

### TEMA 3. MAGMAS Y MAGMATISMO

#### 1. Introducción:

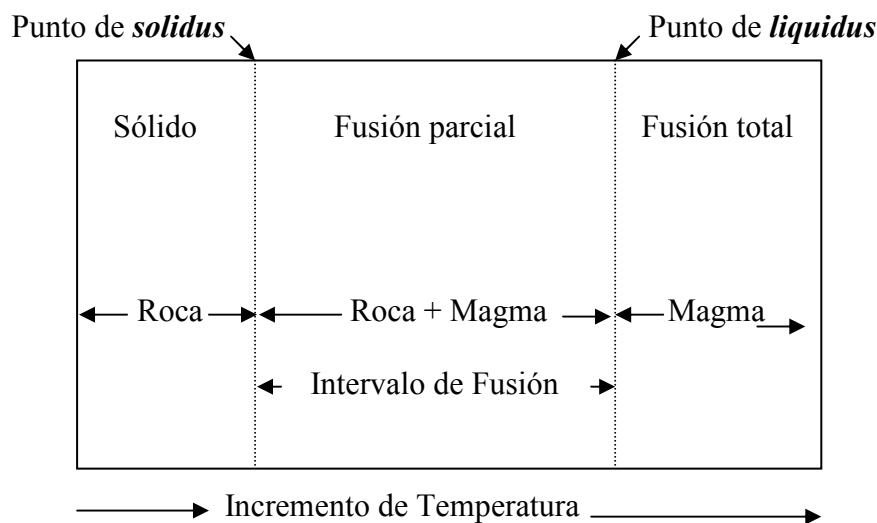
Junto con terremotos y las cordilleras el vulcanismo es uno de los fenómenos geológicos más interesantes y llamativos. Los tres fenómenos, como hemos visto en el tema anterior, coinciden en alguno de los bordes de placa.

Cada año se funden en la Tierra unos 15 Km<sup>3</sup> de rocas de los cuales sólo una décima parte se observan en forma de volcanes, el resto vuelve a solidificar en el interior de la Tierra o en los fondos submarinos. Más del 80% del magmatismo se produce en la profundidad de las cuencas oceánicas, lugares en los que nunca se ha observado una erupción.

La energía que produce los magmas es la misma que mueve las placas, los procesos magmáticos coinciden con la destrucción y creación de Litosfera.

#### 2. Concepto de Magma.

Las rocas son conjuntos de minerales cada uno los cuales presenta su punto de fusión. Las rocas no tendrán, por tanto, un punto de fusión sino un intervalo de fusión que se inicia cuando se funde el mineral de punto de fusión más bajo (punto de *solidus*) y termina cuando todos los minerales se encuentran fundidos (punto de *liquidus*), en el intervalo la roca está parcialmente fundida.

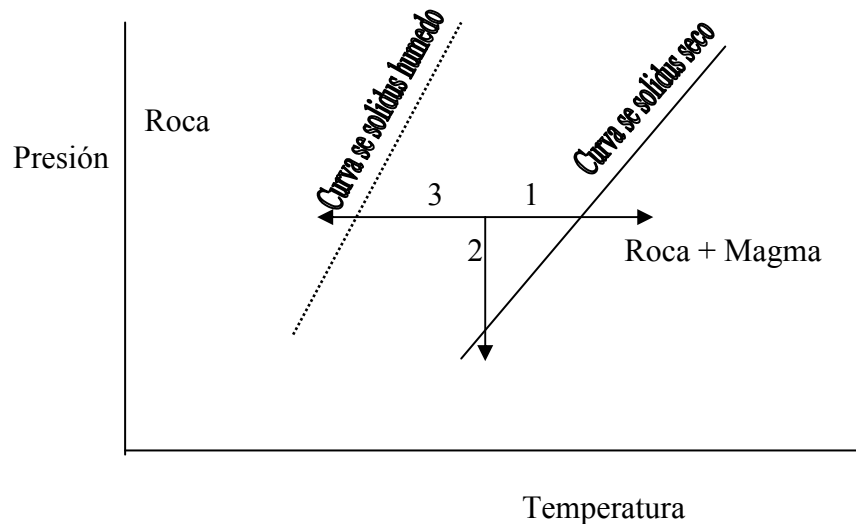


Los magmas se pueden definir como una mezcla de silicatos fundidos con temperaturas entre 600 y 1500 °C, presiones elevadas y un contenido variables en líquidos y gases, vapor de agua, nitrógeno, amoníaco, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Cl, Fl, H, etc.

Las causas que pueden producir la fusión de las rocas son tres:

1. **Incremento de Temperatura.** Esto puede producirse bien por hundimiento hasta zonas profundas en las que la Temperatura es mayor y/o por la fricción entre dos placas litosféricas como ocurre en las zonas de subducción.

2. **Disminución de la presión.** Las rocas fundidas ocupan más volumen que las rocas sólidas, la fusión va acompañada de una dilatación que requiere más energía cuanto mayor es la presión, si disminuimos la presión sobre las rocas la energía que se requerirá será menor.



3. **Adición de Agua.** Las moléculas de agua a elevada temperatura favorecen la fusión al romper los enlaces de los silicatos.



Los tres mecanismos pueden actuar por separado aunque lo normal es que actúen de manera conjunta.

**Actividad:** Razona según los mecanismos anteriores ¿cómo se forman los magmas en los borde constructivos, destructivos y en los puntos calientes?

### 3. Propiedades de los Magmas

**3.1. Acidez o Basicidad.** Es un concepto clásico erróneo que se mantiene en uso por su comodidad y utilización. Define el contenido en sílice SiO<sub>2</sub> de un magma. Según el porcentaje que contengan los magmas se pueden clasificar en:

Tipo de magma	% de sílice SiO <sub>2</sub>	Roca que origina
Ácido (félsico*)	> 66	Granito, Riolita
Intermedios	50 - 66	Diorita, Andesita
Básicos (máficos*)	45 - 50	Basalto, Gabros
Ultrabásicos (ultramáficos)	< 45	Peridotitas, Komatitas

(\* Félsico= Feldespato + Sílice; \*Máfico = Magnesio + Hierro )

**3.2. Viscosidad.** Es la resistencia que opone un magma al flujo. Depende de varios factores que se superponen

- **La acidez** influye ya que en los magmas ácidos se forman cristales de cuarzo y feldespatos que al rozar entre ellos dificultan el flujo. Los magmas básicos y ultrabásicos son mucho más fluidos que los ácidos.
- **La temperatura:** Las temperaturas altas hacen que los magmas se encuentren por encima del punto de *líquidus* con lo que poseen pocos minerales cristalizados, a medida que la temperatura baja los minerales van cristalizando y la viscosidad aumenta
- **Contenidos en gases:** Cuanto mayor es el contenido en fluidos menor será su viscosidad ya que los gases y líquidos disminuyen su rozamiento interno.

