

## TEMA 6: GEOSFERA (I). DINÁMICA INTERNA.

1. La Geosfera como sistema.
2. Estructura y composición de la Tierra.
3. Procesos internos.
  - 3.1. Tectónica de placas.
  - 3.2. Procesos sísmicos.
  - 3.3. Procesos volcánicos.
  - 3.4. Deformaciones tectónicas.

### 1. LA GEOSFERA COMO SISTEMA

La geosfera es el sistema de mayor tamaño y soporte de los demás sistemas. Es la parte sólida del planeta. Básicamente está formada por minerales y rocas dispuestas en capas.

Se encuentra en equilibrio dinámico, ello se debe a que actúan dos tipos de energía.

- **Energía que tiene su origen en el interior de la Tierra:** energía geotérmica, que procede de:

- . Desintegración de los materiales radiactivos (uranio, radio, talio,...).
- . Calor residual o remanente que se desprendió en los procesos de formación de la Tierra, y que conserva la Tierra desde su formación.

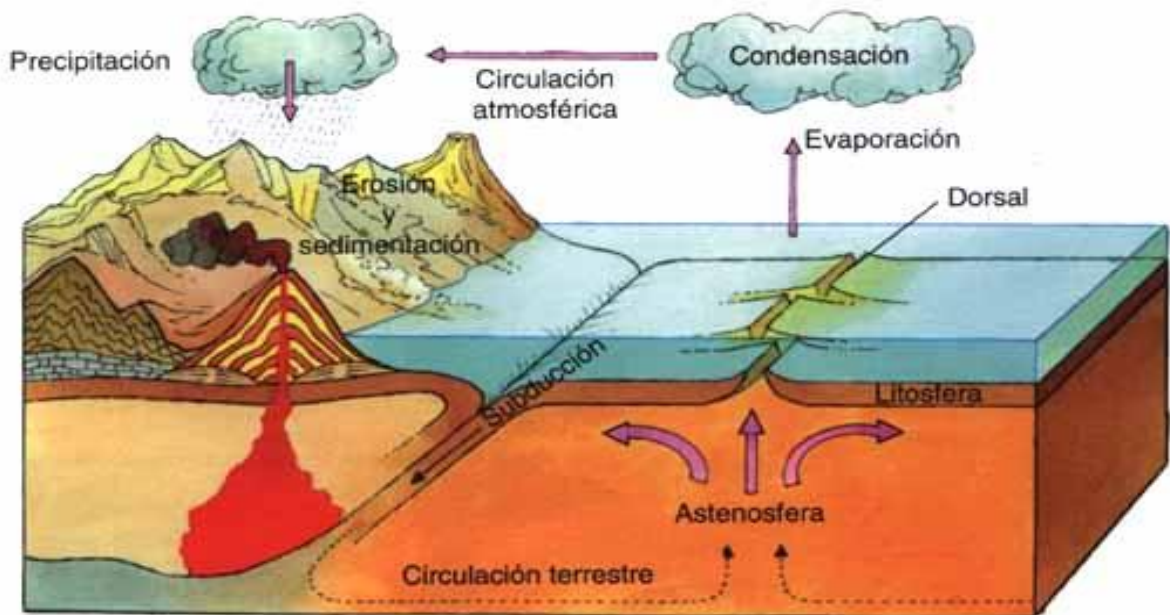
Las rocas son, en general, malas conductoras del calor, no todas tienen la misma conductividad, el resultado es que en el interior de la Tierra, existen zonas a elevadísimas presiones y temperaturas y otras zonas donde los valores son más bajos. Estas diferencias provocan la aparición de tensiones y fuerzas responsables de los procesos internos, constructores del relieve: procesos orogénicos, procesos magmáticos y metamórficos.

La **energía geotérmica o calor interno de la Tierra** corresponde a un aumento medio de temperatura de 0,03 °C por metro que se profundiza (30 °C/km.). La variación de la temperatura con respecto a la profundidad se denomina **gradiente geotérmico**. Este gradiente se mantiene durante los primeros kilómetros de profundidad, después disminuye, pues si siguiese constante el núcleo tendría tal temperatura que estaría volatilizado.

El **flujo térmico** viene dado por:  $Q = K \cdot \text{gradiente geotérmico}$  ( $Q$  = flujo térmico, que se define como la cantidad de calor que la Tierra libera por unidad de superficie y tiempo;  $K$  = conductividad de las rocas).

- **Energía procedente del sol:** es la responsable de los procesos geológicos externos, destructores del relieve. Son: meteorización, erosión, transporte y sedimentación.

Estos procesos suceden ininterrumpidamente describiendo un ciclo llamado **Ciclo Geológico**. Durante este ciclo se produce un intercambio de materia y energía de la geosfera con los otros sistemas, por lo que la geosfera es un sistema abierto que interacciona con la atmósfera, hidrosfera y la biosfera.



La mayoría de los procesos geológicos son muy lentos y graduales, actúan durante miles o millones de años, pero algunas de sus fases liberan una gran cantidad de energía y pueden movilizar una gran cantidad de masa dando lugar a **fases paroxísmicas** que entrañan riesgos para el hombre. (ejem. Proceso fluvial gradual y una avenida).

## 2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA TIERRA

Los materiales de la geosfera se disponen en unidades o capas concéntricas que presentan comportamiento físico y composición química diferentes. Podemos diferenciar 2 modelos al estudiar la estructura de la Tierra:

Por su composición química (**modelo geoquímico**) la Tierra se encuentra diferenciada en:

- **Corteza:** Es la capa más superficial de la geosfera, es muy delgada en comparación con el resto de la geosfera. Representa el 1% de la masa y el 1,6% del volumen. Está formada por silicatos hidratados. Es poco compacta. Está separada del manto por la discontinuidad de Mohorovicic (Moho).

- . Corteza continental: Forma la mayor parte de los continentes. Su espesor es variable aunque tienen un espesor medio de 30 km. Su espesor es mayor bajo las grandes cordilleras donde la discontinuidad de Moho se encuentra a unos 70-80 km. de profundidad. Es la capa más estable de la corteza. Es rica en aluminio (Al), sodio (Na) y potasio (K), (la roca más abundante es el granito, aunque también están presentes rocas metamórficas como el gneis y rocas sedimentarias en menor proporción). Es mucho más antigua que la corteza oceánica.

- . Corteza oceánica: Forma el fondo de los océanos. Es más delgada y densa que la continental. Es relativamente uniforme en su composición. Es más rica en calcio (Ca), hierro (Fe), y magnesio (Mg). Tiene un espesor medio de unos 10 km. Las rocas de la corteza oceánica (fundamentalmente basaltos y gabros) nunca superan 180 millones de años, porque la litosfera oceánica se crea y se destruye constantemente

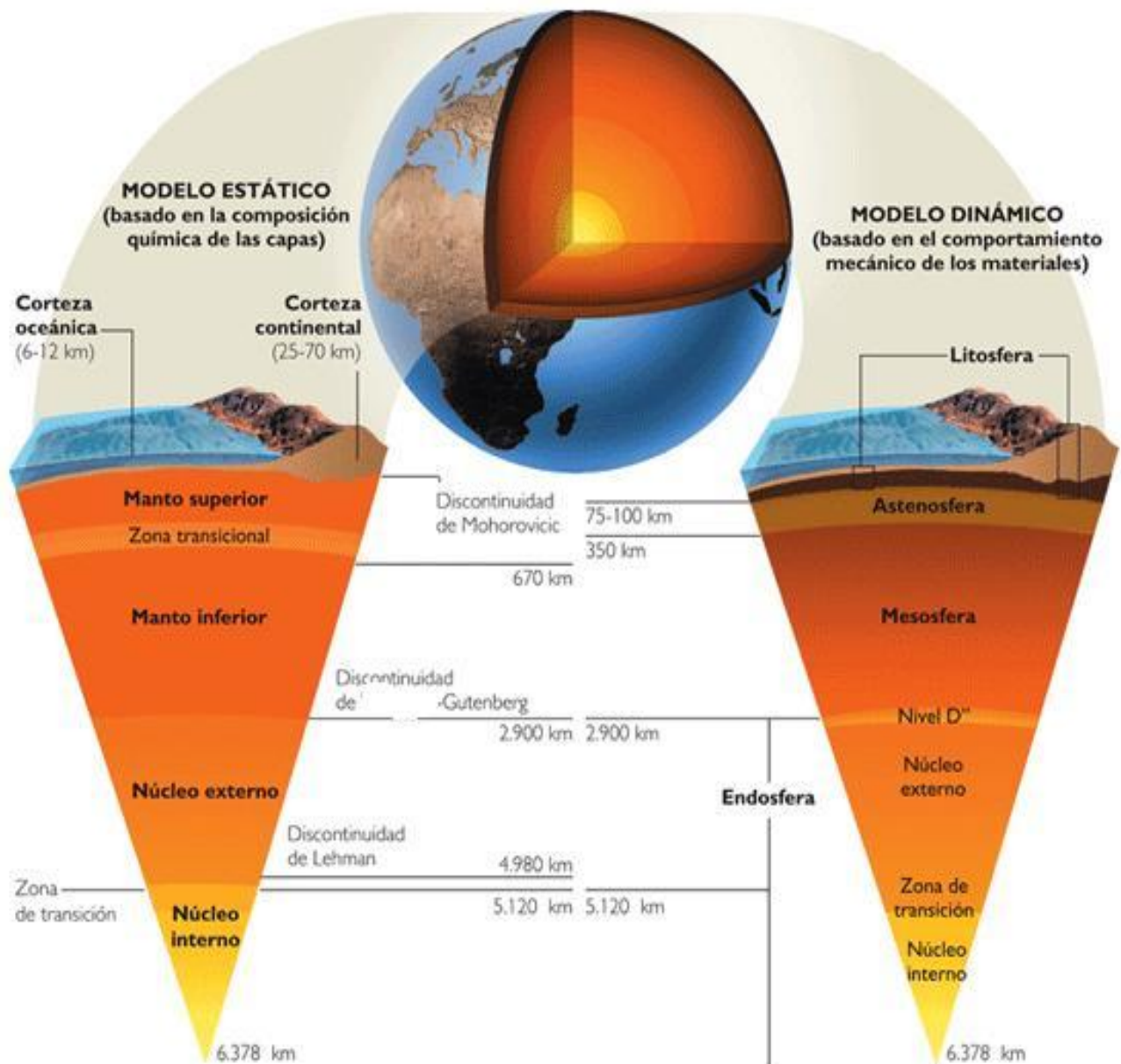
- **Manto:** Capa intermedia más extensa, que constituye el 68% de la masa y el 82% del volumen. Los materiales están compactados debido a la presión (la roca predominante se cree que es la peridotita). Está formada por silicatos muy densos. Se divide en:

