen un recurso didáctico fundamental.

Resulta obvio decir que es objetivo fundamental de esta Unidad aplicar los conocimientos a casos reales, es decir, tomar contacto directo con problemas geológicos concretos y desarrollar y aplicar estrategias personales en la exploración e interpretación de fenómenos.

Enfoque de la Unidad

Objetivos didácticos

Los alumnos y alumnas tendrán que ser capaces de:

- Comprender la naturaleza de la geotectónica, en particular de la tectónica de placa, y sus limitaciones a la hora de explicar el relieve terrestre.
- Aplicar el conocimiento de la tectónica a la interpretación del relieve terrestre, distribución de rocas y existencia de estructuras geológicas en la península e islas.

Objetivos y contenidos

- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia sobre la influencia de la geología estructural en el relieve.

Contenidos

Conceptos

- Relieves estructurales: tipos.
- Estructuras tectónicas: pliegues (elementos y tipos), fallas, cabalgamientos, mantos de corrimiento.
- Tipos de esfuerzo causantes de deformación: tensión, compresión y cizalla. Dirección de los esfuerzos.
- Deformaciones elásticas: sismicidad.
- Modelos sobre la génesis de las deformaciones en las rocas: modelos orogénicos fijistas y moviilistas.
- Teoría de la tectónica de placas: tipos de orógenos, bordes de placas.
- El movimiento de las placas: flujo de energía en el interior de la Tierra, mecanismos de movimiento.
- Las deformaciones en la península Ibérica e Islas:
 - Dominios estructurales.
 - Sismicidad.
 - La Península e Islas en el contexto de las placas tectónicas.

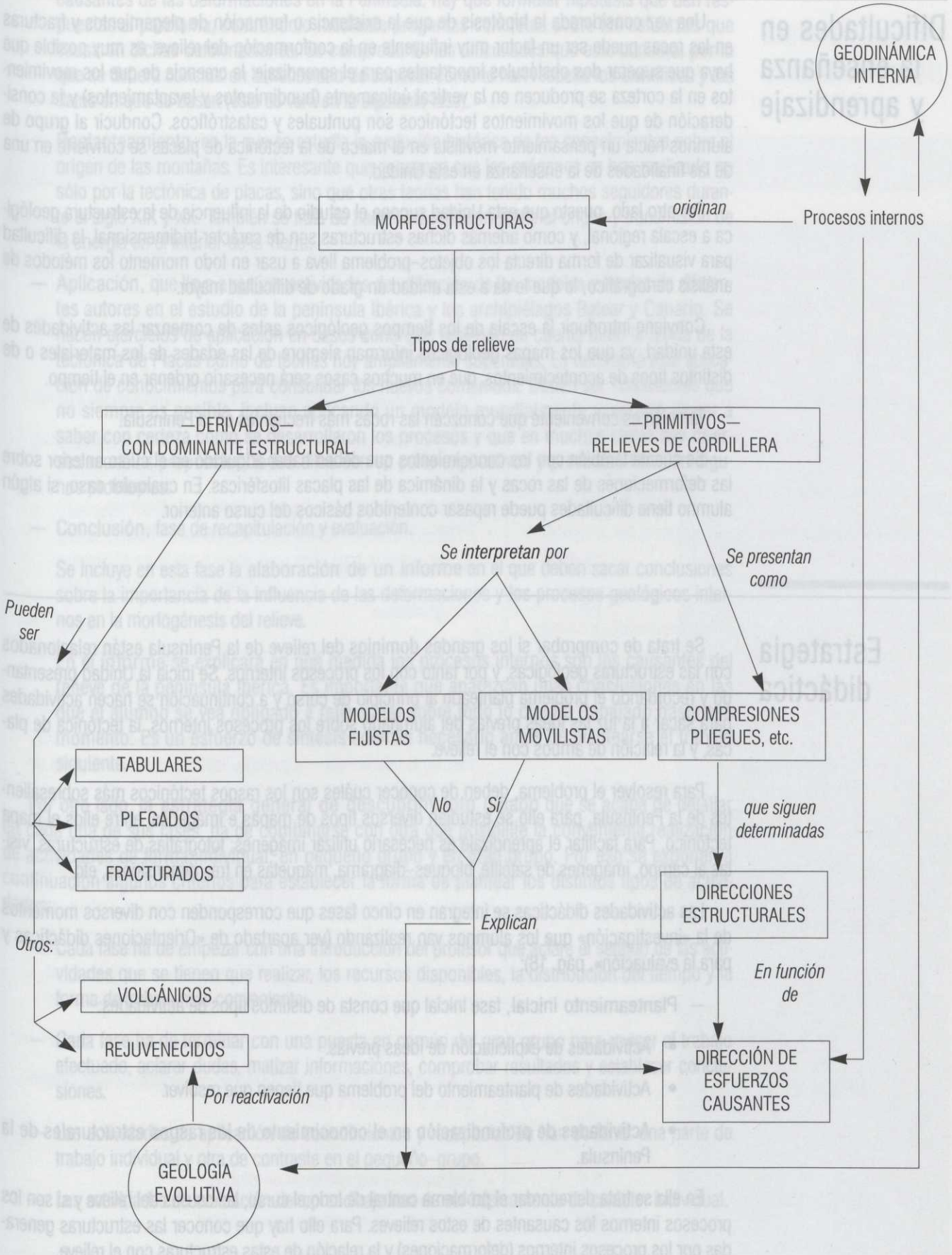
Procedimientos

- Aplicar los modelos fijista y moviilista en la interpretación del relieve.
- Diseñar modelos experimentales.
- Reconocer paisajes estructurales en el campo y en mapas topográficos.
- Exponer informes de forma clara y ordenada.

Actitudes

- Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia.
- Valorar la mayor autonomía en el trabajo y estudio como motor de nuevos aprendizajes.
- Valorar positivamente la colaboración en el estudio de la unidad con el resto de los compañeros del grupo y de la clase.
- Apreciar la importancia de la geología en la prevención de riesgos naturales.
- Mostrar interés y respeto por el punto de vista de los demás.

Mapa conceptual



Dificultades en la enseñanza y aprendizaje

Una vez considerada la hipótesis de que la existencia o formación de plegamientos y fracturas en las rocas puede ser un factor muy influyente en la conformación del relieve, es muy posible que haya que superar dos obstáculos importantes para el aprendizaje: la creencia de que los movimientos en la corteza se producen en la vertical únicamente (hundimientos y levantamientos) y la consideración de que los movimientos tectónicos son puntuales y catastróficos. Conducir al grupo de alumnos hacia un pensamiento movilista en el marco de la tectónica de placas se convierte en una de las finalidades de la enseñanza en esta Unidad.

Por otro lado, puesto que esta Unidad supone el estudio de la influencia de la estructura geológica a escala regional, y como además dichas estructuras son de carácter tridimensional, la dificultad para visualizar de forma directa los objetos-problema lleva a usar en todo momento los métodos de análisis cartográfico, lo que le da a esta unidad un grado de dificultad mayor.

Conviene introducir la escala de los tiempos geológicos antes de comenzar las actividades de esta unidad, ya que los mapas geológicos informan siempre de las edades de los materiales o de distintos tipos de acontecimientos, que en muchos casos será necesario ordenar en el tiempo.

También es conveniente que conozcan las rocas más frecuentes en la Península.

Se cuenta también con los conocimientos que deben haber adquirido en el curso anterior sobre las deformaciones de las rocas y la dinámica de las placas litosféricas. En cualquier caso, si algún alumno tiene dificultades puede repasar contenidos básicos del curso anterior.

Estrategia didáctica

Se trata de comprobar si los grandes dominios del relieve de la Península están relacionados con las estructuras geológicas, y por tanto con los procesos internos. Se inicia la Unidad presentando y recordando el problema planteado al principio de curso y a continuación se hacen actividades para sacar a la luz las ideas previas del alumnado sobre los procesos internos, la tectónica de placas, y la relación de ambos con el relieve.

Para resolver el problema, deben de conocer cuáles son los rasgos tectónicos más sobresalientes de la Península, para ello se estudian diversos tipos de mapas e imágenes, entre ellos el mapa tectónico. Para facilitar el aprendizaje es necesario utilizar imágenes: fotografías de estructuras, visitas al campo, imágenes de satélite, bloques-diagrama, maquetas en tres dimensiones, etc.

Las actividades didácticas se integran en cinco fases que corresponden con diversos momentos de la «investigación» que los alumnos van realizando (ver apartado de «Orientaciones didácticas y para la evaluación», pág. 18):

— Planteamiento inicial, fase inicial que consta de distintos tipos de actividades:

- Actividades de explicitación de ideas previas.
- Actividades de planteamiento del problema que tienen que resolver.
- Actividades de profundización en el conocimiento de los rasgos estructurales de la Península.

En ella se trata de recordar el problema central de todo el curso, las causas del relieve y si son los procesos internos los causantes de estos relieves. Para ello hay que conocer las estructuras generadas por los procesos internos (deformaciones) y la relación de estas estructuras con el relieve.

- Interpretación, en la que después de deducir las direcciones de los esfuerzos principales causantes de las deformaciones en la Península, hay que formular hipótesis que den respuestas al problema, centrándolo mediante preguntas concretas sobre los esfuerzos que causaron dichas deformaciones. Se comprobarán las dificultades que esto conlleva, por lo que se deberá concluir en la necesidad de conocer cómo lo han resuelto los científicos y los datos en que se basan (esto se verá en la siguiente fase).
- Replanteamiento, en la que se estudia la evolución histórica de los conocimientos sobre el origen de las montañas. Es interesante que conozcan que los orógenos se han explicado no sólo por la tectónica de placas, sino que otras teorías han tenido muchos seguidores durante el siglo XIX y XX. También se trata de hacer una reflexión sobre el origen y transmisión de la energía en el interior de la Tierra.
- Aplicación, que lleva a realizar actividades de utilización de los modelos y teorías de diferentes autores en el estudio de la península Ibérica y los archipiélagos Balear y Canario. Se hacen ejercicios de aplicación en casos concretos teniendo en cuenta tanto la teoría de la tectónica de Placas como de teorías hoy ampliamente superadas. Es necesaria esta aplicación de conocimientos para consolidar los nuevos contenidos. Deben ser conscientes que no siempre es posible, incluso aplicando un modelo mundialmente aceptado, llegar a saber con certeza cómo se desarrollaron los procesos y que en muchos casos hay diversos modelos propuestos, todos ellos son en parte explicativos y presentan también algunos problemas.
- Conclusión, fase de recapitulación y evaluación.

Se incluye en esta fase la elaboración de un informe en el que deben sacar conclusiones sobre la importancia de la influencia de las deformaciones y los procesos geológicos internos en la morfogénesis del relieve.

En el informe se explicará en qué medida los procesos internos son los causantes del relieve de la península Ibérica. Es importante que aparezcan unas conclusiones en las que el alumno se vea obligado a reflexionar sobre todo lo que ha trabajado hasta ese momento. Es un esfuerzo de síntesis además necesario antes de plantearse el trabajo siguiente.

Por otro lado, la estrategia general de descubrimiento guiado que se acaba de detallar en cada una de sus fases, ha de combinarse con otra que posibilite la conveniente realización de actividades de forma individual, en pequeño grupo y en gran grupo. Por eso se exponen a continuación algunos criterios para establecer la forma de plantear los distintos tipos de actividades:

- Cada fase ha de empezar con una introducción del profesor que aclare el sentido de las actividades que se tienen que realizar, los recursos disponibles, la distribución del tiempo y la forma de trabajo más conveniente.
- Cada fase ha de terminar con una puesta en común del gran grupo para revisar el trabajo efectuado, aclarar dudas, matizar informaciones, comprobar resultados y establecer conclusiones.
- Las actividades de aplicación de conocimientos y recapitulación han de tener una parte de trabajo individual y otra de contraste en el pequeño-grupo.
- Las actividades de evaluación del aprendizaje han de ser básicamente de carácter individual.

Secuencia de actividades y aprendizaje

Para desarrollar las actividades que se han seleccionado para esta Unidad se requiere disponer desde el principio de los siguientes materiales de aula: mapas topográfico y tectónico de la península Ibérica e Islas, fotografía de satélite y el mapa de los fondos oceánicos. También el atlas nacional del Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.) de reciente publicación, que puede incluso sustituir a varios de los anteriores.

A continuación se exponen las actividades sugeridas según su orden de realización:

FASE	APARTADO	PAQUETES DE ACTIVIDADES
PLANTEAMIENTO (1)	1.1.	Obtención de ideas previas: cuestiones sobre la relación estructura/relieve.
	1.2.	Estudio comparativo del mapa topográfico y la imagen del satélite.
	1.3.	Representación de estructuras tectónicas: estructuras, esfuerzos, elaboración de mapas tectónicos, etc.
	1.4.	Lectura e interpretación del mapa geológico y tectónico. Elaboración de un mapa de dominios estructurales.
	1.5.	Deformaciones elásticas.
	1.6.	Riesgo sísmico.
	1.7.	La corteza continental en la Península (Actividades de ampliación).
INTERPRETACIÓN (2)	2.1.	Formulación de hipótesis referentes a zonas concretas que establezcan la relación entre la geología estructural y la morfografía de la Península e Islas.
	2.2.	
REPLANTEAMIENTO (3)	3.1.	Teorías orogénicas fijistas (respuesta a diferentes cuestiones y lectura de textos).
	3.2.	Teorías movi listas (respuestas a cuestiones mediante la búsqueda bibliográfica).
APLICACIÓN (4)	4.1.	Cuestiones de aplicación de las teorías orogénicas a casos concretos de la península e Islas.
CONCLUSIÓN (5)	5.1.	Elaboración y exposición de un informe.
	5.2.	Evaluación del aprendizaje y de la Unidad.

Partiendo de la idea de que hay que considerar como objeto de la evaluación no sólo el aprendizaje del alumnado sino también el propio desarrollo de la Unidad, se plantean los siguientes instrumentos y criterios de evaluación:

DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS	DEL DESARROLLO DE LA UNIDAD
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionario referido al grado de comprensión de los conceptos y teorías (ver criterios de evaluación). Se pasará a los alumnos al finalizar la fase de replanteamiento. 2. Pruebas de aplicación, donde se comprueba el dominio de los procedimientos y la transferencia de los conocimientos a otros problemas similares (ver criterios de evaluación). Se pasarán estas pruebas en la fase de conclusión final. 3. Valoración del informe final sobre la «investigación» desarrollada (se realizará al finalizar la Unidad). 4. Valoración de la exposición del informe por parte de cada grupo. El resto de los compañeros valorará la calidad de la exposición mediante el guión dado en la página 35 (se realizará en la fase de conclusión). 5. Otros. 	<p>Se realizará en una puesta en común al finalizar la Unidad.</p> <p>Intervendrán tanto el profesor como los alumnos.</p> <p>Se tendrán en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Incidencias registradas durante el desarrollo de la Unidad. — Valoración de la consecución de los objetivos didácticos (ver criterios de evaluación). — Funcionamiento de los grupos de trabajo. — Desarrollo de las clases. — Actuación del profesor: explicaciones, entrega de materiales, etc. — Adecuación de las actividades. — Grado de comprensión de los conceptos y procedimientos. — Conclusiones finales. — Recursos empleados.

Criterios de evaluación

- Deducir a partir de mapas y cortes geológicos la existencia de estructuras geológicas concretas, así como la relación entre dichas estructuras y el relieve.
- Relacionar la investigación en geología estructural con actividades tales como, la obtención de materias primas o la solución a determinados problemas medioambientales.
- Aplicar la tectónica de placas a la interpretación del relieve.
- Describir el comportamiento dinámico de la geosfera mediante esquemas gráficos.

Figura 1. Relievo de la península Ibérica y de las islas Baleares (Closky) (Troy y 1992, 1992).

Cuaderno del alumno

Como problema central de la materia nos planteamos conocer cuáles son las causas del accidentado relieve de la Península e Islas. En esta Unidad profundizaremos en el estudio de las estructuras tectónicas que son consecuencia de los procesos internos. Trataremos de averiguar la relación entre éstas y otras manifestaciones de la energía que existe en el interior de la Tierra con los dominios fisiográficos que caracterizan a nuestra Península e Islas.

Para ello, trabajando en equipo, realizaremos las actividades que se describen a continuación.

Consiste en el planteamiento del problema y la profundización en el conocimiento de las estructuras tectónicas.

1.1. Procesos geológicos internos e irregularidades topográficas

- ¿Pueden ser los procesos geológicos internos los causantes de las principales irregularidades topográficas representadas en la *Figura 1*? Explica tu respuesta.



Figura 1. Relieve de la península Ibérica y de las islas Baleares (Lobeck) (Terán y Solé Sabaris, 1952).

1. Planteamiento inicial

Para centrarte en el problema. Intenta responder a algunas cuestiones que te harán reflexionar.

- ¿Coinciden en nuestra Península los rasgos más característicos del relieve, por ejemplo las montañas (Pirineos, Béticas, etc.) con la existencia en esas mismas zonas de determinadas deformaciones tectónicas (pliegues, fallas...)? Razona la respuesta.
- ¿Se ha originado de la misma manera el relieve de las islas Canarias y el de las Baleares? Haz un dibujo ilustrativo de la formación de cada uno de ellos.
- Trata de hacer un dibujo que represente la formación de los Pirineos y de las Béticas.
- Compara tus respuestas con las de tus compañeros. ¿Cuántas cuestiones de las anteriores habéis sido capaces de responder con cierta rigurosidad científica?
- ¿Faltan datos para poder responder a estas cuestiones? ¿Qué tipos de datos? Haz una lista.

Seguramente no puedes responder adecuadamente a las cuestiones anteriores. Si es así, tendrás que averiguar si en la Península o Islas se encuentran estructuras geológicas que hayan requerido gran cantidad de energía para generarse. Las siguientes actividades te ayudarán a conocer las características estructurales de la Península y de las Islas. El estudio de tales estructuras quizás te lleve a conocer no sólo cómo se formaron sino también su relación con el relieve.

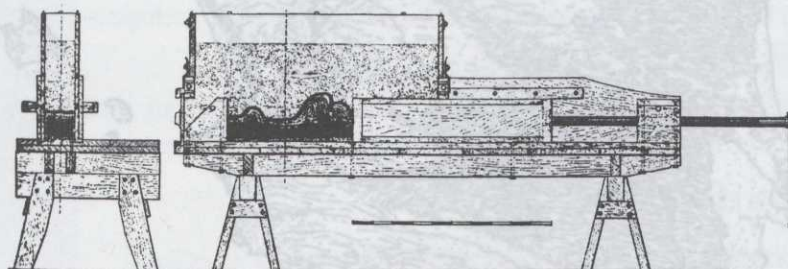
1.2. Estudio comparativo del mapa topográfico de escala 1:1.000.000 y la imagen de satélite de escala 1: 200.000³

- En la imagen de satélite es posible distinguir amplias zonas de la Península, ya que los tonos de grises sirven para individualizar distintas áreas. Repasa el relieve que has estudiado anteriormente localizando sobre el mapa topográfico y la imagen de satélite las distintas unidades fisiográficas, las alineaciones montañosas, grandes cuencas fluviales, llanuras, etc.

Una actividad que debes realizar consiste en superponer sobre la imagen de satélite un papel transparente y sobre él dibujar las distintas zonas que irás estudiando más adelante con ayuda de distintos tipos de mapas (esta actividad se realizará individualmente).

1.3 Representación de estructuras tectónicas

En función de si se ha producido o no la rotura de los materiales, podemos clasificar las estructuras en continuas (pliegues) y discontinuas (fracturas, fallas). Ambos tipos de deformación demuestran que la energía de la Tierra se traduce en esfuerzos que deforman las rocas. (Las siguientes actividades son para realizarlas individualmente y con una puesta en común al finalizar los ejercicios).



SECCIÓN SEGÚN LA LÍNEA CD

SECCIÓN SEGÚN LA LÍNEA AB

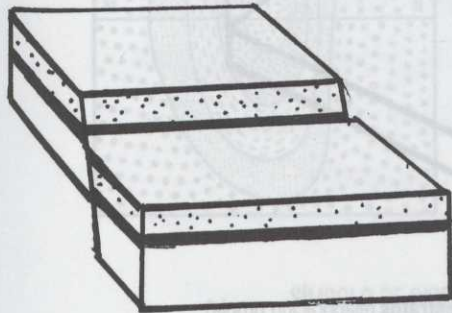
Figura 2. Máquina de fabricar montañas de Willis (1891) (Tomada de Miltes, 1987).

3. Puede utilizarse igualmente el mapa 6.III de relieve del *Atlas Nacional de España*, en el que también aparece la imagen de satélite que se cita.

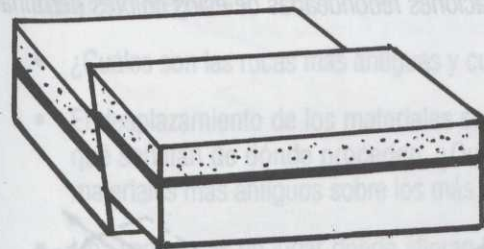
— La *Figura 2* muestra la «máquina de fabricar montañas» de Bailes Willis, que es un artilugio para producir deformaciones en las rocas de manera similar a como ocurre en la naturaleza.

¿Cómo podrías conseguir, con dicho artilugio, cada una de las estructuras que aparecen en las *Figuras 3.a.* y *3.b.*? ¿Qué tipo de esfuerzo deberás aplicar en cada caso (compresión, distensión, cizalla)? ¿Influye el tipo de materiales que se utilizan en el resultado de la experiencia?

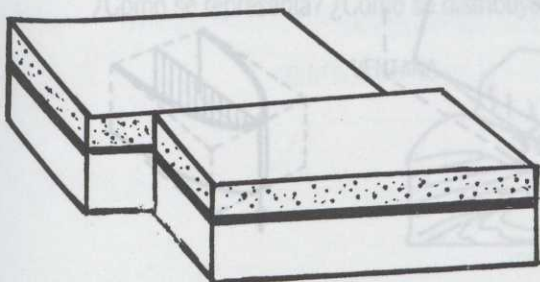
Con ayuda de algún compañero puedes fabricar un artilugio parecido al de la *Figura 2* y comprobar las deformaciones que se generan variando los esfuerzos y los materiales empleados.



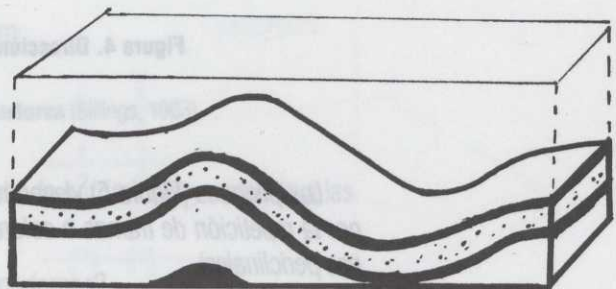
Falla normal o de gravedad



Falla inversa

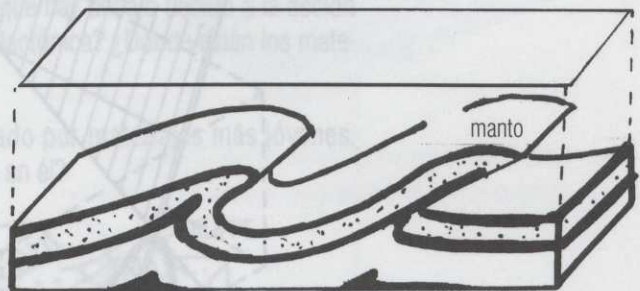


Falla en dirección



Anticlinal

Sinclinal



Pliegue recumbente

Figura 3.b. Tipos de pliegues (elaboración propia).

Figura 3.a. Tipos de fallas (elaboración propia).

Como seguramente ya sabes, un mapa geológico es una representación de los tipos de rocas que afloran o se ven en superficie en una zona y su distribución en el espacio.

La posición espacial de las rocas (capas) se expresa mediante su dirección y su buzamiento (Figura 4). La dirección es la orientación que presentan las capas respecto al norte geográfico y el buzamiento la inclinación que tienen respecto a la horizontal. Estructuras como las fallas vienen representados por una línea gruesa de trazo continuo y limitado.

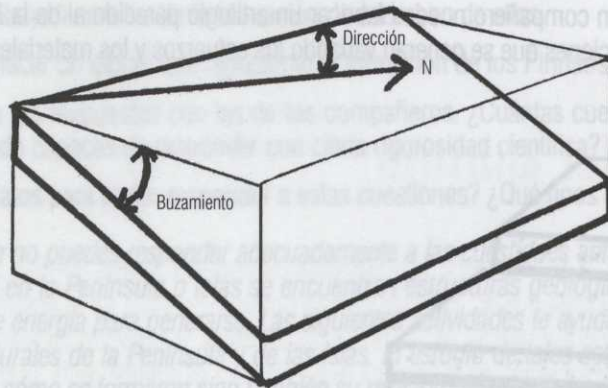


Figura 4. Dirección y buzamiento de estratos (elaboración propia).

Los pliegues (Figura 5) vienen representados según la dirección del eje o bien se pueden deducir por la repetición de tramas o colores y las terminaciones redondeadas de estos colores (terminaciones periclinales).

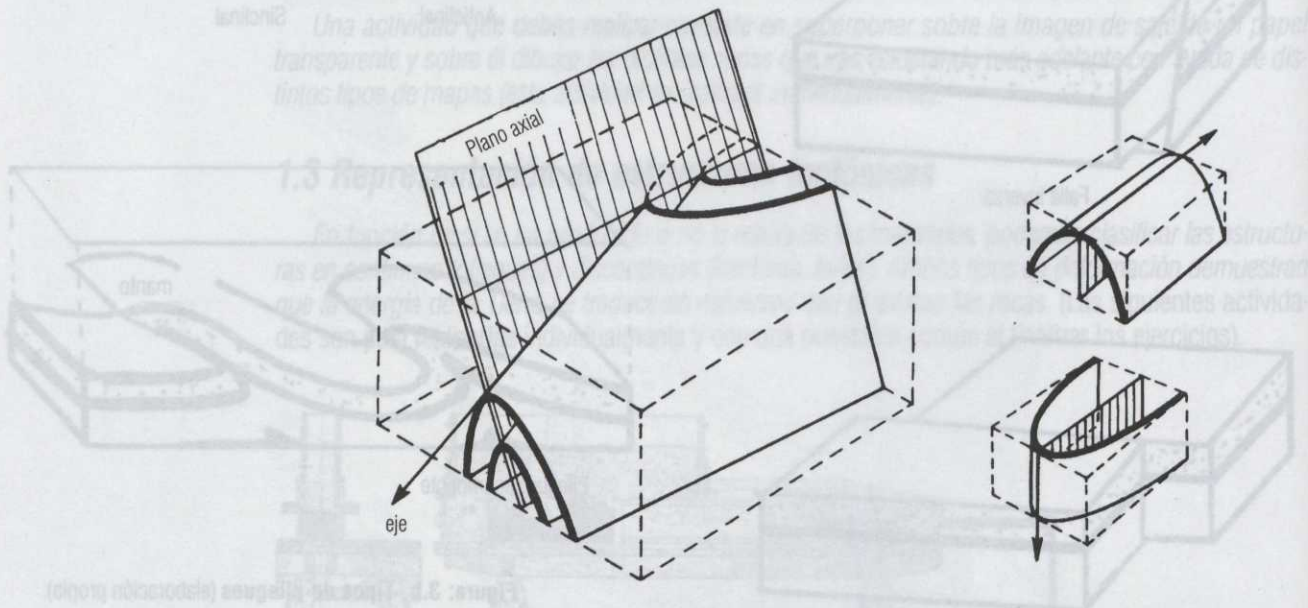
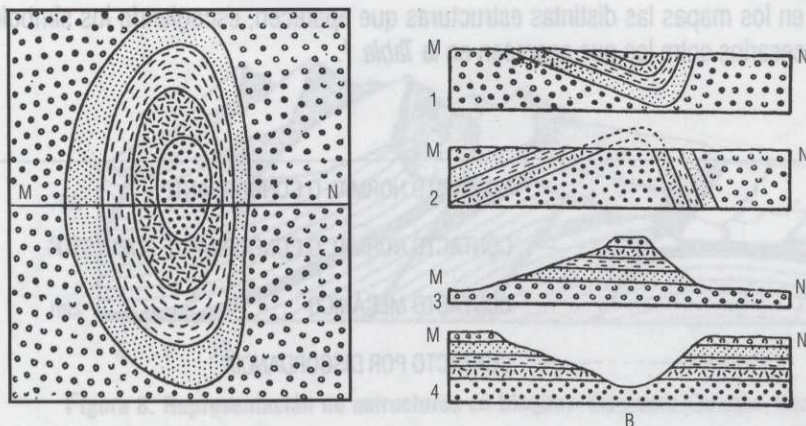


Figura 5. Eje y plano axial de un pliegue inclinado con inmersión (Mattauer, 1976).

— En la Figura 6, te presentamos un pequeño mapa geológico en donde no vienen representados ni las curvas de nivel ni los símbolos de dirección y buzamiento.

- Representa sobre dicho mapa las estructuras de los esquemas 1 y 2 de la Figura 6, indicando dirección y buzamiento de las capas en cada caso.

- En los esquemas 3 y 4 de la *Figura 6*, las capas se presentan horizontales. ¿Cómo tendrían que ser las curvas de nivel para que pudiéramos dibujar un esquema como el 3 y el 4?



SÍMBOLO DE DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO

Figura 6. Esquema geológico e interpretación de estructuras (Billings, 1963).

— Analiza el dibujo de la *Figura 7* correspondiente a un manto de corrimiento y contesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las rocas más antiguas y cuáles las más modernas?
- El desplazamiento de los materiales se señala con una línea neta con pequeños picos que señalan de dónde proceden. ¿Qué terrenos se desplazan? ¿Dónde se sitúan los materiales más antiguos sobre los más modernos?
- Una ventana es un lugar donde afloran los materiales que hay debajo debido a la acción erosiva. ¿Cómo se representa en el plano una ventana tectónica? ¿Dónde están los materiales más jóvenes?
- Un klippe es un testigo de un cabalgamiento rodeado por materiales más jóvenes. ¿Cómo se representa? ¿Cómo se distribuyen los picos en él?

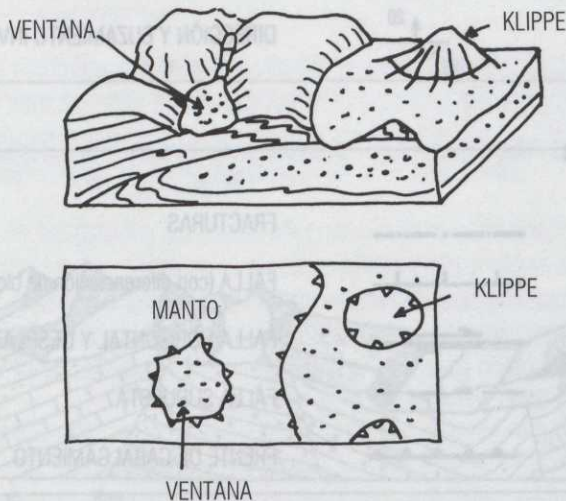


Figura 7. Bloque-diagrama de un cabalgamiento y su representación en un plano (Mattauer, 1976).

— El mapa geológico es el resultado de la proyección sobre un plano de los materiales y estructuras que aparecen en la superficie terrestre (en este caso en los bloques-diagrama). Trata de elaborar los mapas geológicos de las zonas representadas en los bloques-diagrama. Trata de elaborar los mapas geológicos en las zonas representadas en los bloques-diagramas de las Figuras 9, 10 y 11, tal como se muestra en el primer caso (Figura 8). Representa en los mapas las distintas estructuras que aparecen, escogiendo los símbolos que sean necesarios entre los que aparecen en la *Tabla 1*.

	CONTACTO NORMAL O CONCORDANTE
	CONTACTO NORMAL O CONCORDANTE SUPUESTO
	CONTACTO MECÁNICO
	CONTACTO POR DISCORDANCIA
Pliegues	
	ANTICLINAL
	ANTICLINAL, CON SENTIDO DE BUZAMIENTO AXIAL
	ANTICLINAL TUMBADO
	ANTICLINAL SINFORMAL O FALSO SINCLINAL
	SINCLINAL
	SINCLINAL CON SENTIDO DE BUZAMIENTO AXIAL
	SINCLINAL TUMBADO
	SINCLINAL ANTIFORMAL O FALSO ANTICLINAL
	DIRECCIÓN Y ÁNGULO DE BUZAMIENTO
	BUZAMIENTO SUBVERTICAL
	BUZAMIENTO SUBHORIZONTAL
	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO INVERTIDO
Fallas	
	FRACTURAS
	FALLA (con diferenciación de bloques)
	FALLA HORIZONTAL Y DESPLAZAMIENTO
	FALLA SUPUESTA
	FRENTE DE CABALGAMIENTO

Tabla 1: Símbolo de estructuras de un mapa geológico (Mapa tectónico de la península Ibérica, I. T. G. M. E., 1980).

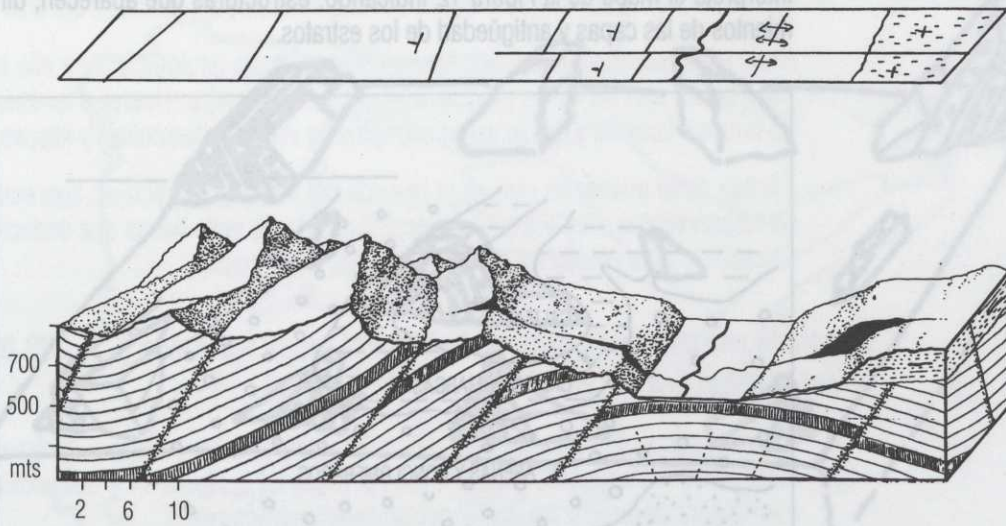


Figura 8. Representación de estructuras en bloques-diagrama (Cañeque, Martínez, Pulido y Roiz, 1990).

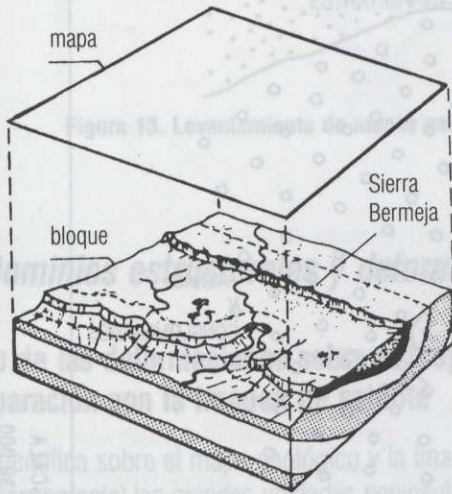


Figura 9. Representación de estructuras en bloques-diagrama (Cañeque, Martínez, Pulido y Roiz, 1990).