El contenido en fluidos influye en la capacidad de ascenso de los magmas. Los fluidos debido a la temperatura ejercen una presión denominada **presión de fluidos**. Si está presión es mayor que la presión litostática (debida al peso de la roca de encima) el magma puede ascender. Cuando está presión de fluidos es menor que la litostática el magma sólo asciende si su densidad es menor que la de las rocas que lo rodean, entonces sólo puede subir fundiendo las rocas circundantes por lo que se enfría y cristaliza rápidamente.

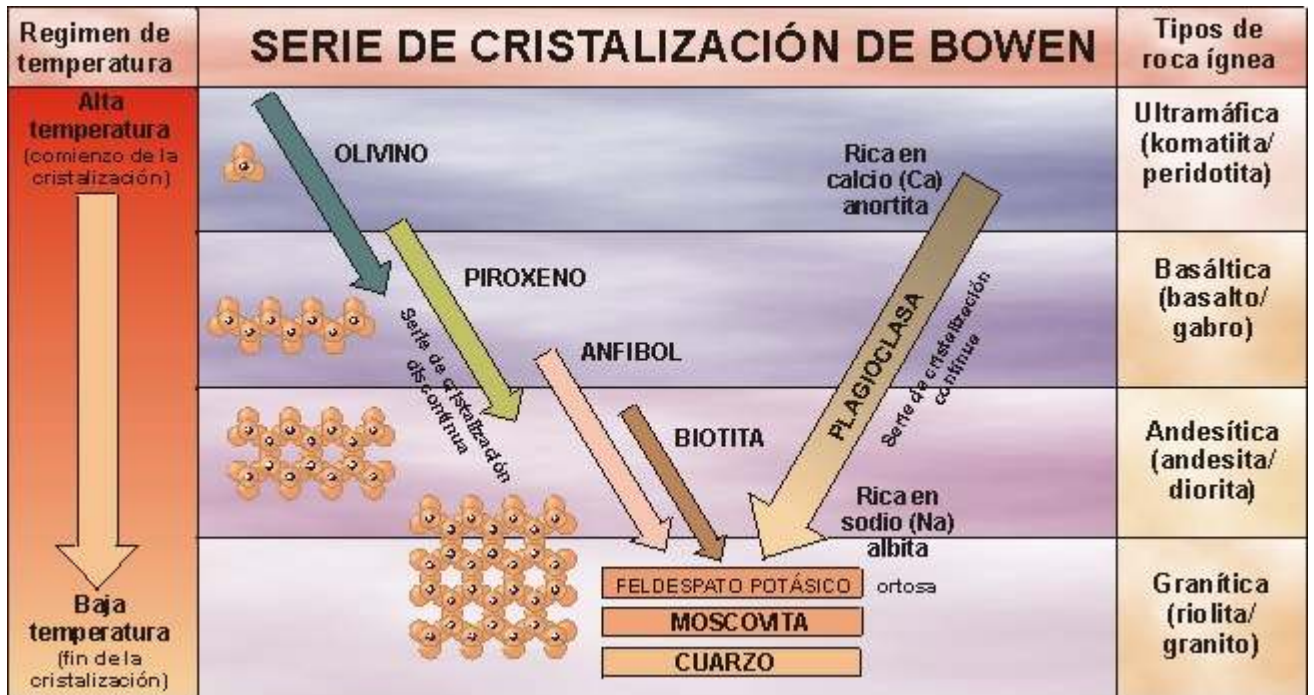
**Actividad:** Según lo visto anteriormente ¿Qué volcán será más peligroso, uno de magma uno de lavas ácidas o uno de lavas básicas? Razona la respuesta.

#### 4. Consolidación magmática.

Es el conjunto de procesos por los que un magma se convierte en roca. Podemos distinguir los siguientes.

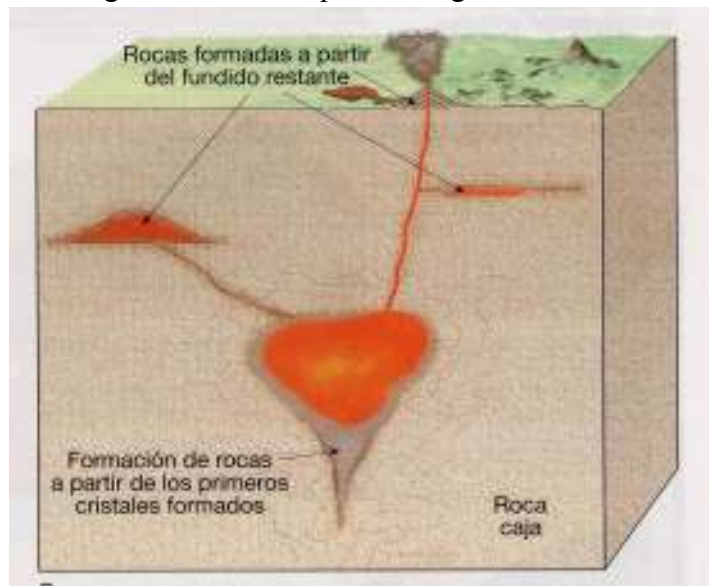
**4.1. Cristalización fraccionada:** Cuando la temperatura de un magma va descendiendo los diferentes minerales que lo componen van alcanzando su condiciones de estabilidad y cristalizan poco a poco, primero los minerales de punto de fusión más alto y por último los que funden a bajas temperaturas. A este proceso se le denomina **Cristalización fraccionada**.