- . Manto superior: Se extiende hasta los 700 km. de profundidad. La presión y temperatura que presenta permiten que sus rocas tengan plasticidad y sean capaces de fluir.

- . Manto inferior: Alcanza hasta los 2900 km. Limita con el núcleo mediante la discontinuidad de Gutenberg. El aumento de presión y temperaturas que los minerales cambian hacia formas de estructura compacta y densa.

El límite entre manto superior y manto inferior se denomina discontinuidad de Repetti. La densidad aumenta progresivamente de los 3,2 g/cm<sup>3</sup> en la parte superior hasta los 5,5 g/cm<sup>3</sup> en las zonas próximas al núcleo. La temperatura asciende progresivamente desde los 1500 °C hasta los 3000 °C.

- **Núcleo:** Situado en la parte más interna. Constituye el 32% de la masa y el 16% del volumen. Las rocas que lo constituyen están formadas principalmente por hierro (Fe) y níquel (Ni) en un 90 % y el resto se cree que son elementos más ligeros como Si, S y O. Estos materiales le dan una elevada densidad entre 10 y 13 g/cm<sup>3</sup>, y son los responsables del campo magnético terrestre. Se divide en dos capas entre las cuales se encuentra la discontinuidad de Lehmann-Wiechert situada a unos 5100 km.:
  - . Núcleo externo que se extiende hasta los 5100 km. Su temperatura es de unos 4000 °C y es líquido y bastante fluido.
  - . Núcleo interno que termina en el centro de la Tierra a los 6371 km. Su temperatura es de unos 6000 °C. Es sólido y muy denso.



Por su comportamiento físico (**modelo dinámico**) se distinguen:

- **Litosfera:** Capa sólida con un comportamiento rígido. Comprende la corteza más los 100 primeros km. del manto. No es continua sino que está dividida en placas de distintos tamaños que se mueven o deslizan unas respecto a otras, chocan, se destruyen y se construyen, debido a que están sometidas a los movimientos de convección que tienen lugar en la astenosfera, o **a lo largo de todo el manto**. El espesor de las placas puede variar de 10 km. hasta 300 km. en algunas áreas continentales.
- **Astenosfera:** Dentro del manto superior, es una zona de comportamiento semiplástico. Los materiales están semifundidos, lo que provoca que las ondas sísmicas se propaguen más lentamente. Los materiales de la astenosfera presentan movimientos de convección que son los responsables del movimiento de las placas. Su grosor es variable, se extiende desde la litosfera hasta aproximadamente los 300 km.
- **Mesosfera:** Se corresponde con todo el manto inferior y parte del manto superior. Se comporta como una zona sólida y rígida, que permite sin embargo la existencia de corrientes de convección. En la zona entre el manto y el núcleo existiría una capa denominada **capa D** de la cual ascenderían por convección enormes masas de materiales calientes formando unos penachos o plumas térmicas que pueden llegar hasta la superficie creando los puntos calientes.
- **Endosfera:** Se corresponde con el núcleo. Consta de una parte interna que se comporta rígidamente, como un sólido, y otra externa que se comporta como un fluido, donde se cree que puede haber corrientes de convección que explicarían la existencia del campo magnético terrestre. Estas corrientes estarían provocadas por la diferencia de temperaturas causadas por la distinta acumulación de elementos radiactivos. Los materiales más calientes ascenderían hacia la parte superior del núcleo enfriándose por contacto con el manto y posteriormente descenderían hacia el núcleo interno arrastrados por corrientes frías.

### 3. PROCESO INTERNOS

#### 3.1. TECTÓNICA DE PLACAS (**Completar con la Presentación**).

En el año 1912, el geofísico alemán Alfred Wegener afirmó que los continentes no permanecen estáticos sino que se desplazan. Propuso que los

continentes actuales formaron un continente único al que llamó Pangea, y un único océano llamado Pantalasia. Posteriormente el Pangea se fragmentó y se originaron dos continentes: Gondwana (sur) y Laurasia (norte), separados por el mar de Tetis. Laurasia se volvió a fragmentar dando lugar a Eurasia y América del Norte. Y Gondwana se fragmentó dando lugar a América del Sur, África, Australia, Antártida y la India, que fueron derivando o desplazándose hasta dar lugar a la posición actual.

Estos continentes continuarían desplazándose, por lo que la superficie de la Tierra seguirá cambiando en el futuro.

Wegener aportó varios tipos de pruebas: (ver Powerpoint).

- **Paleontológicas:** La existencia de los mismos fósiles en América, África, Australia, India y Antártida. La distribución de estos fósiles se explica, atendiendo a las ideas evolucionistas, si estos continentes pertenecían a la misma masa continental.
- **Geográficas:** Coincidencia de las líneas de costa entre continentes separados por un océano, se ajustan si se hace a nivel de las líneas que delimitan la plataforma continental.
- **Geológicas:** la coincidencia de formaciones rocosas y estructuras geológicas (cadenas montañosas antiguas) en continentes lejanos.
- **Paleoclimáticas:** Depósitos de glaciación (tillitas) de la misma antigüedad se pueden encontrar en varios continentes hoy muy alejados. De permanecer los continentes en su posición actual no habrían tenido el mismo clima en el pasado.
- **Paleomagnetismo:** El campo magnético terrestre ha variado a lo largo del tiempo. Los minerales de hierro que contienen las lavas de los volcanes se orientan según este campo magnético. (Esta prueba sobre el desplazamiento de los continentes la aporta con posterioridad la Tectónica de Placas).

A esta teoría se la denomina **Deriva Continental** y fue corroborada (en su mayor parte) posteriormente por la **Teoría de la Tectónica de Placas** que fue enunciada entre 1968-1971 por varios científicos.

Wegener cometió **dos fallos** en su teoría y en ellos se basaron los geofísicos de su época para desacreditar su teoría, estos errores son:

- Los continentes se desplazan sobre el fondo oceánico. (Según Tectónica de placas son las placas litosféricas las que se desplazan sobre el manto).
- Las causas que provocan el desplazamiento de los continentes, son por un lado la fuerza centrífuga, originada por la rotación de la Tierra, que da lugar a la fuga polar que hace que los continentes se desplacen

hacia el ecuador, y por otro lado, el frenado mareal provocado por la atracción del Sol y la Luna. (Según Tectónica de placas el movimiento de las placas se debe a corrientes de convección en el manto).

La **teoría de la tectónica de placas** explica el desplazamiento de los continentes, así como las causas que originan dicho desplazamiento, y la distribución de los terremotos y volcanes en la superficie de la Tierra, también la formación de cordilleras. Además esta teoría establece que la litosfera o capa sólida más externa de la Tierra, se encuentra fragmentada en placas y sometida a procesos

dinámicos que suponen su renovación constante.

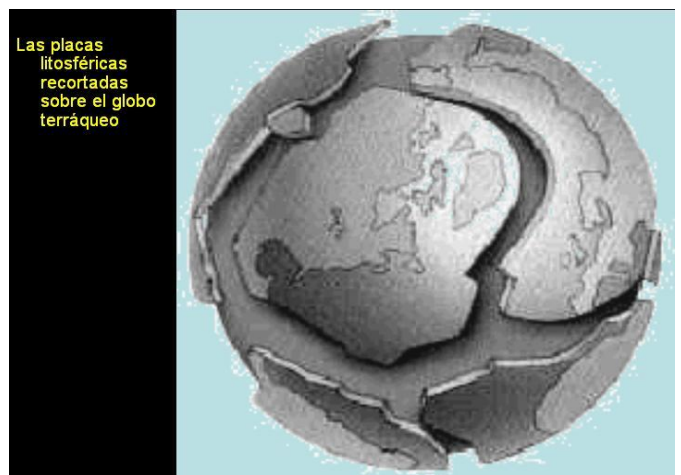
Existen 7 grandes placas: Euroasiática, Africana, Americana del Norte, Americana del Sur, Pacífica, Indoaustraliana y Antártica. Unas están formadas por corteza oceánica y

otras mixtas formadas por corteza continental y oceánica.