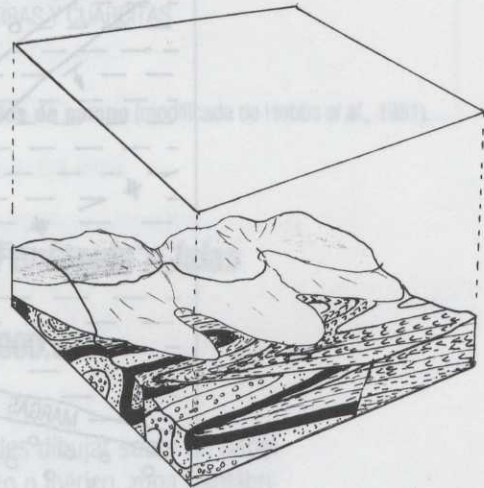


Figura 10. Representación de estructuras tectónicas en bloque-diagrama (elaboración propia).

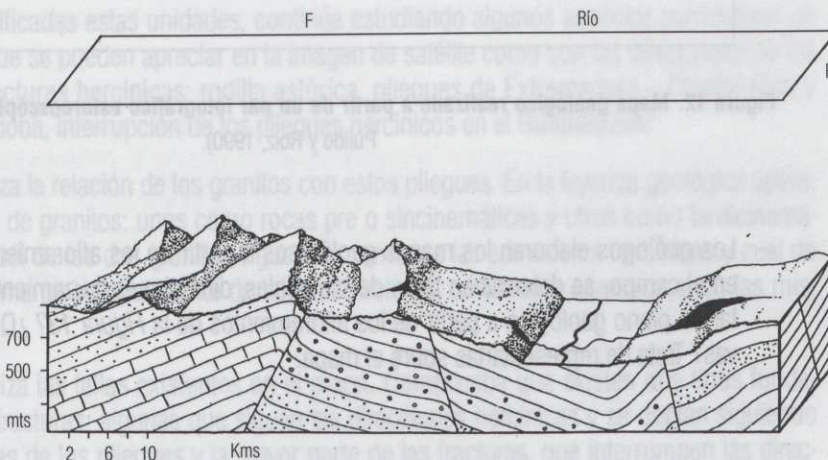


Figura 11. Bloque-diagrama. Estructura de plegamiento y fracturación (Cañeque, Martínez, Pulido y Roiz, 1990).

— Interpreta el mapa de la *Figura 12* indicando: estructuras que aparecen, direcciones, buzamientos de las capas y antigüedad de los estratos.

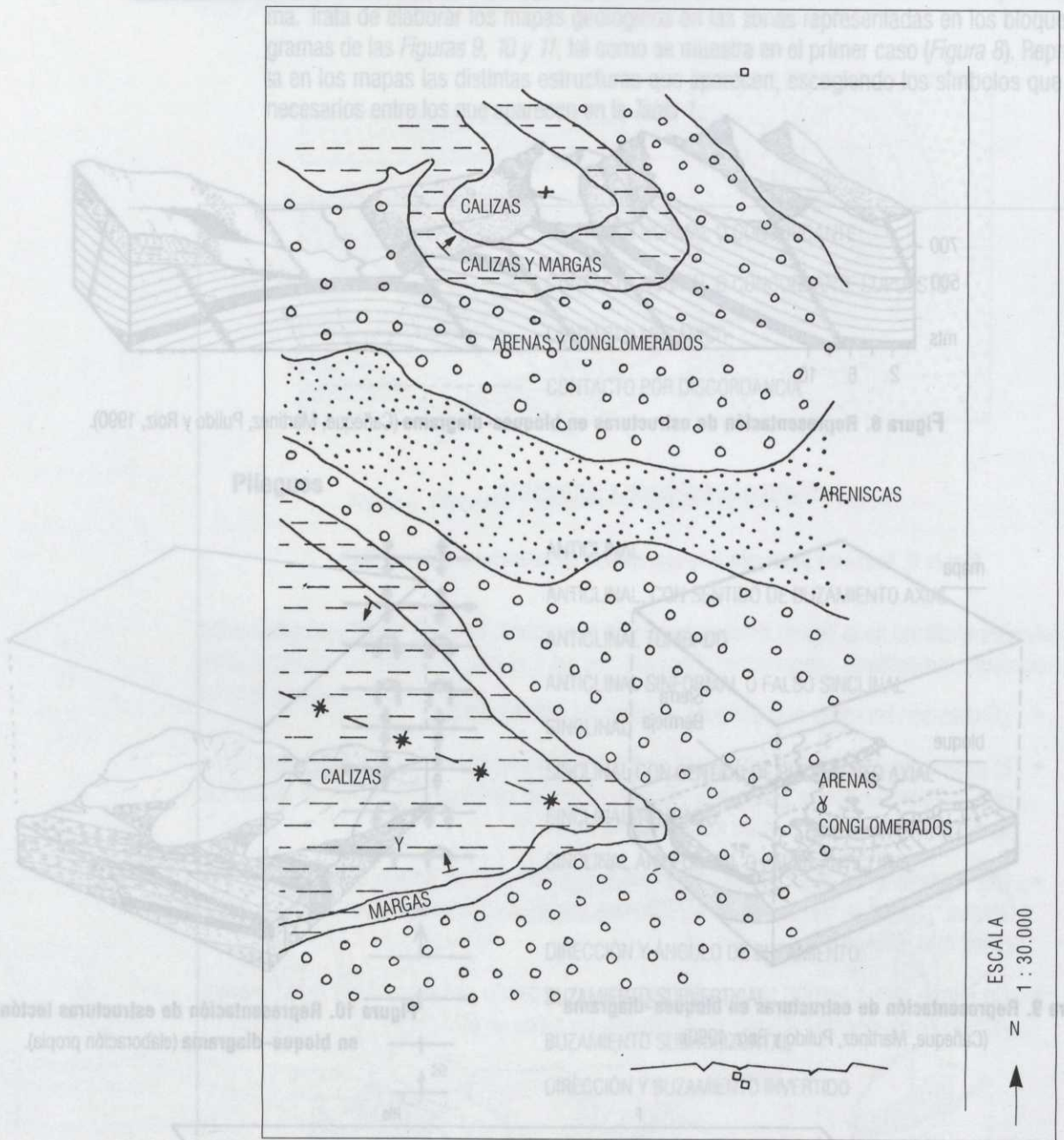


Figura 12. Mapa geológico realizado a partir de un par fotográfico estereoscópico (Cañeque, Martínez, Pulido y Roiz, 1990).

— Los geólogos elaboran los mapas geológicos a partir de los afloramientos que se observan en el campo, se determinan tipos de materiales, direcciones, buzamientos, etc. ¿Podrías pintar un plano geológico a partir de los afloramientos de la *Figura 13*? ¿Qué estructuras observas? Trata de representarlas sobre el mapa.

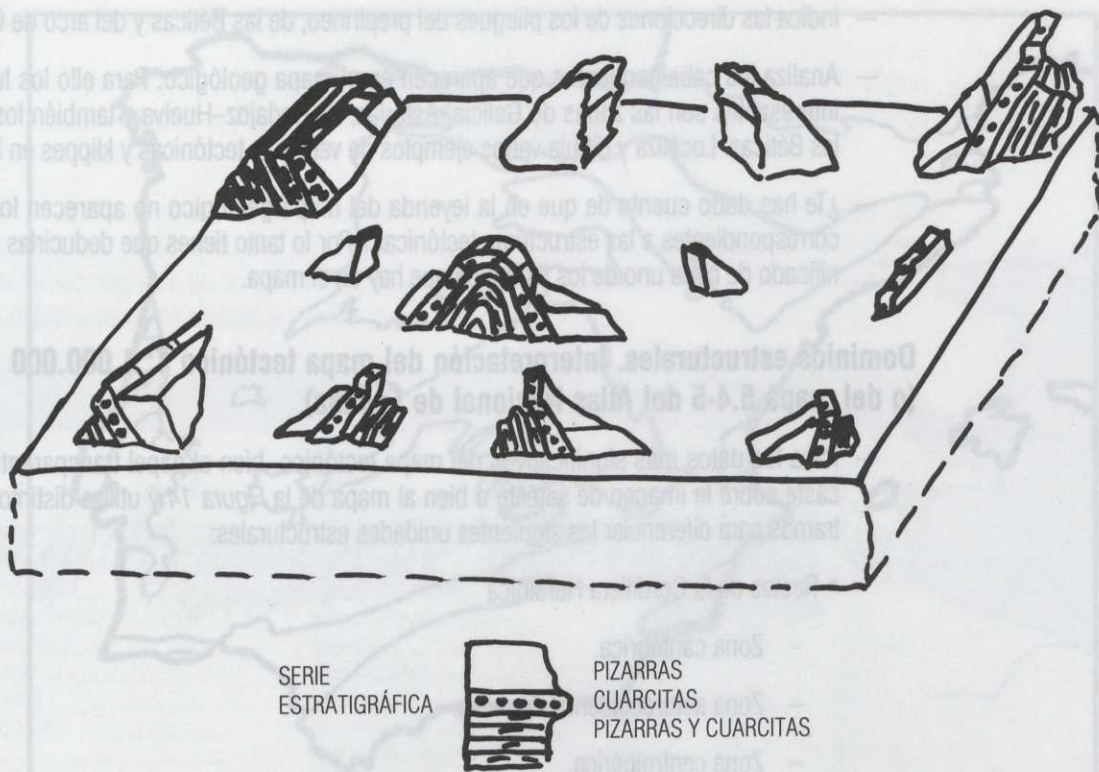


Figura 13. Levantamiento de mapas geológicos a partir de datos de campo (modificada de Hobbs *et al.*, 1981).

1.4. Dominios estructurales y deformaciones de la Península e Islas

Estudio de las deformaciones sobre el mapa geológico 1:1.000.000 Y comparación con la imagen de satélite

- Identifica sobre el mapa geológico y la imagen de satélite (puedes dibujar sobre un papel transparente) las grandes unidades peninsulares: macizo Hercínico o Ibérico, zona Cantábrica, Pirineos, Sierra de la Demanda, las dos ramas de la Ibérica, Cordilleras Béticas, Costero Catalanas, Sistema Central, Llanuras del Ebro, del Duero, del Tajo y la Mancha, del Guadiana y la Orla portuguesa.
- Una vez identificadas estas unidades, continúa estudiando algunos aspectos particulares de las mismas que se pueden apreciar en la imagen de satélite como son las direcciones de los pliegues y fracturas hercínicas: rodilla astúrica, pliegues de Extremadura - Ciudad Real y Huelva - Córdoba, interrupción de los pliegues hercínicos en el Guadalquivir.
- Dibuja y analiza la relación de los granitos con estos pliegues. En la leyenda geológica aparecen dos tipos de granitos: unos como rocas pre o sincinemáticas y otros como tardicinemáticas. Fíjate cuál de los dos granitos sigue más o menos las estructuras hercínicas y cuál de ellos es claramente independiente de tales estructuras, cortando y enmascarando las mismas.
- Dibuja y analiza las fallas existentes en el mapa. Comprueba que existen dos tipos fundamentales de fracturas: algunas que siguen las direcciones hercínicas y se doblan siguiendo las direcciones de los pliegues y la mayor parte de las fracturas, que interrumpen las direcciones hercínicas, rompiendo los pliegues.

- Indica las direcciones de los pliegues del prepirineo, de las Béticas y del arco de Gibraltar.
- Analiza los cabalgamientos que aparecen en el mapa geológico. Para ello los lugares más interesantes son las zonas de Galicia–Asturias, de Badajoz–Huelva y también los Pirineos y las Béticas. Localiza y dibuja varios ejemplos de ventanas tectónicas y klippes en las Béticas.
- ¿Te has dado cuenta de que en la leyenda del mapa geológico no aparecen los símbolos correspondientes a las estructuras tectónicas? Por lo tanto tienes que deducirlas y ver el significado de cada uno de los símbolos que hay en el mapa.

Dominios estructurales. Interpretación del mapa tectónico 1: 1.000.000 (o del mapa 5.4-5 del Atlas Nacional de España)

- Pasa los datos más significativos del mapa tectónico, bien al papel transparente que colo- caste sobre la imagen de satélite o bien al mapa de la *Figura 14* y utiliza distintos colores o tramas para diferenciar las siguientes unidades estructurales:

- Restos de la Cordillera Hercínica

- Zona cantábrica.
- Zona asturoccidental–leonesa.
- Zona centroibérica.
- Zona de Ossa–Morena.
- Zona sur–portuguesa.

- Cordilleras Alpidicas

- Cordillera Pirenaica:

- Terrenos antealpínicos en la cordillera Pirenaica (núcleos hercínicos)
- Terrenos mesozoicos y terciarios deformados en la orogenia alpina.

- Cordillera Bética:

- Zona prebética.
- Zona subbética.
- Zona bética s.s.

- Áreas de plataforma:

- Áreas cuya cobertera poco o nada deformada se apoya sobre un zócalo hercínico.
- Terrenos mesozoicos o cenozoicos de cobertera sobre el zócalo hercínico poco o nada deformados.
- Terrenos posttectónicos. Depresiones de la meseta (Tajo y Duero).



Figura 14. Mapa mudo de unidades tectónicas peninsulares (elaboración propia).

- Busca información bibliográfica sobre los relieves estructurales. Indica en qué áreas dominan los relieves de cordillera, relieves tabulares, plegados y de fracturas. Haz algunos dibujos representativos.
- A partir de los datos obtenidos del estudio de la imagen de satélite, del mapa geológico y del mapa tectónico, dibuja las direcciones estructurales dominantes en cada zona, representándolas con líneas sobre el mapa que acabas de completar (Figura 14).

Vergencia de escamas y cabalgamientos

- Comprueba la procedencia y hacia donde se dirigen los cabalgamientos del Norte (Galicia y Asturias) y del Sur (Portugal y Huelva) del macizo Hespérico. Comprueba también si existen cabalgamientos en el Centro (Salamanca, Extremadura, Ciudad Real).
- Haz un esquema pintando las direcciones de los cabalgamientos en toda la cadena hercínica de Norte a Sur.
- Los cortes A, B y C de la figura 15 se han realizado en tres zonas distintas de la cadena hercínica. ¿Podrías decir cuál es el A, el B y el C?

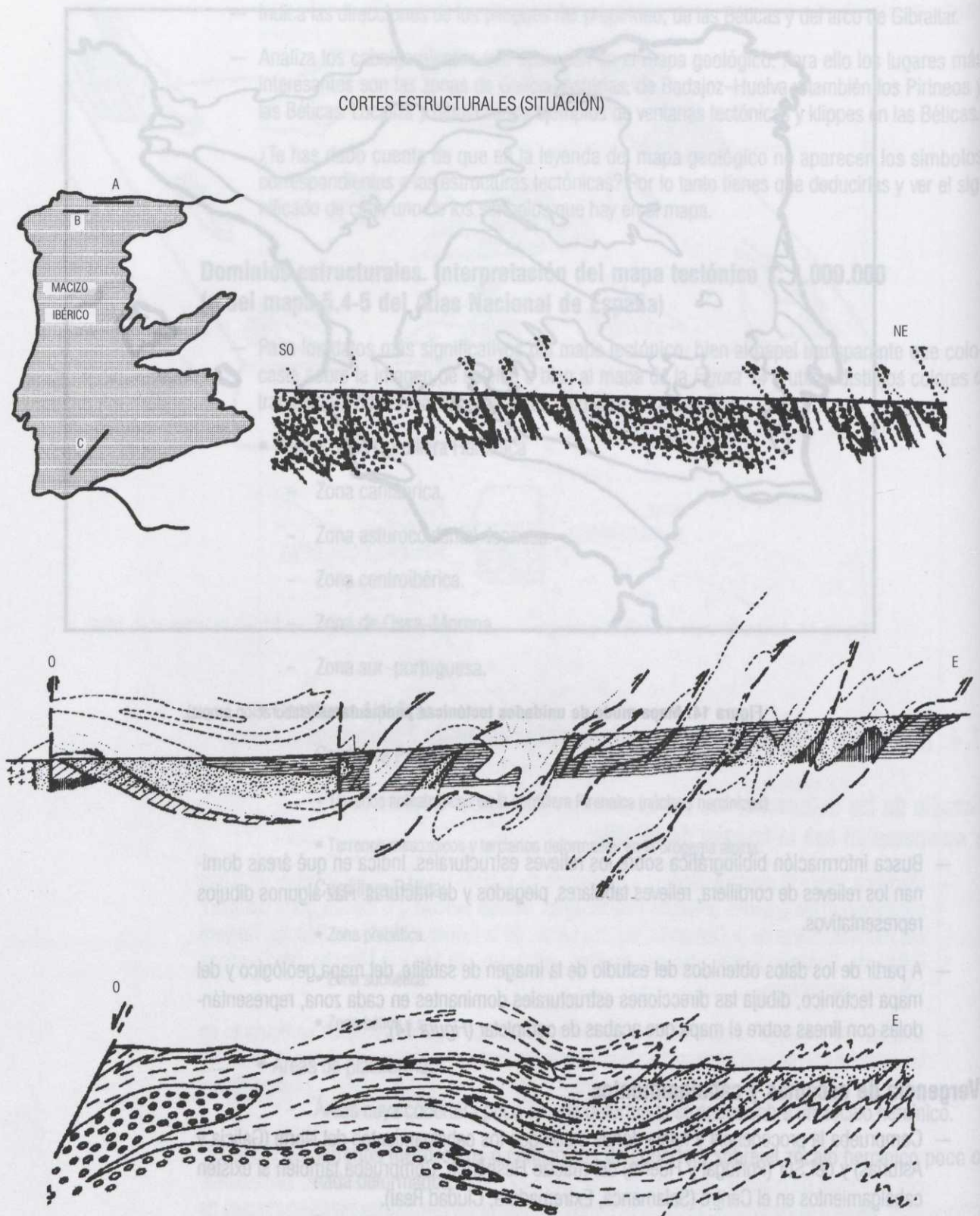


Figura 15. Cortes geológicos del Macizo Ibérico (Ribeiro *et al.*, 1983; Pulgar *et al.*, 1983; Matte, 1986; respectivamente).

1.5. Deformaciones elásticas

Los seísmos o terremotos son repentinas e intensas sacudidas del terreno causadas por la liberación de energía que se irradia en forma de ondas elásticas desde una región determinada del interior de la corteza o del manto.

- Sitúa en un mapa de la Península los epicentros de los terremotos ocurridos en España desde el año 365 y que aparecen en la tabla 2. Estudia su distribución geográfica. ¿Crees que existían sismógrafos en los años 365, 585, 881, 949 de nuestra era? ¿Cómo crees que fueron detectados estos sismos y medida su intensidad?

FECHA	LUGAR	I. Máx.	M.
21 julio 365	Alborán	X	7,5
585	Pirineo	IX	7,1
881	SW. de Portugal	X	7,5
949	Río Valderaduye (León)	X	7,3
23 agosto 1356	SW. de Portugal	X	7,6
2 febrero 1374	Ribagorza (Cataluña)	X	7,3
18 septiembre (?) 1395	Valencia (Levante)	IX	7,0
15 diciembre 1396	Valencia	VIII	6,3
15 mayo 1427	Olot (Cataluña)	X	7,4
2 febrero 1428	Olot (Cataluña)	X	7,4
24 abril (?) 1431	Ciudad Real (?)	VIII	6,0
1466	Carmona (Sevilla)	VIII	6,3
5 abril 1504	Carmona (Sevilla)	XI	8,1
6 enero 1531	Lisboa	X	7,7
19 abril 1550	Almería	IX	7,0
28 enero 1551	Lisboa	IX	6,7
28 octubre 1654	Alayor (Menorca)	IX	7,0
julio 1678	Pirineo	IX	7,0
9 octubre 1680	Málaga	X	7,2
27 diciembre 1722	Tavira (Portugal)	X	7,5
23 marzo y 2 abril 1748	Játiva (Valencia)	IX	6,8
1 noviembre 1755	Lisboa (cabo San Vicente)	XI	8,3
4 noviembre 1755	El Escorial (?) (Madrid)	VIII	6,0
31 marzo 1761	SW. de Portugal	VIII	6,5
12 abril 1773	SW. de Portugal	IX	7,0
13 a 15 enero 1804	Motril	X	7,3
16 febrero 1804	Motril	VIII	6,0
22 a 28 agosto 1804	Almería	IX	7,0
18 marzo 1817	Arnedo (Rioja)	VIII	6,3
29 julio 1822	Granada	VII	5,7
21 marzo 1829	Torreveja (Alicante)	X	7,5
11 octubre 1858	Setúbal (SW. de Portugal)	X	7,6
25 diciembre 1884	Andalucía	X	7,5
9 agosto 1903	Setúbal (SW. de Portugal)	IX	7,0
13 julio 1904	Pirineos	VIII	6,3
23 abril 1909	Benavente (Portugal)	X	7,5
16 junio 1910	Adra (Almería)	VIII	6,3
10 julio 1923	Canal de Berdún (Huesca)	VIII	6,0
18 febrero 1929	Arnedo (Rioja)	VII	5,6
5 julio 1930	Montilla (Andalucía)	VIII	6,3
20 mayo 1931	SW. de Portugal	IX	7,0
5 marzo 1940	Olvera (Cádiz)	VII	5,7
25 noviembre 1941	SW. de Portugal	VIII	6,7
27 diciembre 1941	SW. de Portugal	VII	6,2
10 marzo 1951	Bailén (Jaén)	VIII	6,5
19 mayo 1951	Martos-Alcaudete (Jaén)	VII	5,8
15 marzo 1964	SW. de Portugal	VIII	6,3
28 febrero 1969	SW. de Portugal	IX	7,3
26 mayo 1975	SW. de Portugal	X	7,8

Tabla 2: Sismos históricos en la Península (Payo, 1977).

- Consulta la escala de Mercalli de intensidad de los sismos (*Tabla 3*) y el mapa de isosistas (delimitan zonas de igual intensidad) del terremoto de Arenas del Rey de diciembre de 1884 (*Figura 16*). ¿Qué efectos produjo en la ciudad de Granada y en Málaga? ¿Cómo afectó a las poblaciones de Arenas, Zafarraya y Alhama?

Tipos de construcción:	La calidad de la construcción, de ladrillos o de otro tipo, se especifica según el siguiente código de letras:
Estructura A	Hechura, cementación y diseño buenos; reforzada, especialmente por los lados, y eslabonada por uniones de acero, hormigón, etc; diseñada para soportar fuerzas laterales.
Estructura B	Hechura y cementación buenas; reforzada, pero no diseñada en sus detalles para soportar fuerzas laterales.
Estructura C	Hechura y cementación ordinarias; la debilidad no es tan extrema como para que no se mantengan unidas las esquinas, pero no es reforzada ni está diseñada contra fuerzas horizontales.
Estructura D	Materiales débiles, como el adobe; escasa cementación; bajos estándares de hechura; débil horizontalmente.

VALOR DE LA INTENSIDAD

DESCRIPCIÓN

I.	No se siente. Efectos marginales y de período largo de terremotos fuertes.
II.	Lo sienten personas quietas en pisos altos o favorablemente situadas.
III.	Se siente en interiores. Objetos suspendidos se balancean. Vibración como la del paso de camiones livianos. Se puede calcular su duración. Puede no identificarse como terremoto.
IV.	Se balancean objetos suspendidos. Vibración como la del paso de camiones pesados; o sensación de golpeteo como si una bola pesada golpeará las paredes. Los coches parados se sacuden. Ventanas, platos y puertas crujen. Los vidrios y la cristalería tintinean. En el nivel superior de la intensidad IV, las paredes y armazones de madera crujen.
V.	Se siente en exteriores; puede deducirse la dirección. Los que duermen se despiertan. Los líquidos se agitan, algunos se derraman. Objetos pequeños inestables se desplazan o vuelcan. Las puertas baten, se cierran, se abren. Se mueven contraventanas y cuadros. Los relojes de péndulo se paran, vuelven a funcionar, cambian de ritmo.
VI.	Lo siente todo el mundo. Muchos se alarman y salen corriendo de las casas. Las personas caminan inseguras. Se rompen ventanas, platos, cristalerías. Los objetos decorativos y los libros saltan de los estantes. Caen cuadros de las paredes. Los muebles se mueven o se caen. En enyesado débil y las construcciones D se agrietan. Suenan campanas pequeñas (de iglesia, de escuela). Árboles y arbustos se balancean ostensiblemente o se oyen crujir.
VII.	Resulta difícil tenerse en pie. Lo notan los conductores. Los objetos suspendidos tiemblan. Se rompen los muebles. Daños a las estructuras D con agrietamiento. Se caen las chimeneas débiles a la altura del techo. Caen el enyesado, ladrillos sueltos, piedras, tuberías, cornisas, parapetos no reforzados y ornamentos arquitectónicos. Aparecen algunas grietas en estructuras C. Olas en charcas, agua enturbada con barro. Pequeños desprendimientos y oquedades en márgenes de arena o grava. Suenan campanas grandes. Daños en acequias de cemento.
VIII.	Los conductores de vehículos se sienten afectados. Daños en estructuras C; desplomes parciales. Algunos daños en estructuras B; ninguno en estructuras A. Caen el estucado y algunas paredes de albañilería. Torsión o caída de chimeneas domésticas o de fábricas, monumentos, torres y cisternas elevadas. La armazón de las casas se mueve sobre los cimientos o se cae; salen despedidos tabiques sueltos. Los edificios deteriorados se derrumban. Son arrancadas ramas de los árboles. Cambios de caudal o temperatura de manantiales y pozos. Grietas en suelo húmedo y en taludes abruptos.
IX.	Pánico general. Destrucción de estructuras D; gravísimos daños en estructuras C, a veces con desplome total; daños graves en estructuras B. Daños generalizados en los cimientos. Los armazones de los edificios, si no se caen, se desplazan de sus cimientos. Grietas en los armazones. Graves daños en embalses. Rotura de tuberías subterráneas. Grietas patentes en el suelo. En zonas aluviales, emisión de arena y barro, manantiales debidos al terremoto, cráteres de arena.
X.	Se destruyen junto con sus cimientos la mayor parte de edificios de albañilería y de armazón. Algunos edificios bien construidos y puentes de madera se destruyen. Daños graves en embalses, presas, terraplenes. Grandes desprendimientos. Se desborda el agua sobre márgenes de canales, ríos, lagos, etc. Traslación horizontal de arena y barro en playas y terrenos llanos. Los raíles se tuercen un poco.
XI.	Los raíles se tuercen mucho. Las tuberías subterráneas se estropean completamente.
XII.	Destrozo casi total. Se desplazan masas rocosas grandes. Distorsión de las líneas visual y de nivel del paisaje. Son arrojados objetos al aire.

Tabla 3. Escala de intensidades sísmicas de Mercalli (Strahler, 1987).

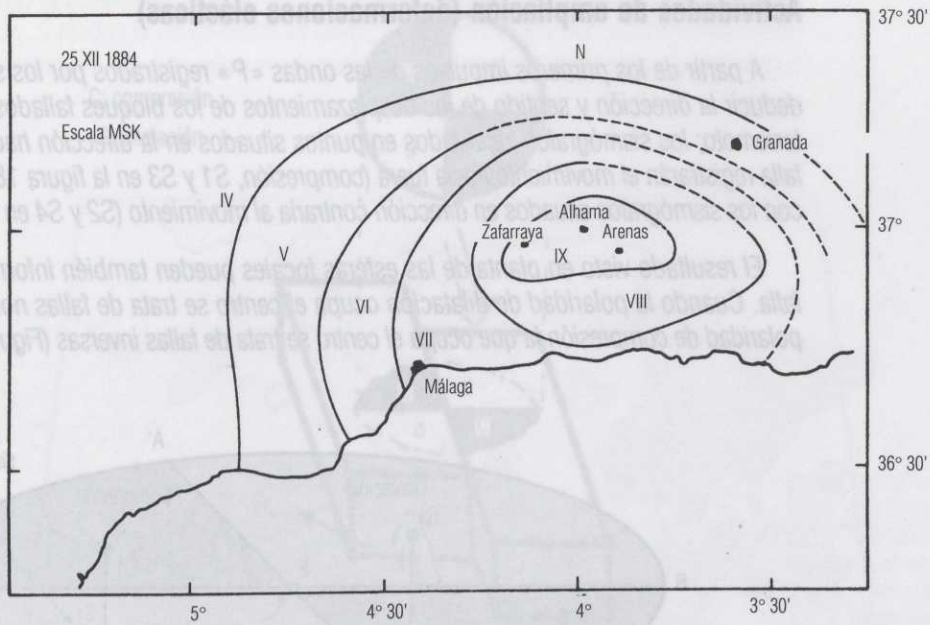


Figura 16. Mapa de isosistas del terremoto de Arenas del Rey (Udías, 1981).

- Compara el mapa que has elaborado a partir de datos de sismos históricos con el mapa de los sismos registrados entre 1961 y 1972 de la Figura 17 (o con el mapa 8.12-13 del Atlas Nacional de España) ¿Cómo se han obtenido estos datos?

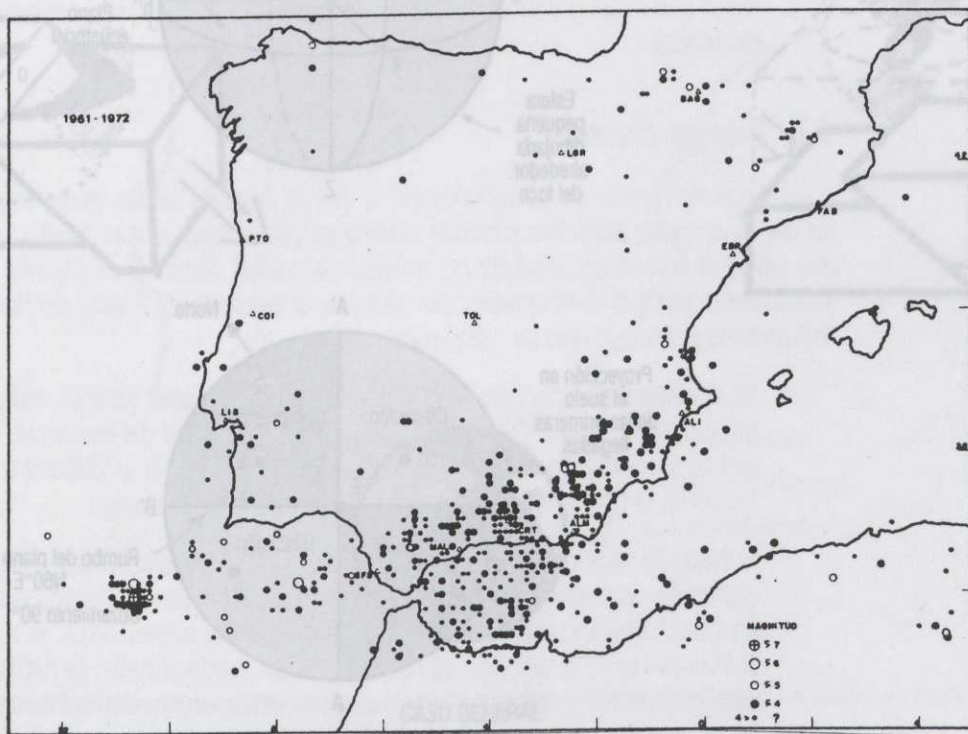


Figura 17. Sismos registrados en la Península y áreas circundantes entre 1962 y 1972 (Udías, 1981).

Actividades de ampliación (deformaciones elásticas)

A partir de los primeros impulsos de las ondas «P» registrados por los sismógrafos, se puede deducir la dirección y sentido de los desplazamientos de los bloques fallados que han originado el terremoto; los sismógrafos localizados en puntos situados en la dirección hacia la cual se mueve la falla registrarán el movimiento hacia fuera (compresión, S1 y S3 en la figura 18 a), al contrario ocurre con los sismógrafos situados en dirección contraria al movimiento (S2 y S4 en la figura 18 a).

El resultado visto en planta de las esferas focales pueden también informar acerca del tipo de falla. Cuando la polaridad de dilatación ocupa el centro se trata de fallas normales y cuando es la polaridad de compresión la que ocupa el centro se trata de fallas inversas (Figura 18 b).

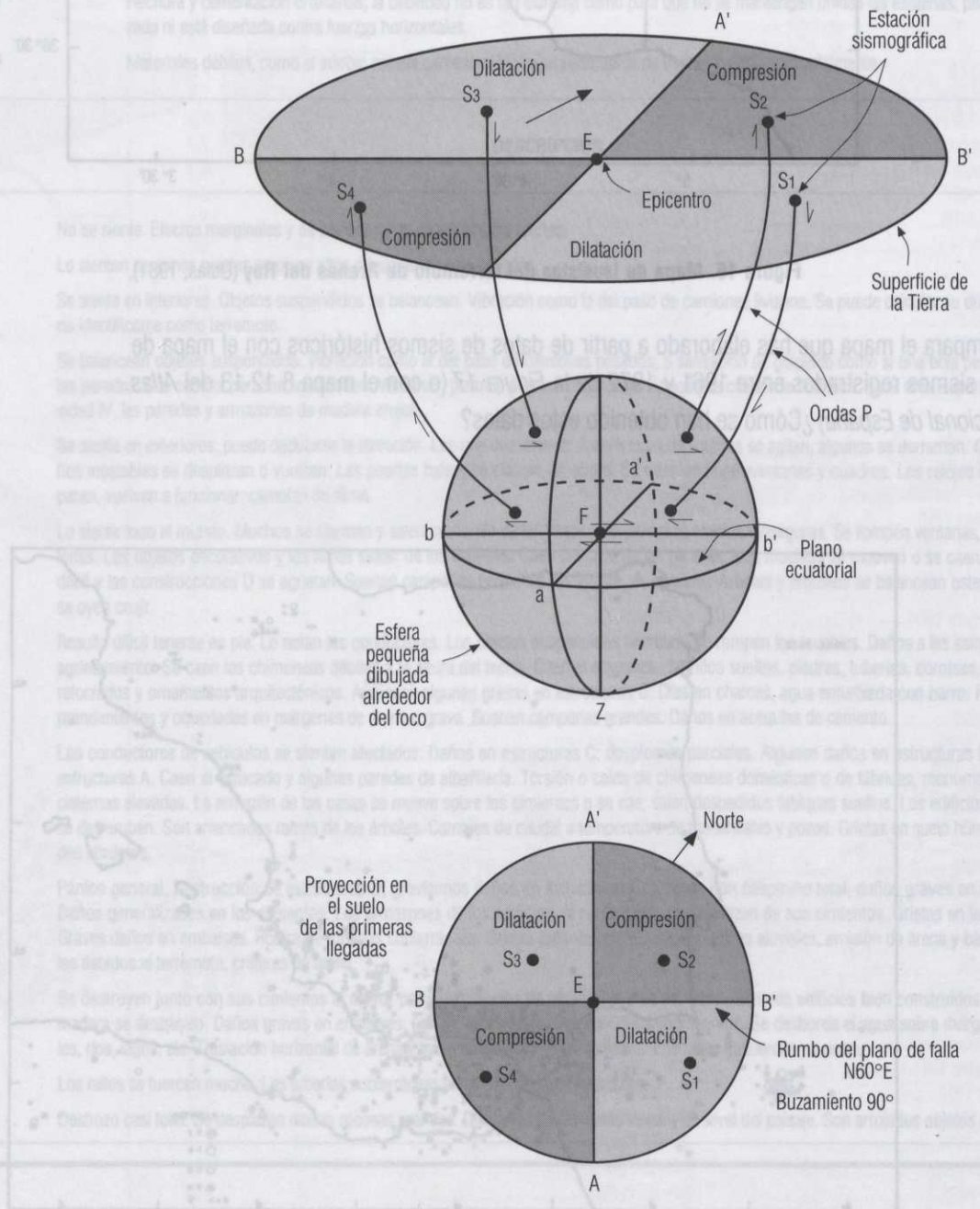
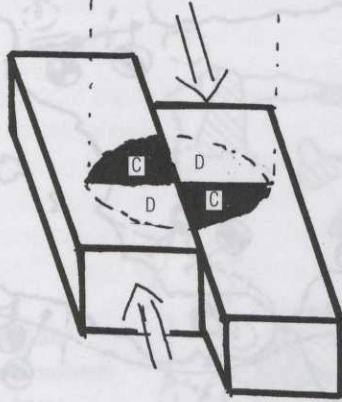
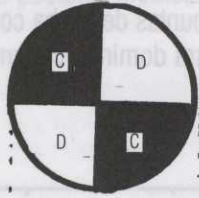


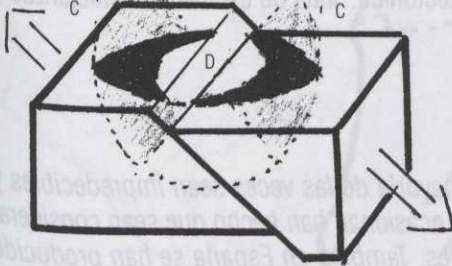
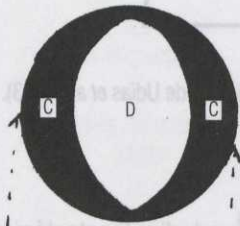
Figura 18 a. Mecanismos focales (Bolt, 1981).