El orden de cristalización fue determinado en el laboratorio por Bowen que definió dos series de cristalización denominadas series de Bowen. Una serie es discontinua en la que los minerales van cambiando su estructura y otra es continua en la que no cambia su estructura interna van cambiando gradualmente de composición



#### 4.2. Diferenciación magmática.

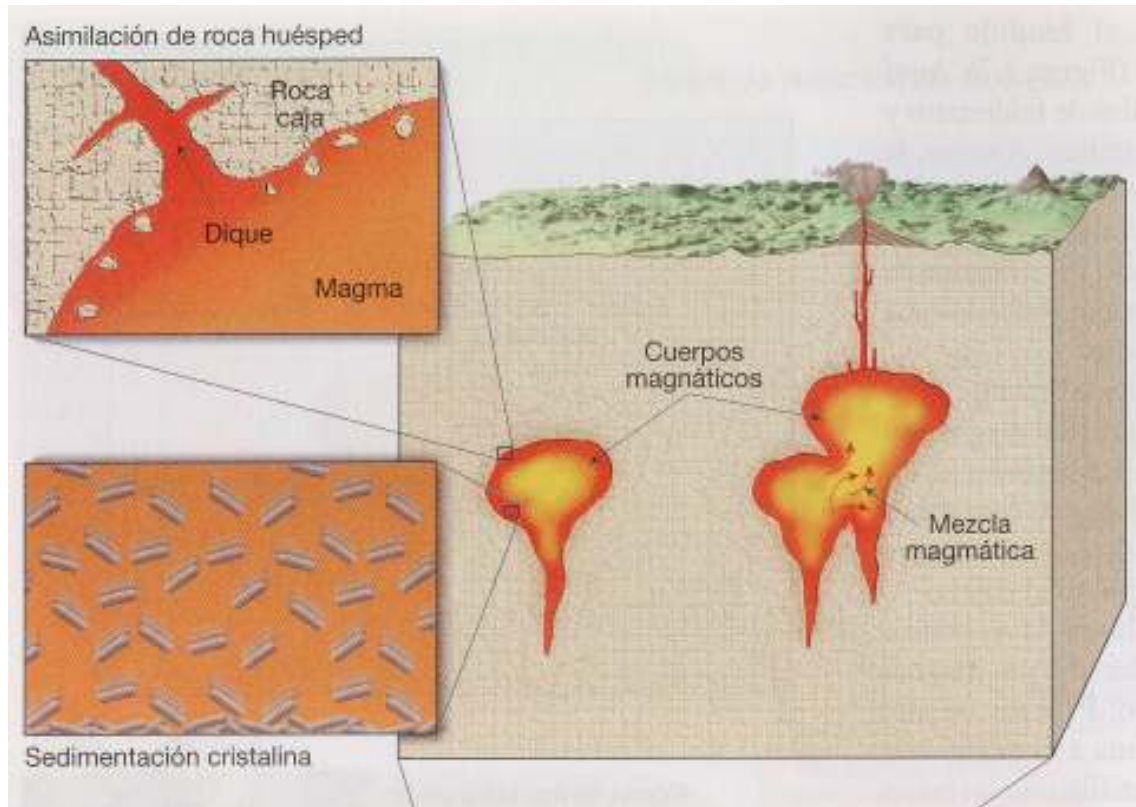
Si un magma permanece en reposo da origen a una roca de igual composición química que la del magma inicial. Sin embargo lo normal es que los magmas se muevan y asciendan y la composición inicial del magma vaya cambiando a lo largo del tiempo, se va empobreciendo en los minerales ya sólidos que van quedando atrás y se va enriqueciendo en los que aún queda fundidos. El resultado del proceso hace que la composición final de un magma sea muy diferente de la inicial. Este proceso explica la existencia de series de rocas ígnea que van variando su composición entre dos extremos. Teóricamente de un magma basáltico (básico) se podría formar granito (roca ácida).



Se han propuesto varios mecanismos para explicar la diferenciación:

- **Diferenciación por gravedad:** Los minerales de mayor densidad son los que cristalizan primero y se van al fondo de la cámara magmática por gravedad.

- **Filtrado a presión:** Un magma en solidificación es como una esponja con partes sólidas y otras fundidas, estos minerales debido a la presión a la que están sometidos se escapan de la cámara magmática.
- **Asimilación:** El magma funde parte de las rocas que lo rodean y cambia su composición.
- **Mezcla de Magmas:** En ocasiones un cuerpo magmático puede mezclarse con otro y originar un magma de composición química diferente. Esto puede ocurrir cuando un magma poco denso que sube más rápidamente alcanza a un magma que asciende con más lentitud.