Los bordes o límites de placas pueden ser de tres tipos:

### 3.1.1. BORDES O LÍMITES CONSTRUCTIVOS O DIVERGENTES

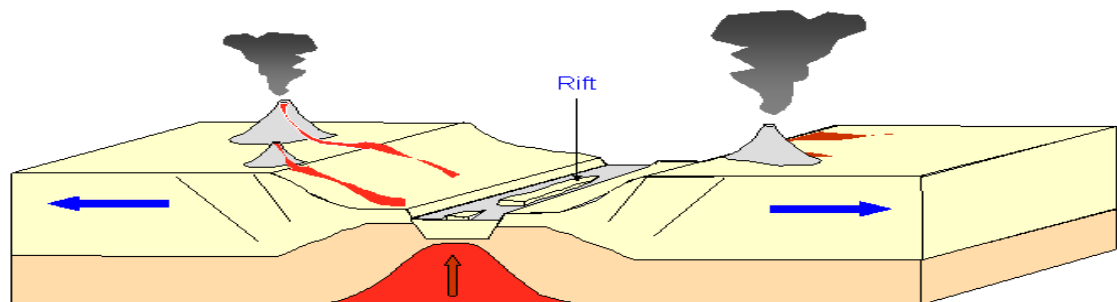
**Dorsales oceánicas**, que es donde se crea litosfera oceánica. Están situados entre dos placas que se separan. El proceso comienza con la formación de corrientes ascendentes en la astenosfera en un punto caliente o a lo largo de una sucesión de puntos calientes debido a temperaturas anormalmente altas en el manto. Estas corrientes ascendentes producen un arqueamiento o domo en la litosfera que hay encima de ellas, la cual queda sometida a tensiones que provocan su estiramiento en profundidad (más caliente y plástica) y la aparición de



fracturas en su parte superior al estar más fría y rígida. Los bloques centrales fallados se hunde, con lo que queda formando una fosa tectónica llamada rift (*Rift Valle o región de los Grandes Lagos en África oriental*).

**Rift continental (Valle del Rift africano).**

*Bajo ciertas zonas de la litosfera a veces se producen corrientes de convección ascendentes por las que suben materiales calientes menos densos. En estas zonas la litosfera continental se abomba, se estira y se fragmenta, produciéndose una depresión o rift en la que se puede acumular el agua y formarse lagos. Se trata de zonas con abundante actividad volcánica. Una zona de este tipo se encuentra en el llamado Gran Valle del Rift Africano.*



59

En estas zonas el magma de la astenosfera asciende subiendo por el rift, se solidifica cuando sale al exterior y se distribuye a ambos lados del rift originando nueva corteza oceánica.

Conforme las dos placas se separan el mar llega a invadir la fosa tectónica, que queda convertida en estrecho mar, como el mar Rojo y el golfo de Adén, y la corteza continental va siendo sustituida por corteza oceánica.

Existen tres grandes dorsales: Atlántica, Índica y Pacífica.

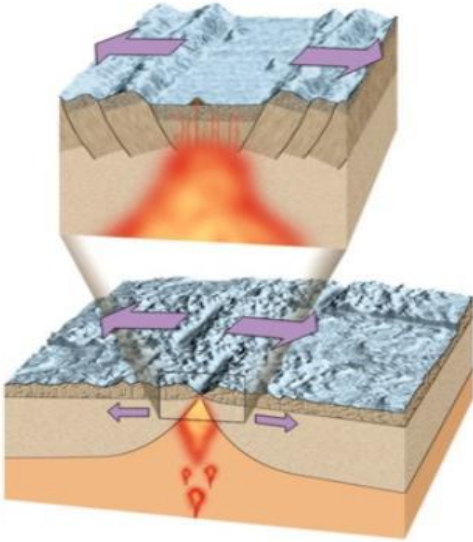
En estas zonas se produce una intensa actividad sísmica y volcánica. Los terremotos son de foco superficial, profundidades inferiores a 70 km., y los magmas o materiales que salen por el rift son de tipo toleítico, formadas principalmente por roca básica (pobres en sílice).

Las dorsales no son continuas, sino que han sufrido una serie de desplazamientos al ser atravesadas por fracturas transversales que se denominan fallas transformantes.

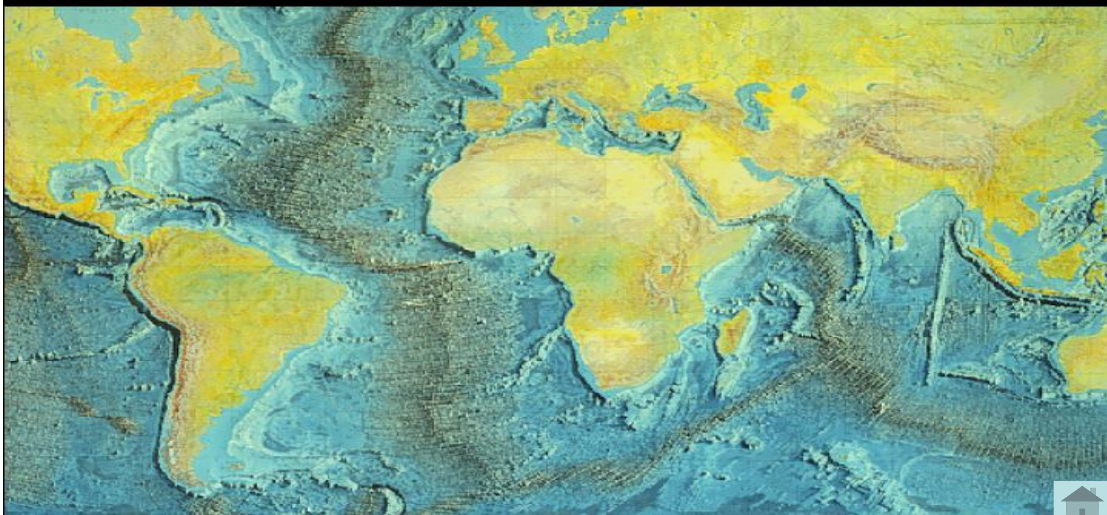
Las dorsales emergen en algunos puntos dando lugar a islas como Islandia y Azores.



### Movimientos de las placas en un borde constructivo: la dorsal del Atlántico.



### Relieve del Fondo oceánico



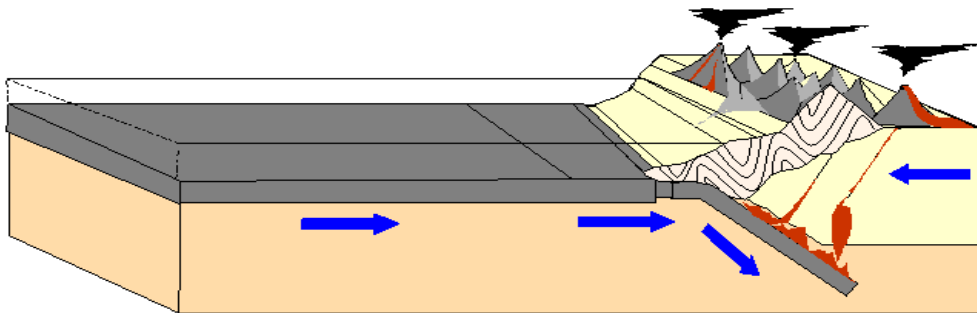
### 3.1.2. BORDES O LÍMITES DESTRUCTIVOS O CONVERGENTES

Zonas de subducción, que es donde se destruye litosfera. Son los límites que se aproximan y ejercen presión una placa sobre la otra, colisionando.  
Tipos:

- **Borde continental converge con borde oceánico:** Es el caso de la costa pacífica de América, donde la corteza oceánica más densa y delgada se hunde bajo el continente incorporándose sus materiales al manto. A este proceso se le denomina subducción. Se produce la formación de fosas oceánicas en la zonas de inflexión de la placa que se curva al subducir. La superficie de contacto entre la litosfera oceánica y continental es inclinada ( $45^\circ$ ) y se denomina superficie de Benioff. Estas zonas son de gran actividad sísmica y volcánica. Los terremotos tienen sus hipocentros a lo largo de la superficie de Benioff, debido al rozamiento entre las placas. La presión que ejercen las dos placas provocan la formación de pliegues que dan lugar a cordilleras paralelas a la costa denominadas cordilleras periocénicas. Los magmas ascienden por las grietas y dan lugar a una intensa actividad volcánica en la cordillera. *Por ejemplo la cordillera de los Andes se forma por la convergencia de las placas de Nazca y la Sudamericana. (En amarillo en vez de continental sería mixta con borde continental).*

**Cordillera periocénica (Cordillera de los Andes).**

Las cordilleras periocénicas, como la cordillera de los Andes, se forman cuando se produce una corriente de convección descendente entre una placa de litosfera oceánica y una de litosfera continental. La litosfera oceánica, más densa y delgada, se introduce bajo la litosfera continental, más gruesa y ligera, generando una intensa actividad volcánica y arrastrando los sedimentos. Estos se acumulan en el borde de la placa continental dando lugar a largas cadenas montañosas situadas en un borde continental, como la cordillera de los Andes.