PROYECCIÓN EN PLANTA

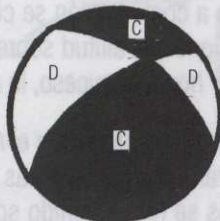
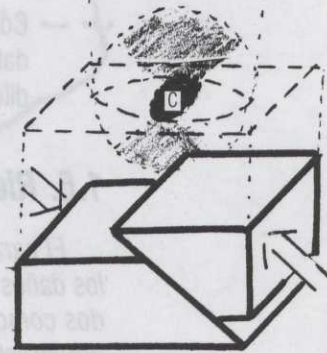
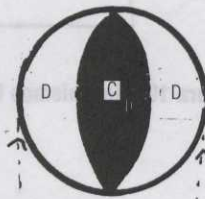
C: compresión
D: dilatación



PROYECCIÓN EN PLANTA



PROYECCIÓN EN PLANTA



CASO GENERAL

Figura 18 b. Proyección en planta de los mecanismos focales en caso de falla en dirección normal e inversa (elaboración propia).

— En la *Figura 19* aparecen los mecanismos focales de algunos terremotos. Determina las direcciones de los esfuerzos predominantes en las regiones numeradas en el mapa, dibuja dichas direcciones añadiendo puntas de flecha como se muestra en la región 2. ¿En qué zonas del mapa representado dicha figura dominan claramente los esfuerzos de compresión, de distensión y de cizalla?

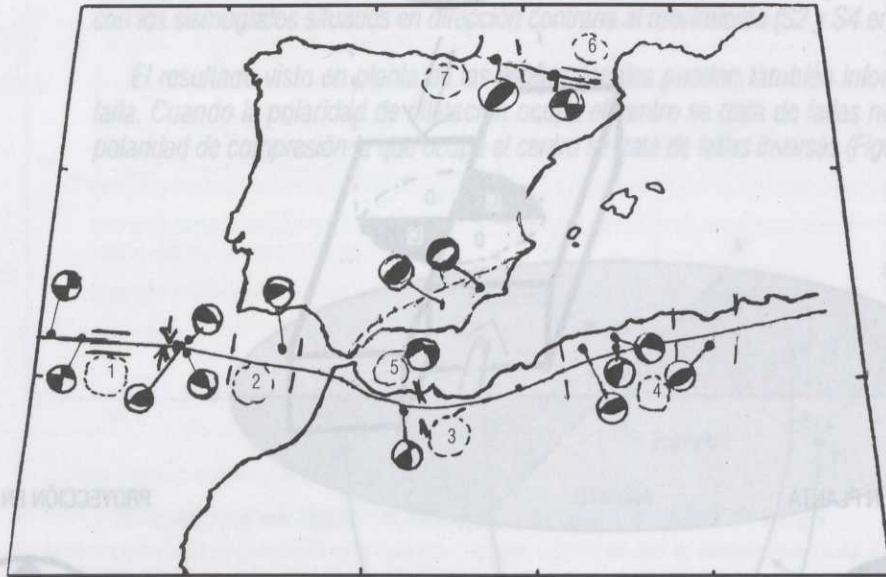


Figura 19. Mecanismos focales de algunos sismos de la Península y áreas cercanas (simplificada, de Udías *et al.*, 1983).

— Conclusiones: relaciona los datos sísmicos que acabas de estudiar (neotectónica) con los datos obtenidos a partir del estudio de mapa tectónico. Trata de establecer semejanzas y diferencias.

1.6. Riesgo sísmico

El carácter rápido de los terremotos, el que la mayoría de las veces sean impredecibles y los daños en vidas humanas o bienes materiales que ocasionan han hecho que sean considerados como el más destructivo de los riesgos naturales. También en España se han producido movimientos sísmicos considerables, por ejemplo, el terremoto de Arenas del Rey de 1884 ocasionó 900 muertos y destruyó más de 1.000 edificaciones.

- En el poder destructivo de los terremotos influyen diversos factores. Indica cuáles influyen y por qué de los que a continuación se citan: la intensidad del terremoto, la duración, la calidad de las edificaciones, la altitud sobre el nivel del mar, la estabilidad de los materiales del subsuelo, la fecha y hora del suceso, la densidad de la población.
- El mapa de severidad geológica para el riesgo sismotectónico (mapa 1 de la *Figura 20*) se ha elaborado considerando tanto las zonas afectadas por sismos históricos como los datos que en los últimos años se han obtenido sobre actividad neotectónica. El mapa 2 de la misma figura representa la densidad de población anual (número medio de habitantes por año y unidad de superficie). Imagina que estás trabajando en ordenación del territorio y te han encargado que determines las zonas prioritarias para la aplicación de medidas de prevención de riesgos. Determina cuáles son estas zonas dibujándolas en el mapa 3 de la *Figura 20*. Elabo-

ra además un escrito claro y convincente que lo explique a las autoridades competentes, aportando también sugerencias en relación a las posibles medidas preventivas en estas zonas.

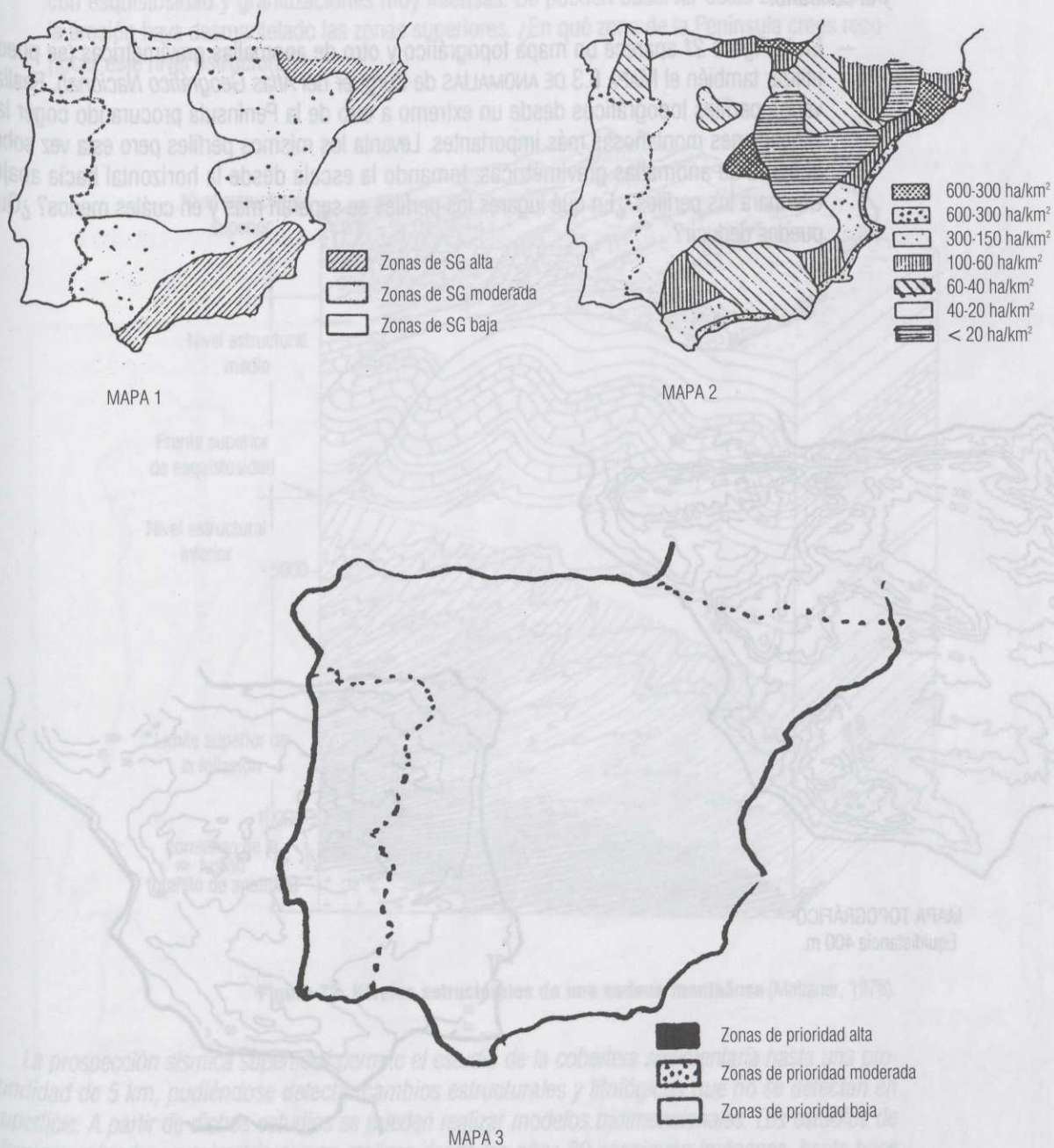


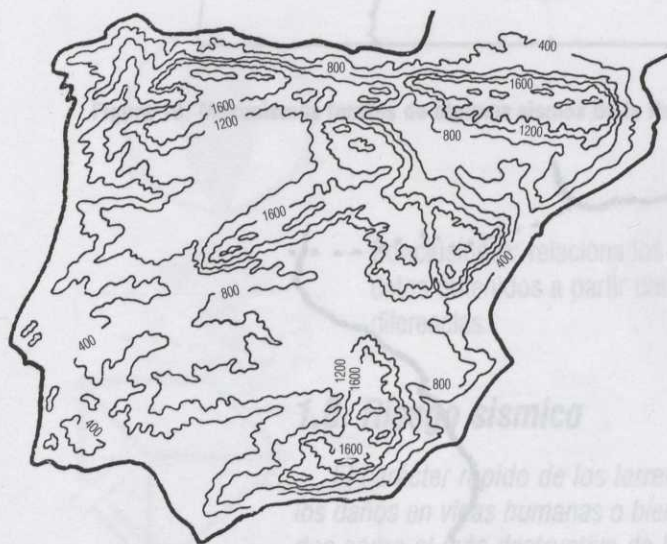
Figura 20. Mapas de severidad de riesgo sísmico y de densidad de población (Choukroune *et al.*, 1980).

1.7. ¿Cómo es la corteza continental en la Península?

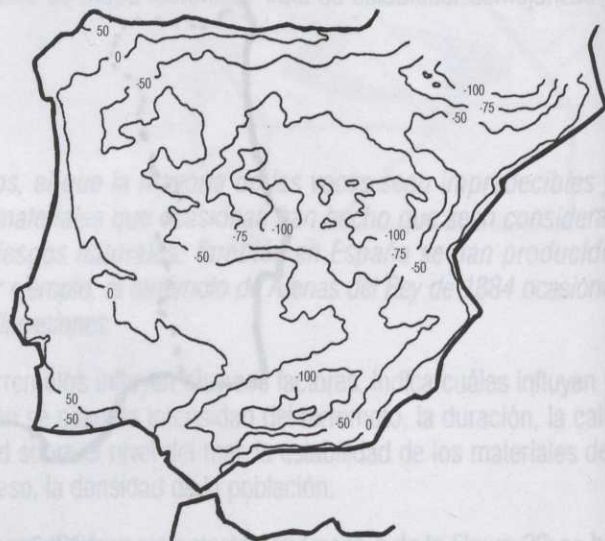
Se trata, en este caso, de actividades de carácter optativo.

Las mediciones precisas de la gravedad en la superficie terrestre son muy valiosas para interpretar la estructura de la corteza continental. Las anomalías respecto al valor teórico esperado, tenidas en cuenta la altitud, latitud, etc., orientan acerca de la distribución de masas en el interior. En general, y considerando la isostasia, se puede suponer que cuando hay una anomalía positiva, supone que hay materiales más densos o que la corteza continental —más ligera— tiene menor espesor en esa zona y al contrario.

- En la Figura 21 aparece un mapa topográfico y otro de anomalías gravimétricas (se puede utilizar también el MAPA 8.3 DE ANOMALÍAS de Burguer del *Atlas Geográfico Nacional*). Realiza varios perfiles topográficos desde un extremo a otro de la Península procurando coger las alineaciones montañosas más importantes. Levanta los mismos perfiles pero esta vez sobre el mapa de anomalías gravimétricas, tomando la escala desde la horizontal hacia abajo. Compara los perfiles. ¿En qué lugares los perfiles se separan más y en cuáles menos? ¿Qué puedes deducir?



MAPA TOPOGRÁFICO
Equidistancia 400 m.



MAPA DE ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS

Figura 21. Mapa de relieve y mapa de anomalías de gravedad en la Península (elaboración propia, y Udías, 1981, respectivamente).

— Fijate en la *Figura 22*, es un dibujo ya clásico en el que se esquematizan los niveles estructurales que se desarrollan en una cadena montañosa en proceso de formación o recién formada según algunos autores.

En el nivel superior existen grandes mantos y si la erosión ha profundizado en ellos podremos ver ventana tectónica y klippen. ¿En qué cadena de la Península crees que se puede reconocer este nivel estructural?

El nivel inferior requiere zonas muy metamorizadas (abundantísimas rocas metamórficas) con esquistosidad y granitizaciones muy intensas. Se pueden observar estas zonas cuando la erosión haya desmantelado las zonas superiores. ¿En qué zona de la Península crees reconocer este nivel estructural?

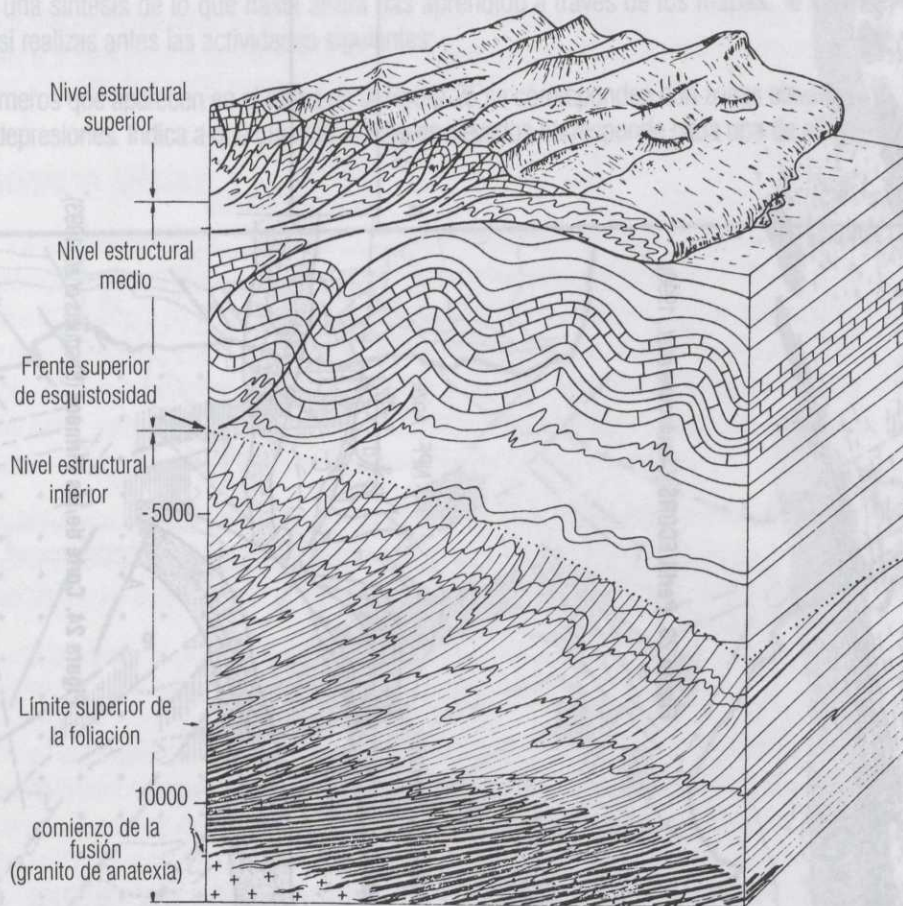


Figura 22. Niveles estructurales de una cadena montañosa (Mattauer, 1976).

La prospección sísmica superficial permite el estudio de la cobertera sedimentaria hasta una profundidad de 5 km, pudiéndose detectar cambios estructurales y litológicos que no se detectan en superficie. A partir de dichos estudios se pueden realizar modelos tridimensionales. Los estudios de sísmica profunda y gravimetría que se realizan desde los años 80 consiguen imágenes, hasta hace poco desconocidas, de la estructura de la corteza de decenas de km de profundidad. En España se han realizado algunos perfiles profundos, de cuyo estudio se puede deducir la estructura de la corteza continental en algunas zonas. En los Pirineos, en el centro del perfil, la corteza está muy deformada. Aparecen reflectores en abanico que representan grandes fracturas a lo largo de las cuales se han producido desplazamientos de enormes volúmenes de rocas. Se puede calcular a partir de este perfil un acortamiento de la corteza del orden de los 80 km.

CUENCA DE AQUITANIA

ZONA AXIAL

CUENCA DE TREMP

SIERRAS MARGINALES

CUENCA DEL EBRO

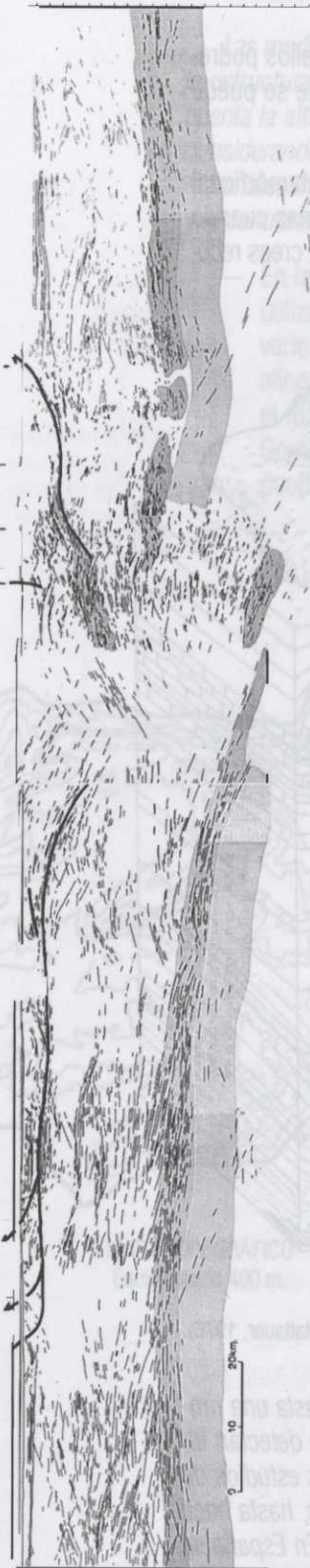


Figura 23. Perfil ECORS (Choukroune et al., 1990).



Figura 24. Corte de los Pirineos (Busquets et al., 1993).

— Observa la imagen obtenida a partir del estudio sísmico y (Figura 23) el perfil que se ha levantado en los Pirineos (Figura 24). ¿Qué estructuras aparecen?

— Busca información sobre otras técnicas de estudio de la corteza.

Las deformaciones de las rocas, fracturas, pliegues, vibraciones sísmicas, etc., son consecuencia de la energía del interior de la Tierra. Hemos comprobado que existen ciertas relaciones entre la localización de distintos tipos de deformaciones y la topografía. Realizaremos algunas actividades que sirven para ordenar los datos estudiados en el apartado anterior. Esto nos llevará a formular hipótesis acerca del origen de ambos.

2. Interpretación

2.1. Relieve y deformaciones en las rocas

- ¿Qué relaciones existen entre el relieve de la Península e Islas y las deformaciones presentes en las rocas? Hay que contestar a esta pregunta de forma clara, completa y ordenada haciendo una síntesis de lo que hasta ahora has aprendido a través de los mapas. Te será más fácil si realizas antes las actividades siguientes:
 - Los números que aparecen en el mapa de la *Figura 25* se corresponden con zonas elevadas o con depresiones. Indica a qué cuencas o relieves elevados corresponde cada una de ellas.

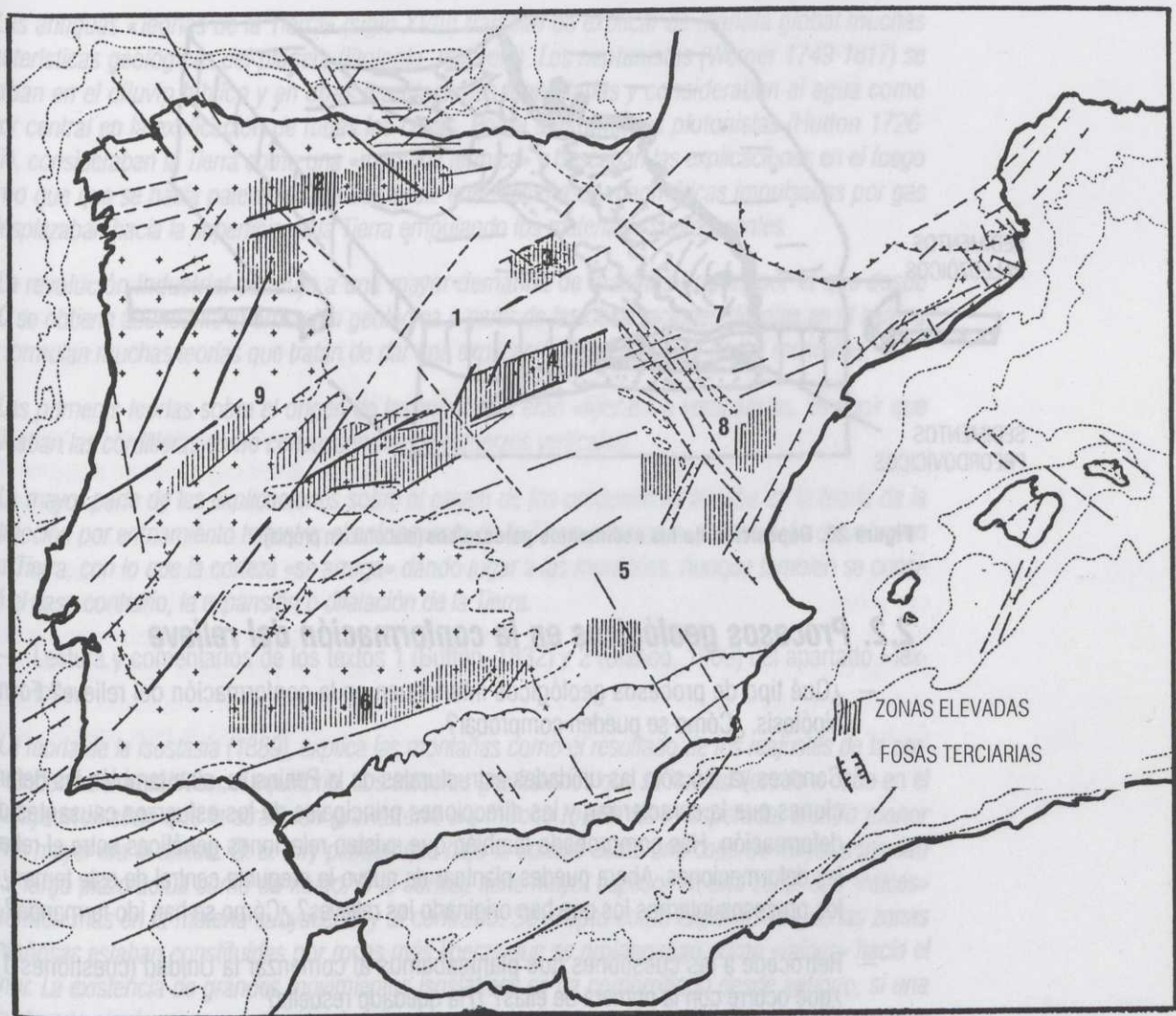


Figura 25: Relación entre la fracturación tardihercínica y los relieves (Modificado, de Antón-Pacheco y Vegas, 1980).

- Observa las direcciones estructurales que has dibujado sobre la fotografía de satélite o en el mapa de dominios estructurales (*Figura 14*). Recuerda el artilugio de «fabricar» pliegues y fallas de la figura 2 y determina las direcciones principales de los esfuerzos que han dado lugar a la formación del Macizo hercínico, las Cordilleras Béticas, Cordillera Ibérica y Pirineos.
 - Explica cuáles son las direcciones predominantes en cada caso y dibújalas sobre el mapa.
- Busca sobre el mapa geológico o tectónico (material de aula) la edad de los materiales que están en el centro de la cadena pirenaica. ¿Cuál será la edad de los materiales de la cadena hercínica?
- Fíjate en el dibujo de la *Figura 26*, simula la deposición de los materiales paleozoicos antes de formarse la cadena hercínica. Estos materiales se depositaron sobre un fondo o zócalo. ¿Qué edad tendrían esos materiales? ¿Corresponde con la respuesta a la pregunta anterior?

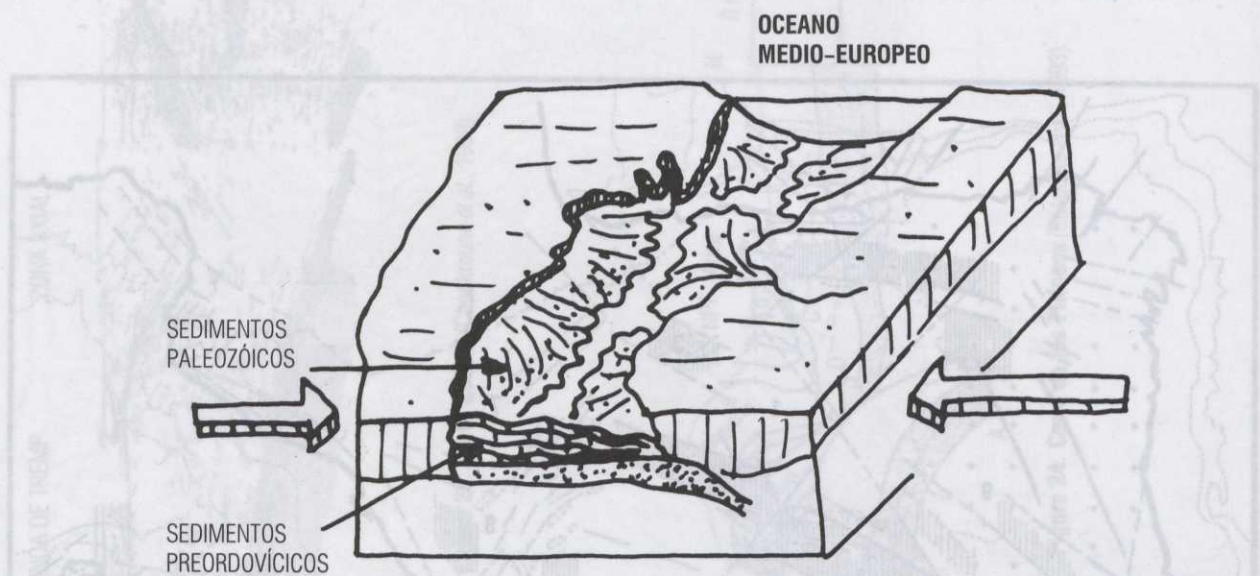


Figura 26. Deposición de los sedimentos paleozoicos (elaboración propia).

2.2. Procesos geológicos en la conformación del relieve

- ¿Qué tipo de procesos geológicos intervienen en la conformación del relieve? Formula hipótesis. ¿Cómo se pueden comprobar?
- Conoces ya, no sólo las unidades estructurales de la Península, sino también las deformaciones que la caracterizan y las direcciones principales de los esfuerzos causantes de la deformación. Has comprobado también que existen relaciones genéticas entre el relieve y las deformaciones. Ahora puedes plantear de nuevo la pregunta central de este tema: ¿Son los procesos internos los que han originado los relieves? ¿Cómo se han ido formando?
- Retrocede a las cuestiones que planteábamos al comenzar la Unidad (cuestiones 1.1.), ¿qué ocurre con la primera de ellas? ¿Ha quedado resuelta?
- ¿Se ha formado de la misma manera el relieve de las islas Canarias y de las Baleares? Haz un dibujo ilustrativo de cada uno de ellos.

- Trata de hacer un dibujo que represente la formación de los Pirineos y de las Béticas. ¿Cuál es la dirección principal de los esfuerzos que levantaron estas cordilleras?
- ¿Puedes responder ahora con cierta rigurosidad? ¿Por qué? ¿Qué sería necesario?

¿Qué dicen los científicos? ¿Se han formulado teorías válidas?

Aunque tenemos ya muchos datos acerca de las relaciones del relieve con las deformaciones tectónicas, es difícil formular hipótesis, comprobarlas y llegar a conocer cómo se originaron dichas estructuras por muchas razones: la magnitud de los fenómenos (superficies enormes), la lentitud de los procesos que los hacen imperceptibles para el ser humano, el que las deformaciones se generen bajo el subsuelo o en el fondo marino, etc. A pesar de las dificultades, a lo largo del tiempo han ido surgiendo modelos y teorías que tratan de explicar los relieves terrestres.

Teorías orogénicas fijistas

Las antiguas «Teorías de la Tierra» (siglo XVIII) trataban de explicar de manera global muchas características geológicas del planeta (litología, relieve...). Los neptunistas (Werner 1749-1817) se basaban en el diluvio bíblico y en otras inundaciones legendarias y consideraban el agua como motor central en la explicación de todas las cosas. Por el contrario, los plutonistas (Hutton 1726-1797), consideraban la Tierra como una «máquina térmica» y buscaban las explicaciones en el fuego interno que se hacía patente en los volcanes: enormes masas magmáticas impulsadas por gas se desplazaban hacia la superficie de la Tierra empujando los materiales suprayacentes.

La revolución industrial condujo a una mayor demanda de materias primas por lo que desde 1830 se obtiene abundante información geológica a partir de las observaciones directas en el campo y se formulan muchas teorías que tratan de dar una explicación a la existencia de las montañas.

Las primeras teorías sobre el origen de las montañas eran «fijistas» o verticalistas, es decir que explicaban las cordilleras como consecuencias de esfuerzos verticales.

La mayor parte de las explicaciones sobre el origen de los orógenos se basaba en la teoría de la contracción por enfriamiento terrestre: el enfriamiento de la Tierra provoca la disminución de volumen de la Tierra, con lo que la corteza «se arruga» dando lugar a las montañas. Aunque también se consideró el caso contrario, la expansión o dilatación de la Tierra.

- Lectura y comentarios de los textos 1 (Buffon, 1832) y 2 (Blanco, 1909) del apartado «Textos».

La teoría de la isostasia (1889), explica las montañas como el resultado de los reajustes de la corteza tendentes a restablecer el equilibrio. Los estudios gravitatorios que se habían llevado a cabo en el Himalaya indicaban que la atracción gravitatoria era mucho menor de la esperada, siendo menor cuanto mayor era la altitud. G. B. Airy planteó que bajo la corteza existe una capa de mayor densidad que a largo plazo actúa como un fluido: si la corteza tiene mayor espesor en una zona, sus «raíces» se hundan más en la materia subyacente y al contrario. Se aceptó como explicación que las zonas montañosas estaban constituidas por rocas más ligeras que se prolongaban como «raíces» hacia el interior. La existencia de grandes movimientos isostáticos se ha comprobado desde antiguo, si una zona elevada pierde masa por erosión, la falta de masa produce una elevación y lo contrario ocurriría en la zona donde se está produciendo acumulación de sedimentos que tendría un suplemento de masa. Los materiales depositados en los bordes de los continentes provocarían la compresión de las

3. Replanteamiento

zonas marginales al ser rechazados hacia éstas por el hinchamiento producido en el fondo oceánico, siendo replegados contra los continentes.

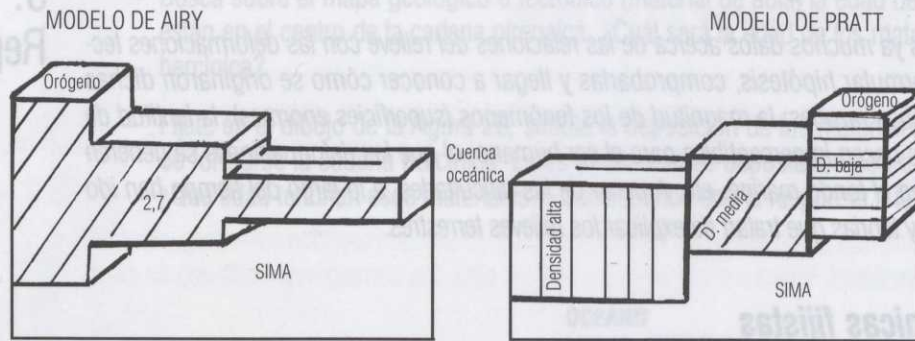


Figura 27. Isostasia, modelos de Airy y Pratt (elaboración propia).

— En la Figura 27 aparecen los modelos de Airy y de Pratt, explica este último. Trata también de dibujar un modelo mixto, más acorde con las ideas actuales, que recoja las dos ideas (admitiendo densidad = 2.7 g/cm^3 en orógenos y densidad = 3 g/cm^3 en cuencas oceánicas).

Ciclo geosinclinal. Hall (1859) (en Anguita y Moreno, 1978) observa que las series estratigráficas plegadas en los orógenos son, en general, más potentes que las series originadas en el mismo intervalo de tiempo pero en zonas tectónicamente estables, por lo que concluyó que la orogénesis va siempre precedida por el asentamiento de una profunda cuenca donde se acumulan espesores enormes de materiales sedimentarios. La forma lineal de las cordilleras llevó a pensar en cuencas o surcos alargados de miles de km de longitud. Además se admitió un hundimiento (subsistencia) continuo del fondo de la cuenca, ya que se observaban enormes espesores de sedimentos de facies semejantes (figura 28). Dana (1873), (citado por Hallam, 1985) pensaba que la deformación del geosinclinal sería causada por la contracción al enfriarse la Tierra. Cuando, ya en el siglo XX se comprobó que la Tierra no disminuía su volumen, el esquema del geosinclinal dejó de tener adeptos, aunque años después sería incorporado a teorías más modernas.