## 5. Rocas Ígneas o Magmáticas:

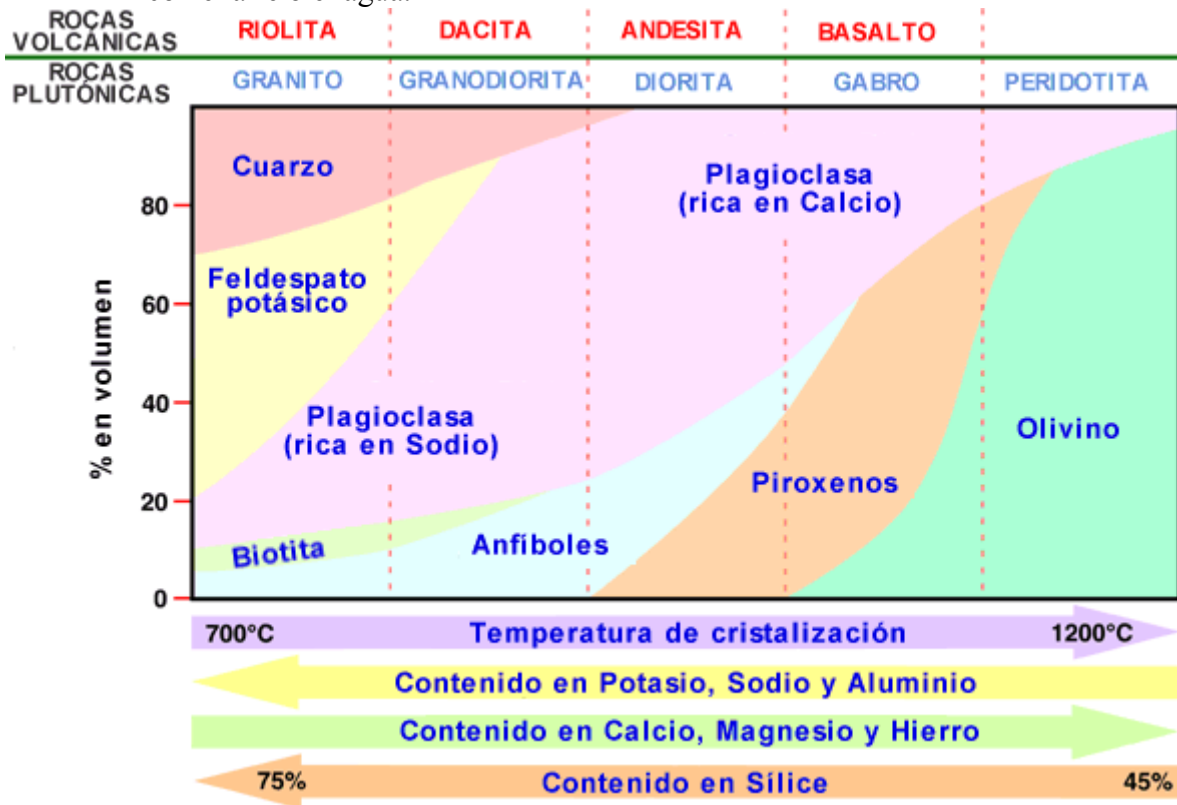
Son rocas que derivan de la solidificación de un magma. Constituyen cerca del 95 % de los 15 Km. superiores de la corteza continental. Además de su abundancia son rocas muy diversas a las que están asociados la mayoría de los yacimientos de oro, plata, cobre, mercurio, plomo, platino y níquel.

Las rocas ígneas están compuestas por distintos tipos de Silicatos.

Según el lugar de consolidación del magma podemos encontrar tres tipos de rocas magmáticas:

- Rocas **Plutónicas** o **Intrusivas**: El magma se enfría lentamente en el interior de la corteza.
- Rocas **Filonianas**: El magma se enfría en el interior de grietas

- Rocas **Volcánicas** o **Extrusivas**: El magma se enfría rápidamente en contacto con el aire o el agua.



## 6. Texturas de las rocas Magmáticas:

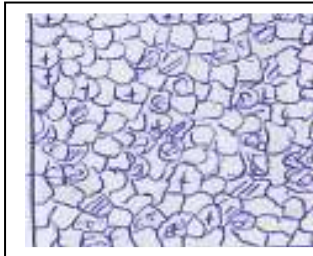
La textura de una roca describe el aspecto general de una roca en función del tamaño, forma y ordenamiento de los minerales. Es importante porque informa mucho al geólogo en el campo del ambiente en el que se formó la roca.

Las rocas magmáticas pueden presentar varios tipos de textura:

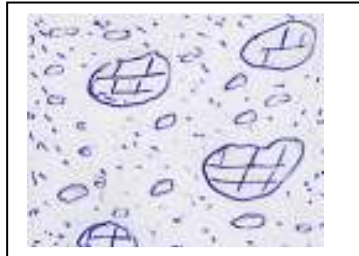
- **Aplítica (Afanítica)**: Cristales muy pequeños no observables a simple vista. Con frecuencia las rocas afaníticas tienen vesículas dejadas por los gases que han conseguido escapar del magma. Es típica de muchas rocas volcánicas y filonianas en las que el enfriamiento ha sido rápido.
- **Granuda (Fanerítica)**: Cristales bien formados observables a simple vista y con un tamaño de 2-3 mm. Indica un enfriamiento lento y se presenta en las rocas plutónicas.
- **Vítrea**. Minerales no cristalizados debido a un enfriamiento muy rápido como ocurre en algunas erupciones volcánicas. Las rocas tienen el aspecto de vidrio como la obsidiana, roca volcánica.
- **Porfídica**: presenta minerales bien cristalizados (**fenocristales**) rodeados de una matriz o **pasta** sin cristalizar o de cristales más pequeños. Indica una etapa de enfriamiento lento en la que se forman los fenocristales y otra

de enfriamiento rápido en la que solidifica la pasta. Se presenta en rocas filonianas y volcánicas.

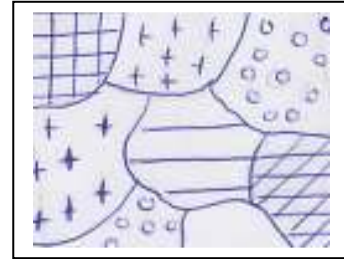
- **Textura pegmatítica:** Cristales muy grandes de tamaños superiores a 4-5 mm, e incluso más, de diámetro. Característica de las **pegmatitas** rocas formadas por la cristalización de los fluidos residuales que quedan en las etapas finales de enfriamiento de un magma.



Textura Granuda



Textura Porfídica



Textura Pegmatítica

## 7. Estructuras de las rocas Plutónicas.

**Estructura** es el conjunto de características de una roca observables a escala de yacimiento.

Las rocas Plutónicas se llaman también intrusitas debido a que los magmas de los que derivan se consolidan entre otras rocas. Las estructuras de las rocas Plutónicas pueden ser de dos tipos: **concordantes**, si no cortan a los estratos y **discordantes** si los cortan.