**Borde destructivo (choque de placas) en la costa oeste de América.**



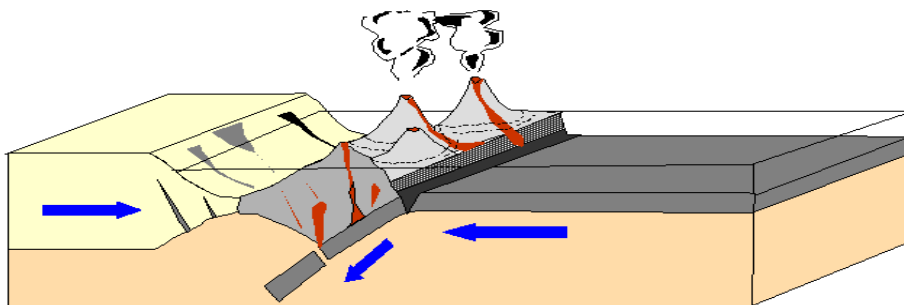
- **Borde continental converge con borde continental:** El contacto entre un borde oceánico y un continental, al cabo de un tiempo, se convierte en un contacto entre dos continentes, y el mar que había entre ellos, se cierra y desaparece. Los sedimentos que se habían depositado se pliegan, se deforman, dando lugar a una cordillera de grandes dimensiones intercontinental o intracontinental (obducción o choque continental). *Este es el caso de la cordillera del Himalaya, que se orina por la colisión entre la placa Indoaustraliana y la placa Euroasiática. También los Urales, Alpes, Pirineos, etc. (todas las cordilleras intercontinentales).*



- **Borde oceánico converge con borde oceánico:** En este caso el borde de mayor densidad se hunde bajo el otro dando lugar a una fosa oceánica (son las mayores depresiones). Los materiales se pliegan y fragmentan por donde asciende el magma dando origen a los arcos insulares, que son cadenas de islas volcánicas con forma curva, que presentan su convergencia hacia el lado oceánico. *Arcos islas son las Aleutianas, Marianas, Japón, Filipinas, Kuriles, Antillas, islas de Tonga, Jara, Sumatra, etc. que se producen de la colisión entre la placa Pacífica y la Euroasiática.*  
*(La placa mixta de la imagen sería de borde oceánico).*

**Arco insular (Archipiélago del Japón).**

Los arcos de islas se generan cuando una corriente de convección descendente se produce entre dos placas, una de litosfera oceánica y otra mixta: continental y oceánica. La litosfera oceánica, más densa y delgada, se introduce bajo la mixta, generando una intensa actividad volcánica y sísmica. Se producen así profundas fosas en forma de arco jalonadas de islas volcánicas, como las fosas y los arcos de islas del océano Pacífico.

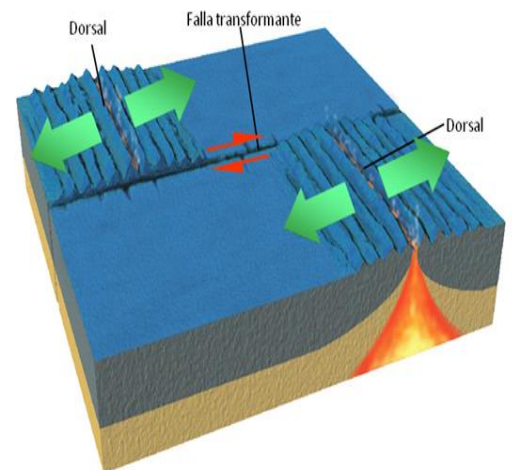


71

### 3.1.3. BORDES PASIVOS O LÍMITES TANGENCIALES

**Fallas transformantes.** Las placas se deslizan lateralmente por lo que no hay formación ni destrucción de la corteza.

La gran falla de San Andrés es una falla transformante en la que las placas Norteamericana y la del Placa del Pacífico se desplazan lateralmente en direcciones opuestas.



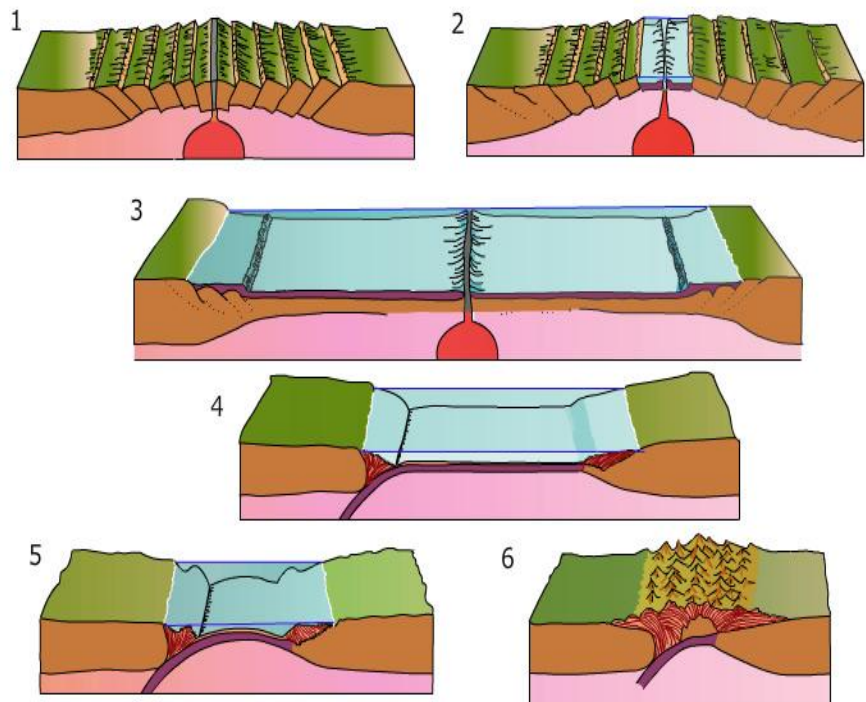
El roce entre placas hace que en estas zonas se produzcan grandes fallas y una intensa actividad sísmica.

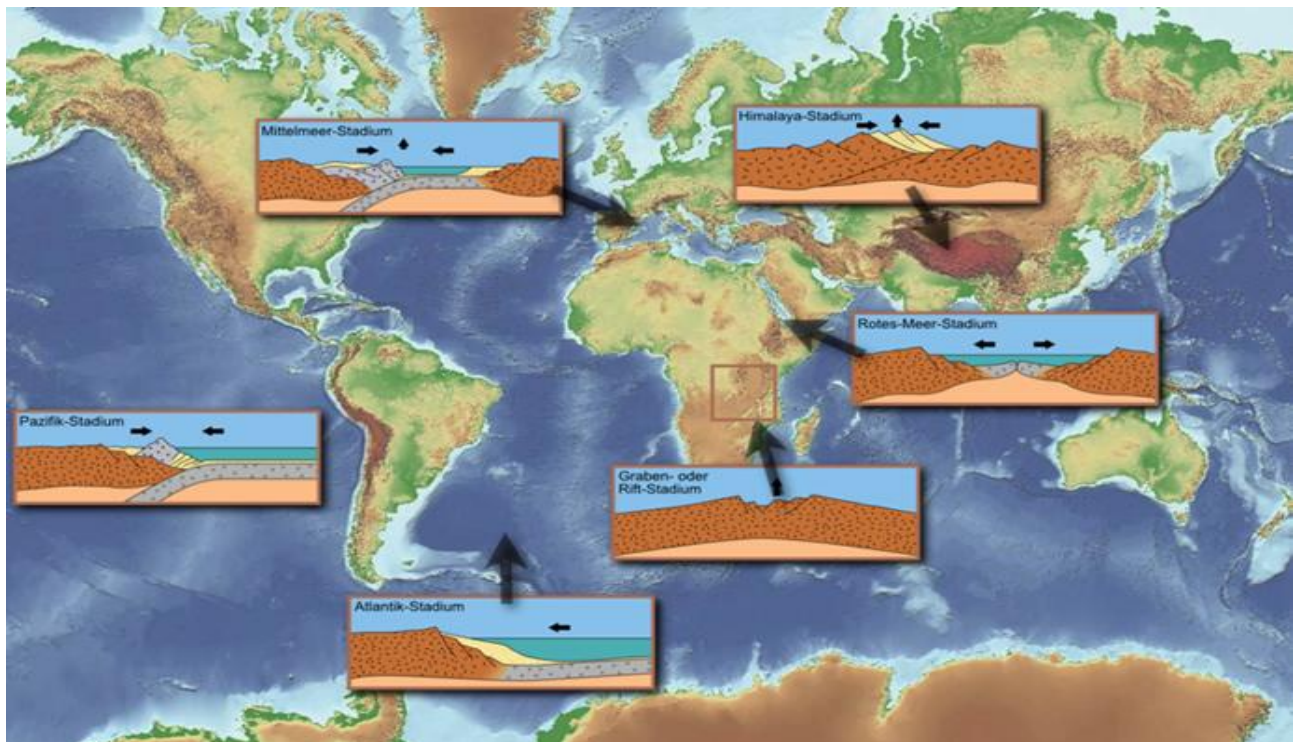
**Las causas del movimiento de las placas** serían las corrientes de convección del manto. El magma situado a mayor profundidad está más caliente y es menos denso por lo que asciende a nivel de las dorsales. Una parte del magma sale al exterior formando corteza oceánica y otra se desplaza debajo de la litosfera, arrastrando a las placas, al mismo tiempo se va enfriando al encontrarse más cerca de la superficie, se hace más denso y desciende por las regiones de subducción cerrando el ciclo de convección.