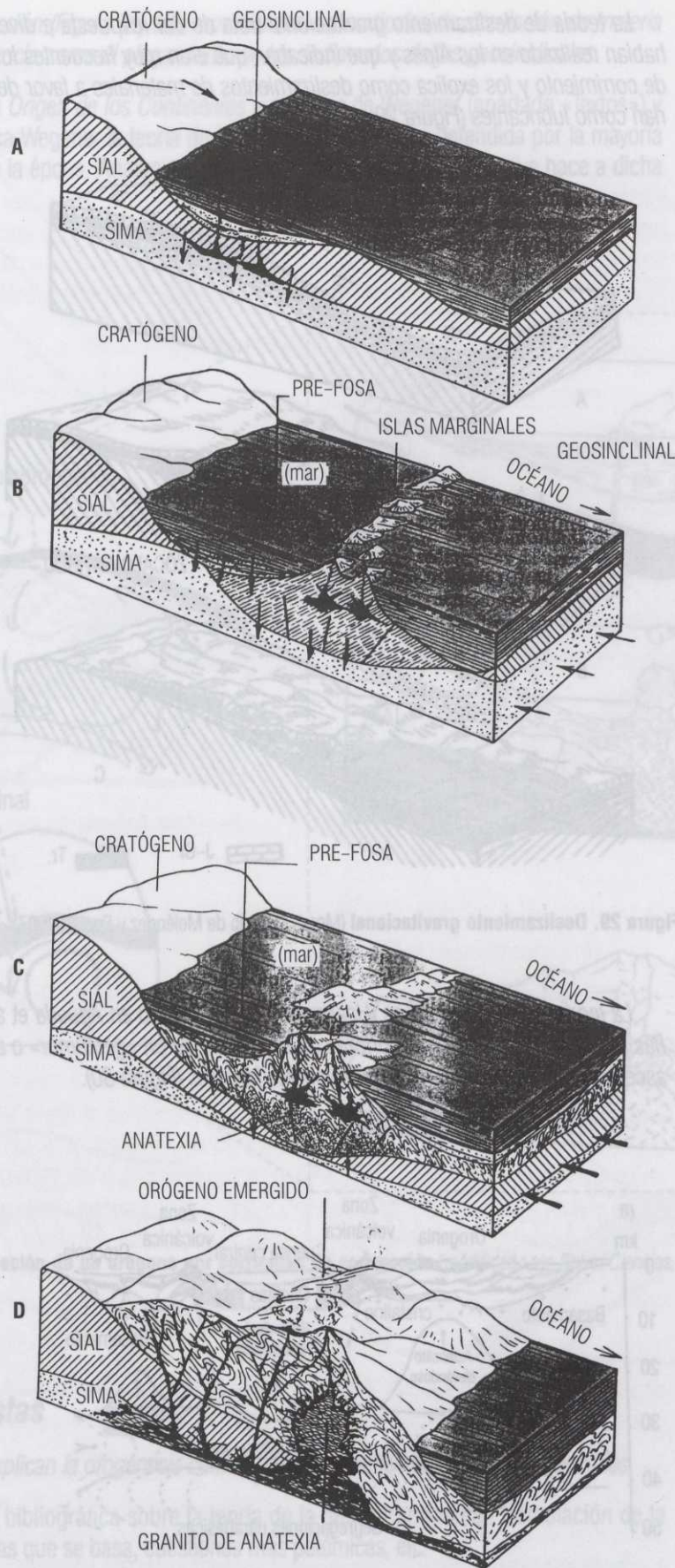


Figura 28. Evolución de un geosinclinal (Meléndez y Fuster, 1987).

La teoría de deslizamiento gravitacional trata de dar respuesta a diversas observaciones que se habían realizado en los Alpes y que indicaban que eran muy frecuentes los cabalgamientos y mantos de corrimiento y los explica como deslizamientos de materiales a favor de rocas plásticas que actuarían como lubricantes (Figura 29).

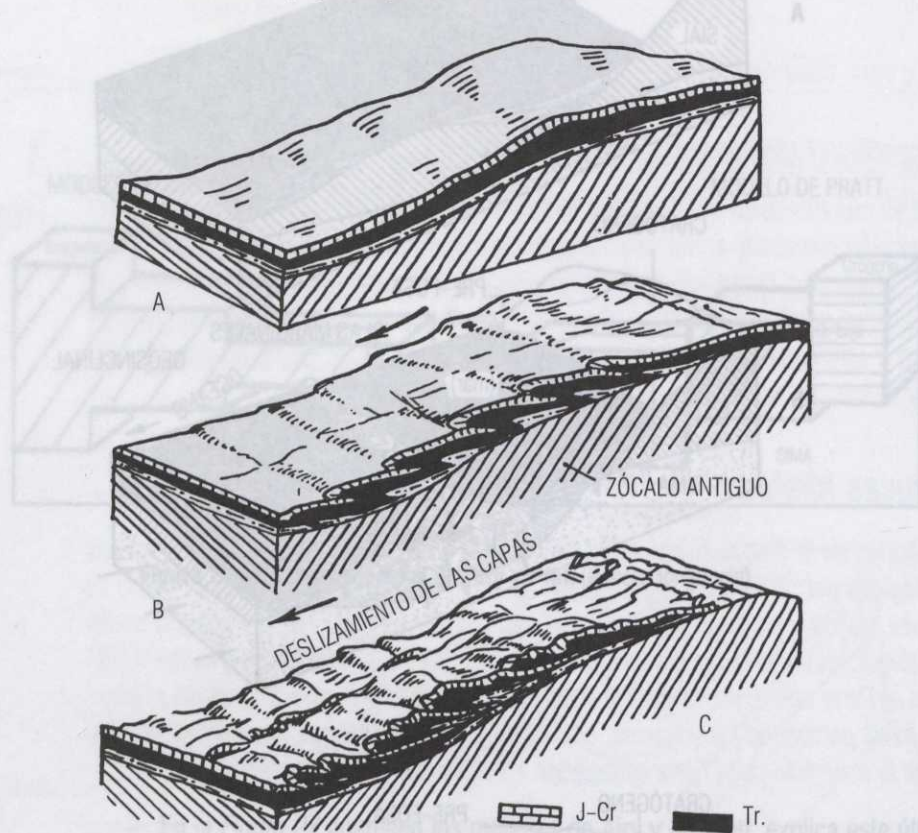


Figura 29. Deslizamiento gravitacional (Moret, tomado de Meléndez y Fuster, 1987).

La teoría de las undaciones (Haarmann, 1930), (citado en Agueda et al. 1983) explica las montañas por abombamiento de la corteza con formación de un «geotumor» o astenolito (magma granítico ascendente) y deslizamientos gravitacionales laterales (Figura 30).



Figura 30. Formación de una cadena plegada según la teoría de las undaciones (De Sitter, 1962; tomada de Agueda et al., 1983).

Las corrientes de convección (Figura 31) son movimientos subcorticales de circulación de materia que causan tanto la subsidencia como el plegamiento de los sedimentos de los geosinclinales.

— Lee el fragmento de *Origen de los Continentes y océanos* de Wegener (apartado «Textos») y resume como explica Wegener la teoría de la contracción terrestre, defendida por la mayoría de los científicos de la época. Analiza también cada una de las objeciones que hace a dicha teoría.

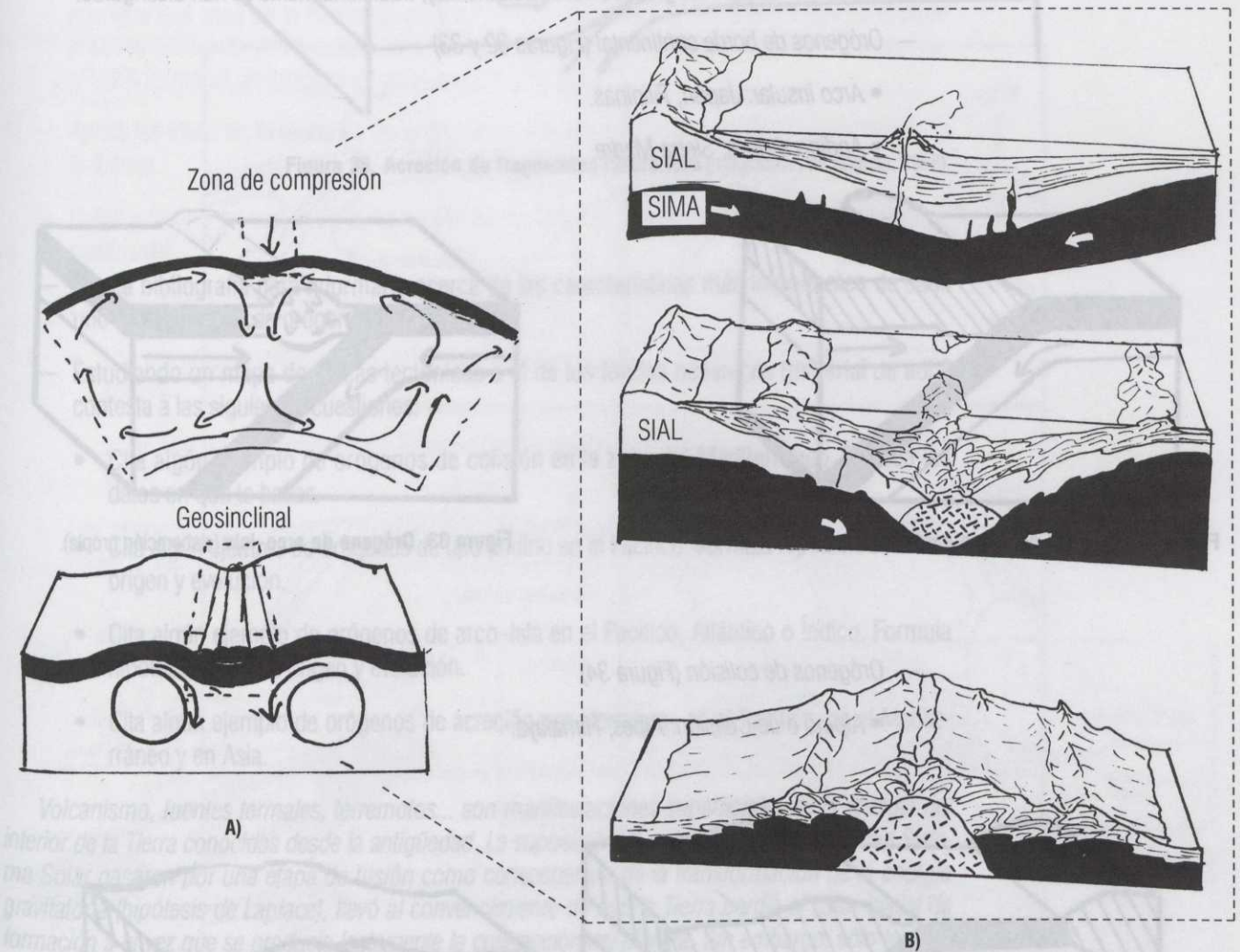


Figura 31. Formación de un orógeno por corrientes de convección (modificado, de *Salvat Ciencias*, tomo 10, *Geología*).

3.2. Teorías movi listas

Las teorías movi listas explican la orogénesis como consecuencia de movimientos horizontales.

- Busca información bibliográfica sobre la teoría de la deriva continental: formulación de la teoría, pruebas en las que se basa, cuestiones más polémicas, etc.
- ¿Cómo explica la «deriva continental» la formación de los orógenos? ¿Qué objeciones se le hacen?

- Busca información bibliográfica sobre la teoría de la tectónica de placas: antecedentes, formulación de la teoría, pruebas en las que se basa, fenómenos geológicos que explica, líneas actuales de investigación, etc...

La tectónica de placas como teoría orogénica: los orógenos son estructuras continentales más o menos lineales con recorridos de centenares a miles de km, en las que se produce magmatismo, metamorfismo, sismicidad y en general, deformación en los materiales como consecuencia de la interacción entre bordes de placas. Aunque en realidad no se puede establecer una división tajante entre distintos tipos de orógenos, ya que evolucionan de unos tipos a otros (un orógeno de colisión es una fase posterior a un orógeno de borde continental), tradicionalmente se han distinguido:

- Orógenos de borde continental (Figuras 32 y 33)

- Arco insular: Japón, Filipinas.
- Andino: Andes, Sierra Madre.

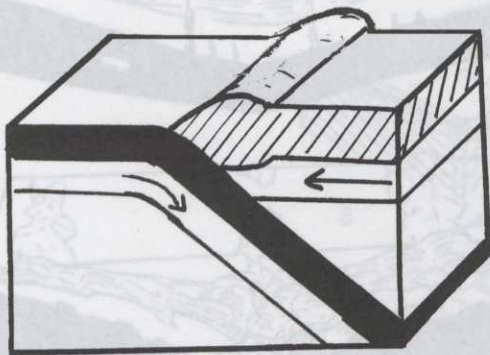


Figura 32. Orógeno de borde continental (elaboración propia).

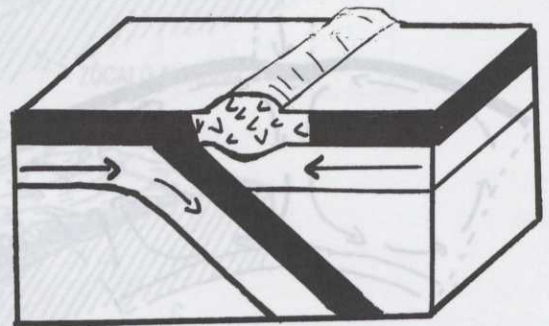


Figura 33. Orógeno de arco-isla (elaboración propia).

- Orógenos de colisión (Figura 34)

- Alpino o de Colisión: Alpes, Himalaya.

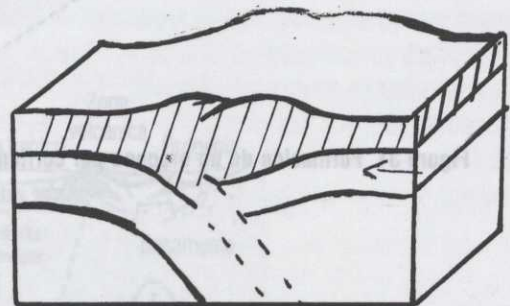


Figura 34. Evolución de un orógeno de colisión (elaboración propia).

Posteriormente se ha visto que también se pueden formar orógenos de acreción por colisión de «terrenos» o masas de fragmentos de litosfera (islas, volcanes, etc.) que colisionan y se adosan al borde continental: Sierra Nevada de América del Norte (Figura 35).

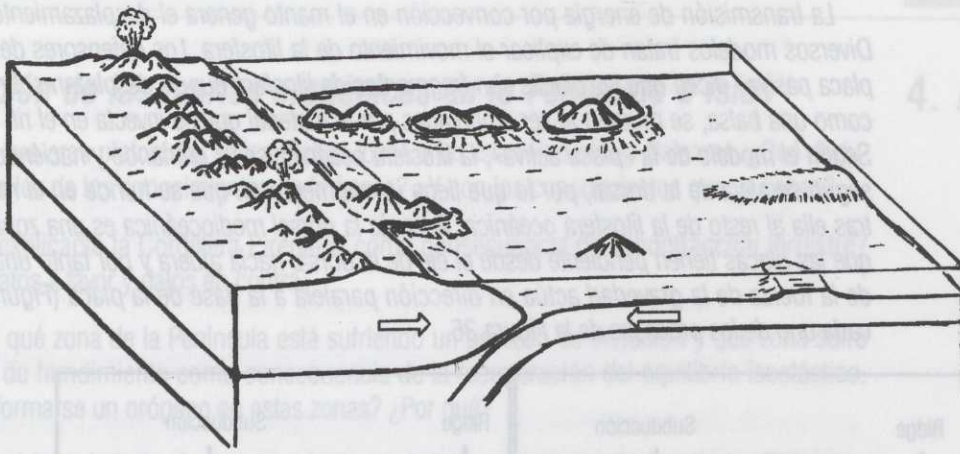


Figura 35. Acreción de fragmentos litosféricos (modificado, de Anguita, 1988).

- Busca bibliografía para informarte acerca de las características más importantes de cada uno de estos tipos de orógenos.
- Estudiando un mapa de placas tectónicas o el de los fondos oceánicos (material de aula) contesta a las siguientes cuestiones:
 - Cita algún ejemplo de orógenos de colisión en la zona del Mediterráneo. Explica los datos en que te basas.
 - Cita algún ejemplo de orógenos de tipo andino en el Pacífico. Formula hipótesis sobre su origen y evolución.
 - Cita algún ejemplo de orógenos de arco-isla en el Pacífico, Atlántico o Índico. Formula hipótesis sobre su origen y evolución.
 - Cita algún ejemplo de orógenos de acreción por «terrenos» en el Pacífico, en el Mediterráneo y en Asia.

Volcanismo, fuentes termales, terremotos... son manifestaciones superficiales de la energía del interior de la Tierra conocidas desde la antigüedad. La suposición de que todos los planetas del Sistema Solar pasaron por una etapa de fusión como consecuencia de la transformación de la energía gravitatoria (hipótesis de Laplace), llevó al convencimiento de que la Tierra perdía el calor inicial de formación a la vez que se producía lentamente la contracción del planeta. Sin embargo, sólo los planetas muy masivos (Júpiter y Saturno) emiten todavía energía inicial de formación, ya que casi carecen de elementos radiactivos. Hoy en día se cree que alrededor del 80% de la energía que emite la Tierra se debe a la gran cantidad de isótopos radiactivos de vida media corta que posee. El resto sería energía residual de formación.

La energía se transmite muy lentamente en el interior de la Tierra. Actualmente se supone que se transmite por convección en el núcleo externo (líquido) y en el manto y por conducción en la litosfera.

Los procesos de transmisión de energía a través de distintos tipos de materiales son, en último término, los responsables de los fenómenos que podemos observar en la superficie del planeta. Por ejemplo, la acumulación de energía y, por tanto, el aumento de temperatura debajo de la litosfera continental (peor conductora del calor que la oceánica) llega a fracturarla, pudiéndose generar en esa zona una dorsal; según muchos autores, las «plumas» de material muy caliente, que provienen de la interfase núcleo-manto, serían las responsables de la formación de los puntos calientes.

La transmisión de energía por convección en el manto genera el desplazamiento de las placas. Diversos modelos tratan de explicar el movimiento de la litosfera. Los defensores del modelo de «la placa pasiva» dicen que las placas son fragmentos de litosfera que se desplazan sobre la astenosfera como una balsa, se mueven al ser empujadas por el material que se inyecta en el rift de las dorsales. Según el modelo de la «placa activa», la litosfera oceánica se va enfriando y haciéndose más pesada según se aleja de la dorsal, por lo que llega un momento en que se hunde en el manto arrastrado tras ella al resto de la litosfera oceánica. Además la dorsal mediooceánica es una zona elevada por lo que las placas tienen pendiente desde el eje de la dorsal hacia afuera y por tanto una pequeña parte de la fuerza de la gravedad actúa en dirección paralela a la base de la placa (Figura 36). Describe cada uno de los procesos de la Figura 36.

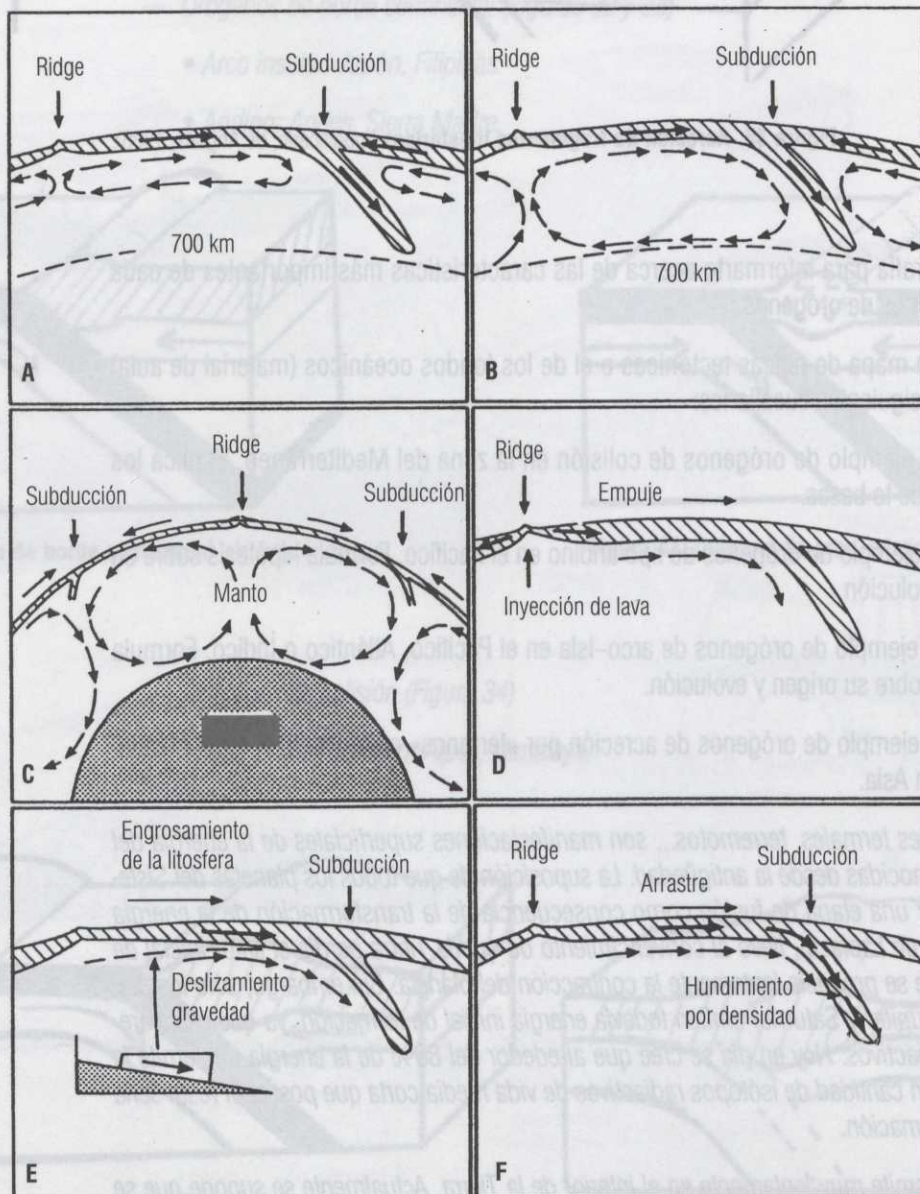


Figura 36. Mecanismos de movimientos de las placas litosféricas (Volker y Lorenz, 1984; tomado de Anguita y Moreno, 1991).

— Tras leer el fragmento del artículo «Mirando hacia dentro» de Corey S. Powel (*Investigación y Ciencia* 179, 1991), haz un resumen del tipo de investigaciones que están haciendo actualmente los geofísicos con el fin de conocer los movimientos de masas, no sólo en el manto sino también en el núcleo terrestre. Busca más información sobre los nuevos métodos de investigación del interior de la Tierra.

4.1. Aplicación de las teorías orogénicas en la Península e Islas

4. Aplicación

- Imagina que eres plutonista, aplica dichas ideas a las islas Canarias y Baleares. ¿Qué deducirías a la luz de los conocimientos de la época? ¿Y con los conocimientos que ya tienes?
- ¿Podría explicarse la Cordillera Pirenaica como consecuencia de la contracción terrestre? Aporta datos a favor y datos en contra.
- Averigua qué zona de la Península está sufriendo un proceso de elevación y qué zona sufre proceso de hundimiento como consecuencia de la recuperación del equilibrio isostático. ¿Podría formarse un orógeno en estas zonas? ¿Por qué?
- Aplica las ideas de la teoría de las undaciones y deslizamiento gravitacional a los Pirineos y la Ibérica.
- Datos a favor y en contra de la formación de las Béticas y de la Cordillera Ibérica por deriva continental.
- La placa Ibérica en el marco de la tectónica de placas:
 - Las estructuras y lineaciones del orógeno hercínico ¿con qué tipo de orógeno coinciden mejor?
 - ¿Qué tipo de orógeno son los Pirineos según la tectónica de placas? ¿Qué datos lo apoyan?
- Los esquemas de la *Figura 37* corresponden con reconstrucciones de la formación de las cadenas hercínicas. Trata de identificar los procesos que ocurren en cada momento.

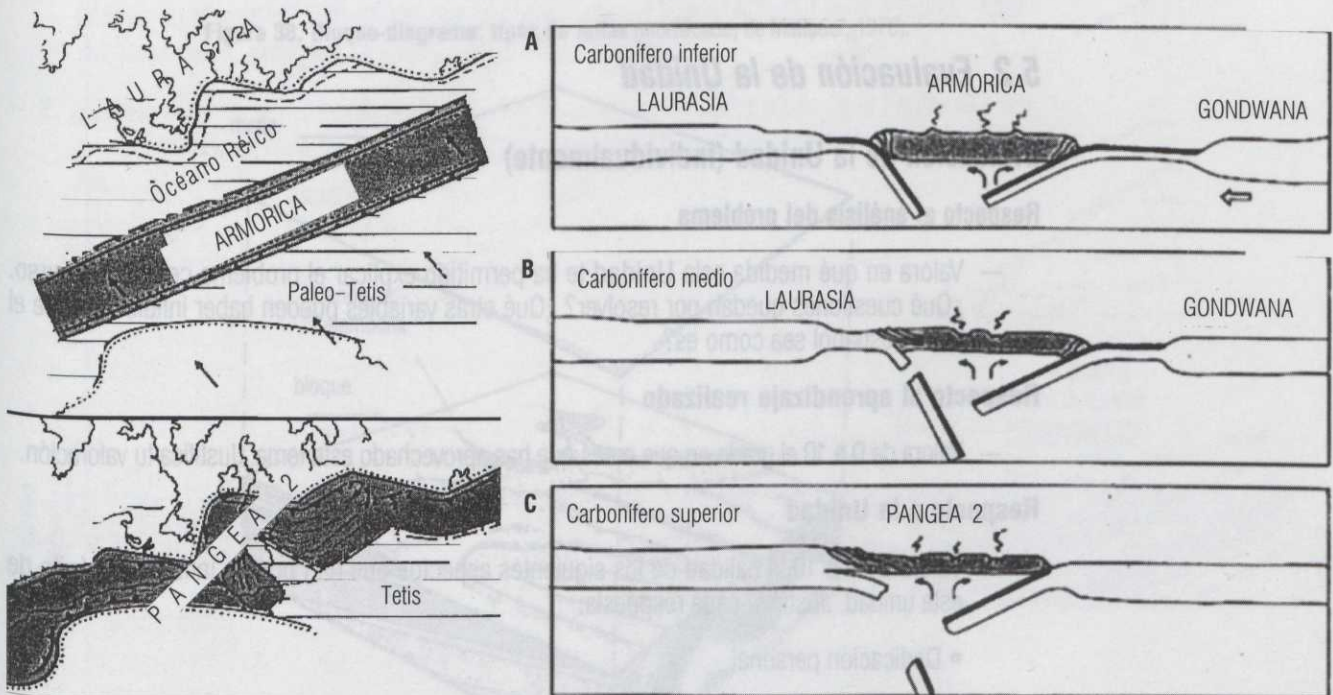


Figura 37. Esquemas de formación de la cadena hercínica (Volker y Lorenz, 1984; tomado de Anguita y Moreno, 1991).

- Han sido muchas las explicaciones que se han dado sobre el origen de las Islas Canarias desde que surgió la teoría de la tectónica de placas. Sabemos que la actividad volcánica ha sido dispersa y múltiple (simultáneamente han estado en erupción islas alejadas del archipiélago) y que se han producido interrupciones en la actividad volcánica de hasta 5 millones de años.
- Intenta averiguar cuál de las siguientes afirmaciones puede ser cierta y busca datos que confirmen o desechen cada una de ellas.
 - Las islas Canarias se generan en zonas de subducción.
 - Las islas Canarias se originan por el magma que asciende en la dorsal atlántica.
 - Son consecuencia de la existencia de un punto caliente situado bajo el océano Atlántico.
 - Los datos contradicen todas las explicaciones anteriores.

5. Conclusión **5.1. Elaboración de un informe**

La estructura básica del informe será:

- a) Introducción: en la que se da cuenta del problema y de la hipótesis de partida.
- b) Desarrollo: exposición de las características estructurales de la Península e Islas y de los modelos teóricos vigentes.
- c) Conclusión: grado de influencia de las estructuras existentes en el relieve español. Interpretación de la geología peninsular en función de la tectónica de placas.

5.2. Evaluación de la Unidad

Evaluación de la Unidad (individualmente)

Respecto al análisis del problema

- Valora en qué medida esta Unidad te ha permitido explicar el problema central del curso. ¿Qué cuestiones quedan por resolver? ¿Qué otras variables pueden haber influido en que el relieve español sea como es?

Respecto al aprendizaje realizado

- Valora de 0 a 10 el grado en que crees que has aprovechado este tema. Justifica tu valoración.

Respecto a la Unidad

- Valora de 0 a 10 la calidad de los siguientes aspectos que han podido influir en el éxito de esta unidad. Justifica cada respuesta:
 - Dedicación personal
 - Rendimiento del trabajo en pequeño grupo
 - Orientación y apoyo del profesor
 - Materiales utilizados

- Actividades desarrolladas
- Claridad en el planteamiento
- Conclusiones finales
- Ambiente de trabajo
- La exposición del informe
- Grado de interés por el tema

Actividades a responder individualmente por escrito

A. Elabora los mapas geológicos correspondientes a partir de los datos que aparecen en los bloques-diagrama de las Figuras 38 y 39. Representa las estructuras que aparezcan mediante símbolos adecuados e incluye la leyenda. Indica las direcciones principales de los esfuerzos causantes de la deformación y tipos de deformación.

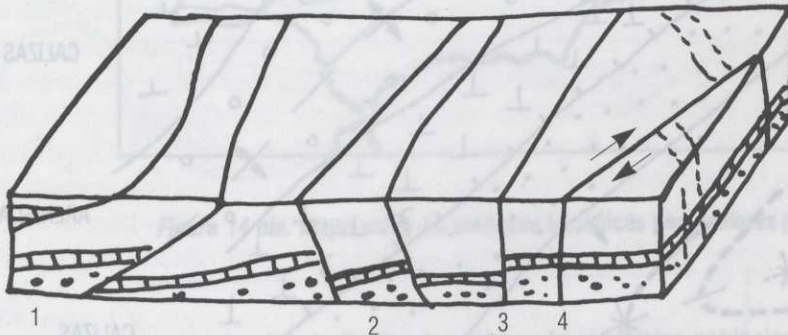


Figura 38. Bloque-diagrama: tipos de fallas (modificado, de Mattauer, 1976).

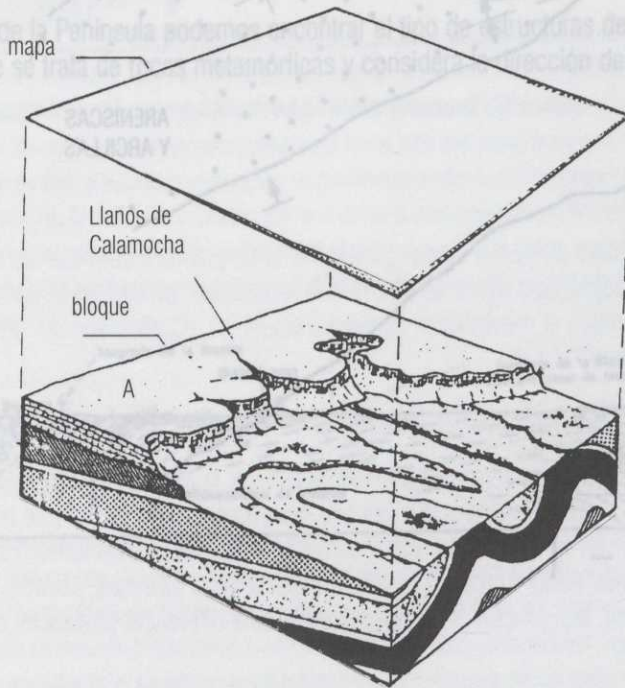


Figura 39. Elaboración del mapa geológico (elaboración propia).

B. Estudia el mapa geológico de la *Figura 40*, indica las estructuras que aparecen, sus direcciones, buzamientos y el orden de antigüedad de los estratos.

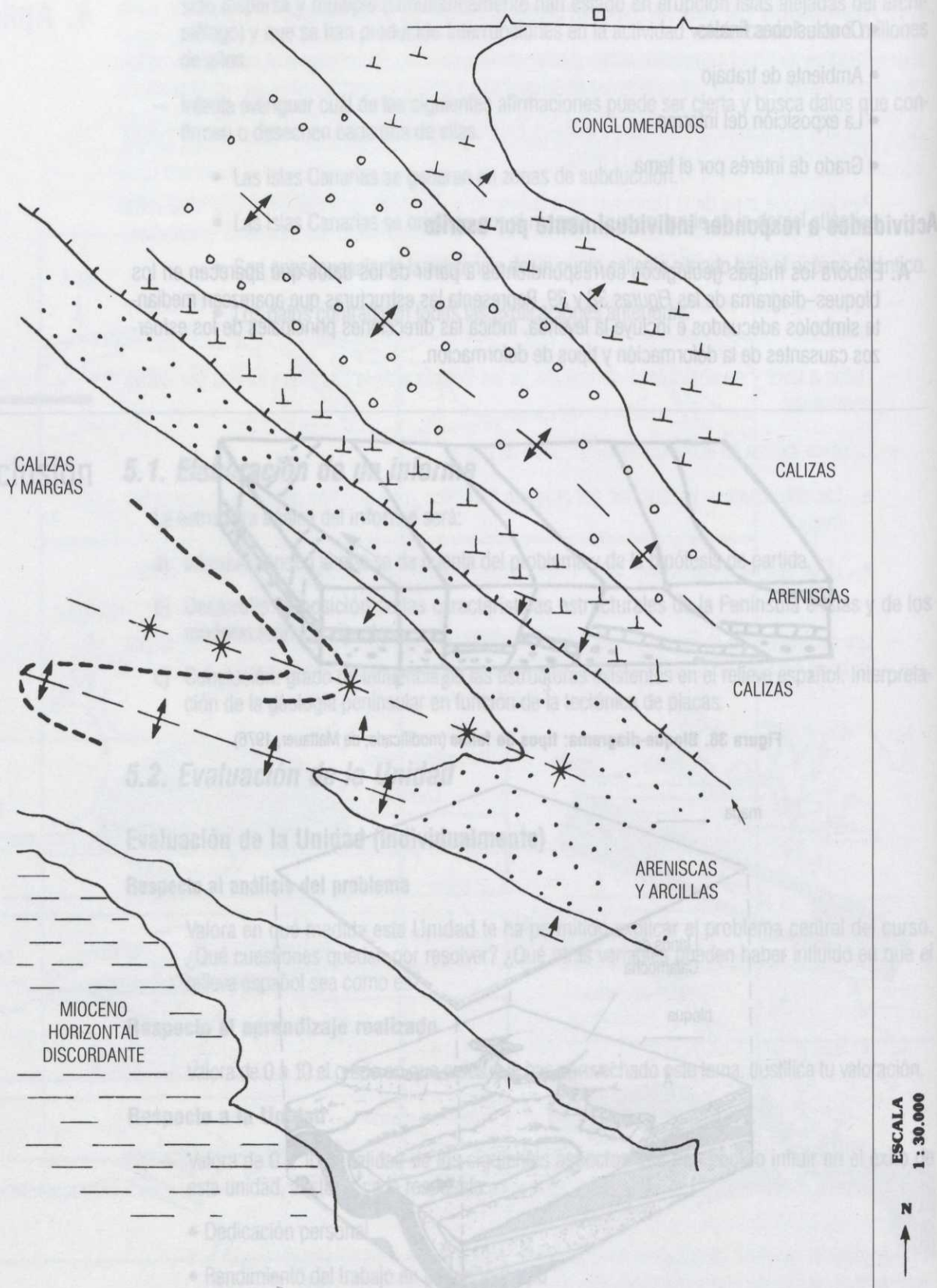


Figura 40. Mapa geológico elaborado a partir de fotografía aérea (Cañeque, Martínez, Pulido y Roiz, 1990).