### 7.1. Estructuras concordantes:

**Sill:** es una masa plana intercalada entre estratos de rocas sedimentarias.

**Lacolito:** Masa de roca en forma de lente.

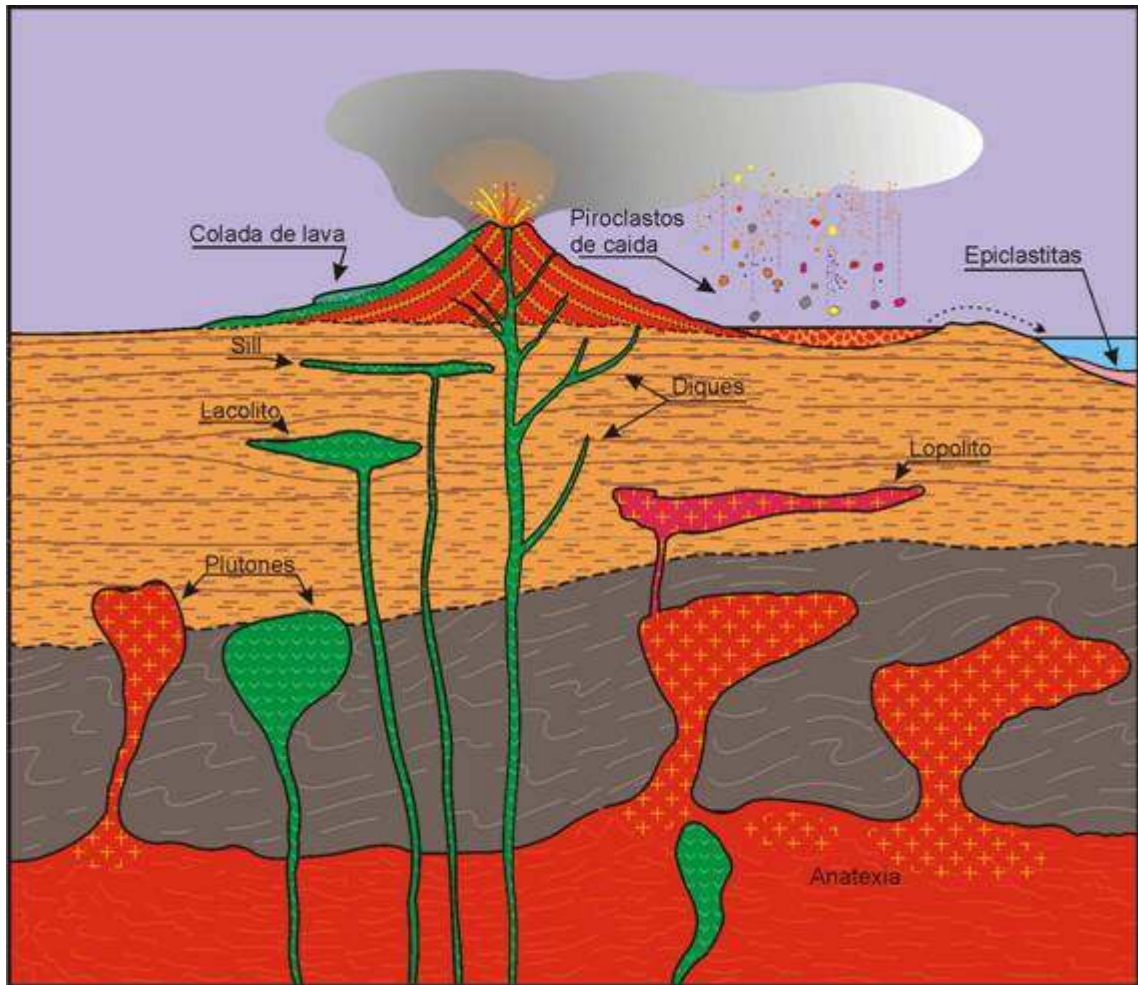
**Lopolito.** Masa de roca en forma de plato

### 7.2. Discordantes

**Batolitos:** son masas de grandes dimensiones de cientos o miles de  $\text{Km}^2$

**Plutones (o Stock):** Masas similares a los batolitos pero de dimensiones inferiores a los  $100 \text{ km}^2$ .

**Diques o filones:** Masas alargadas y estrechas que cortan a otras rocas. Los diques se encuentran formando grupos que pueden ser paralelos, radiales o anulares. Es una estructura típica de las rocas filonianas.



## 8. VULCANISMO Y ROCAS VOLCÁNICAS

### 8.1. PRODUCTOS VOLCÁNICOS.

Las erupciones volcánicas se caracterizan por la emisión de una serie de productos de diferente naturaleza. Las emisiones de estos productos son las que originan la mayoría de las estructuras de las rocas volcánicas. Entre estos productos tenemos:

1) **Gases:** Predomina el vapor de agua procedente del propio magma, o de aguas que se infiltran hasta la cámara magmática. En menor proporción aparecen gran cantidad de compuestos,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ . La cantidad de gases influye de manera directa en el tipo de erupción y en la fluidez de las lavas.

2) **Lavas:** Son los materiales fundidos emitidos por los volcanes, pueden considerarse un magma desgasificado. Las lavas se extienden por el terreno formando coladas cuya extensión depende de su fluidez. Las lavas ácidas, más viscosas, suelen dar erupciones explosivas con coladas poco extensas. Las lavas básicas, más fluidas, originan coladas muy extensas y largas. Estas lavas pueden fluir a gran velocidad, 30 Km./h. y extenderse a larga distancia, hasta 150 Km.



Morfológicamente las lavas se diferencian en tres tipos:

A) **Lavas en bloque o Aa:** Son lavas viscosas que solidifican rápidamente. El escape de los gases de su interior rompe la colada creando fragmentos que acumula de forma caótica la lava aún fundida. Se forman coladas de superficie irregular, accidentada y espinosa, generalmente de poco recorrido. En Canarias a estas coladas se les denomina **Malpaís**.

B) **Lavas cordadas, Pahoehoe:** Ver más adelante

C) **Lavas almohadilladas:** Ver más adelante

3) **Productos Sólidos:** son los materiales lanzados al aire procedentes de lavas, fragmentos de rocas de los conductos volcánicos, o restos de erupciones anteriores. Reciben el nombre general de **piroclastos** y según el tamaño hay varios tipos;

A) **Bombas Volcánicas:** Tamaño grande a medio, con formas variadas, a veces fusiformes o con aspecto de pan. Cuando se acumulan forman las brechas volcánicas.

B) **Lapilli:** Fragmentos del tamaño de gravilla.

C) **Puzolanas:** Tamaño de arena

D) **Cenizas y polvo volcánicos:** tamaño de polvo. Cuando se consolidan originan las cineritas y tobas volcánicas.



Cuando los productos volcánicos caen calientes a una temperatura elevada, que permite su unión, se sueldan y se forman las **ignimbritas**. Si las aguas de lluvia o de deshielo arrastran los piroclastos en forma de avalanchas fangosas que descienden por los valles se forman los llamados **LAHARES**. En volcanes con lavas muy viscosas las burbujas de gas no escapan fácilmente del magma hasta que explotan y entonces arrastran con ellos los fragmentos de magma suspendidos a modo de colchón de aire. Se originan de esta forma las **nubes ardientes** que descienden ladera abajo a gran velocidad destruyendo lo que encuentran a su paso.