### EL CICLO DE WILSON:

Sirve para ilustrar ciclos orogénicos de formación de cordilleras. Básicamente el ciclo comienza en un antiguo continente que sufre una rotura con formación de un rift. Cada segmento de ese continente se transforma en una nueva placa independiente que crece mediante la incorporación de nueva litosfera y la formación de la dorsal. A cierta distancia de la dorsal puede romperse la unión de la nueva litosfera oceánica con la antigua litosfera continental y formarse una zona de subducción, que se irá consumiendo. El océano generado por la rotura del antiguo continente puede desaparecer

colisionando las dos masas que al principio del ciclo formaban una unidad.

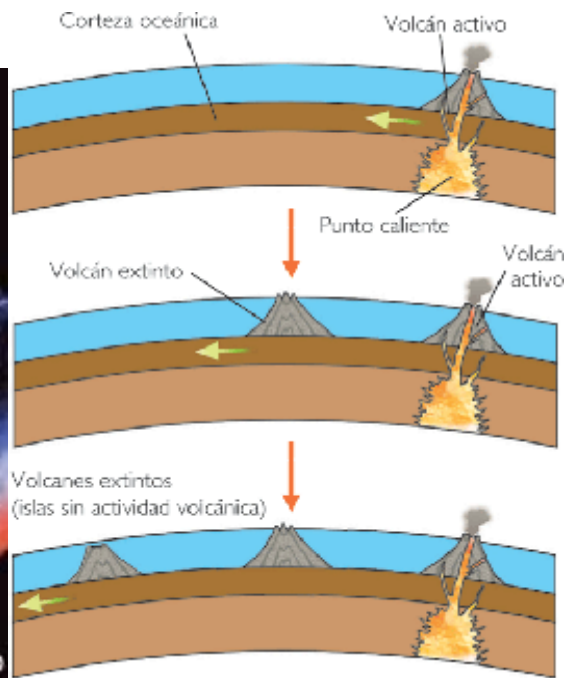
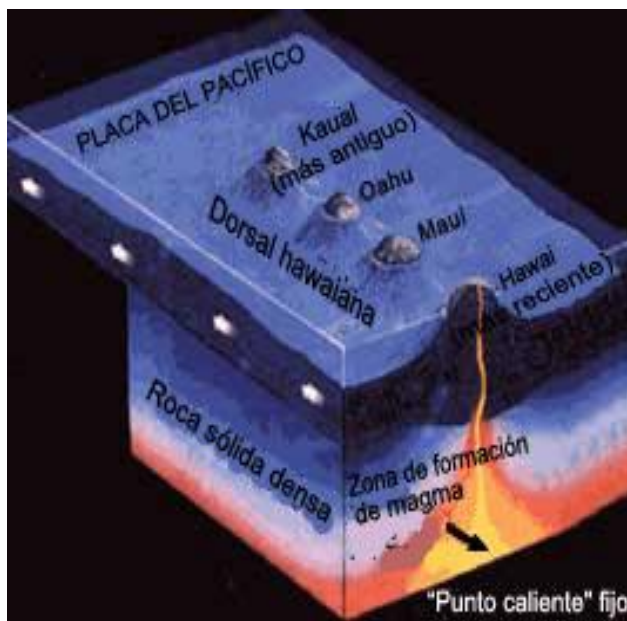




## LA ACTIVIDAD GEOLÓGICA EN LAS ZONAS DE INTRAPLACA

Existen volcanes que no están en los bordes de las placas, sino en el interior de las mismas, ello se debe a la presencia de **puntos calientes**, que son zonas del manto donde se produce un sobrecalentamiento debido al ascenso de una corriente de materiales a temperatura elevada a modo de pluma o penacho térmico formado en el **nivel D**. Como consecuencia, se produce un abombamiento de la litosfera, situado sobre ella, que si es oceánica puede emerger sobre el nivel del mar, llegando en ocasiones a fracturar, saliendo el magma por dicha fractura formando una isla oceánica.

Se cree que los puntos calientes están fijos en el manto por lo que al desplazarse las placas sobre ellos, originan una cadena de islas (*Islas Hawaii*). A medida que se desplazan las placas, las islas se alejan del punto caliente y se enfría, sufriendo entonces una subsidencia o hundimiento térmico, el mar erosiona entonces su cima dándole una forma característica llamada Guyot, con la parte superior plana.



### 3.2. LOS SEISMOS

Un **terremoto** es un movimiento vibratorio (liberación de energía en forma de ondas) en el interior de la Tierra, que se produce a consecuencia de los esfuerzos de compresión, distensión y cizalla generados por el desplazamiento de las placas litosféricas, fracturas corticales (fallas) o fenómenos volcánicos.

Se denomina **hipocentro o foco** al punto del interior de la tierra donde se genera el terremoto, y **epicentro**, al punto más cercano de la superficie situado encima del hipocentro, donde el terremoto se registra con mayor intensidad.

#### 3.2.1. ONDAS SÍSMICAS

Las ondas que emite un terremoto pueden ser de tres tipos:

- **Ondas primarias (P):** Son las más rápidas por lo que son las primeras que se reciben en los sismógrafos. Al propagarse, las partículas de las rocas vibran en la misma dirección de la propagación de la onda. Se desplazan tanto en sólidos como en líquidos, pero su velocidad aumenta a medida que aumenta la rigidez de los materiales que atraviesa.
- **Ondas secundarias (S):** Se propagan a menor velocidad, por lo que en los sismógrafos, se registran después de las ondas P. Al propagarse,

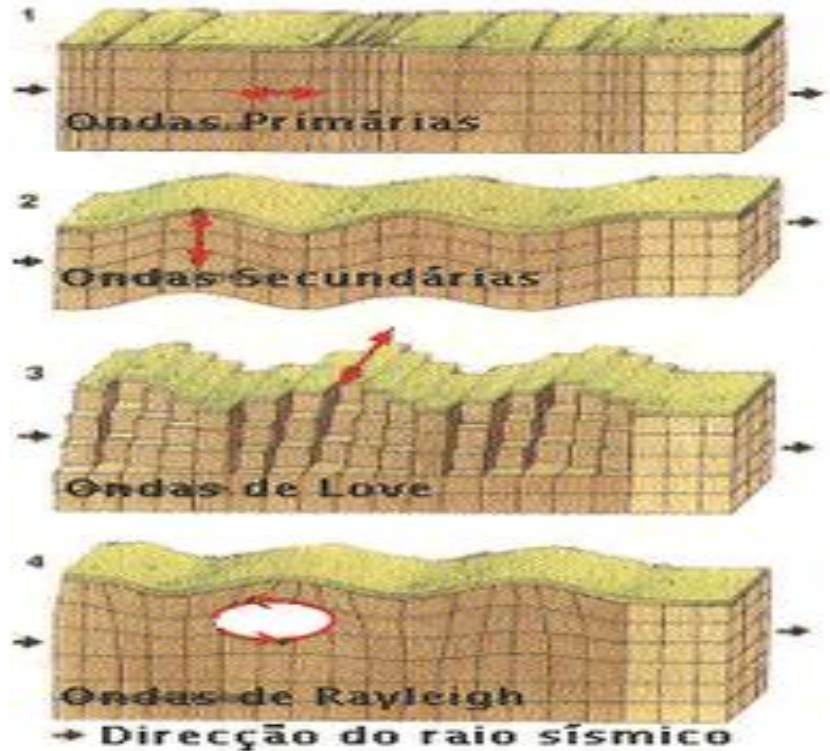
las partículas de las rocas, vibran perpendicularmente a la propagación de la onda. No se transmiten en los líquidos, sólo en sólidos (rígidos).

Ambos tipos de ondas se originan en el hipocentro, se refractan, se reflejan y cambian de velocidad cuando pasan de unas rocas a otras.

- **Ondas superficiales (L):** Son las más lentas, se originan en el epicentro y se desplazan, tan solo, por la superficie de la Tierra, en las interfases tierra-aire y tierra-agua. Son las que originan las catástrofes. Pueden ser de dos tipos:

- . Ondas Love: Mueven el suelo horizontalmente y perpendicularmente a la dirección de propagación.