C. Volver a completar, memorizando, el mapa mudo de las unidades estructurales (Figura 14, bis) que aparece en la Actividad 1.4.



Figura 14 bis. Mapa mudo de unidades tectónicas peninsulares (elaboración propia).

D. En el anterior mapa estructural de la Península, sitúa cada una de las poblaciones que se indican en el dominio estructural que le corresponde: Cáceres, Ciudad Real, Madrid, Segovia, Salamanca, Zaragoza, Granada, Oviedo, Sevilla, Bilbao.

E. ¿En qué zona de la Península podemos encontrar el tipo de estructuras de la Figura 41? Ten en cuenta que se trata de rocas metamórficas y considera la dirección de los cabalgamientos.

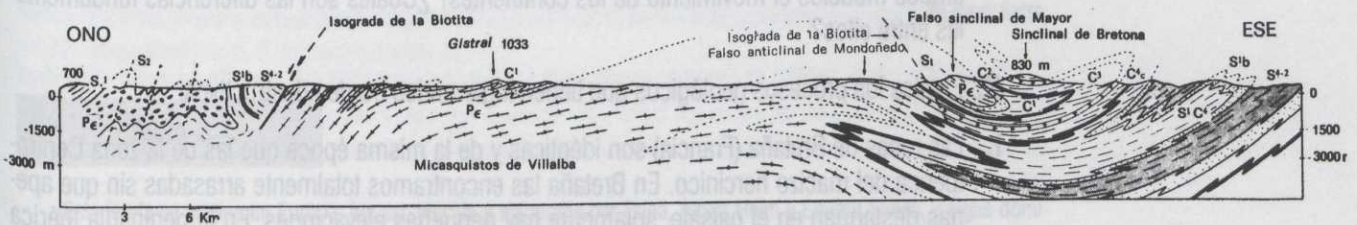


Figura 41. Corte geológico de la Península (Mattauer, 1976).

- F. En el esquema de la *Figura 42* se representa la formación de los Alpes en varias fases sucesivas I, II, III y IV. ¿Qué teoría orogénica estaba de moda cuando se realizó este esquema? Explícalo.

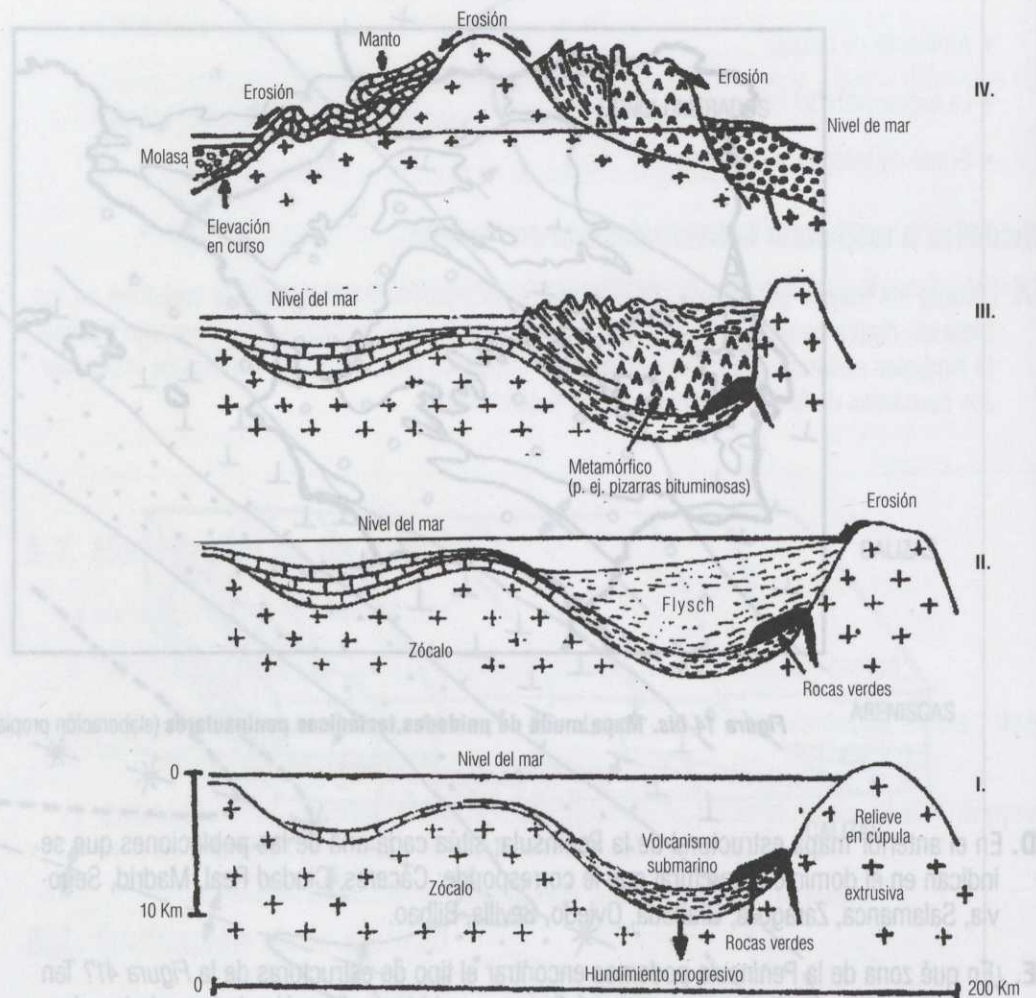


Figura 42. Esquema sobre la formación de los Alpes (Derruau, 1966).

- G. Tanto el modelo de deriva continental como el de placas tectónicas defienden que áreas continentales separadas miles de kilómetros estuvieron unidas en el pasado. ¿Cómo explican ambos modelos el movimiento de los continentes? ¿Cuáles son las diferencias fundamentales entre ellos?
- H. Explica los procesos geológicos que tienen lugar en los bordes destructivos.
- I. Las rocas de Bretaña (Francia) son idénticas y de la misma época que las de la zona Centro-Ibérica del macizo hercínico. En Bretaña las encontramos totalmente arrasadas sin que apenas destaquen en el paisaje, solamente hay pequeñas elevaciones. En la península Ibérica estas mismas rocas forman montañas relativamente elevadas, Montes de Toledo, sierras de Extremadura, etc. ¿A qué crees que se debe esta diferencia sustancial en el modelado de los dos países?
- J. En qué zonas de España son previsible terremotos de intensidades importantes o catastróficos. ¿Por qué?

K. En un perfil topográfico plano simula un corte geológico del macizo ibérico, entre el cabo de Peñas de Asturias y la desembocadura del Guadalquivir sin que tengas en cuenta los materiales. Sitúa en él solamente la dirección, vergencia de los pliegues y cabalgamientos que podemos encontrar.

Texto 1

«La formación de todos los valles, grandes ó pequeños, de la superficie de la tierra y de todos los montes y colinas ha tenido dos causas primitivas: la primitiva el fuego, y la segunda el agua. Cuando la tierra tomó su consistencia, se elevaron en su superficie gran número de escabrosidades, y se levantaron en ellas vejigas, de la misma suerte que en un trozo de vidrio ó de metal fundido. Esta primera causa fue, pues, la que produjo las primeras y más altas montañas que están adheridas por su base a la roca interior del globo, y bajo las cuales debió haber cavernas que se han hundido en diferentes tiempos, como por todas partes; pero sin considerar este segundo suceso del hundimiento de las cavernas, es constante que en el primer tiempo en que se consolidó la superficie de la tierra, estaba surcada por todas partes de profundidades y de eminencias, producidas únicamente por la acción del primer enfriamiento. Cuando después se desprendieron las aguas de la atmósfera, lo cual sucedió luego que cesó en la tierra el grado de calor que las despedía reducidas a vapores, estas mismas aguas cubrieron toda la superficie de la tierra actualmente habitada, hasta la altura de 2.000 toesas, ó 4.666 varas; y durante su larga mansión sobre nuestros continentes, el movimiento de flujo y reflujo y el de las corrientes mudaron la disposición y forma de las montañas y de los valles primitivos. Estos movimientos formarían colinas en los valles, volverían a cubrir y cercarían de nuevas capas de tierra el pie y las lomas de las montañas, y las corrientes abrirían surcos y formarían valles en que todos los ángulos se correspondiesen: debiendo atribuirse a estas dos causas, de las cuales la una es muy anterior a la otra, la forma exterior que vemos en la superficie de la tierra.»

BUFFON (1832).

Texto 2

«Teorías orogénicas. Las montañas, por sus elementos componentes y la disposición que tienen estos elementos, se consideran como el resultado de la elevación de terrenos que estuvieron cubiertos por el mar, y la fuerza productora de este movimiento de elevación no es local, según antiguamente se creía, sino que comprende toda la corteza terrestre y es un efecto de la adaptación de ésta al núcleo cuyo volumen va disminuyendo por la condensación; la naturaleza heterogénea de la corteza y las presiones laterales desarrolladas por la contracción doblan los materiales componentes, elevándolos y rompiéndolos frecuentemente, lo que explica los accidentes geológicos de la Tierra; así, pues las variaciones que por efectos térmicos se producen en el elipsoide terrestre pueden mirarse como origen de los fenómenos geocinéticos.»

BLANCO JUSTE.

Texto 3

«Esta teoría se origina en Europa; fue establecida y elaborada por Dana, Albert Heim y Eduard Suess, y sigue dominando hasta el momento presente los conceptos básicos de la mayoría de los textos europeos de geología. La expresión más concisa de esta teoría fue acuñada por Suess: «Lo que estamos presenciando es el colapso de la esfera terrestre». Al igual que una manzana que se seca desarrolla arrugas en su superficie a causa de la pérdida de agua en su interior, así las cadenas de montañas plegadas en la superficie terrestre deben formarse a causa del enfriamiento del interior de la Tierra, y de la retracción consiguiente. A consecuencia de este hundimiento de la corteza, se supone que debe actuar sobre ella una «presión en bóveda» general que mantiene elevados fragmentos individuales que forman horst, en cierto modo

Textos

apoyados en la bóveda. Más adelante, estos fragmentos retrasados pueden adelantarse a los otros en el hundimiento, y entonces lo que era tierra firme se convierte en fondo marino, y a la inversa, pudiéndose repetir este ciclo indefinidamente. Esta teoría, que fue propuesta por Lyell, se basa en el hecho de que en casi todos los continentes se encuentran estratos depositados en mares antiguos. No se puede negar a esta idea el mérito histórico de haber proporcionado durante largo período de tiempo una síntesis adecuada de nuestra ciencia geológica. En este largo período de tiempo la teoría de la contracción ha sido aplicada en gran medida a los resultados de investigaciones concretas, con la consecuencia de que aún hoy sigue teniendo algo de atrayente, a causa de la atrevida simplicidad de sus ideas básicas y de la diversidad de sus aplicaciones.

Después de la imponente síntesis que para las ciencias geológicas supuso, desde el punto de vista de la teoría de la contracción, la obra en cuatro tomos de E. Suess *La faz de la Tierra*, se han venido acumulando las dudas sobre la corrección básica de esta teoría. La hipótesis de que todos los levantamientos son sólo aparentes, y que en realidad consisten en retrasos en la tendencia general de la corteza a moverse hacia el centro de la Tierra, fue rebatida con la detección de levantamientos absolutos. La idea de una presión en bóveda permanente y activa en todas partes, que ya fue refutada teóricamente por Hergesell para las capas más altas de la corteza, se ha mostrado insostenible, puesto que las estructuras en extremo Oriente y las fosas de África oriental sugieren por el contrario fuerzas tensionales en grandes fragmentos de la corteza terrestre. La interpretación de las cadenas de montañas como arrugas superficiales debidas a la contracción terrestre llevó a la inaceptable consecuencia de que la presión tenía que transmitirse desde el interior de la corteza terrestre lo largo de distancias equivalentes a semicírculos máximos. En cambio, numerosos autores como Ampfere, Reyer, Rudzky, André y otros, han adoptado y favorecido la posición de que la totalidad de la superficie terrestre debería ser afectada homogéneamente por las arrugas como se ve en una manzana que se seca. Pero fue sobre todo el descubrimiento de «las estructuras de cabalgamiento» en escamas, o de los mantos de corrimiento de los Alpes, lo que hizo aparecer cada vez más inadecuada la explicación, ya de por sí difícil, del origen de las montañas por contracción. Esta nueva interpretación de la estructura de los Alpes y de otras muchas cadenas de montañas, introducida por trabajos de Bertrand, Schardt, Lugeon y otros, condujo a la idea de que existían compresiones mucho mayores que las supuestas en la anterior teoría. Mientras que según esta última, Heim calculaba para los Alpes un acortamiento de $1/2$, este mismo autor, encontrando, tomando como base la estructura de cabalgamiento generalmente admitida hoy, un acortamiento de $1/4$ hasta $1/8$. Puesto que la anchura actual es de unos 150 km, se deduce que aquí se ha encajado un fragmento de corteza de 600 a 1.200 km (5 a 10 grados de latitud) de anchura, sin embargo, R. Staub, coincidiendo con Argand, ha realizado, en su síntesis más reciente sobre los cabalgamientos alpinos, cálculos de acortamiento aún mayores. En su página 257 llega a la conclusión siguiente:

«El orógeno alpino es el efecto de la deriva hacia el Norte del bloque africano. Si alisamos los pliegues y mantos alpinos en un corte transversal entre la Selva Negra y África, resulta una distancia original de 3.000 a 3.500 km. frente a la actual de unos 1.800 km, es decir, una compresión alpina (en sentido amplio de esta última palabra) de unos 1.500 km; para justificar este resultado es necesario que África se haya desplazado con respecto a Europa, con lo que se llega a una auténtica deriva continental de grandes dimensiones del bloque africano».

En un sentido similar se han expresado también otros geólogos, como, por ejemplo, F. Hermann, E. Hennig o Kossmat, que destacan "que una explicación de la formación de las montañas debe incluir grandes movimientos tangenciales de la corteza, movimientos que no pueden encajarse en el conjunto de las ideas de la teoría de la contracción".

Refiriéndose a Asia, Argand, en una vasta investigación sobre la que volveremos más adelante, ha desarrollado ideas totalmente equivalentes a las expuestas por Staub y por él mismo sobre los Alpes. Cualquier intento de relacionar estas colosales compresiones de la corteza con descensos de temperaturas en el interior de la Tierra está condenado al fracaso.

Pero incluso la suposición básica, aparentemente innegable, de la teoría de la contracción (a saber, que la Tierra se está enfriando) ha quedado en entredicho tras el descubrimiento del radio. Este elemento, cuya desintegración genera calor continuamente, está contenido en cantidades mensurables en las rocas de la corteza que nos son accesibles, y las numerosas medidas llevadas a cabo conducen a la conclusión de que si el interior de la Tierra contuviese igual cantidad de radio, el calor producido debería ser incomparablemente mayor que el transportado hacia el exterior, magnitud ésta que podemos calcular por el aumento de temperatura en las minas, teniendo en cuenta la conductividad de las rocas.

Pero esto significaría que la temperatura de la Tierra tenía que elevarse continuamente. En realidad, la muy escasa radiactividad de los meteoritos férricos indica que el núcleo de hierro de la Tierra tiene, presumiblemente, mucha menor cantidad de radio que la corteza, así que la paradójica conclusión anterior quizá es evitable; pero en cualquier caso, ya no se puede considerar actualmente el estado térmico de la Tierra como una instantánea tomada en un proceso continuo de enfriamiento del globo terrestre, sino más bien como un estado de equilibrio entre la producción de calor radiactivo del interior terrestre, y su emisión al exterior. En efecto, los últimos estudios sobre estas cuestiones, que serán debatidos en detalle más adelante, nos llevan a la conclusión de que al menos bajo los continentes se genera más calor del que es transportado, por lo que en ellos la temperatura debe aumentar, mientras que en las cuencas oceánicas la relación se invierte, predominando la transmisión sobre la producción. Así, para la Tierra en su conjunto se llega a un equilibrio entre producción y transmisión. En todo caso, se puede concluir que estas nuevas consideraciones privan a la teoría de la contracción de todo su apoyo.

... De las numerosas objeciones contra la teoría de la contracción destacaremos, por último, una que tiene una importancia muy especial. A través, sobre todo, de medidas de gravedad, la Geofísica nos ha permitido llegar a la idea de que la corteza terrestre flota en equilibrio hidrostático sobre un substrato denso y viscoso: a este estado se le llama isostasia. La isostasia no es otra cosa que un equilibrio hidrostático regido por el principio de Arquímedes, por el que el peso de un cuerpo sumergido es igual al peso del fluido desalojado; sin embargo, la introducción de una palabra especial para este estado es conveniente, porque el fluido en el cual se sumerge la corteza terrestre es probablemente de una viscosidad enorme, difícilmente imaginable, de forma que las oscilaciones con respecto a esta situación de equilibrio quedan excluidas, aunque la tendencia al equilibrio tras una perturbación es un proceso que tiene lugar con una lentitud extrema y necesita muchos milenios para completarse; en el laboratorio este «fluido» apenas se distinguiría de un «sólido». Debe recordarse, sin embargo, que también en el acero, que consideramos un cuerpo sólido, se dan manifestaciones de flujo antes de su rotura.

... De la teoría de la isostasia trataremos con más detalle más adelante. Diremos ahora tan sólo que esta teoría ha sido confirmada hasta tal punto por las observaciones geofísicas, que actualmente forma parte de las bases más sólidas de la geofísica, y que ya no se puede dudar de que es básicamente correcta.

Es evidente que esta última conclusión contradice totalmente las ideas básicas en las que se apoya la teoría contraccionista, que además resulta muy difícil de conciliar con aquélla. En particular parece imposible, según lo anterior, que se hunda hasta el fondo del mar un bloque continental del tamaño de los intercontinentes propuestos, o bien que suceda lo contrario».

(WEGENER, A. 1983) (Texto original publicado en alemán en 1912).

Texto 4

Por su interés y utilidad para el desarrollo y profundización en los temas que nos interesan en esta Unidad, recomendamos el artículo de Corey S. Powell «Mirando hacia dentro», que puede encontrarse en la revista *Investigación y Ciencia*, n.º 79. Prensa Científica, S. A. Barcelona, agosto de 1971.

1.3. Representación de estructuras tectónicas

— Es fácil deducir, observando la Figura 2 del artículo para analizar deformaciones, que la compresión genera pliegues y fallas inversas mientras que estiramiento genera fallas normales.

4. Este GUIA DEL PROFESOR II presenta tanto un conjunto de actividades como un conjunto de actividades que se encuentran en el CUADERNO DEL ALUMNO (n.º numeración de las actividades en el cuaderno del alumno).

Guía del profesor II⁴

1.1. Procesos geológicos internos e irregularidades topográficas

Las primeras actividades tienen como objetivo centrar al alumno en el problema que se plantea a lo largo de todo el curso. También se pretende conocer y que ellos conozcan sus ideas previas sobre las deformaciones y modelos orogénicos, se observará que muchos de ellos querrán aplicar el modelo de tectónica global para explicar el origen de las montañas (y seguramente lo harán de manera incorrecta), pero deben ser conscientes de que todavía y sin ayuda no pueden hacerlo porque para ello necesitan conocer más, tanto sobre las estructuras de la Península como de los rasgos de los orógenos y de la tectónica global.

Se hacen algunas preguntas concretas que les harán reflexionar y sentir la necesidad de una profundización en los conocimientos, tanto de las características estructurales de la Península, como de los distintos modelos para explicar dichas estructuras.

1.2. Estudio comparativo del mapa topográfico y la imagen de satélite

La imagen de satélite presenta una serie de cualidades respecto al mapa topográfico como es distinguir amplias zonas de la Península que presentan un aspecto idéntico, los tonos de grises sirven para individualizar las zonas.

Los alumnos pueden dibujar las deformaciones y dominios estructurales que se trabajarán más adelante sobre el papel transparente colocado encima de la imagen.

Se pueden observar muy bien las alineaciones montañosas, grandes ríos, llanuras, etc. Además, las alineaciones permiten interpretar estructuras tectónicas presentes (ver apartado «Estudio estructural sobre fotografía» al final de esta GUÍA DEL PROFESOR II).

Pueden comenzar a dibujar sobre un papel vegetal que se coloca encima de la fotografía de satélite. Sobre él detallarán las distintas estructuras que estudiarán en los siguientes apartados con ayuda del mapa geológico y tectónico.

1.3. Representación de estructuras tectónicas

- Es fácil deducir, observando la *Figura 2* del artilugio para originar deformaciones, que la compresión genera pliegues y fallas inversas mientras que esfuerzos distensivos originan fallas normales.

4. Esta GUÍA DEL PROFESOR II presenta tanto un conjunto de sugerencias como las respuestas a las actividades planteadas en el CUADERNO DEL ALUMNO (la numeración de las actividades de ambos documentos se corresponde).

1. Planteamiento inicial

— El sinclinal de la *Figura 43*, el anticlinal de la *Figura 44* y las curvas de nivel representadas en la *Figura 45* (una colina) y *nº 46* (una depresión) son las respuestas a las actividades sobre la *Figura 6* del CUADERNO DEL ALUMNO.

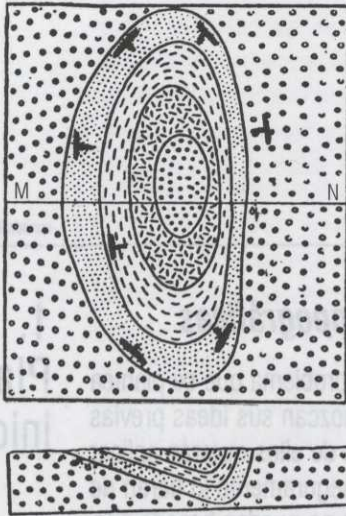


Figura 43. Símbolos correspondientes a la inclinación de las capas en un sinclinal asimétrico (modificado, de Billings, 1963).

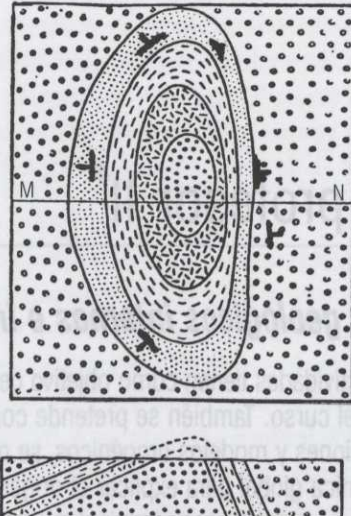


Figura 44. Símbolos correspondientes a la inclinación de las capas en un anticlinal asimétrico (modificado, de Billings, 1963).

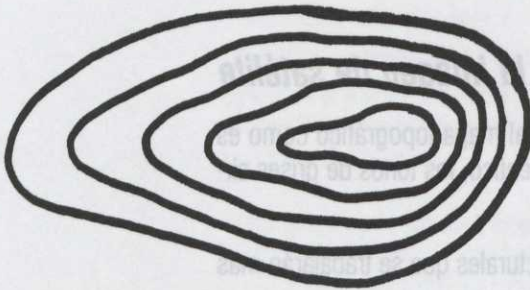


Figura 45. Curvas de nivel correspondientes a una colina (elaboración propia).

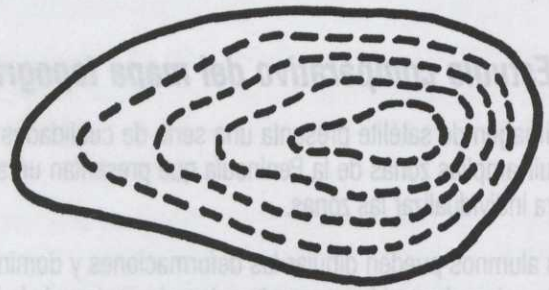


Figura 46. Curvas de nivel correspondientes a una depresión (elaboración propia).

— En la *Figura 7* del CUADERNO DEL ALUMNO, las rocas más antiguas son las que se representan en blanco, las más modernas se representan con trama de puntos. Las más antiguas se sitúan encima de las más modernas en la izquierda del esquema ya que se ha producido un desplazamiento de los materiales más antiguos desde la izquierda del esquema hacia la derecha del mismo.

Una ventana es un lugar en donde la erosión ha profundizado y mediante este mecanismo conseguimos ver lo que hay debajo del cabalgamiento. En el plano se representa como un recinto cerrado con los picos hacia el exterior. Los materiales más jóvenes se encuentran en el interior.

Un klippe es un terreno rodeado por unos materiales más jóvenes que él, es un testigo de que el cabalgamiento ha llegado hasta ese lugar. Se representa como una curva cerrada con los picos hacia el interior.

— Las Figuras 47, 48 y 49 corresponden a la elaboración de los mapas geológicos a partir de las zonas representadas en los bloques-diagrama de las Figuras 9, 10 y 11 del CUADERNO DEL ALUMNO respectivamente.

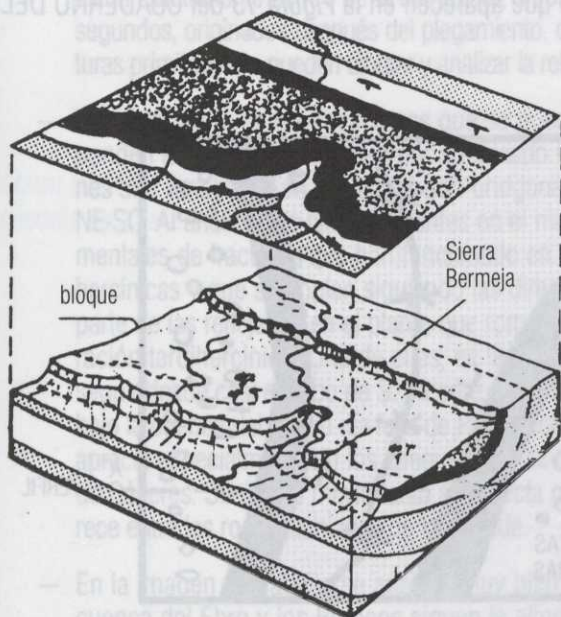


Figura 47. Elaboración de mapas a partir de bloques-diagrama (modificado, de Cañeque, Martínez, Pulido y Roiz, 1990).

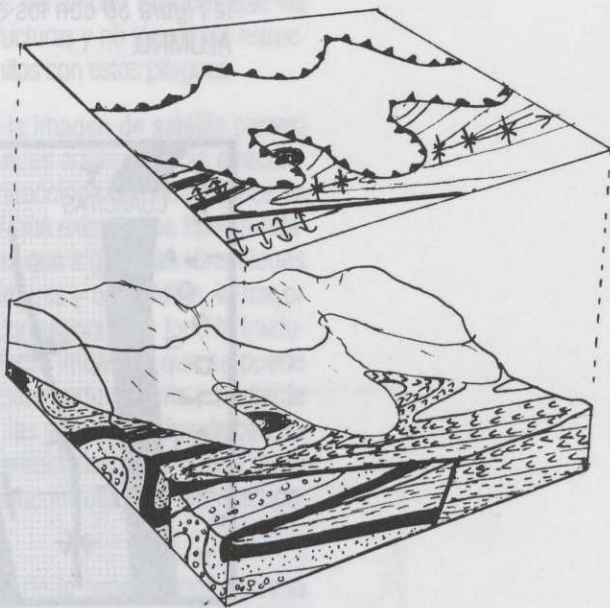


Figura 48. Elaboración de mapas a partir de bloques-diagrama (modificado, de Cañeque, Martínez, Pulido y Roiz, 1990).

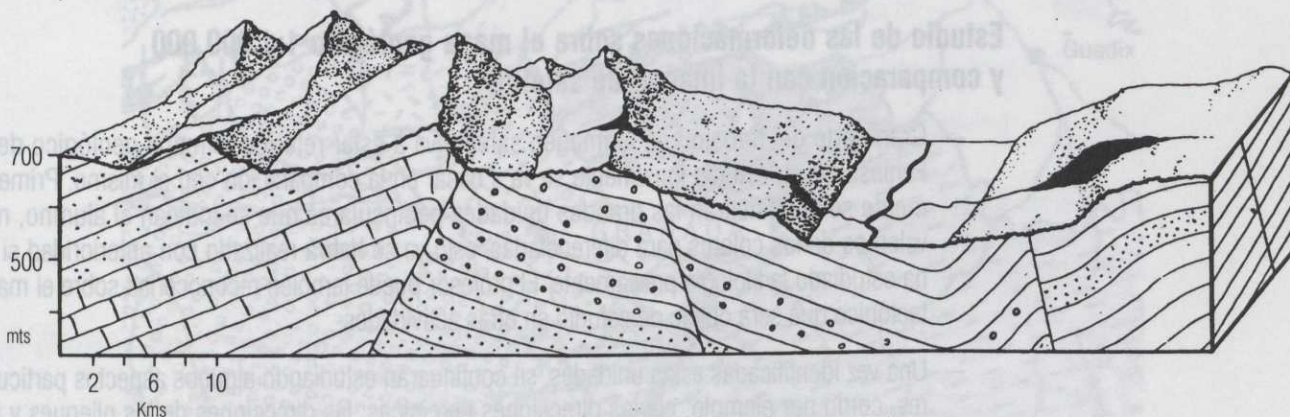
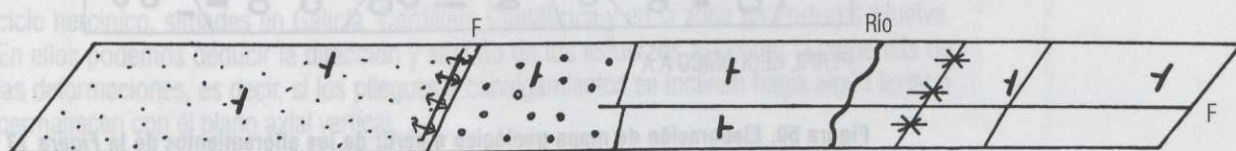


Figura 49. Elaboración de mapas a partir de bloques-diagrama (modificado de Cañeque, Martínez, Pulido y Roiz, 1990).

- El mapa de la *Figura 12* corresponde con una zona sedimentaria en la que se aprecian dos estructuras sinclinales de dirección NO-SE y entre ambas un anticlinal. Las calizas que están en disposición horizontal son los materiales más modernos y están discordantes con el resto.
- Elaboración de mapas geológicos a partir de datos de campo. Se ha elaborado el mapa de la *Figura 50* con los datos de campo que aparecen en la *Figura 13* del CUADERNO DEL ALUMNO.

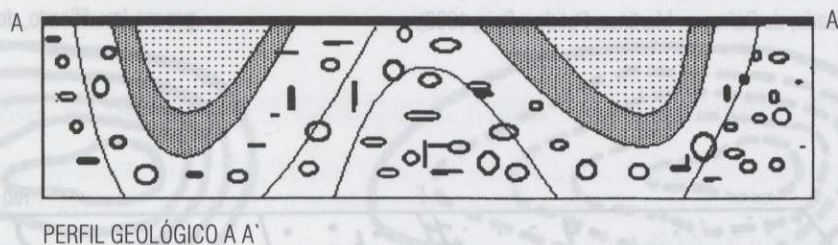
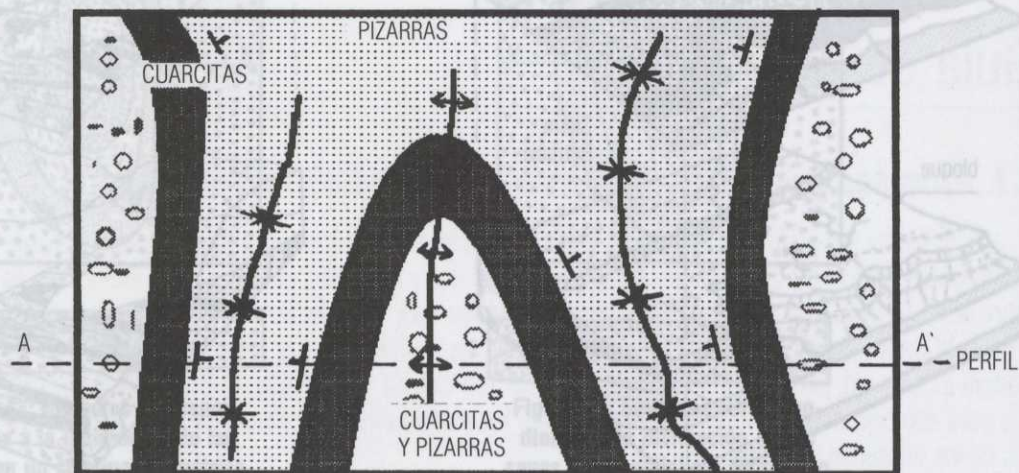


Figura 50. Elaboración de mapa geológico a partir de los afloramientos de la *Figura 13* (elaboración propia).

1.4. Dominios estructurales y deformaciones de la Península e Islas

Estudio de las deformaciones sobre el mapa geológico 1:1.000.000 y comparación con la imagen de satélite

- Gran parte del trabajo con la imagen satélite va a estar referido al mapa geológico de la Península y su estudio igualmente se va a basar en la comparación con el mismo. Primeramente se identificarán las grandes unidades peninsulares que se indican al alumno, nos valemos de los colores para diferenciarlas, esto ya se habrá realizado con anterioridad si se ha estudiado la litología previamente. El profesor puede también reconocerlas sobre el mapa tectónico que será objeto de estudio en otras actividades.
- Una vez identificadas estas unidades, se continuarán estudiando algunos aspectos particulares, como por ejemplo, ciertas direcciones hercínicas: las direcciones de los pliegues y alineamientos de la rodilla astórica hacen un pequeño arco muy cerrado, cerca de la costa presenta dirección NE-SO, hacia el interior van girando hasta direcciones NO-SE. En el resto de

la cadena las direcciones dominantes son las NO-SE. Los pliegues del macizo ibérico se interrumpen bruscamente en una lineación muy importante y de gran continuidad que sigue la trayectoria del río Guadalquivir.

- Se verá que los granitos sincinemáticos están contenidos dentro de los pliegues o aunque no estén exactamente dentro de la estructura, siguen las direcciones hercínicas, mientras que los segundos, originados después del plegamiento, deshacen las estructuras y no siguen las estructuras primitivas. Se pueden dibujar y analizar la relación de los granitos con estos pliegues.
- La mayor parte de las lineaciones que se pueden observar en la imagen de satélite corresponden a fallas, se distinguen por su trazado recto, claro y a veces arqueado. Las direcciones son variables y en ocasiones son ortogonales. Una de las direcciones predominantes es NE-SO. Al analizar las fallas existentes en el mapa se puede ver que existen dos tipos fundamentales de fracturas que han funcionado en dos épocas: unas que siguen las direcciones hercínicas y que se doblan siguiendo las direcciones de los pliegues y otras fallas, la mayor parte de las reflejadas en el plano, que rompen los pliegues y corresponden a toda la fracturación tardihercínica. Una de ellas, es la de Plasencia, importante lineación que se puede seguir desde casi el cabo de S. Vicente, en Portugal, atraviesa Extremadura, Ávila y se pierde bajo la cuenca del Duero. La falla de Plasencia consigue doblar las estructuras hercínicas, se aprecia especialmente en los pliegues que se curvan en las proximidades de la falla al norte de Cáceres. Su último movimiento se detecta por la edad del dique intruido en ella, que aparece entre las rocas filonianas de la leyenda.
- En la imagen de satélite se aprecia muy bien que los pliegues de la zona situada entre la cuenca del Ebro y los Pirineos siguen la alineación de esa cadena. Las Béticas presentan una alineación SO-NE desde Málaga hasta Valencia, donde entran en colisión con las direcciones de la cadena Ibérica. Hacia el SO de las Béticas, en el campo de Gibraltar se produce un giro para enlazar con la cadena marroquí del Rif.
- Otro análisis que se puede hacer sobre el mapa geológico (de igual manera esta actividad la podemos realizar sobre el mapa tectónico) es ver cómo son los cabalgamientos. Se analizarán tanto las unidades correspondientes al ciclo alpino (Pirineos y Béticas) como las del ciclo hercínico, situadas en Galicia, Cordillera Cantábrica y en la zona de Portugal-Huelva. En ellos podemos deducir la dirección y sentido de los esfuerzos así como la vergencia de las deformaciones, es decir, si los pliegues y cabalgamientos se inclinan hacia algún lugar o permanecen con el plano axial vertical.