## 8. 2. TIPOS DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA

La modalidad de una erupción depende fundamentalmente del contenido en gases, contenido en sílice y la viscosidad. Con la viscosidad y contenido en sílice aumenta la violencia de las explosiones y la cantidad de piroclastos.

Las erupciones de forma clásica se dividen en dos grandes grupos:

**Fisurales:** las lavas salen a lo largo de fracturas de recorrido más o menos amplio. Generalmente son lavas muy fluidas sin gases que forman capas horizontales. Ej. Islandia.

**Centrales;** las lavas salen en puntos concretos, volcanes, y se clasifican en varios tipos que reciben el nombre de volcanes característicos, Hawaiiiano, Stromboliano, Peleano, En la actualidad se utilizan índices de su **explosividad**. El más sencillo es la relación en porcentaje de piroclastos con relación al total de productos emitidos. Un índice más moderno propuesto por vulcanólogos americanos, el **índice de explosividad volcánica, IEV**, clasifica las erupciones en nueve grupos en función del volumen del material emitido, altura de la columna eruptiva, duración de la erupción y una estimación del volumen de material lanzado a la troposfera y estratosfera.

La clasificación clásica y los dos índices modernos se superponen en la siguiente tabla:

<b>Tipos de actividad volcánica</b>				
<i>I.E.V</i>	<i>% de Piroclastos</i>	<i>Nombre clásico</i>	<i>Materiales emitidos</i>	<i>Tipo de edificio volcánico construido</i>
0-1	0-3	Hawaiana	Coladas	Fisura o Escudo
1-2	40	Estromboliana	Piroclastos y coladas	Cono de Escorias
2-4	60	Vulcaniana	Coladas y piroclastos	Volcán compuesto
4-8	99	Pliniana (Peleana, Vesubiana)	Coladas piroclásticas	Domo
5-8	99	Ultrapliniana	Coladas piroclásticas	Caldera

A estas erupciones hay que añadir las erupciones freáticas que son aquellas erupciones en las que el agua entra en la cámara magmática, el agua se evapora instantáneamente lo que unido a los gases del propio magma origina unas erupciones muy violentas. En Muchas ocasiones varios tipos de actividad volcánica se suceden a lo largo del transcurso de una erupción. Ej.. El Teneguía pasó de una erupción Estromboliana a Hawaiana y el Monte santa Elena de Estromboliana a Pliniana.

### 8.3. Estructuras de las rocas volcánicas:

Las rocas volcánicas presentan dos tipos de estructura, de pequeño tamaño y de gran tamaño:

a) **de pequeño tamaño:**

**Vacuolar:** las rocas volcánicas pueden tener numerosos huecos redondeados formados por las burbujas de gases que escapan de la lava.

**Cordada:** Tiene el aspecto de un amontonamiento de cuerdas. Se produce cuando la superficie de la lava se enfría y forma una costra que es arrugada por el flujo interior de la lava que queda



caliente y fluida.

**Almohadillada.** Se produce cuando la lava se enfría en contacto con el agua adoptando formas redondeadas.

**Columnar.** Se origina por contracción de la masa de lava durante el enfriamiento adoptando columnas de formas poligonales.

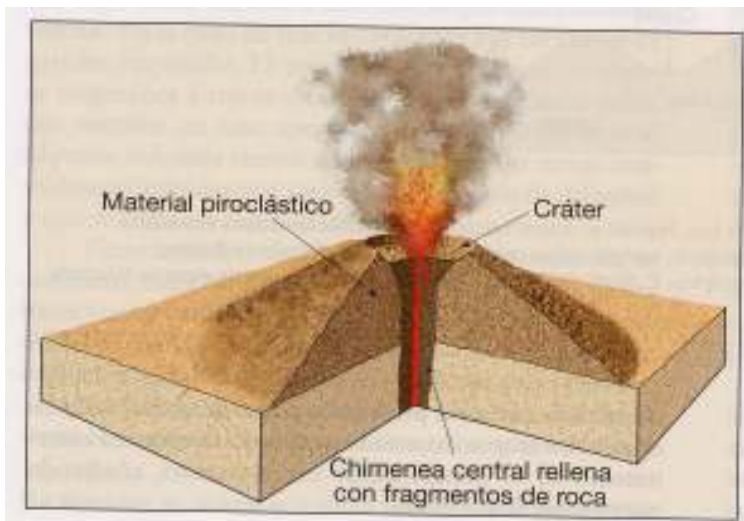
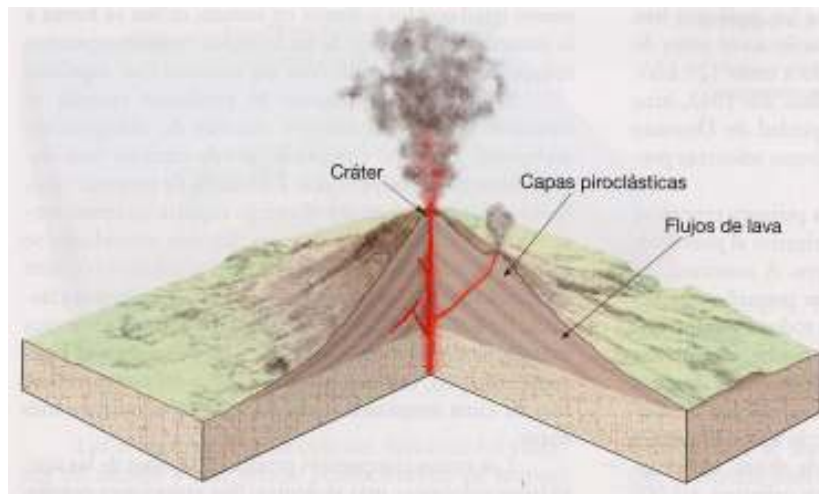
**Fluidal.** Son capas alternantes de colores oscuros y claros debidas al flujo de lavas de distinta composición.