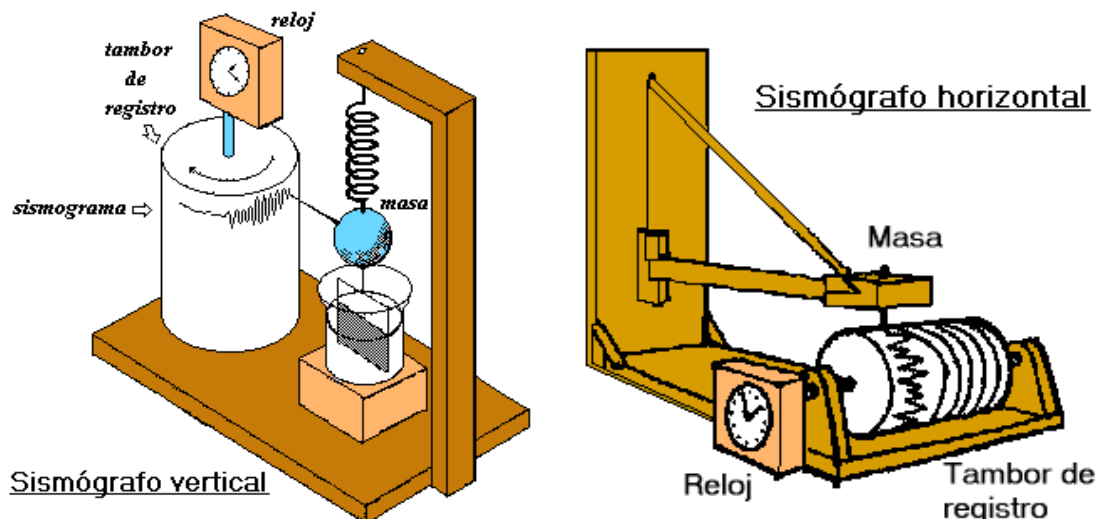
- . Ondas Rayleigh: Se transmiten de forma análoga a las olas del mar. Las partículas se mueven describiendo elipses.



### 3.2.2. REGISTRO DE LOS TERREMOTOS

Las ondas sísmicas son registradas por los **sismógrafos** que se basan en la inercia de un péndulo que permanece inmóvil durante el seísmo. El péndulo lleva un estilete que dibuja la gráfica sobre un papel situado en un rodillo giratorio. La gráfica se denomina sismograma. La distancia de llegada entre las ondas P y S, permite calcular la distancia del foco.





### 3.2.3. INTENSIDAD Y MAGNITUD DE UN TERREMOTO

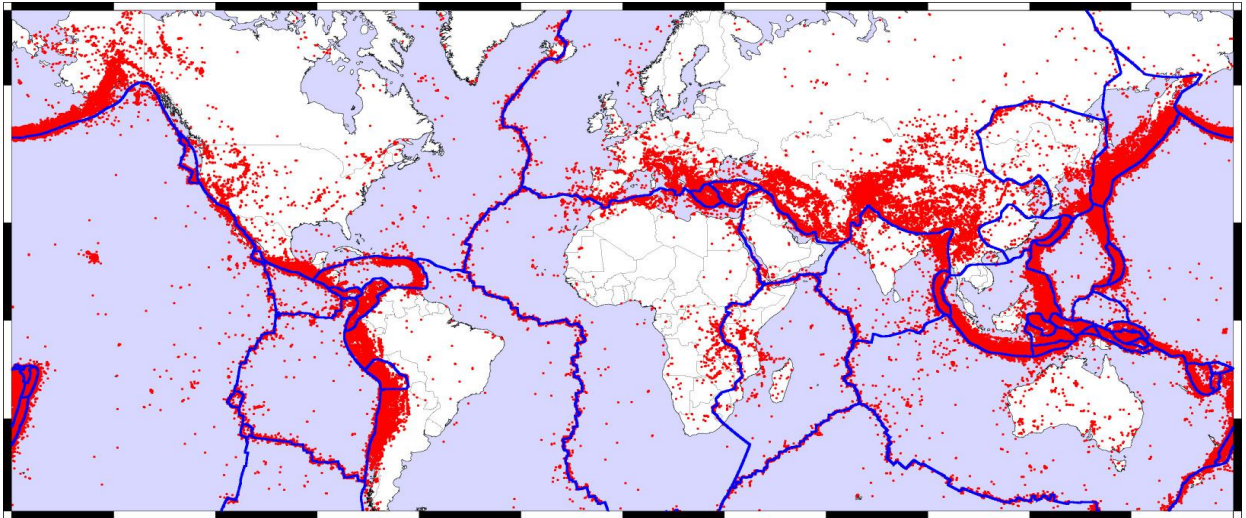
Los terremotos son los fenómenos geológicos más destructivos. Los daños pueden ser directos como la destrucción de edificios, roturas de presas, vías de comunicación, etc., e indirectos como consecuencia de los anteriores: incendios debido a la rotura de los conductos del gas, falta de alimentos y agua potable, etc.

- La **intensidad** de un terremoto refleja los **efectos o la gravedad de los daños** producidos por un terremoto. Las ondas sísmicas superficiales son las responsables de los cambios en la litosfera y de los daños que causan los terremotos en las zonas pobladas.

La intensidad se mide por la **escala de Mercalli o la EMS-98** elaboradas en función de los daños originados. Estos daños dependen de factores como la naturaleza del sustrato, tipo de construcción y de la densidad de población. Por tanto estará en relación con el desarrollo económico de la región. La escala de Mercalli tiene 12 grados, se suelen utilizar números romanos. El grado I es imperceptible y el grado XII corresponde a una destrucción total.

- La **magnitud** de un terremoto es la **energía liberada** por éste. Para medir este parámetro se utiliza la escala de Richter. El valor mínimo es 0 y el máximo 10, aunque el valor máximo registrado es de 8,9. Corresponde a una escala semilogarítmica, de manera que cada punto de aumento puede significar un aumento de 30 veces más de energía liberada (un terremoto de magnitud 7 liberará 30 veces más energía que uno de 6 y 900 veces más que uno de 5). La magnitud es un parámetro objetivo, deducido del sismograma, la intensidad es una apreciación subjetiva.

### 3.2.4. DISTRIBUCIÓN DE LOS TERREMOTOS



Los terremotos se producen a lo largo de los bordes de las placas. Pocos ocurren en el interior de las placas y en los márgenes pasivos. Se pueden distinguir tres regiones sísmicas:

- **Cinturón circumpacífico:** Es donde ocurre el 68% de los terremotos. Se extiende alrededor de todo el océano Pacífico, afectando a las costas de Asia., Australia y América. Coincide esta zona con bordes de placas en subducción.
- **La franja mediterráneo-asiática:** En la que ocurre el 21% de los terremotos. Abarca las regiones costeras del Mediterráneo, sigue por Oriente medio, región del Himalaya e Indonesia. Coincide esta zona con el borde de contacto entre la placa euroasiática y las placas africana, arábiga e indicoaustraliana, que en algunas regiones se hace por colisión y en otras por subducción.
- **Atlántico, Índico y Pacífico siguiendo las dorsales oceánicas:** Coincide, por tanto, con los bordes de placas en expansión. Son terremotos de foco poco profundo que ocurren bajo el eje de las dorsales y a lo largo de las fallas transformantes.
- **Una pequeña zona recorre el este de África** siguiendo la región de los grandes Lagos y el mar Rojo.

Con relación a España, queda dividida en tres zonas (**ver mapa**):

- Zona limitada por la isosista de grado VI (baja intensidad).
- Zona hasta la isosista de grado VIII (media intensidad).
- Zona sísmica por encima de esta isosista (alta intensidad).

Las **zonas de mayor riesgo sísmico en España** se localizan en Andalucía oriental, Granada y Almería (cordillera Bética), Murcia y en los Pirineos.

(Las isosistas son las líneas que unen los puntos de la superficie terrestre con que las ondas han llegado con la misma intensidad).



### 3.3. VULCANISMO

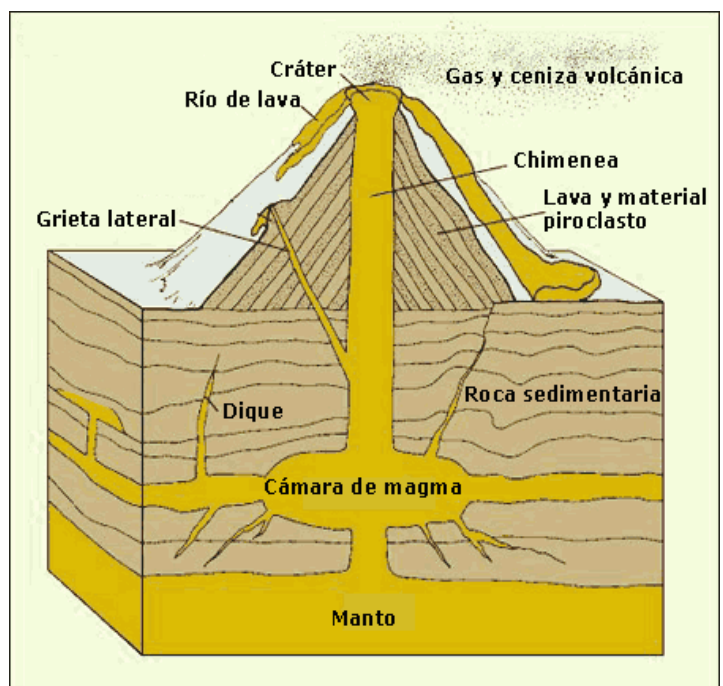
El vulcanismo son el conjunto de procesos relacionados con las erupciones volcánicas.