En las Béticas aparecen ventanas tectónicas y klippes como los de la *Figura 51*.



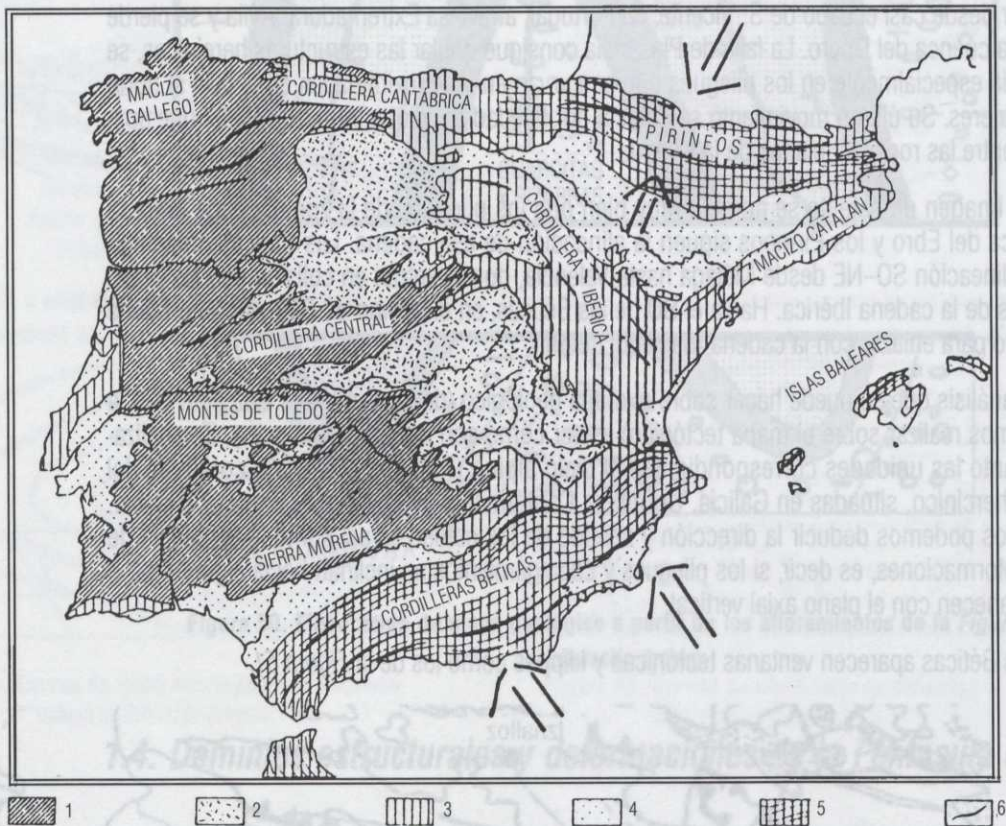
Figura 51. Ventanas tectónicas y klippes en las Béticas (mapa tectónico del I. T. G. M. E., 1980).

— El mapa geológico nacional no presenta una leyenda de los elementos tectónicos en él empleados, si bien éstos se reducen a tres:

- Contacto entre grandes formaciones.
- Fallas.
- Cabalgamientos.

Dominios estructurales en la Península: el mapa tectónico

— En la *Figura 52* se representan las unidades estructurales; se ha completado el mapa mudo de la *Figura 14* del CUADERNO DEL ALUMNO. Es preferible que dicho mapa se elabore sobre la fotografía de satélite como ya se ha indicado anteriormente.



Unidades estructurales de la Península Ibérica
 1. Macizo herciniano de la Meseta; 2. Depresiones terciarias de la Meseta; 3. Rebordes alpinos de la Meseta;
 4. Depresiones periféricas; 5. Cordilleras alpinas; 6. Principales alineaciones montañosas.

Figura 52. Mapa de dominios y direcciones estructurales de la península Ibérica (Terán y Solé Sabarís, 1952).

— Los relieves de cordillera son característicos de los Pirineos y las Béticas, que son cordilleras todavía recientes. Los relieves plegados son característicos no sólo de los Pirineos y las Béticas sino también de algunos dominios del macizo Hespérico, Ibérica, etc. Las fracturas son muy características en el macizo Hespérico y los relieves tabulares en las áreas de plataforma, por ejemplo en ambas mesetas.

Vergencia de escamas y cabalgamientos

- Se puede comprobar simplemente viendo las direcciones de los cabalgamientos en la zona norte (Galicia, rodilla astúrica) y en la zona sur (Huelva, Badajoz).

En el Norte (Galicia y cordillera Cantábrica) los cabalgamientos proceden del Oeste o Suroeste, bordeando la rodilla astúrica. En el centro de la cadena apenas hay cabalgamientos y la mayor parte de los pliegues son cilíndricos.

En el sur (Portugal-Huelva) los cabalgamientos provienen del Noreste.

En la *Figura 53* se muestra la procedencia de los cabalgamientos del macizo Hespérico.

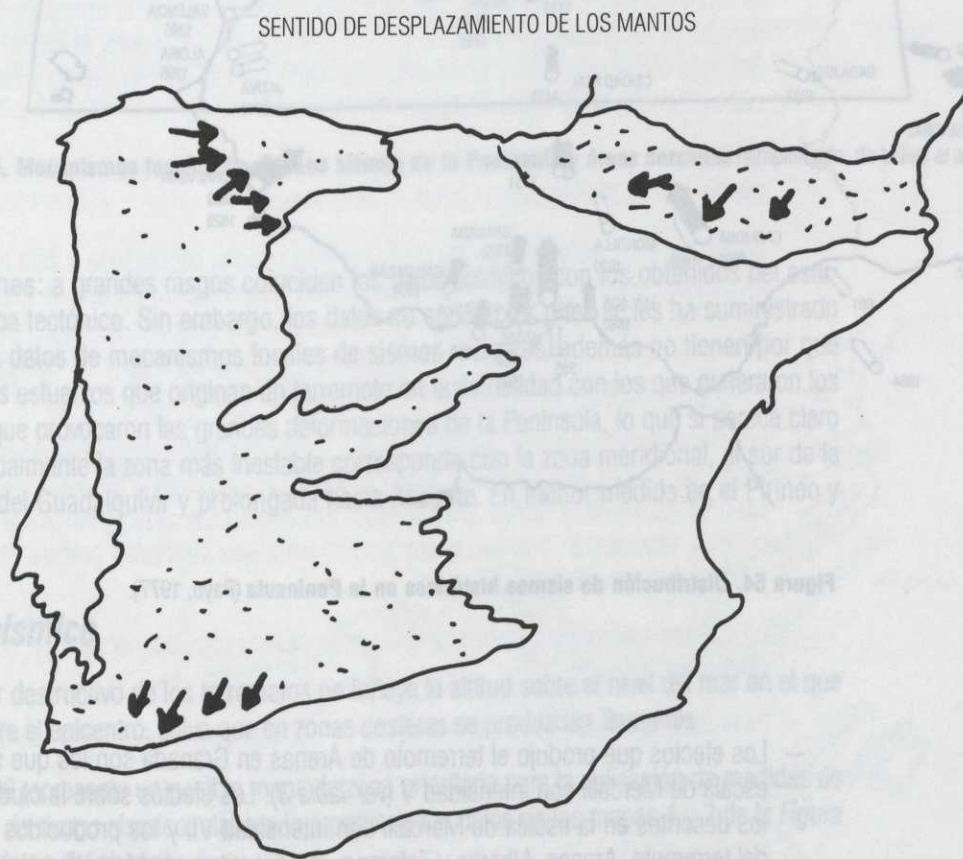


Figura 53. Sentido de la dirección de los mantos en el orógeno hercínico (Matte, 1986).

- En los cortes de la *Figura 15* del CUADERNO DEL ALUMNO el A corresponde con el segundo, el B con el tercero y el C con el primero.

1.5. Deformaciones elásticas: sismicidad en la península

- No existían sismógrafos antiguamente, la intensidad se supone aplicando la escala de Mercalli. En el mapa de la *Figura 54* se han representado los epicentros de los terremotos ocurridos en España desde el año 365.

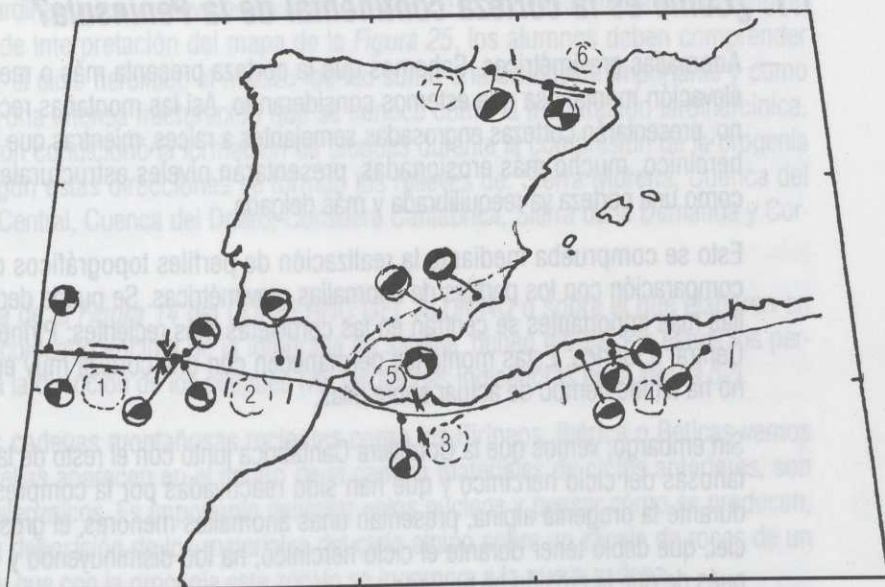


Figura 55. Mecanismos focales de algunos sismos de la Península y áreas cercanas (simplificado, de Udías *et al.*, 1983).

— Conclusiones: a grandes rasgos coinciden los datos sísmicos con los obtenidos del estudio del mapa tectónico. Sin embargo, los datos no son fiables pues se les ha suministrado muy pocos datos de mecanismos focales de sismos recientes, además no tienen por qué coincidir los esfuerzos que originan un terremoto en la actualidad con los que generaron los esfuerzos que provocaron las grandes deformaciones de la Península, lo que sí parece claro es que actualmente la zona más inestable corresponde con la zona meridional, al sur de la depresión del Guadalquivir y prolongada hasta Alicante. En menor medida en el Pirineo y Cataluña.

1.6. Riesgo sísmico

- En el poder destructivo de los terremotos no influye la altitud sobre el nivel del mar en el que se encuentre el epicentro, salvo que en zonas costeras se produzcan Tsunamis.
- La Figura 56 representa un posible mapa de zona prioritaria para la aplicación de medidas de prevención de riesgo sísmico, elaborado a partir de los datos de los mapas 1 y 2 de la Figura 20 del cuaderno del alumno.

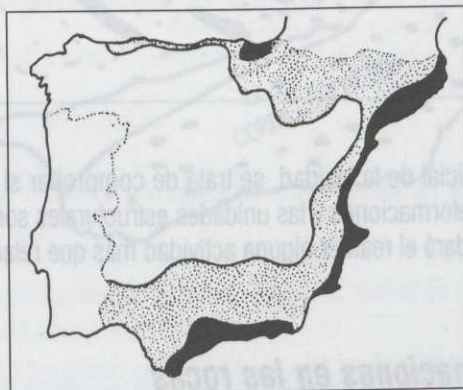


Figura 56. Mapa de prioridades para el riesgo sísmico (I.T.G.M.E., 1982).

1.7. ¿Cómo es la corteza continental de la Península?

- Anomalías gravimétricas. Sabemos que la corteza presenta más o menos grosor según la elevación montañosa que estemos considerando. Así las montañas recientes, del ciclo alpino, presentarán cortezas engrosadas semejantes a raíces, mientras que las cadenas del ciclo hercínico, mucho más erosionadas, presentarán niveles estructurales más inferiores así como una corteza ya reequilibrada y más delgada.

Esto se comprueba mediante la realización de perfiles topográficos de la Península y su comparación con los perfiles de anomalías gravimétricas. Se puede deducir que las anomalías más importantes se centran en las cordilleras más recientes: Pirineos, Béticas, Sistema Central e Ibérica. Estas montañas permanecen con una corteza muy engrosada, la erosión no ha tenido tiempo de actuar sobre ellas.

Sin embargo, vemos que la Cordillera Cantábrica junto con el resto de las alineaciones montañosas del ciclo hercínico y que han sido reactivadas por la compresión de la Península durante la orogenia alpina, presentan unas anomalías menores, el grosor de su corteza inicial, que debió tener durante el ciclo hercínico, ha ido disminuyendo y estabilizándose después de que la erosión ha actuado.

Galicia presenta una corteza muy delgada con pocas anomalías. La corteza en este caso ha tenido tiempo de reajustarse después de la erosión.

- Según algunos autores, cuando se forma una cadena montañosa y ésta no está erosionada se pueden apreciar en ella varios niveles de deformación en donde predominan bien las fallas, los pliegues isopacos o la esquistosidad y los pliegues de flujo. A medida que la erosión dismantela los niveles estructurales superiores aparecen en la superficie los niveles inferiores e incluso las zonas graníticas de anatexia profundas.

Las cadenas jóvenes del ciclo alpino que están aún poco dismanteladas podrán presentar todos los niveles estructurales. Algunas veces en los núcleos de estas cadenas, como en el caso de los Pirineos donde afloran rocas pertenecientes al ciclo hercínico incorporadas a la cadena, aparecerán granitos y niveles estructurales inferiores porque ya habían sido dismantelados previamente.

La cadena hercínica peneplanizada antes del mesozoico presenta niveles estructurales medios y profundos.

- En el perfil aparecen escamas y mantos de cabalgamientos de la zona central.

Se trata de que conozcan algunos de los modernos métodos de investigación de la corteza profunda. Se puede ampliar el estudio buscando información sobre otros tipos de investigación: sondeos tradicionales en corteza continental y oceánica, sondeos eléctricos, teledetección, etc.

2. Interpretación

Se retoma la pregunta inicial de la Unidad, se trata de comprobar si después de tener mucha más información sobre las deformaciones y las unidades estructurales son capaces de responder la pregunta inicial. Pero les ayudará el realizar alguna actividad más que relaciona relieve con deformaciones.

2.1. Relieve y deformaciones en las rocas

Actividades de síntesis y recapitulación que relacionan relieve con deformación:

- Fracturación tardihercínica y relieve peninsular. A través de lo que hasta ahora han aprendido y la actividad de interpretación del mapa de la *Figura 25*, los alumnos deben comprender que al finalizar el ciclo hercínico el macizo ibérico sufrió una distensión importante y como consecuencia una intensa fracturación que se conoce como la fracturación tardihercínica. Esta fracturación condicionó la formación de bloques durante la compresión de la orogenia alpina. Así según estas direcciones se forman los relieves de: Sierra Morena, Cuenca del Tajo, Sistema Central, Cuenca del Duero, Cordillera Cantábrica, Sierra de la Demanda y Cordillera Ibérica.
- Sobre el mapa de la *Figura 14* del CUADERNO DEL ALUMNO o sobre el que elaboren en papel vegetal colocado encima de la fotografía de satélite, deben dibujar los esfuerzos perpendiculares a la dirección de los pliegues (ver las flechas indicadoras en la *Figura 52*).
- Al analizar las cadenas montañosas recientes como los Pirineos, Ibérica o Béticas vemos que en todas ellas aparecen en el centro de la cadena materiales de ciclos anteriores, son los núcleos paleozoicos. Es importante delimitar estos núcleos y pensar cómo se producen, imaginando la deposición de los materiales del ciclo alpino sobre un zócalo de rocas de un ciclo anterior y que con la orogenia este zócalo se incorpora a la nueva cadena.
- En la orogenia hercínica los materiales paleozoicos se depositarían sobre un zócalo precámbrico (ver *Figura 57*).

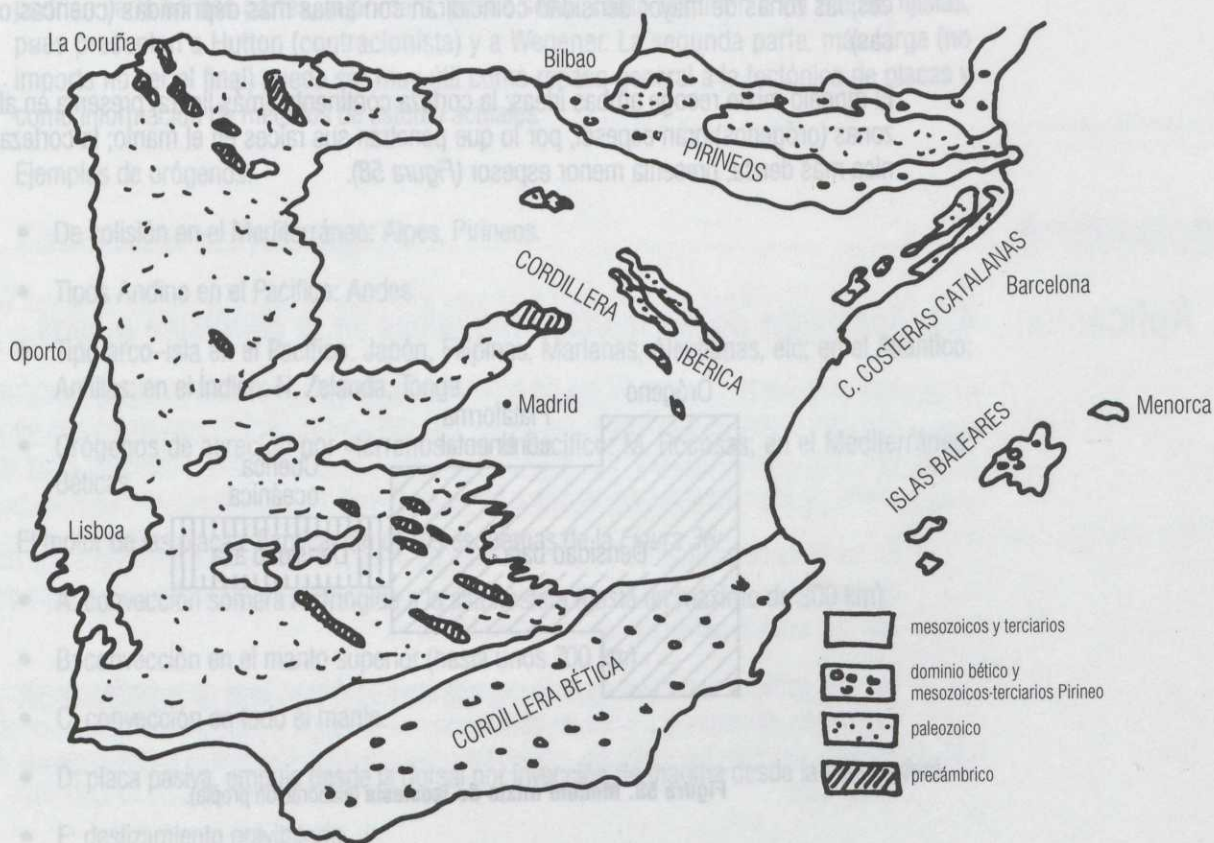


Figura 57. Afloramientos precámbricos del Macizo Ibérico (Julibert et al., 1983).

2.2. Procesos geológicos en la coformación del relieve

Se plantean de nuevo las cuestiones concretas de la Actividad 1.1.

La primera de ellas, sobre si coincidían rasgos del relieve con estructuras tectónicas determinadas, ha quedado definitivamente resuelta con los datos que se han estudiado.

Deben concluir que para responder las demás tendrán que profundizar en el estudio de modelos teóricos.

3. Replanteamiento

3.1. Teorías orogénicas fijistas

Se explican las teorías orogénicas más destacadas. Es interesante que el alumno descubra cómo el avance en distintos conocimientos científicos determina en muchos casos que se tengan que abandonar modelos ampliamente seguidos hasta el momento. Debe destacarse también que el avance en los conocimientos supone muchas veces la integración de los antiguos modelos en otros de mayor poder explicativo.

- Pratt supone una corteza no homogénea, dividida en bloques de distinta densidad. En las zonas donde la corteza es ligera y gruesa, existirá un relieve elevado y también profundas raíces, las zonas de mayor densidad coincidirán con áreas más deprimidas (cuencas oceánicas).

El modelo mixto recoge ambas ideas: la corteza continental, más ligera, presenta en algunas zonas (orógenos) gran espesor, por lo que penetran sus raíces en el manto; la corteza oceánica más densa, presenta menor espesor (Figura 58).

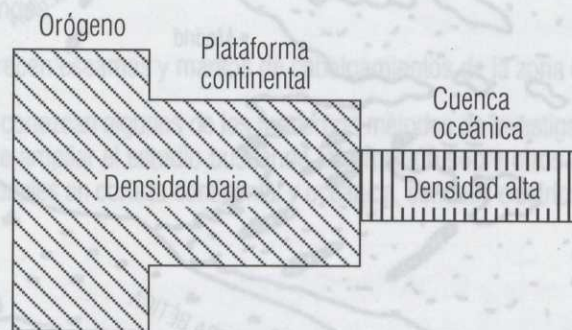


Figura 58. Modelo mixto de isostasia (elaboración propia).

- ## 2. Interpretación
- ### 2.1.
- Lectura del fragmento de *Origen de los continentes y océanos* de Wegener. Se trata de que los alumnos realicen una lectura reflexiva, analizando cada una de las objeciones de Wegener a la contracción terrestre, teoría más en boga a principios de siglo.

3.2. Teorías movi listas

- Se les pide que busquen información bibliográfica sobre las cuestiones más generales del modelo de la deriva continental. Deben conocer las causas de que a pesar de ser un modelo basado en multitud de pruebas, no fuera ampliamente seguido hasta muchos años más tarde. Deben conocer también las cuestiones que no explicaba el modelo: las fuerzas causantes del desplazamiento así como la imposibilidad de desplazamiento del SIAL sobre el SIMA como propugnaba Wegener.
- Los alumnos han estudiado el modelo de placas tectónicas en cursos anteriores, por lo que deben de tener conocimientos generales sobre: los tipos de límites entre placas, los movimientos de las mismas, cuáles son las grandes placas, litosfera y astenosfera y sus características, algunos fenómenos geológicos asociados a los bordes de placa (sismicidad, volcanismo), etc. Por ello se les debe guiar en su búsqueda de información para que puedan profundizar y ampliar sus conocimientos, haciendo especial hincapié por un lado en las investigaciones más recientes sobre el movimiento de las placas condicionado por la energía del interior de la Tierra, la transmisión de esta energía en forma de calor en el núcleo, manto y litosfera; y por otro en el problema central de esta unidad, la relación del relieve con los procesos internos, lo que lleva a profundizar en el conocimiento de los orógenos y su formación.

Es casi imprescindible el utilizar material audiovisual en el estudio de la tectónica de placas. Por sus imágenes sugerimos la película *La Máquina viviente* comercializada por I.B.M. Dicha película es difícil de utilizar porque en una hora transmite mucha información. Los alumnos podrían verla en dos partes, la primera, puede servir como resumen a las teorías fijistas, pues presentan a Hutton (contracionista) y a Wegener. La segunda parte, más larga (no importa no ver el final) puede ser muy útil como repaso general a la tectónica de placas y como información de métodos de estudio actuales.

- Ejemplos de orógenos:

- De colisión en el Mediterráneo: Alpes, Pirineos.
- Tipos Andino en el Pacífico: Andes.
- Tipo arco-isla en el Pacífico: Japón, Filipinas, Marianas, Aleutianas, etc; en el Atlántico: Antillas; en el Índico: N. Zelanda, Tonga.
- Orógenos de acreción por «terrenos» en el Pacífico: M. Rocosas; en el Mediterráneo: Béticas.

- El motor de las placas. Explicación de los esquemas de la *Figura 36*:

- A: convección somera restringida a la astenosfera (hasta un máximo de 300 km).
- B: convección en el manto superior (hasta unos 700 km).
- C: convección en todo el manto.
- D: placa pasiva, empuje desde la dorsal por inyección de magma desde la astenosfera.
- E: deslizamiento gravitatorio.
- F: arrastre y hundimiento de la placa debido al aumento de densidad de la placa por enfriamiento al alejarse de la dorsal.

- Tras una explicación sobre la transmisión de energía en el interior de la Tierra, se les pide que busquen información sobre métodos actuales de estudio.

— Algunos métodos de investigación relacionados con la tectónica de placas:

- La tomografía sísmica, scanner de la Tierra, se basa en medir la velocidad de las ondas sísmicas que nos informan acerca de la temperatura, ya que a mayor temperatura disminuye la velocidad de las ondas y viceversa. Con el análisis de numerosas trayectorias, se puede obtener una localización de anomalías muy precisa. El aumento de la potencia de los ordenadores y la mejora de las estaciones sísmicas han permitido obtener datos tridimensionales. Las imágenes que se elaboran nos informan acerca de la forma de las células de convección.
- Estudios del campo magnético terrestre engendrado por corrientes eléctricas en el núcleo fluido.
- Medidas de variaciones de gravedad en la superficie de la Tierra que reflejan una distribución heterogénea del interior. A partir de las medidas obtenidas por los satélites artificiales se ha conseguido la primera visión global del campo de gravedad terrestre.
- Elaboración de modelos de la máquina térmica: se experimentan las corrientes de convección en líquidos con distintas características de temperatura y viscosidad.
- Estudio de la heterogeneidad isotópica en el manto.
- Estudio de las ofiolitas.
- Hidrotermalismo en las dorsales.
- Sondeos profundos oceánicos y continentales.
- Geodesia espacial: permite medir pequeñas deformaciones en cortos períodos (un año...) de la superficie de la Tierra.

4. Aplicación **4.1. Aplicación de las teorías orogénicas en la Península e Islas**

- Las islas Canarias serían fáciles de explicar para un plutonista convencido, que podría concluir que probaban su modelo. No ocurriría lo mismo con las Baleares en las que no aparecen rocas volcánicas. Con los conocimientos actuales deberíamos profundizar en el conocimiento de los materiales de las islas y en su localización y relación con otras zonas.
- En los Pirineos se produce un acortamiento de la corteza de muchos kilómetros que no puede explicarse por simple contracción. Presentan además estructuras de las que se deduce que han existido esfuerzos laterales considerables.
- Las rías gallegas son consecuencia del hundimiento de esa zona de la Península, la cornisa cantábrica, sin embargo, presenta plataformas de abrasión a decenas de metros por encima del nivel del mar. Sin embargo, estos reajustes isostáticos no tienen relación directa con la orogénesis.
- Algunos de los cabalgamientos de los Pirineos podrían explicarse según el modelo de undaciones y deslizamientos gravitacionales, sin embargo, las fracturas, escamas, y acortamiento de la corteza no quedarían explicados.

Las estructuras de la cadena Ibérica serían aún más difíciles de explicar, ya que los pliegues no podrían explicarse por deslizamiento gravitacional.

- Para explicar las Béticas según la deriva continental, tendríamos que recurrir a imaginar a la Península (SIAL) desplazándose hacia el SE sobre el SIMA y los Pirineos se podrían haber originado al desplazarse hacia el norte chocando contra Eurasia.
- La placa Ibérica en el marco de la tectónica de placas:
 - Las estructuras y lineaciones del orógeno hercínico corresponden mejor con un orógeno de colisión.
 - Los Pirineos constituyen un orógeno intercontinental generado por el choque de dos continentes, previo al choque existiría entre ambos corteza oceánica que desapareció por subducción.
 - El primer diagrama de la figura 37 del cuaderno del alumno explica los oroclinales del hercínico europeo. Armórica sería un microcontinente lineal que se curvaría adaptándose al sur de Laurasia. El segundo explica el hercínico europeo por subducción doble del paleotetis bajo Armórica.
- Las islas Canarias no están situadas en límites ni constructivos ni pasivos, luego no tienen nada que ver con zonas de dorsal ni de subducción. Tampoco son consecuencia de un punto caliente ya que han existido largas interrupciones en la actividad volcánica y además dicha actividad ha sido dispersa y múltiple. Es decir, que los datos contradicen las anteriores hipótesis. La hipótesis más aceptada, relaciona el volcanismo de las Canarias con grandes fracturas propagantes que se continúan en Marruecos.

5.1. Elaboración del informe

Se tendrá en cuenta a la hora de evaluar el informe la evolución del alumno a lo largo del desarrollo de la Unidad.

En la valoración del informe, se considerarán, entre otros, los siguientes criterios: la fiabilidad de las respuestas sobre los caracteres estructurales de la Península y las Islas, los esquemas realizados, la capacidad de relacionar las estructuras peninsulares con la teoría de la tectónica de placas, la aportación de esquemas y dibujos, la redacción, la capacidad de relación, la capacidad de síntesis y la presentación.

Y en cuanto a la exposición del informe remitirse al apartado de evaluación de la Unidad.

5.2. Respuestas a las cuestiones de evaluación

- A.** La respuesta a la cuestión de elaboración de mapas geológicos a partir de las Figuras 38 y 39, está en las Figuras 59 y 60.

5. Conclusión

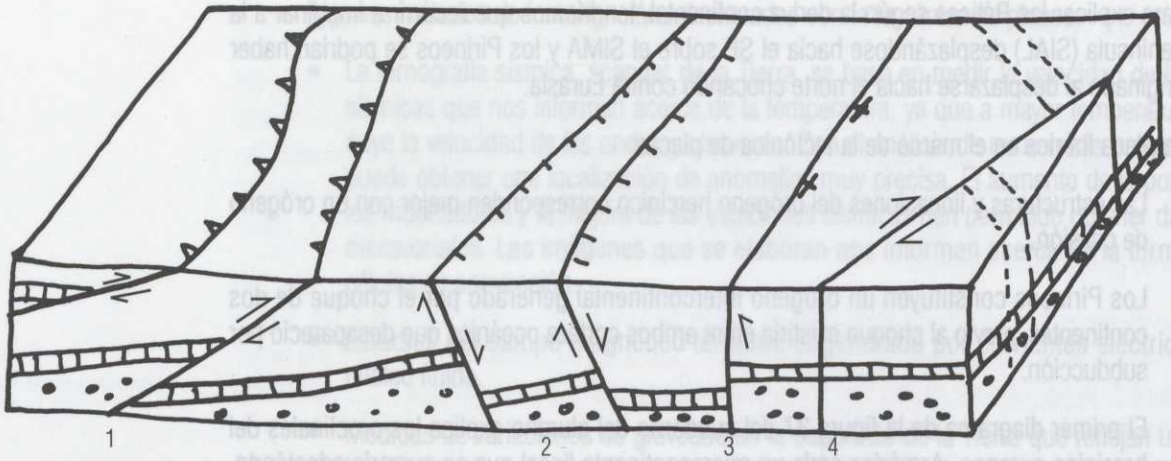


Figura 59. Símbolos estructurales correspondientes al esquema de la Figura 38 del CUADERNO DEL ALUMNO (Mattauer, 1976).

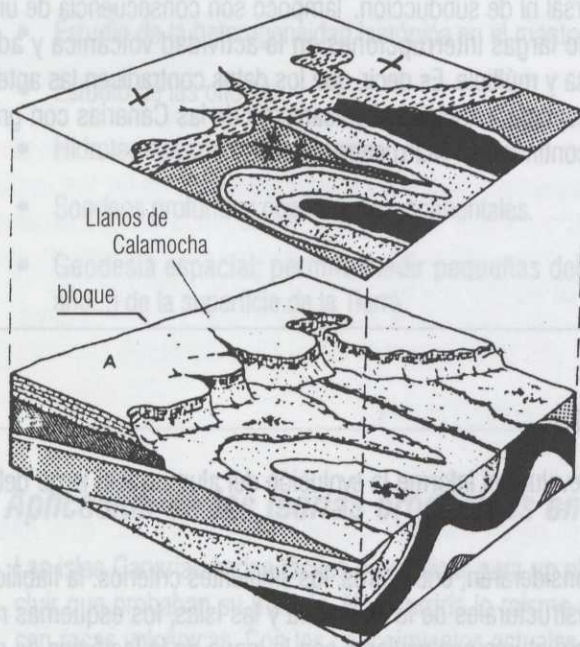


Figura 60. Mapa geológico correspondiente al esquema de la Figura 39 del CUADERNO DEL ALUMNO (elaboración propia).

B. Respuesta al estudio del mapa geológico de la Figura 40:

- De arriba hacia abajo aparecen: un anticlinal, un sinclinal y finalmente un anticlinal.
- La dirección de las estructuras es NO-SE.
- Aparece una falla normal con escarpe (ver Figura 59).
- Sobre las calizas aparecen dos símbolos de dirección y buzamiento dirección NO-SE y buzamiento NE, el resto de los símbolos tienen la misma dirección aproximadamente, lo único que varía es el buzamiento.

— Respecto a la antigüedad de los estratos los alumnos pueden tener varias interpretaciones y éstas ser correctas, todo depende de cómo interpreten la falla y lo grande que es su desplazamiento. Lo que sí es incontestable es que las areniscas son más antiguas que las calizas, y que las calizas y margas son más jóvenes que las areniscas y arcillas. La interpretación más probable es que este último conjunto se sitúe por encima de las areniscas y calizas.

C. La respuesta de la cuestión referida a la *Figura 14* ya ha sido realizada.

D. Situación de las poblaciones en el mapa estructural:

- Cáceres Dominios hercínicos (zona centro ibérica).
- Ciudad Real Terrenos postectónicos (depresiones de la Meseta).
- Madrid Terrenos postectónicos (depresiones).
- Segovia Cobertera mesozoica, sobre zócalo hercínico.
- Salamanca Macizo hercínico.
- Zaragoza Terrenos postectónicos (cuencas terciarias).
- Granada Terrenos alpinos (zona bética).

E. Este corte geológico corresponde al hercínico español, concretamente a la zona de Galicia, ténganse en cuenta la dirección de corte ONO-ESE, y que los mantos vergen hacia el ESE.

F. La formación de los Alpes está realizada según la teoría del geosinclinal, explicando las fases que tiene el mismo.

G. Los movimientos son explicados de una manera diferente: la deriva continental cree que el causante de los movimientos es el giro de la tierra sobre su eje que ejerce una considerable fuerza sobre los continentes, mientras que para la tectónica de placas los movimientos convectivos del manto son la causa de estos desplazamientos.

H. Los procesos que tienen lugar en los bordes destructivos son originados por la subducción de una placa oceánica bajo otra, bien continental o bien oceánica. Alguno de los fenómenos que tienen lugar son:

- Volcanismo debido al rozamiento entre las dos placas y al aumento de calor.
- Movimientos sísmicos importantes como consecuencia de la distensión de la placa o al roce entre ambas, a la tensión de la misma.
- Formación de orógenos de tipo andino o térmicos.

I. La diferencia de modelado en el hercínico de Bretaña y el de la Península es que en ésta los materiales han sido fracturados en bloques, levantándose unos y hundiéndose otros, durante el acercamiento de la placa africana que da origen, junto con el giro de la placa ibérica, a las cadenas montañosas alpinas. Esto no ocurre en Bretaña, donde después de la orogenia hercínica no ha habido ningún rejuvenecimiento del relieve.