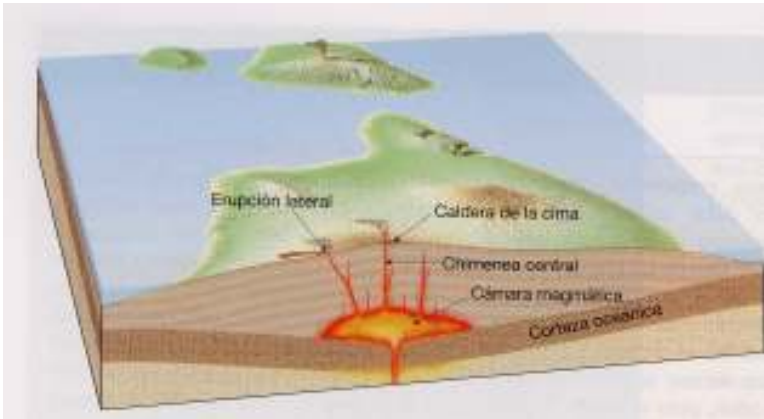
**b) Estructuras de gran tamaño:**

**Domo:** son volcanes de lavas muy ácidas y viscosas que crecen sobre el conducto de salida. En ocasiones taponan el conducto y la presión de los gases da origen a erupciones explosivas que producen coladas de piroclastos.

**Estratovolcán o volcán compuesto:** son los volcanes típicos formados por capas alternantes de coladas de lava y de capas de piroclastos.

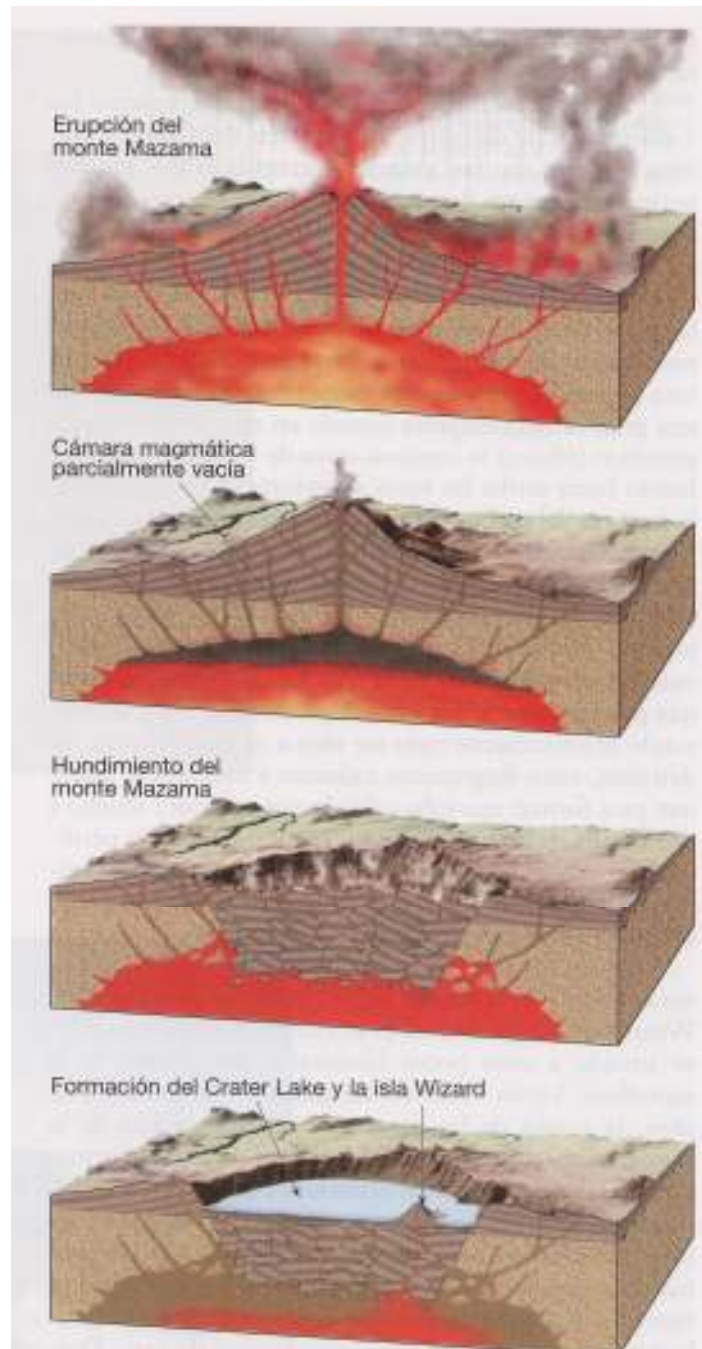


**Cono de escorias:** pequeños conos volcánicos formados sólo por piroclastos.



**Volcán en escudo:** Son volcanes formados sólo por coladas de lava generalmente de carácter básico muy fluidas. Son volcanes muy grandes con una base muy ancha en relación con su altura.

**Caldera:** Es una estructura circular o elíptica de dos a veinte km. de diámetro. Se forma casi siempre por el hundimiento del techo de una cámara magmática casi vacía después de una erupción importante. Las calderas pequeñas pueden formarse por la explosión de la parte superior de un volcán.