Un **volcán** es una grieta o abertura en la superficie de la Tierra a través de la cual se escapa el magma. Como consecuencia de sucesivas erupciones, las lavas junto con los materiales piroclásticos se almacenan alrededor de la abertura formando un **cono volcánico**.

#### 3.3.1. PARTES DE UN VOLCÁN

En un volcán de se distinguen las siguientes partes:

- **Cámara magmática:** Zona donde se acumula el magma.
- **Chimenea:** Conducto por donde salen al exterior los materiales volcánicos desde la cámara magmática.
- **Cráter:** Orificio de salida al final de la chimenea.
- **Cono volcánico:** Montículo formado por la acumulación de los materiales que arroja el volcán. En el cono principal puede haber pequeños **conos adventicios** o **parásitos** asociados a chimeneas secundarias.
- **Dique o filón:** Fractura del terreno por la que asciende el magma sin llegar a salir al exterior. Al enfriarse este magma da lugar a rocas filonianas.
- **Colada de lava.** Ríos de lava que salen del cráter.
- **Columna eruptiva.** Altura alcanzada por los materiales



emitidos al aire durante la erupción.

### 3.3.2. MATERIALES QUE ARROJAN LOS VOLCANES

#### 3.3.2.1. PRODUCTOS GASEOSOS:

- **Gases:** hidrógeno ( $H_2$ ), vapor de agua, dióxido de carbono ( $CO_2$ ), monóxido de carbono ( $CO$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ), ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ), trióxido de azufre ( $SO_3$ ), ácido clorhídrico ( $HCl$ ) y cloro ( $Cl$ ).

Los gases son el motor de las erupciones, ya que posibilitan el ascenso de otros materiales. A presiones elevadas, estos gases se encuentran disueltos en el magma, pero al disminuir la presión, se separan y son los primeros en alcanzar la superficie.

- Las **nubes ardientes** están formadas por gases a elevadas temperaturas (varios cientos de grados) que llevan en suspensión una masa densa de cenizas cuyo peso hace rodar a la mezcla ladera abajo incendiando y destruyendo todo lo que encuentra en su camino.

*Una de estas nubes emitidas en 1902, por el volcán Mont Peleé de la isla de Martinica, destruyó la capital de San Pedro causando 29000 muertos.*

Durante la fase de reposo, muchos volcanes emiten gases. Estas emanaciones gaseosas relacionadas con el vulcanismo, reciben el nombre de **fumarolas**, y pueden ser de tres tipos:

- **Solfataras:** Son ricas en dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y además tienen altas temperaturas (100-300 °C)
- **Mofetas:** Son ricas en dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y tienen bajas temperaturas (menos de 100 °C)
- **Géiseres:** Emisiones intermitentes de vapor de agua.

#### 3.3.2.2. PRODUCTOS LÍQUIDOS O LAVAS

Son los materiales fundidos que salen por el cráter y se derraman sobre la superficie formando coladas. La lava es el magma que ha perdido los gases.

La consistencia de las lavas depende del tipo de magma originario. Se distinguen dos tipos de lavas: ácidas y básicas.

- **Lavas ácidas:** Contienen un elevado porcentaje de sílice ( $SiO_2$ ). Su temperatura es inferior a 1000 °C, son lavas **viscosas** en las que los gases escapan con dificultad por lo que originan **erupciones violentas o explosivas**. Su desplazamiento es lento y se solidifican pronto, cerca del cráter. Suelen presentar numerosas vacuolas por desgasificación y un aspecto escoriáceo. A sus acumulaciones se le conoce como **Malpaís**.

- **Lavas básicas:** Son de temperatura elevada (1000-1200 °C). Son lavas **fluidas** que contienen menos de 50% de sílice (SiO<sub>2</sub>). Al ser muy fluidas, salen al exterior con facilidad, dejan escapar los gases dando lugar a **erupciones poco violentas o efusivas**. Se desplazan de forma rápida a grandes distancias. Dentro de estas lavas están las **lavas cordadas (pahoehoe)** que presentan superficies onduladas debido a que su enfriamiento es superficial y en su interior los materiales fluyen dando lugar a tubos de lava, que quedan vacíos cuando el flujo cesa; y las **lavas almohadilladas o pillow-lavas**, que son las que salen por las dorsales oceánicas o erupciones submarinas.

**Los Lahares:** Son flujos o coladas de lodo formados a causa de las aguas torrenciales, que puede provocar la erupción del volcán, bien por el vapor de agua que expulsa, ya que es el gas volcánico más abundante o bien por la fusión de nieve o hielo producida por el calor de volcán, *como ocurrió en 1985 en el Nevado de Ruiz, donde la corriente de lodo sepultó el pueblo de Armero, causando la muerte de 25000 habitantes.*

### 3.3.2.3. PRODUCTOS SÓLIDOS O PIROCLÁSTICOS

Son fragmentos de lava o de roca de las paredes que son lanzados al exterior por la presión de los gases. Según su tamaño se denominan:

- **Cenizas:** Tamaño de polvo, pueden mantenerse en suspensión en la atmósfera largo tiempo.
- **Lapilli:** Tamaño de grava o guisante.
- **Bombas volcánicas:** Con tamaño desde gramos hasta bloques de grandes dimensiones, de forma más o menos fusiforme, algunos de los cuales, permanecen fundidos al caer sobre la tierra recibiendo el nombre de lluvia piroclástica, muy abundante en algunas erupciones *como la del Vesubio del año 79 que sepultó la ciudad de Pompeya bajo una lluvia de cenizas incandescentes.*

### 3.3.3. TIPOS DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

La erupción de un volcán depende del tipo de lava. Dependiendo del tipo de erupción, los volcanes se clasifican en:

- **Hawaiano:** Con lavas muy fluidas (básicas) que se derraman en las erupciones dando lugar a extensas coladas y conos aplanados. Las erupciones son tranquilas, emitiendo gran cantidad de gases y escasa cantidad de fragmentos piroclásticos.
- **Estromboliano:** Las lavas son algo más viscosas que las de tipo hawaiano y tienen conos más elevados. En las erupciones

ocasionalmente se producen explosiones con emisión de piroclastos. *Stromboli en Sicilia.*

- **Vulcaniano:** Presentan lavas muy viscosas que se solidifican a medida que sale, formando una costa que tapona el cráter y que tiene que ser destruida por las sucesivas erupciones. En las erupciones se producen fuertes explosiones y grandes cantidades de materiales piroclásticos mezclados con gases originando nubes de ceniza. *Vulcano, Vesubio, Etna, Nevado del Ruiz.*
- **Peleano:** Lava tan viscosa que solidifica en la chimenea del volcán, formando un tapón, que al ser empujado origina una cúpula o domo. Las erupciones son muy violentas. *Mont Peleé en la isla de Martinica o el Santa Helena (EEUU).*

#### 3.3.4. TIPOS DE VOLCANES ATENDIENDO A LA FORMA

- **Erupciones centrales:** Con una o varias aberturas puntuales o cráteres por donde salen los productos del volcán. Se distinguen:
  - . Volcanes en escudo: Se forman por la emisión de lavas básicas, muy fluidas y se caracterizan por tener un cráter de gran diámetro y un cono de pendiente suave.
  - . Estrato volcanes: Se caracterizan por tener un cono bien desarrollado constituido por la acumulación de lava y productos piroclásticos alrededor del cráter. Se forma por la repetición de numerosas erupciones. La mayoría de los grandes volcanes pertenecen a este grupo (*Teide, Etna*).
  - . Forma de caldera: Se forman por la explosión como consecuencia del taponamiento de la chimenea por lavas muy ácidas (calderas de origen explosivo), o bien por el colapso o hundimiento de la cámara magmática al quedarse vacía después de la expulsión de la lava en sucesivas erupciones.
  - . Forma de domo o aguja: Las erupciones centrales de magmas ácidos, muy viscosas y generan volcanes con unas estructuras monolíticas en el mismo cráter llamado domo o aguja. *Mont Peleé.*
- **Erupciones fisurales:** Los productos piroclásticos y las lavas se expulsan a través de unas fracturas que pueden alcanzar centenares de kilómetros. Para que se produzca este fenómeno, son necesarias, lavas muy fluidas (tipo basáltico). Los basaltos así emitidos reciben el nombre de basaltos de meseta. Son característicos de Islandia *donde por ejemplo el volcán Laki entró en erupción a finales del siglo XVIII a lo largo de una grieta de 25 km. de longitud.* A este tipo pertenecen

también las **erupciones submarinas** que originan la corteza oceánica de las dorsales.