J. Son previsible terremotos de intensidades importantes en el sureste español debido a estar cercano al borde de las placas africana y euroasiática y en los Pirineos por estar aún los restos de la subducción alpina en esta zona. Cabría la posibilidad de terremotos en las islas Canarias por situarse en una gran fractura.

K. Corte geológico, al no tener en cuenta las rocas que forman el esquema geológica, pueden ponerse las capas en blanco. En el norte los pliegues o cabalgamientos vergen o se inclinan

hacia el norte. En la zona central los pliegues son rectos, sin vergencia muy determinada y los grandes cabalgamientos están ausentes. En el sur los pliegues o cabalgamientos vergen hacia el sur.

Ampliación de conocimientos y de actividades

Ampliación de conocimientos

Parte de los materiales que aparecen en este apartado pueden ser útiles para completar la información del alumno. Especialmente en caso de que estudien más a fondo un aspecto concreto o si demandan más información y encuentran dificultades para encontrar bibliografía adecuada.

Estructuras tectónicas en algunos dominios estructurales

Estructuras tectónicas del macizo Hespérico

El macizo hespérico es un bloque de constitución compleja formado por materiales precámbricos y paleozoicos muy deformados. Los sedimentos antiguos se encuentran transformados por fenómenos de granitización y metamorfismo en gneis y pizarras. Hacia el este el zócalo se sumerge bajo una cobertera de materiales sedimentarios mesozoicos y cenozoicos. El zócalo está muy fracturado, por lo que quedan bloques hundidos cubiertos por materiales sedimentarios más modernos y bloques elevados que constituyen sierras interiores como el Sistema Central.

Cuanto más antiguos son los materiales y deformaciones más complicada es su interpretación, por esto la cadena hercínica presenta actualmente muchas incógnitas sobre su origen y formación. Se considera en general que la cadena hercínica es una cadena con estructura bilateral, es decir, compuesta por una zona central y bordeada por dos zonas externas. Esta distribución viene apoyada por los siguientes hechos:

- Distribución simétrica de los afloramientos de carbón uno al norte y otro al sur.
- Los cabalgamientos y pliegues presentan una doble vergencia, así en la zona norte se inclinan hacia el este o noreste, mientras que en el sur se inclinan hacia el suroeste, es decir, hacia afuera de la zona central.
- Desigualdad del estilo tectónico entre la zona central y las zonas externas. En la primera hay un estilo tectónico de deformación sin despegue de la cobertera paleozoica y con desarrollo de la esquistosidad y el metamorfismo. En las zonas externas la deformación es de tipo superficial, con despegue de la cobertera paleozoica.
- Existencia de un aumento de intrusiones graníticas e intensidad de metamorfismo de las zonas externas hacia el interior, si bien se observa con alguna dificultad.

La zona central es mucho más ancha, situándose su límite por el sur probablemente a lo largo del eje Portalegre-Badajoz-Córdoba, también tiene un metamorfismo más intenso y gran abundancia de rocas plutónicas. La rama sur es mucho más estrecha y con un gran desarrollo del vulcanismo.

Según autores, el plegamiento se inicia un poco antes en la rama sur que en la norte.

Estructuras tectónicas en las cordilleras Alpinas

• Pirineos

La estructura de la corteza superior de los Pirineos, está determinada por un sistema de cabalgamientos con geometría en abanico. La estructura de sur a norte es:

- En la zona meridional, una serie de cabalgamientos imbricados dirigidos hacia el sur que afectan a la cobertera mesozoico-terciaria.
- En la zona central o axial, cabalgamientos que afectan a la cobertera y al basamento paleozoico. Constituyen un conjunto de mantos de corrimiento dispuestos unos encima de otros, formando en conjunto un antiforme.
- En la zona septentrional, se encuentran cabalgamientos dirigidos hacia el norte que afectan tanto al basamento paleozoico como a la cobertera.

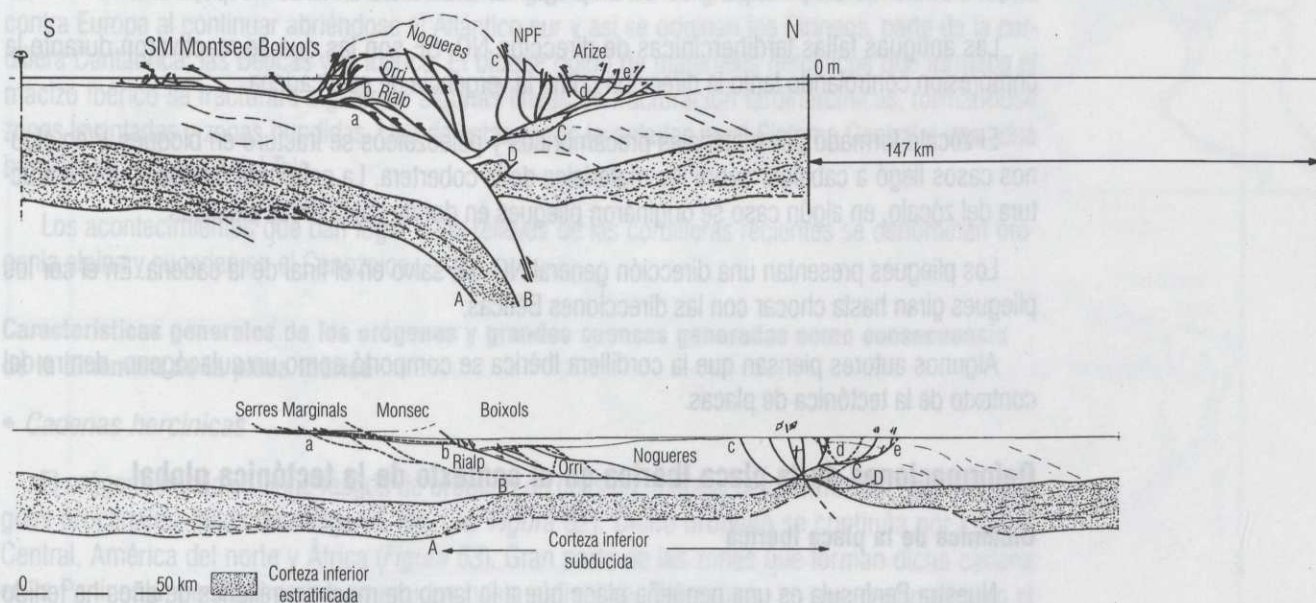


Figura 61. Cortes geológicos que representan la compresión en los Pirineos (Busquets *et al.*, 1992).

• **Béticas**

Las cordilleras Béticas constituyen un conjunto montañoso alargado de OEO al ENE que se extiende desde el Golfo de Cádiz (bajo las aguas del Atlántico) hasta enlazar con las islas Baleares. Queda limitado al sur por el litoral mediterráneo (aunque se extiende bajo el mar de Alborán) y al norte por la depresión del Guadalquivir, el borde meridional de la Mancha y el extremo de la Cordillera Ibérica.

La Cordillera Bética se caracteriza por su estructura compresional, determinada por el apilamiento de mantos de corrimiento que han sufrido grandes desplazamientos y por los procesos de metamorfismo dinamo-térmico en ciertas zonas. Se distingue un dominio septentrional o externo constituido por sedimentos mesozoicos y terciarios afectados por la orogenia alpina y un dominio meridional o interno (zona Bética s.s.) constituido por materiales paleozoicos y triásicos, afectados intensamente por el metamorfismo alpino.

Existe además un conjunto de depresiones intramontañosas rellenas con materiales neógenos algunas de las cuales abren algunos de sus extremos al mar.

• Cordillera Ibérica

La Cordillera Ibérica es una cordillera intermedia. Se entiende por cadena intermedia aquella formada por un mecanismo intermedio entre el Sistema Central formado por grandes bloques fracturados y los Pirineos o las Béticas con grandes estructuras de plegamiento (mantos, cabalgamientos).

El Sistema Ibérico está constituido por rocas del antiguo macizo ibérico (rocas del ciclo hercínico) y por rocas sedimentarias del ciclo alpino, en algunas zonas muy potentes. Es de destacar la ausencia de metamorfismo y magmatismo. Es importante en esta cordillera el papel que ejercen los materiales plásticos de edad triásica (Keuper), como nivel de despegue entre el zócalo y los materiales jóvenes del ciclo alpino, permitiendo un plegamiento de éstos un tanto independiente.

Las antiguas fallas tardihercínicas de dirección NO-SE son las que se reactivaron durante la compresión controlando tanto la dirección como la vergencia de esta cadena.

El zócalo formado por materiales precámbricos y paleozoicos se fracturó en bloques, y en algunos casos llegó a cabalgar sobre los materiales de la cobertera. La cobertera se adaptó a la estructura del zócalo, en algún caso se originaron pliegues en donde había rocas plásticas.

Los pliegues presentan una dirección general NO-SE salvo en el final de la cadena. En el sur los pliegues giran hasta chocar con las direcciones Béticas.

Algunos autores piensan que la cordillera Ibérica se comportó como un aulacógeno, dentro del contexto de la tectónica de placas.

Deformaciones de la placa Ibérica en el contexto de la tectónica global

Dinámica de la placa Ibérica

Nuestra Península es una pequeña placa que a lo largo de muchos millones de años ha tenido una historia larga y complicada.

A principios del Paleozoico, no existía la Península tal como la conocemos actualmente, sólo existían algunas zonas emergidas hacia el oeste. Durante todo el Paleozoico, especialmente desde el Ordovícico hasta el Devónico inferior, se depositaron en el mar (Océano Medio Europeo) sedimentos muy variados provenientes de la erosión de relieves circundantes, en ciertos casos junto con materiales volcánicos procedentes de erupciones. Los sedimentos darían origen a pizarras, conglomerados cuarcíticos, grauvacas, cuarcitas y también algunas calizas.

Antes del Carbonífero medio y debido a la aproximación de los continentes entonces existentes, se produce la orogenia hercínica por la colisión de continentes antes dispersos, que al unirse formaron la Pangea (un único continente). Como consecuencia de la colisión, se forma una cadena montañosa de gran altura que se localiza en los bordes de los distintos continentes que quedan adosados: zonas de América, África, Iberia y Europa (ver *Figura 63*). Según varios autores, como consecuencia de la formación de Pangea, en Iberia (que queda situada en el extremo oriental de dicho continente) se produce, colisión en la zona norte y una subducción en la zona sur. En las zonas de subducción el volcanismo es muy intenso. Estos procesos determinan que comiencen a plegarse los sedimentos depositados en el mar y se forman los primeros relieves. El plegamiento produce un metamorfismo que transforma las rocas antes descritas. Inmediatamente después de su formación, estos relieves comienzan a ser erosionados, generándose importantes depósitos de rocas sedimentarias y carbón en las depresiones, a la vez que se produce intrusión de magmas.

Al final del Paleozoico, se consolida la gran cadena hercínica que desde Galicia, recorre todo el macizo Ibérico y llega hasta la actual Sierra Morena. Con el plegamiento hercínico no sólo se plegan y levantan los materiales de la época paleozoica sino también lo hacen los precámbricos que servían de substrato a los anteriores.

Posteriormente a la compresión que produce la cadena hercínica se sucede una descompresión que la fractura. Es lo que se conoce como los desgarres tardihercínicos. La fracturación y la erosión de la cadena hercínica favorecen la entrada del mar desde el este y la formación de cuencas sedimentarias donde se depositan los materiales originados por la erosión durante toda la época secundaria y parte de la terciaria (Mesozoico y parte del Cenozoico).

Pangea, el gran continente que se formó en la colisión hercínica en el que quedó integrado Iberia, comienza a fracturarse, primero se origina el Atlántico Sur y luego, en el Jurásico el Atlántico Norte. Más tarde se origina el Golfo de Vizcaya por la separación de Iberia de Europa. Estos acontecimientos hacen que la Placa Ibérica efectúe un giro de unos 40 grados. África aprisiona a Iberia contra Europa al continuar abriéndose el Atlántico sur y así se originan los Pirineos, parte de la cordillera Cantábrica, las Béticas y la Ibérica. El bloque rígido de materiales hercínicos que formaba el macizo Ibérico se fracturará siguiendo algunas líneas de fracturación tardihercínicas, formándose zonas levantadas y zonas hundidas. Una de estas zonas levantadas es el Sistema Central y una zona hundida es la Cuenca del Tajo.

Los acontecimientos que dan lugar a los relieves de las cordilleras recientes se denominan orogenia alpina y suceden en el Cenozoico.

Características generales de los orógenos y grandes cuencas generadas como consecuencia de la dinámica de la placa Ibérica

• *Cadenas hercínicas*

El orógeno hercínico tiene rasgos de orógeno de colisión: mantos de corrimiento, grandes pliegues oroclinales, fallas de desgarre, etc. (ver Figura 62). Dicho orógeno se continúa por Europa Central, América del norte y África (Figura 63). Gran parte de las zonas que forman dicha cadena en la Península, permanecerían emergidos hasta el final del Paleozoico, en que desaparecería el océano que separaba Laurasia (América-Europa) de Gondwana. Según algunos autores la subducción llevó a una colisión doble, en la que Armórica fue comprimida entre Laurasia y Gondwana (Figura 64).

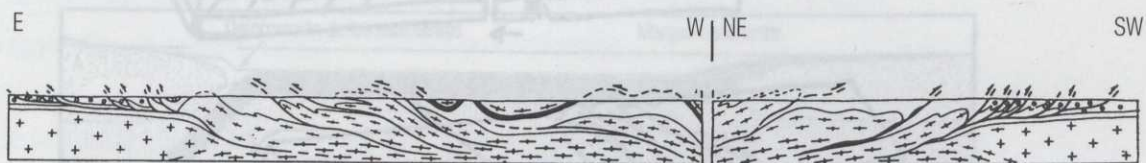


Figura 62. Corte geológico de los terrenos hercínicos europeos (Matte, 1986; tomado de Anguita, 1988).

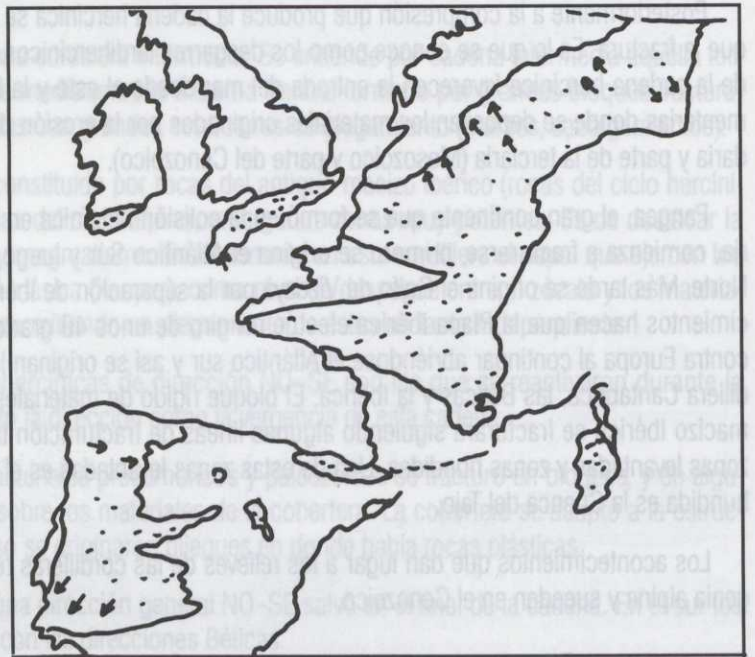


Figura 63. Situación general del orógeno hercínico (Matte, 1986; tomado, y modificado, de Anguita, 1988).

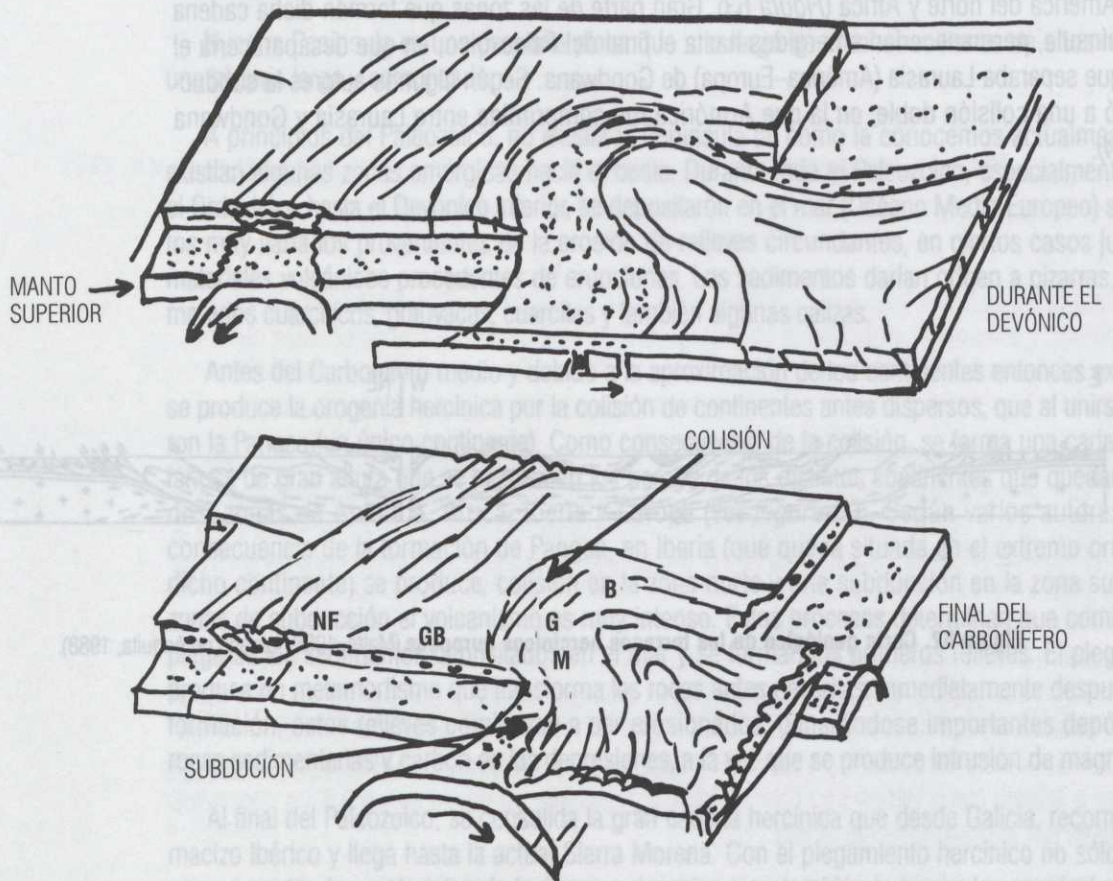


Figura 64. Esquema de la génesis de la cordillera hercínica (Bard, 1971; tomada de Udías *et al.*, 1983).

• Cadenas alpinas

Localización (ver Figura 65)

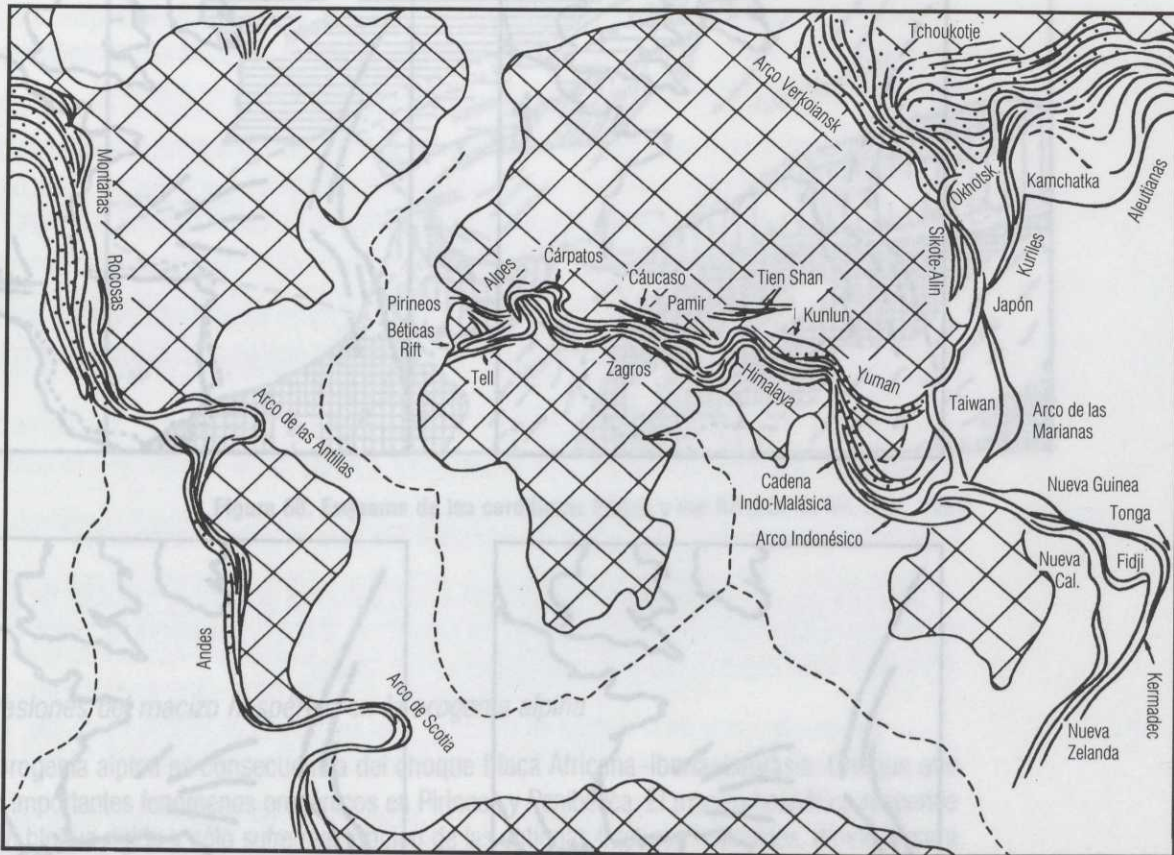


Figura 65. Localización del orógeno alpino (Mattauer, 1976).

Los Pirineos constituyen un orógeno de colisión desarrollado entre las placas Ibérica y Euroasiática (Figuras 66 y 67). Las rocas de la zona central han subducido junto con el manto litosférico bajo la placa europea. Se ha producido un acortamiento cortical por subducción, choque, apilamiento antiforme y formación de mantos de corrimiento (ver Figura 61).

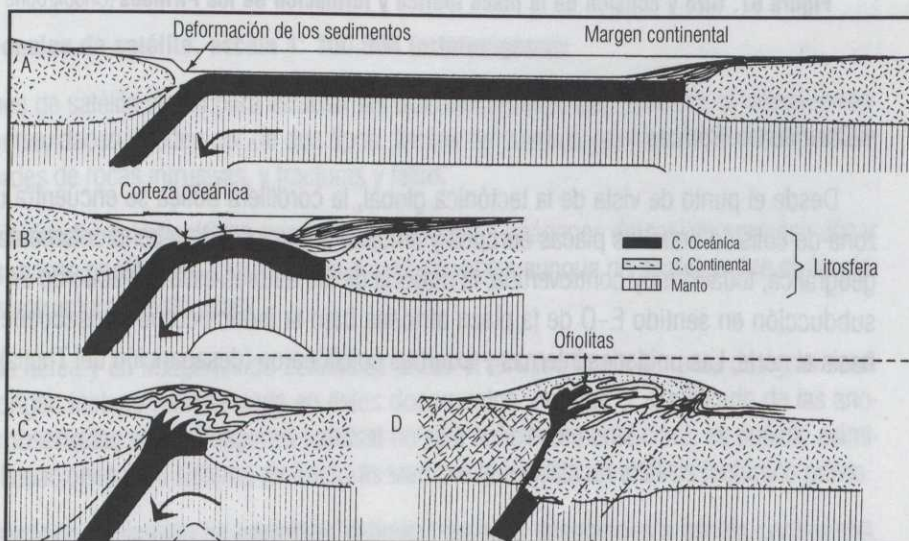


Figura 66. Esquema de la subducción y posterior colisión de dos continentes (Dewey and Bird; tomada de Summerfield, 1991).



Figura 67. Giro y colisión de la placa Ibérica y formación de los Pirineos (Choukroune *et al.*, 1980).

- **Cordilleras Béticas**

Desde el punto de vista de la tectónica global, la cordillera Bética se encuentra ubicada en una zona de colisión entre las placas europea y africana (Figura 68). Independientemente de la posición geográfica, todavía muy controvertida, la mayoría de los autores están de acuerdo en que ha existido subducción en sentido E-O de la placa africana bajo la ibérica como consecuencia de su deriva hacia el norte. Las unidades internas y externas colisionaron (desaparición del Thetis).

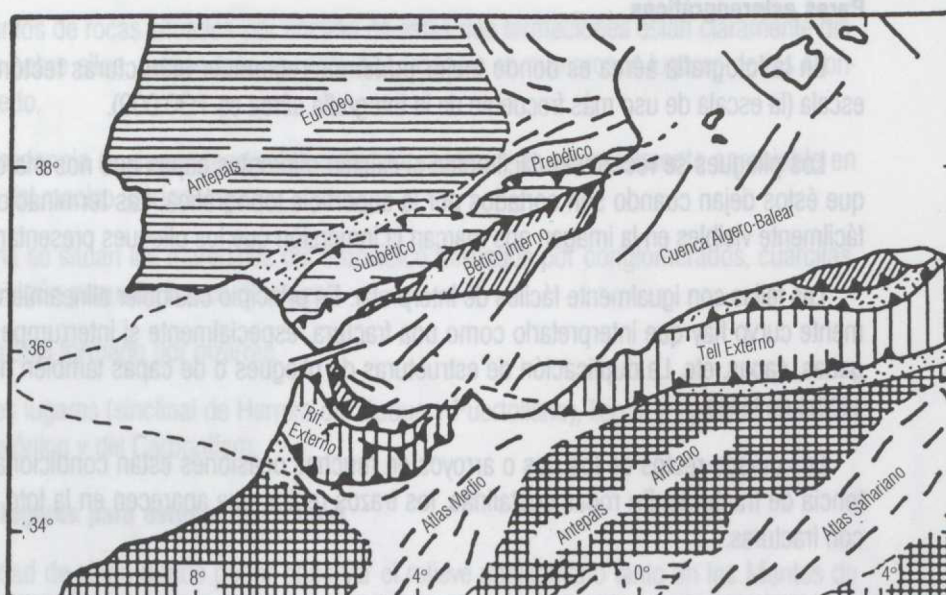


Figura 68. Esquema de las cordilleras Bética y del Rif (Díaz del Río, Coor., 1991).

- *Depresiones del macizo hespérico en la orogenia alpina*

La orogenia alpina es consecuencia del choque Placa Africana-Iberia-Laurasia. Choque que produjo importantes fenómenos orogénicos en Pirineos y Penibética. El macizo hespérico responde como un bloque rígido y sólo sufre reactivación de las antiguas fracturas hercínicas, dando lugar a relieves como el Sistema Central y los Montes de Toledo que, sin embargo, sufren intensa erosión y aportan materiales a las cuencas receptoras.

Sugerencia de actividades

Estudio estructural sobre fotografía

Imágenes regionales de satélite, escala 1: 100.000 (ortoimágenes)

Las imágenes de satélite sirven para estudiar las discontinuidades que presenta el relieve terrestre. Estas discontinuidades pueden ser de dos tipos: límites de cuerpos geológicos, es decir, estratificaciones o bordes de rocas intrusivas, y fracturas y fallas.

Las discontinuidades estratigráficas que se observan en las imágenes de satélite permiten afinar y contrastar los mapas geológicos. Las fracturas son observables aunque no se determine el desplazamiento de las estructuras geológicas.

En fotografía aérea y en imágenes de satélite se utiliza el término lineación para designar cualquier línea de origen incierto representada en estos documentos. Aunque el significado de las anomalías lineales observadas en las imágenes Landsat no está suficientemente claro, es posible asimilar la trama de lineaciones a un sistema de fracturas siempre que exista un análisis tectónico previo.

El uso sistemático de satélite ha permitido delimitar grandes lineaciones a escala continental, que necesariamente han de ser asimiladas a dislocaciones o cizallamiento de la corteza.

Pares estereográficos

En la fotografía aérea es donde mejor podemos reconocer estructuras tectónicas a pequeña escala (la escala de uso más frecuente de la fotografía aérea es 1:30.000).

Los pliegues se reconocen fácilmente si existen diferentes capas que nos marquen los perfiles que éstos dejan cuando son cortados por la superficie topográfica. Las terminaciones periclinales fácilmente visibles en la imagen nos marcan la inmersión que los pliegues presentan.

Las fallas son igualmente fáciles de interpretar. En principio cualquier alineamiento recto o ligeramente curvo hay que interpretarlo como una fractura, especialmente si interrumpe estructuras plegadas, capas, etc. La duplicación de estructuras de pliegues o de capas también nos indica la presencia de fallas.

Los cursos rectos de los ríos o arroyos en muchas ocasiones están condicionados por la existencia de fracturas. En rocas cristalinas, los trazos rectos que aparecen en la foto aérea coinciden con fracturas.

Ejemplo de trabajo de campo: los Montes de Toledo

Características generales de la zona. Interés didáctico para estudios estructurales

Un caso concreto de la cadena hercínica en el que podemos apreciar la tectónica de una zona sin grandes complicaciones lo constituyen los Montes de Toledo y Extremadura, zonas especialmente didácticas debido a que presentan ciertas características:

- Se trata de zonas de la cadena en donde el nivel estructural es relativamente alto, el metamorfismo es muy ligero, encontrándose abundantes fósiles en este tramo.
- La existencia de una formación como la cuarcita en «facies armoricana» hace fácilmente reconocibles las estructuras mayores. Además en ocasiones las cuarcitas de menor entidad y más jóvenes (Caradoc) facilitan la observación.
- Además el plegamiento no presenta una vergencia acusada y no están presentes los grandes cabalgamientos de otras zonas del macizo hespérico.

La estructura de los Montes de Toledo y parte de Extremadura es conocida como estructura apalachiana por su similitud con la que presentan los Apalaches; constituye una serie de anticlinales y sinclinales de grandes dimensiones en general alargados y con ligeras distorsiones. Estos pliegues son más estrechos en los anticlinales y se amplían enormemente en los anticlinales.

Como ya se ha dicho, las cuarcitas son las capas más importantes en esta estructura, que por su dureza dan los relieves característicos de estas zonas, así una montaña o una elevación importante en este paisaje está formada por la cuarcita y suele coincidir con un flanco de un gran pliegue. Las llanuras suelen corresponder a los núcleos de los anticlinales o de los sinclinales.

Una sucesión tipo de materiales sería:

- La base está constituida por: pizarras, grauvacas, calizas y conglomerados, dominando las pizarras y grauvacas. Se denomina frecuentemente complejo esquistograuváquico.
- Son potentes series pelíticas y arenosas en general bastante replegadas y cuya edad la mayoría de los autores la atribuyen al precámbrico superior.
- Por encima y en aparente concordancia se sitúa una serie de areniscas, pizarras y calizas con fósiles abundantes de arqueociáticos y trilobites de edad cámbrica.

- Los conjuntos de rocas situados por encima de estas dos formaciones están claramente discordantes sobre ellos, pudiéndose ver esta discordancia en numerosos lugares de los Montes de Toledo.

Esta discordancia es denominada discordancia sárdica y es especialmente apreciable en esta zona del macizo Ibérico.

- Por encima se sitúan los materiales del ordovícico formados por conglomerados, cuarcitas, pizarras y algún pequeño banco de calizas.
- El Silúrico está formado por pizarras.
- En algunos lugares (sinclinal de Herrera del Duque y Puertollano), llegan a aparecer materiales del Devónico y del Carbonífero.

Sugerencias de lugares para estudio estructural

Existen infinidad de sitios donde poder observar el relieve apalachiano tanto en los Montes de Toledo como en Extremadura. Sugerimos los siguientes:

- Carretera de Fuente del Fresno a Urda km 150,5 (Ciudad Real).

Vulcanitas del Cámbrico en la base (Dacitas-riolitas), al fondo el sinclinal del Diablo constituye ejemplo a tamaño reducido de cómo son los pliegues de los Montes de Toledo. Los flancos corresponden a la cuarcita armoricana. En el flanco sur se aprecia un relieve previo que corresponden a series anteriores a la cuarcita posiblemente Tremadoc.

- Anticlinal de los Cortijos (Cortijos de Malagón) (Ciudad Real).

En el núcleo encontramos areniscas del Cámbrico superior, las montañas de los lados son relieves correspondientes al Ordovícico inferior.

- La carretera hacia Porzuna es un ejemplo de anticlinales y sinclinales de tipo apalachiano.
- Pico de Noez (carretera Polan-Gálvez) (Toledo).

Ejemplo típico de monte-isla en materiales Cámbrico-Ordovícicos.

- Carretera de Navahermosa a Navas de Estena (Risco de las Paradas) (Toledo).

Panorámica del anticlinal desde este flanco.

- Carretera de Navasraja a Guadalupe (Toledo-Cáceres).

Corte perfecto del sinclinal del Guadarranque.

- Carretera del Puerto de S. Vicente-Alia-Guadalupe (Toledo-Cáceres).

Corte del sinclinal del Guadarranque, las montañas de los flancos son las cuarcitas en facies armoricana, en el interior aparecen pequeños relieves de cuarcitas del ordovícico superior.

En el paso del sinclinal del Guadarranque al anticlinal en dirección a Alia se puede observar en el río la discordia sárdica.

Recursos didácticos para estas excursiones

- Esquema estructural de la parte meridional de la zona Centroeuropea (*Figura 69*).
- Corte geológico de la depresión del Tajo y los Montes de Toledo (*Figura 70*).

- Mapas geológicos 1: 50.000 series MAGNA, ITGME.
- Ortoimágenes 1: 100.000 (alguna de ellas Herrera del Duque).