### 3.3.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS VOLCANES

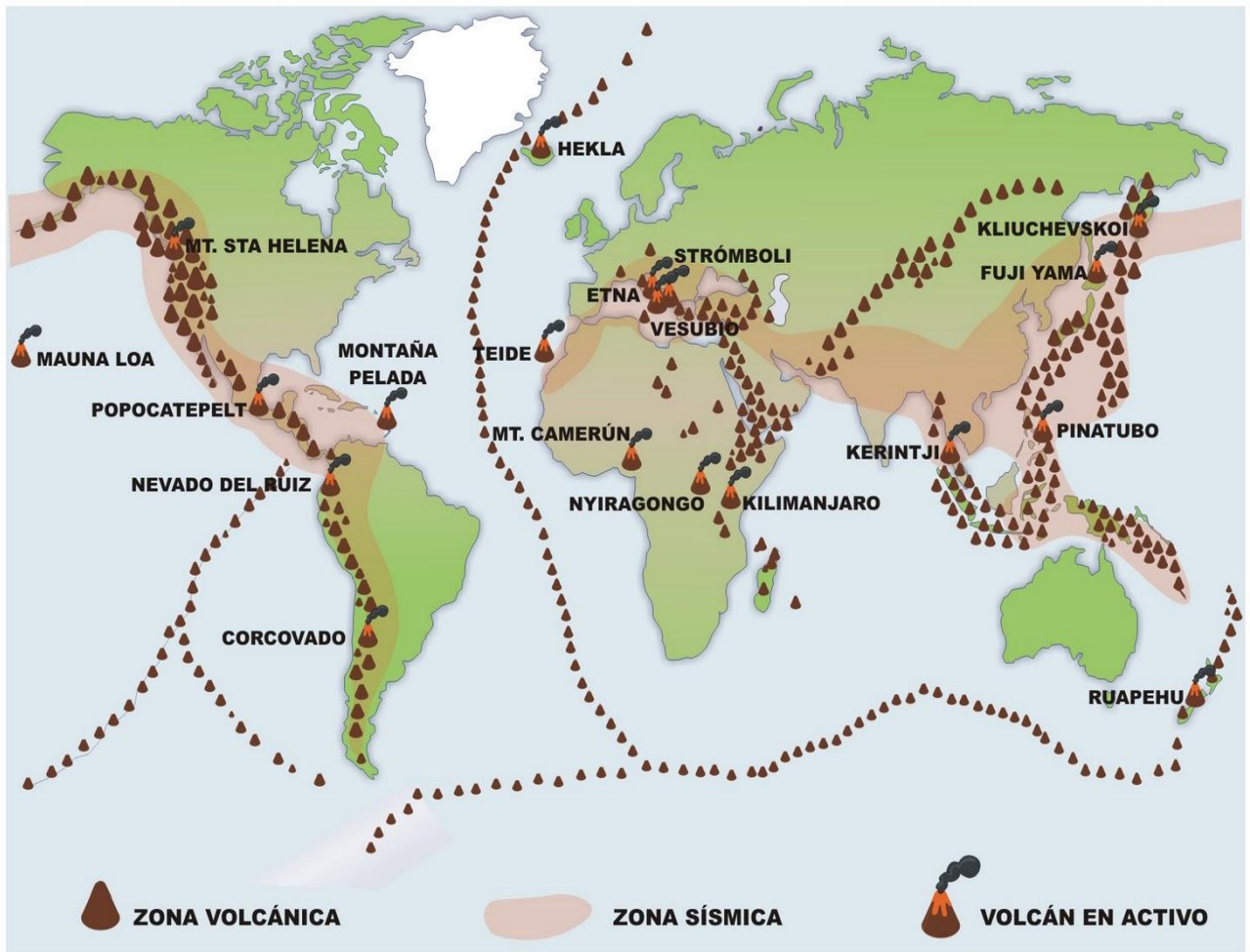
Las áreas volcánicas coinciden en líneas generales con las áreas sísmicas.

En España aunque hasta finales del Carbonífero (hace unos 300 millones de años) hubo numerosas manifestaciones volcánicas, en la actualidad solamente existe actividad volcánica en las **islas Canarias**, por lo que se puede considerar que no hay riesgo volcánico en toda la Península.

Las manifestaciones volcánicas relativamente recientes están comprendidas entre hace 10 millones de años y 1,2 millones de años, ocurrieron en el sureste peninsular: Murcia, Campo de Calatrava, Cabo de Gata, Olot.

**Hay diversas teorías que intentan explicar el proceso de formación y evolución de las islas Canarias**, pero ninguna de ellas se ha adoptado como la única y verdadera. Esta falta de consenso entre los expertos ha sido motivado por las especiales características geológicas y geomorfológicas que poseen las Islas que se sitúan en una zona de **intraplaca**. Las teorías más aceptadas son:

- **La Teoría del punto caliente**, no explica la edad del vulcanismo de las distintas islas, además de otros puntos confusos, por ello hoy día tiende a ser desechada.
- **La Teoría de la fractura propagante** fue planteada por **Anguita F. y Hernán F.** en 1975. Está relacionada con la formación de la **falla del Atlas Meridional**, una fractura situada en el noroeste de África. Se formó por el choque de la placa africana y la euroasiática y, como consecuencia, se cree que se propagó de este a oeste hasta la zona del Archipiélago, a través del fondo oceánico. Cuando cesó el movimiento y la presión entre las placas, comenzó el ascenso puntual del magma que iría formando cada una de las islas.
- **La Teoría de los bloques levantados** es una de las que cuenta con mayor credibilidad entre la comunidad científica. Según esta teoría se formarían debido al choque entre la placa africana y la euroasiática, con un movimiento de compresión durante la orogenia Alpina. Con ello, se formaron cordilleras por plegamiento de materiales, como el Atlas en Marruecos, y también se fracturó la corteza oceánica en algunos puntos más débiles, dando lugar al levantamiento de bloques que conformarían la base de cada una de las Islas. Posteriormente, al cesar el movimiento de las placas litosféricas, se originó el ascenso de magma a través de las fracturas o grietas que se habían formado entre los bloques.



### 3.4. PROCESOS TECTÓNICOS

#### 3.4.1. LAS DEFORMACIONES DE LAS ROCAS

La tectónica es la parte de la geología que estudia la disposición de las rocas y las causas que originan dicha disposición.

##### 3.4.1.1. TIPOS DE ESFUERZOS TECTÓNICOS

Las fuerzas que actúan sobre las rocas pueden ser de tres tipos:

- **Comprensivos:** Son fuerzas convergentes. Con las que forman los orógenos (montañas) y arcos-islas.
- **Tensión o tracción:** Son fuerzas divergentes. Se dan en los rift-waley y dorsales.
- **Cizalla:** Son fuerzas paralelas que actúan en sentido opuesto. Forman fallas de desgarre y transformantes. Se dan en los bordes pasivos de las placas litosféricas y en las fallas transformantes de las dorsales.



### 3.4.1.2. COMPORTAMIENTO ANTE LOS ESFUERZOS

Las rocas no son cuerpos rígidos, sino que al actuar sobre ellas, las fuerzas se deforman. Las rocas se comportan de tres formas diferentes cuando actúan fuerzas sobre ellas:

- **Comportamiento elástico:** La roca se deforma al ser sometida a un esfuerzo, pero al cesar la fuerza, recupera su forma original.  
*Propagación de las ondas sísmicas.*
- **Comportamiento plástico:** La roca se deforma, pero al cesar la fuerza, permanece la deformación.
- **Comportamiento frágil:** La roca se rompe, sin sufrir apenas deformación plástica.

### 3.4.1.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DEFORMACIÓN DE LAS ROCAS

Existen factores que provocan variaciones en el comportamiento de las rocas.

- **La temperatura:** El aumento de la temperatura hace que los materiales se comporten de una forma plástica.
- **La presión de confinamiento:** Debida al peso de la columna de roca situada sobre ella. A medida que aumenta la profundidad, aumenta la presión y las rocas presentan comportamiento más plástico. Muchas rocas que en superficie tienen un comportamiento frágil, en profundidad se comportan como plásticos; por ejemplo las calizas en superficie son frágiles y en profundidad se pliegan.
- **Presencia de fluido (agua, petróleo):** Generalmente facilita la deformación plástica al reblandecer los materiales y rebajar el punto de fusión.
- **Intensidad y duración del esfuerzo:** Una roca ante un esfuerzo moderado pero prolongado puede sufrir una deformación plástica y ante un esfuerzo intenso y corto puede fragmentarse.

### 3.4.1.4. TIPOS DE DEFORMACIONES

Como resultado del comportamiento de las rocas ante las fuerzas que actúan sobre ellas, las deformaciones resultantes son:

- **Pliegues:** Son resultado de una compresión que produce una deformación plástica. Son ondulaciones de las rocas sin llegar a la rotura.

- **Diaclasas:** Son fracturas en las que no se produce desplazamiento de las partes separadas por la fractura. Se producen por descompresión o por esfuerzos tectónicos.
- **Fallas:** Son fracturas que se originan en las rocas poco plásticas sometidas a esfuerzos de cualquier tipo. Las rocas se rompen y crean dos bloques que quedan desplazados uno con respecto al otro.

**(Completar con Presentación).**