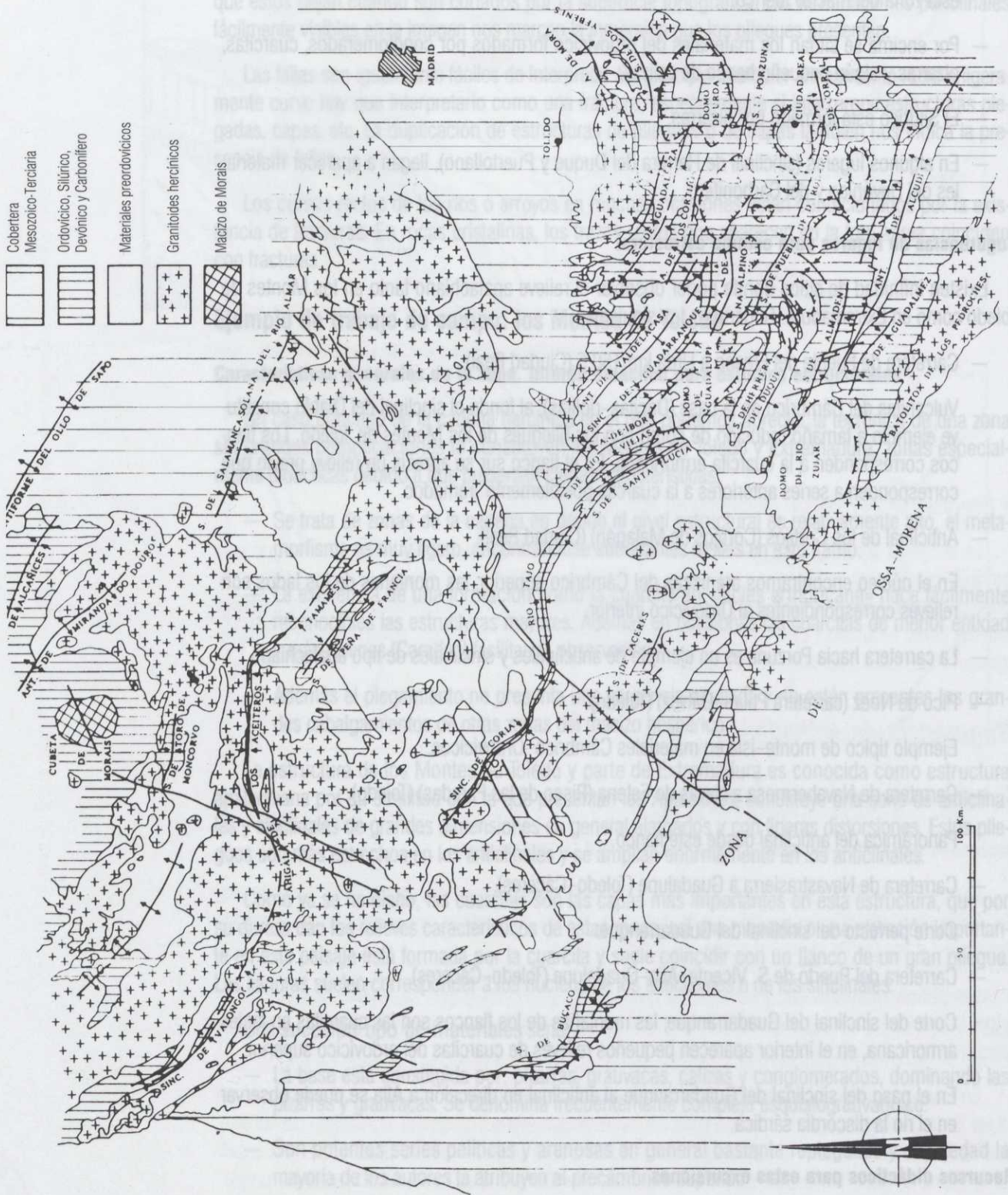


Figura 69. Esquema estructural de la parte meridional de la zona centroibérica (Julivert et al., 1983).

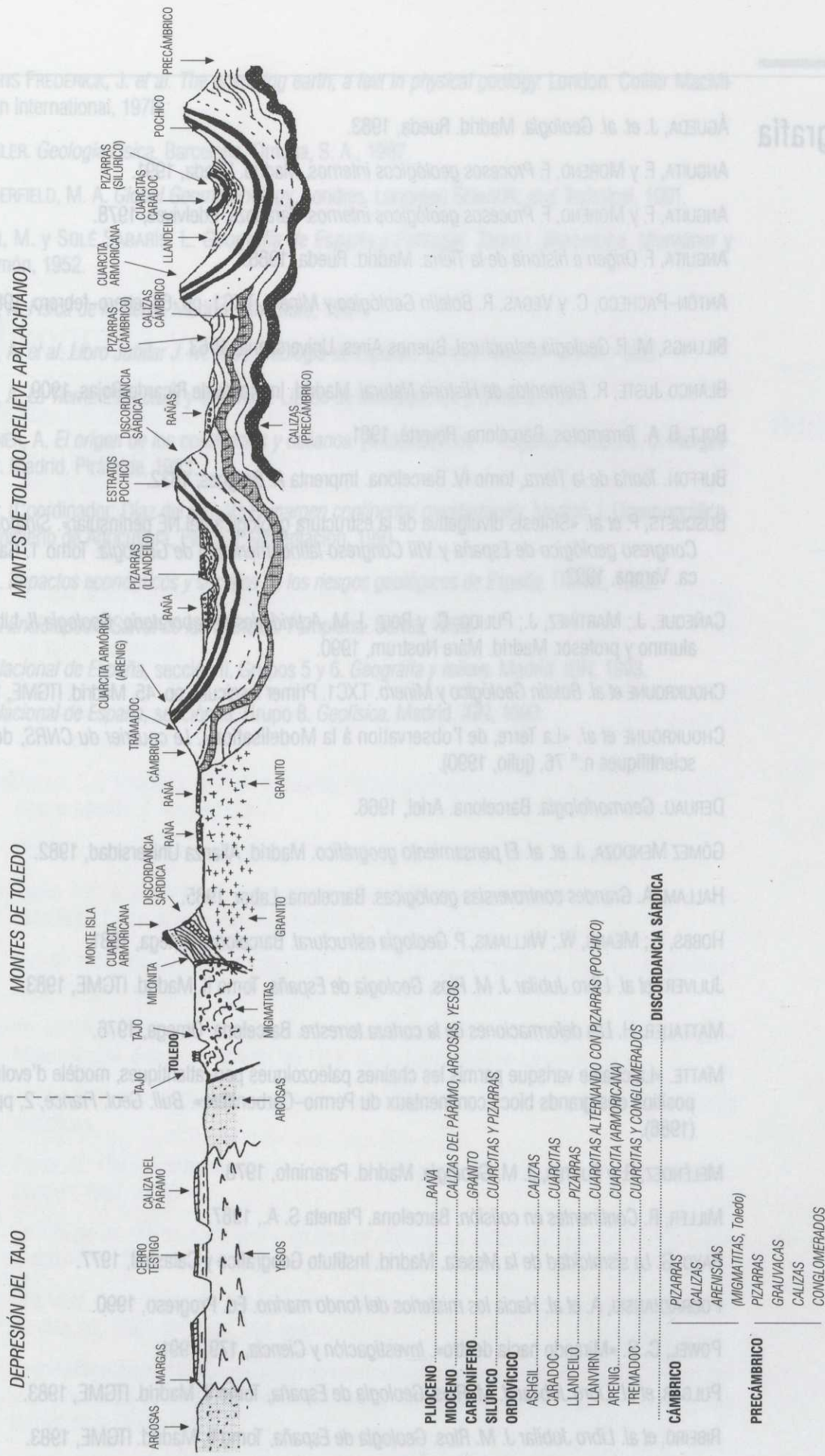


Figura 70. Corte geológico de la depresión del Tajo y los Montes de Toledo (elaboración propia).

Bibliografía

- ÁGUEDA, J. *et al.* *Geología*. Madrid. Rueda, 1983.
- ANGUITA, F. y MORENO, F. *Procesos geológicos internos*. Madrid. Rueda, 1991.
- ANGUITA, F. y MORENO, F. *Procesos geológicos internos*. Zaragoza. Edelvives, 1978.
- ANGUITA, F. *Origen e historia de la Tierra*. Madrid. Rueda, 1988.
- ANTÓN-PACHECO, C. y VEGAS, R. *Boletín Geológico y Minero*, TXC1, pp. 63, enero-febrero, 1980.
- BILLINGS, M. P. *Geología estructural*. Buenos Aires. Universitaria, 1963.
- BLANCO JUSTE, R. *Elementos de Historia Natural*. Madrid. Imprenta de Ricardo Rojas, 1909.
- BOLT, B. A. *Terremotos*. Barcelona. Reverté, 1981.
- BUFFON. *Teoría de la Tierra*, tomo IV. Barcelona. Imprenta A. Bergnes, 1832.
- BUSQUETS, P. *et al.* «Síntesis divulgativa de la estructura geológica del NE peninsular». *Simposios. III Congreso geológico de España y VIII Congreso latinoamericano de Geología*. Tomo 1. Salamanca. Varona, 1992.
- CAÑEQUE, J.; MARTÍNEZ, J.; PULIDO, C. y ROIZ, J. M. *Actividades de laboratorio, Geología II*. Libros de alumno y profesor. Madrid. Mare Nostrum, 1990.
- CHOUKROUNE *et al.* *Boletín Geológico y Minero*. TXC1. Primer fascículo, pp. 45. Madrid. ITGME, 1980.
- CHOUKROUNE *et al.* «La Terre, de l'observation à la Modelisation». *Le courrier du CNRS*, dossiers scientifiques n.º 76, (julio, 1990).
- DERUAU. *Geomorfología*. Barcelona. Ariel, 1966.
- GÓMEZ MENDOZA, J. *et al.* *El pensamiento geográfico*. Madrid. Alianza Universidad, 1982.
- HALLAM, A. *Grandes controversias geológicas*. Barcelona. Labor, 1985.
- HOBBS, B.; MEANS, W.; WILLIAMS, P. *Geología estructural*. Barcelona. Omega, 1981.
- JULIVERT *et al.* *Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España*. Tomo II. Madrid. ITGME, 1983.
- MATTAUER, H. *Las deformaciones de la corteza terrestre*. Barcelona. Omega, 1976.
- MATTE. «La chaîne varisque parmi les chaînes paleozoïques peri-atlantiques, modèle d'évolution et position des grands blocs continentaux du Permo-Carbonifère». *Bull. Geol. France*, 2, pp. 9-24 (1986).
- MELÉNDEZ, B. y FUSTER, J. M. *Geología*. Madrid. Paraninfo, 1978.
- MILLER, R. *Continentes en colisión*. Barcelona. Planeta S. A., 1987.
- PAYO, G. *La sismicidad de la Meseta*. Madrid. Instituto Geográfico y Catastral, 1977.
- PODRAZHANSKI, A. *et al.* *Hacia los misterios del fondo marino*. Ed. Progreso, 1990.
- POWEL, C. S. «Mirando hacia dentro». *Investigación y Ciencia*, 179, 1991.
- PULGAR, *et al.* *Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España*, Tomo II, Madrid. ITGME, 1983.
- RIBEIRO, *et al.* *Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España*, Tomo II, Madrid. ITGME, 1983.

SAWKINS FREDERICK, J. *et al.* *The evolving earth, a text in physical geology*. London. Collier MacMillan International, 1978.

STRAHLER. *Geología Física*. Barcelona. Omega, S. A., 1987.

SUMMERFIELD, M. A. *Global Geomorphology*. Londres. Longman Scientific and Technical, 1991.

TERÁN, M. y SOLÉ SABARIS, L. *Geografía de España y Portugal*. Tomo I. Barcelona. Montaner y Simón, 1952.

UDÍAS, A. *Física de la Tierra*. Madrid. Alhambra, 1981.

UDÍAS, A. *et al.* *Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España*. Tomo II, Madrid. ITGME, 1983.

UDÍAS, A. *La Tierra: Estructura y dinámica*. Libros de Investigación y Ciencia. 1987.

WEGENER, A. *El origen de los continentes y océanos*. (Traducción de F. Anguita Virella y J. C. Herguera). Madrid. Pirámide, 1983.

VV. AA. (Coordinador: Díaz del Río, V.) *El margen continental mediterráneo*. Madrid. I. Oceanográfico. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1991.

VV. AA. *Impactos económicos y sociales de los riesgos geológicos de España*. ITGME, 1982.

VV. AA. *Enciclopedia Salvat de las Ciencias*. Pamplona. Salvat, 1968.

Atlas Nacional de España, sección II. Grupos 5 y 6. *Geografía y relieve*. Madrid. IGN, 1993.

Atlas Nacional de España, sección III. Grupo 8. *Geofísica*. Madrid. IGN, 1993.

Bibliografía

BARAHONA, S. y MARTÍNEZ, J. «Una producción para la geología del D.G.I.I.» *Revista de Enseñanzas Medias*, 7. Madrid. M.E.C.

Detalla una propuesta de programación basada en un enfoque geomodélico.

CAAMANO ROS, A. y MARTÍNEZ, A. *Orientaciones didácticas para la elaboración de unidades didácticas*. Curso de actualización docente y didáctica. M.E.C.

Incluye todo tipo de orientaciones para la elaboración y puesta en práctica de unidades didácticas.

PUERTO, M.^a A. y SANCHO, J. «Implicaciones didácticas del D.C.B. en Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas» *Educación abierta*, 96. I.C.E. de la Universidad de Zaragoza.

Incluye todo tipo de orientaciones para la planificación y puesta en práctica de unidades didácticas.

GIL PÉREZ, D. «Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias» *Enseñanza de las ciencias*, 1983, 26-33.

Se trata de un análisis comparativo de los tres enfoques didácticos básicos: Descubrimiento autónomo, Transmisión-recepción y Descubrimiento guiado.

GRANDA VERA, A. «Esquemas conceptuales previos de los alumnos en geología» *Enseñanza de las ciencias*, 1982, 10 (2), pp. 159-164.

Se presentan los resultados del inicio de una investigación que tiene por objetivo comprobar la existencia de determinadas concepciones de los alumnos en geología no coincidentes con las de la ciencia actual.

Bibliografía y recursos

- ÁGUEDA, J. *et. al. Geología*. Madrid. Rueda, 1983.

Es un tratado general de geología. Los temas son tratados partiendo de conocimientos previos en algunos casos elevados, esto dificulta la comprensión. Destacan los temas de estratigrafía y medios sedimentarios.

- ANGUITA, F. y MORENO, F. *Procesos geológicos internos*. Madrid. Rueda, 1991.

Estudio de los fenómenos producidos en el interior de la tierra a consecuencia de su dinámica. Tiene un lenguaje sencillo y didáctico. Está muy actualizado y sus esquemas constituyen un aporte sustancial.

El texto del mismo título y autores editado por Edelvives en 1978, tenía la ventaja, para alumnos de Bachillerato, de presentar un lenguaje aún más sencillo e iniciar los temas desde un nivel muy elemental.

- BARAHONA, S. y MARTÍNEZ, J. «Una propuesta para la geología del C.O.U.» *Nueva revista de Enseñanzas Medias*, 7. Madrid. M.E.C.

Detalla una propuesta de programación basada en un enfoque geomorfológico.

- CAAMAÑO ROS, A. y HUETO, A. *Orientaciones teórico-prácticas para la elaboración de unidades didácticas*. Curso de actualización científica y didáctica. M.E.C.

Incluye todo tipo de orientaciones para la planificación y puesta en práctica de unidades didácticas.

- HUETO, M.^a A. y SANCHO, J. «Implicaciones didácticas del D.C.B. en Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas». *Educación abierta*, 98. I.C.E. de la Universidad de Zaragoza.

Incluye todo tipo de orientaciones para la planificación y puesta en práctica de unidades didácticas.

- GIL PÉREZ, D. «Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias». *Enseñanzas de las ciencias*. 1983, 26-33.

Se trata de un análisis comparativo de las tres alternativas didácticas básicas: Descubrimiento autónomo, Transmisión-recepción y Descubrimiento guiado.

- GRANDA VERA, A. «Esquemas conceptuales previos de los alumnos en geología». *Enseñanza de las ciencias*, 1992, 10 (2), pp. 159-164.

Se presentan los resultados del inicio de una investigación que tiene por objetivo comprobar la existencia de determinadas concepciones de los alumnos en geología no coincidentes con las de la ciencia actual.

Bibliografía

- ☑ STRAHLER. *Geología Física*. Barcelona. Omega, 1987.

Tratado de Geología general. Se caracteriza por la sencillez de lenguaje. Los temas son tratados desde conocimientos mínimos elevando el nivel a medida que se profundiza en los temas. Los gráficos son muy atractivos, complementan y documentan adecuadamente los temas.

- ☑ VV. AA. *Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España*. Tomo II. Madrid. ITGME, 1983.

Se presenta en tres volúmenes y se trata de una recopilación de estudios regionales de geología, especialmente del hercínico (tomo I). Muchos de ellos son el resultado de trabajos de investigación y tesis doctorales, por lo que el nivel es elevado.

En el prólogo viene una síntesis de la geología peninsular.

Los estudios están ordenados por regiones y temas (estratigrafía, tectónica, metamorfismo, plutonismo).

Contiene gran cantidad de esquemas y mapas locales y regionales, que pueden una vez simplificados utilizarse en el bachillerato.

- ☑ VV. AA. *El medio físico: topografía y relieve*. M.E.C. y Ed. Vicens Vives, 1988.

Carpeta con diversos cuadernos y materiales de uso. Diferencia material del profesor y actividades de aula. Incluye diapositivas de paisajes españoles.

Otros recursos

Mapas e imágenes

- ☑ *Atlas Nacional de España*. Madrid. IGN, 1993.

Nueva publicación del IGN, son numerosos fascículos de los que nos interesan los de geología y geofísica.

Presenta un nivel adecuado para el bachillerato, con un lenguaje sencillo. Trata temas como la geología de España, la tectónica, terremotos, estructura interna de la Tierra, etc. Sin duda su mayor valor radica en la excepcional cartografía que presenta, siendo un documento de trabajo básico.

- ☑ *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Escala 1: 1.000.000. Madrid. ITGME, 1980.

En este mapa aparecen netamente diferenciadas las distintas áreas estructurales, direcciones de plegamiento, sistemas de fracturas... de la Península e islas Baleares.

El mapa se acompaña de un texto que describe las unidades, informa acerca de las condiciones de formación de las rocas que se encuentran en cada uno de los dominios y subdominios estructurales y hace un estudio de la tectónica de fractura a lo largo del tiempo.

- ☑ *Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias*. Escala 1: 1.000.000. Madrid. ITGME, 1980.

A partir del mapa geológico de España se puede obtener mucha información acerca de distintos aspectos: litología (España, silíceo, calcáreo...), edad de los materiales, direcciones estructurales, etc.

- *Mapas de síntesis geológica*. Escala 1: 200.000. Madrid. ITGME, 1971-1972.

Este tipo de mapas ayudan a conocer los grandes rasgos de la geología de una región y pueden ser muy útiles en la preparación de salidas al campo. Se acompañan de una memoria sobre estratigrafía, tectónica y geología histórica.

- *Mapas geológicos provinciales*. Escala 1: 200.000. Madrid. ITGME, 1964-1969.

Se han publicado los de algunas provincias, entre ellas: Almería, Cádiz, Canarias, La Coruña, Lérida, Madrid (agotado), Salamanca y Valencia.

- *Atlas geográfico del medio natural*. Serie Medio Ambiente. Madrid. ITGME, 1988.

Se trata de un estudio global del medio físico necesario para evaluar impactos y adecuar las demandas humanas a las posibilidades y equilibrio del mismo. Hay que destacar que los textos que incluyen son claros y bien ilustrados con esquemas, bloques-diagrama y fotografías.

Incluyen estudios generales: geología, fisiografía, recursos, etc.

Se han publicado los de: Almería, Alicante, Burgos, La Coruña y Madrid.

- *Carte du fond des océans*. Hachette. Guide Bleus. Paris. Draeger imp.

El mapa de fondos oceánicos constituye un documento imprescindible para la comprensión de la teoría de la tectónica de placas. El modelado presente en el fondo de los océanos es consecuencia de la serie de fenómenos que se desarrollan en la corteza terrestre y que son explicados por dicha teoría.

- *Imágenes de satélite*

Son documentos importantísimos para la observación del relieve peninsular tal y como se ve desde el cielo, las distintas escalas hacen de ellos documentos imprescindibles bien para el estudio del relieve y estructura peninsular, (escalas 1: 1.000.000; *Mosaico fotográfico de la península Ibérica e Islas Baleares*, 1980), como para el estudio regional con las nuevas ortomágenes de IGN en color y escala 1: 100.000 (tomadas entre 1975-1987 y publicadas en 1991). La cantidad de información que podemos extraer de las mismas es considerable.

- *Fondos del Mediterráneo*. Hachette. Guide Bleus. Paris.

- *Mapa topográfico de la Península*. Escala 1: 1.000.000. IGN, 1991.

- *Mapa de sismicidad del área ibero-magrebí*. Escala 1: 4.000.000. IGN, 1983.

- *Pares estereográficos locales*. Escala aproximada 1:18.000, vuelo nacional de 1987.

Materiales audiovisuales

- *Planeta Tierra*. IBM.

Varios capítulos de unos cincuenta minutos de duración. Muy interesante desde el punto de vista de recapitulación ya que tiene unas imágenes buenas y didácticas, la dificultad de uso de materiales está relacionada con el exceso de información.

- ATTEMBOURG, D. *Planeta viviente*. Capítulo nº 1: Los hornos de la Tierra.

- *Volcán: Nacimiento de una montaña*. Áncora, EBB.

- *Diapositivas de procesos internos*. M.E.C.

Colección de diapositivas que comprenden fotografías, dibujos y esquemas muy claros y actualizados.

Anexo: Currículo oficial (*)

Introducción

La geología posee un campo de investigación propio que consiste en conocer la estructura, composición, origen y evolución de la Tierra. Este campo se ha ampliado en la actualidad, gracias a la exploración espacial, a otros planetas del sistema solar. Hoy en día, la geología se encuentra en una fase caracterizada por disponer de una teoría global aceptada por la comunidad científica, la «tectónica de placas», esencial para entender la dinámica de nuestro planeta, interpretar su pasado y predecir su futuro.

Muchos de los hechos que estudia la geología conectan con campos de gran interés para el hombre: «la formación de la Tierra», «la explicación de los volcanes y terremotos», «¿desde cuándo existimos como especie?», «causa de la extinción de los dinosaurios y de otras formas de vida», etc. La geología es un punto de partida en la resolución de diversos problemas que nuestra sociedad tiene planteados, entre los que destacan, la investigación sobre fuentes alternativas de energía y la búsqueda de nuevos yacimientos de gas, carbón y petróleo; el abastecimiento de materias primas para alimentar las necesidades de una sociedad en continuo crecimiento y desarrollo; la reducción en la pérdida de vidas humanas y en daños económicos que se producen como consecuencia de accidentes naturales de origen geológico, tales como, deslizamientos en laderas, inundaciones, terremotos, etc; la realización de importantes obras públicas (autovías, edificios, presas, etc.) con garantías de seguridad. Hoy sabemos que cualquier uso del territorio (ya sea minero, urbano, vial, recreativo, agrícola, etc) necesita un estudio de tipo ambiental que permita evitar impactos desastrosos e irreversibles en el medio.

En el Bachillerato, los contenidos de Geología se estructuran en cuatro grandes apartados: la naturaleza físico- química de la Tierra, la dinámica geológica, la historia de la Tierra y la geología de España. En el primero se aborda el estudio de las características físicas y químicas de la Tierra y del comportamiento de la misma desde un punto de vista termodinámico. El segundo corresponde al análisis de la naturaleza de los procesos de la dinámica geológica: metamorfismo, magmatismo y deformaciones, meteorización, erosión, sedimentación y diagénesis, sin olvidar la influencia que estos procesos tienen en la biosfera y en la superficie geográfica terrestre. El estudio de la historia de la Tierra se centra en la comprensión de los procedimientos usados para conocer el pasado de la misma, así como en el conocimiento de los principales hitos históricos de nuestro planeta. Finalmente, otra dimensión importante de esta materia es la geología regional, que se concreta en el conocimiento de los principales rasgos geológicos de España y de la relación existente entre la geología regional y la evolución histórica.

(*) Resolución de 29 de diciembre de 1992, de la Dirección General de Renovación Pedagógica, por la que se regula el currículo de las materias optativas de Bachillerato («B.O.E.» nº 25 de 29 de enero de 1993).

El papel educativo de la Geología en el Bachillerato es además de ampliar y profundizar en los conocimientos geológicos adquiridos en etapas anteriores, contribuir a que los alumnos y alumnas utilicen los conocimientos adquiridos en otras ciencias experimentales, así como favorecer el desarrollo de su pensamiento formal. Por otro lado, muestra la importancia de la existencia de las teorías en el desarrollo de la ciencia. Finalmente, en esta etapa del final de la secundaria, la Geología acentúa su carácter orientador y preparatorio para estudios posteriores.

En la mayoría de las materias de la modalidad de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud, los dos primeros núcleos de contenidos recogen contenidos comunes a todos los demás. Presentan principalmente contenidos procedimentales y actitudinales, que se refieren a una primera aproximación formal al trabajo científico, y a la naturaleza de la ciencia, en sí misma y en sus relaciones con la sociedad y con la tecnología.

Objetivos generales

El desarrollo de esta materia ha de contribuir a que los alumnos y alumnas adquieran las siguientes capacidades:

1. Comprender los principales conceptos de la geología y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que éstos desempeñan en su desarrollo.
2. Resolver problemas que se les planteen en la vida cotidiana, seleccionando y aplicando los conocimientos geológicos relevantes.
3. Utilizar con autonomía las estrategias características de la investigación científica (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, planificar diseños experimentales, etcétera) y los procedimientos propios de la geología, para realizar pequeñas investigaciones y, en general, explorar situaciones y fenómenos desconocidos para ellos.
4. Comprender la naturaleza de la geología y sus limitaciones, así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de trabajar para lograr una mejora de las condiciones de vida actuales.
5. Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia, que les permita expresarse críticamente sobre problemas actuales relacionados con la geología.
6. Comprender que el desarrollo de la geología supone un proceso cambiante y dinámico, mostrando una actitud flexible y abierta frente a opiniones diversas.

Contenidos

Aproximación al trabajo científico

- Procedimientos que constituyen la base del trabajo científico: planteamiento de problemas, formulación y contrastación de hipótesis, diseño y desarrollo de experimentos, interpretación de resultados, comunicación científica, utilización de fuentes de información.
- Importancia de las teorías y modelos dentro de los cuales se lleva a cabo la investigación.
- Actitudes en el trabajo científico: cuestionamiento de lo obvio, necesidad de comprobación, de rigor y de precisión, apertura ante nuevas ideas.
- Hábitos de trabajo e indagación intelectual.

Geología, tecnología y sociedad

- Análisis de la naturaleza de la geología: sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su evolución, la interpretación de la realidad a través de modelos.
- Relaciones de la geología con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad. Valoración crítica.
- Influencias mutuas entre la sociedad, la geología y la tecnología. Valoración crítica.

Materia y energía de la tierra

- Calor y temperatura del interior terrestre: su origen y consecuencias. Flujo de energía en la Tierra.
- Gravedad y magnetismo terrestre.
- Estructura de la Tierra. Origen y composición.
- Tipos de materiales geológicos. Aproximación a la comprensión de la naturaleza de la materia mineral. Los minerales más abundantes. Los yacimientos minerales. La transformación de las rocas.

Los procesos geológicos

- Tipos de rocas magmáticas. Rocas magmáticas de interés industrial. El magmatismo en la tectónica de placas. Las manifestaciones volcánicas y la vida humana. Las rocas magmáticas en el paisaje.
- El metamorfismo: físico-química del metamorfismo, tipos de metamorfismo y de rocas metamórficas. Rocas metamórficas de interés industrial. El metamorfismo en el contexto de la tectónica de placas. Las rocas metamórficas en el paisaje.
- Diastrofismo: factores de deformación, tipos de deformaciones. La deformación en relación a la tectónica de placas. La influencia de las deformaciones en la vida humana. Las deformaciones en el paisaje.
- La erosión de la superficie terrestre: agentes, modelado del relieve, las rocas y facies sedimentarias. Yacimientos minerales de origen sedimentario.
- El análisis geomorfológico: los sistemas morfoclimáticos templado-húmedo y árido. Influencias de la estructura en el modelado del relieve.
- Las manifestaciones de los procesos geológicos internos y externos en otros cuerpos del sistema solar.

Historia de la tierra

- Series estratigráficas como una vía de identificación de los procesos biológicos y geológicos acontecidos en una región.
- Uniformismo y actualismo. Su aplicación en la reconstrucción de la historia geológica.
- Facies sedimentarias: identificación e interpretación.
- Datación relativa y absoluta: estudio de cortes geológicos.
- Principales acontecimientos en la historia geológica de la Tierra.

Geología de España y del entorno regional

- Los rasgos característicos y básicos de la geología de España: macizo ibérico, montañas circundantes y periféricas, depresiones, islas Baleares y Canarias.
- Evolución geológica de España en el marco de la tectónica de placas.

Criterios de evaluación

1. *Deducir a partir de mapas topográficos y geológicos sencillos de una zona determinada la existencia de estructuras geológicas concretas, así como la relación entre dichas estructuras y el relieve.*

Se pretende comprobar que el alumnado sabe analizar mapas sencillos, aplicando para ello las reglas básicas de interpretación cartográfica en geología: identificación de los tipos de contacto entre las rocas, disposición de las capas, etc.

2. *Identificar en cortes geológicos sencillos las distintas formaciones litológicas presentes y aplicar criterios cronológicos diversos para datar cada una de las formaciones.*

Este criterio permite averiguar si los estudiantes relacionan los diferentes tipos de procesos geológicos (fossilización, intrusiones magmáticas, transgresiones y regresiones marinas, etc) con las huellas que de ellos encontramos en el subsuelo de una región en particular. Al mismo tiempo sirve para comprobar si saben aplicar los principios de la cronología relativa correctamente.

3. *Utilizar satisfactoriamente diversos instrumentos y técnicas como son: estereoscopio, lupa binocular, tabla cronoestratigráfica, láminas delgadas y bloques diagrama.*

Es necesario comprobar si el alumnado sabe utilizar adecuadamente estos instrumentos básicos en el quehacer geológico.

4. *Identificar los tipos de rocas más frecuentes en el entorno regional, especialmente aquellos que se utilicen en monumentos, edificios y otras aplicaciones de interés social o industrial.*

Este criterio ha de servir para averiguar el grado de conocimiento que tiene el alumnado de las rocas más abundantes en el subsuelo del entorno regional y al mismo tiempo si puede identificarlas a partir de muestras de mano y cortes geológicos.

5. *Relacionar la investigación geológica con actividades de nuestra civilización, tales como la prospección y explotación minera (carbón, petróleo, metales, combustibles radiactivos, áridos, etc), la búsqueda de emplazamientos para los residuos radiactivos, la localización y explotación de aguas subterráneas, la construcción de edificios y vías públicas, etc.*

Se trata de averiguar si los alumnos y alumnas conocen que detrás de todas estas actividades existe un conjunto de conocimientos y técnicas de trabajo específicas. Se requiere saber en qué consiste la investigación geológica y en qué ámbitos del desarrollo social incide.

6. *Aplicar las teorías geológicas más destacadas (ciclo de erosión normal y tectónica de placas) para interpretar diferentes regiones de nuestro planeta.*

Este criterio permite saber hasta qué punto cada uno de estos dos modelos puede explicar las principales características geológicas y topográficas de algunas regiones del planeta, como la costa californiana o la meseta castellana, por ejemplo.

7. *Identificar las características más importantes de la materia mineral, y establecer algunas relaciones sencillas entre la composición química, la estructura cristalina y el comportamiento físico-químico.*

Se trata de ver si los alumnos saben reconocer, describir y explicar la existencia de determinadas propiedades en los minerales (densidad, color, solubilidad, forma de cristalización, etc).

8. *Describir el comportamiento global del planeta Tierra, considerando el origen y naturaleza de los tipos de energía presentes, el flujo y balance de energía y los procesos dinámicos que le caracterizan.*

Se pretende comprobar si el alumnado posee una visión termodinámica del sistema Tierra, si establece relaciones entre los flujos de energía y los procesos geológicos y sabe hacer un análisis crítico del denominado «ciclo geológico».

9. *Valorar la influencia de los procesos geológicos en el medio ambiente y en la vida humana.*

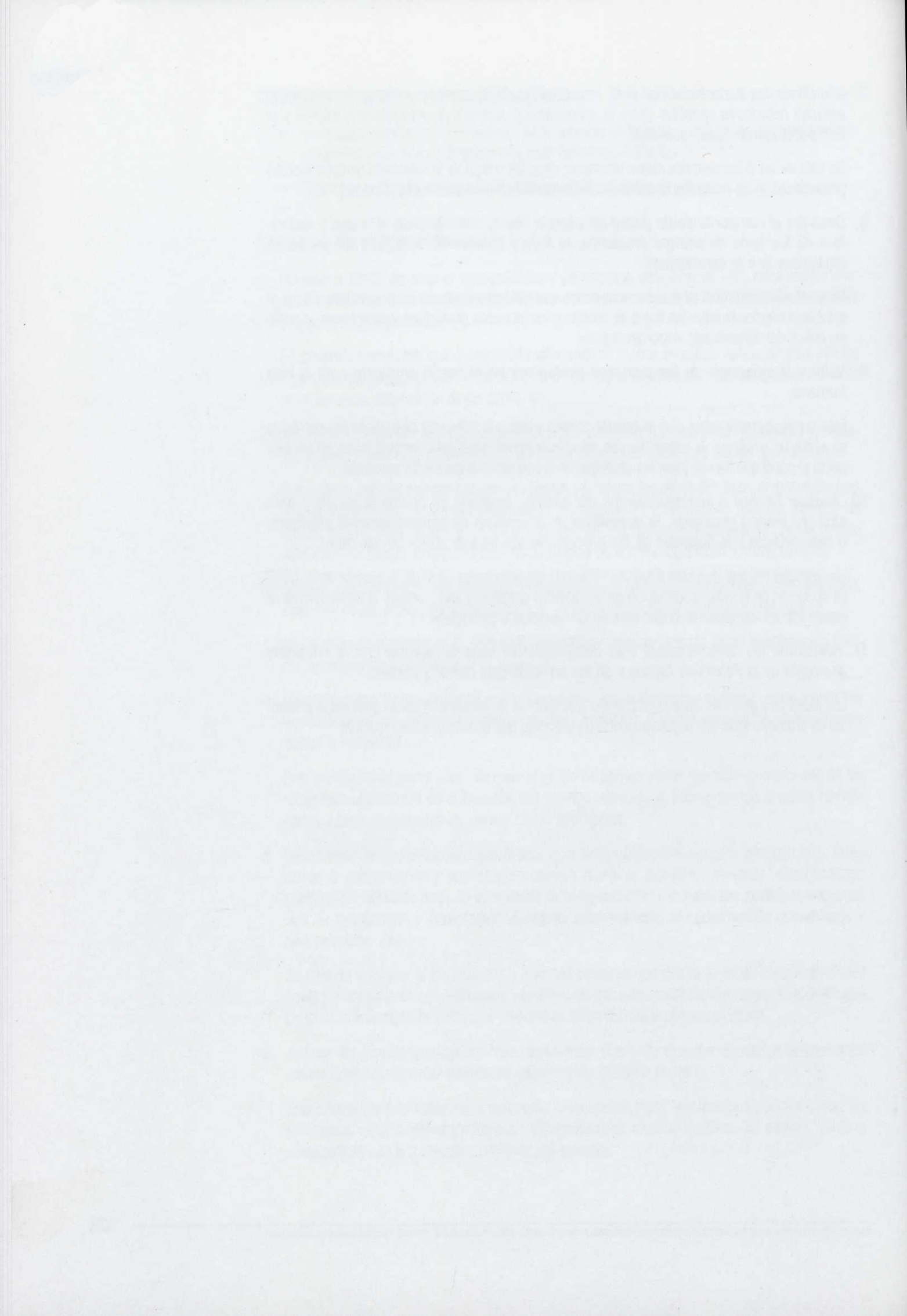
Este criterio permite saber si el alumnado conoce y valora la influencia de la dinámica geológica en el medio ambiente. Al mismo tiempo, es el instrumento para conocer cuál es su actitud respecto al papel que han de jugar los geólogos en el uso racional del medio ambiente.

10. *Analizar hechos o acontecimientos del pasado, teniendo en cuenta la escala y división del tiempo geológico, la posibilidad de ocurrencia de acontecimientos graduales o catastróficos y la fiabilidad de los procedimientos para la obtención de datos.*

Los estudiantes han de saber situar en el tiempo los principales hitos de la historia de la Tierra (la aparición de la vida, la formación de las grandes cordilleras, etc) y aplicar la dimensión de la escala espacio-temporal en la que ocurren los fenómenos geológicos.

11. *Relacionar las características más destacadas del entorno regional con la evolución geológica de la Península Ibérica y de los archipiélagos balear y canario.*

Los alumnos y alumnas deben comprender que muchas de las características geológicas presentes en el ámbito local son la consecuencia de procesos que ocurren a escala regional.



DIRECCIÓN GENERAL DE RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

Subdirección General
de PROGRAMAS EXPERIMENTALES