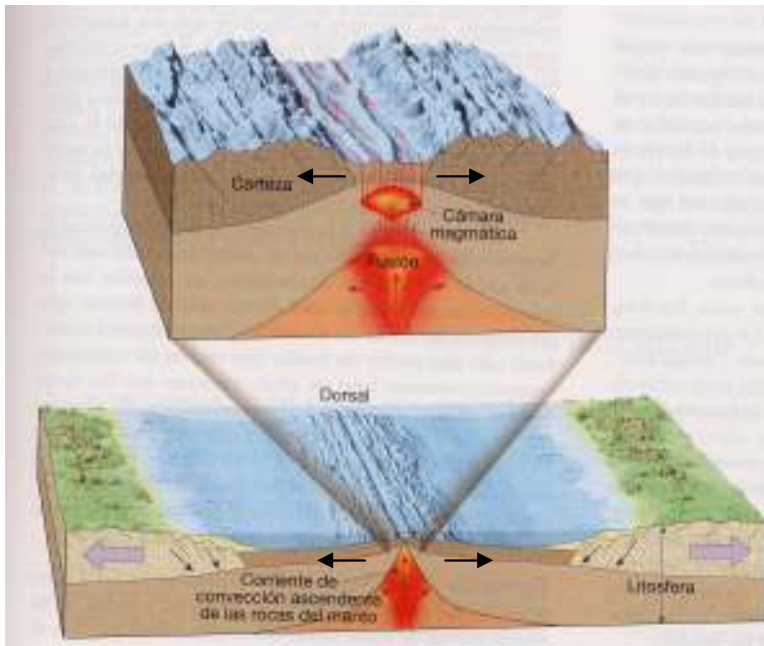


Proceso de formación de una caldera →

## 9. Magmatismo y Tectónica de Placas

Antes de la teoría de la tectónica de placas se sabía que los volcanes no se distribuían al azar y que mostraban una distribución preferente como el *cinturón de fuego del pacífico*. Se sabía también que el tipo de lava emitida por los volcanes difería de unos lugares a otros, los volcanes de los bordes continentales emitían lavas ácidas mientras que los situados en el interior de las cuencas oceánicas expulsaban lavas básicas. La teoría de la Tectónica de placas ha aclarado en gran parte el origen y las características del magmatismo terrestre.

### Magmatismo en las dorsales oceánicas:



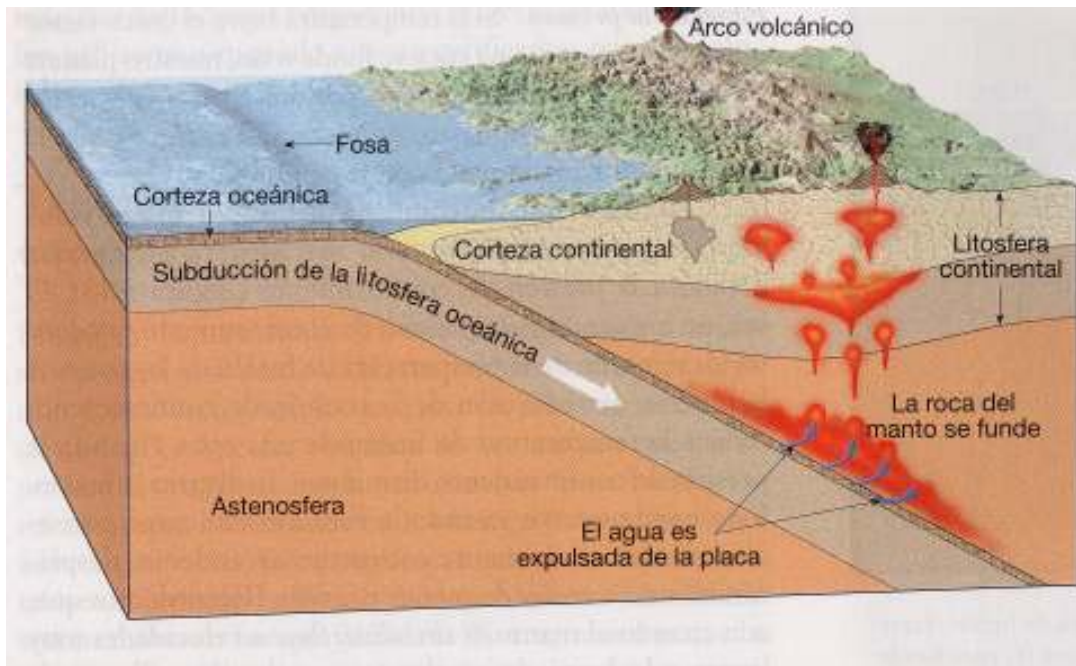
Las dorsales oceánicas son el lugar de la tierra en el que se produce mayor volumen de rocas volcánicas. El origen del magmatismo en las dorsales se debe a la disminución de la presión que provoca la separación de las placas, esta disminución de presión provoca la fusión de las rocas del manto que producen un magma basáltico que asciende para rellenar las grietas recién formadas. En estos

lugares se genera fondo oceánico y en ocasiones se pueden formar conos volcánicos que siembran el fondo oceánico.

### Magmatismo en las zonas de subducción.

Al llegar a las zonas de subducción la litosfera oceánica más vieja, densa y fría se hunde y penetra en el manto. Conforme la placa se hunde se introduce hasta zonas más calientes y su temperatura se incrementa también como resultado del rozamiento. A causa de estos dos procesos el agua que contiene la placa se evapora y reducen la temperatura de fusión de las peridotitas del manto en las que se inicia una fusión parcial. Cuando se ha formado una suficiente cantidad de magma este asciende y origina una cadena de volcanes o arco insular de lavas basálticas.

Cuando la subducción tiene lugar debajo de corteza continental los magmas basálticos al ascender pueden mezclarse, (recordar diferenciación magmática, asimilación y mezcla de magmas) con rocas ricas en sílice de la corteza originando magmas andesíticos y graníticos, típicos de estos lugares



### Magmatismo intraplaca.

El magmatismo intraplaca es una consecuencia de la actividad de los puntos calientes del manto. El origen del magmatismo se debe al descenso de presión que sufren las columnas de material ascendente, al llegar a la superficie la descompresión facilita la fusión de las rocas. Los puntos calientes oceánicos suelen emitir lavas basálticas mientras que en el interior de los continentes suele haber magmas ácidos cuyo origen estará en la diferenciación magmática de la columna ascendente y en la fusión y asimilación de las rocas que rodean a ese magma ascendente. El magma basáltico original cambiará su composición a uno más evolucionado.

### Actividades:

1. Los conos volcánicos que arrojan magmas ácidos son más empinados que los conos que emiten lavas básicas. Explica la causa de ello.
2. ¿Qué diferencia puede existir entre los cristales del exterior de una lava almohadillada y los de su interior?. Explica el porqué de esa diferencia.
3. Muchas bombas volcánicas suelen tener formas redondeadas y una corteza cuarteada y agrietada. ¿A qué crees que puede ser debido?
4. ¿Qué volcán dará lugar a más piroclastos uno de lavas ácidas o uno de lavas básicas? Razona la respuesta.
5. ¿Crees que es posible encontrar en una roca olivino y cuarzo juntos?. Explica tu respuesta.
6. El gabro y el basalto son dos rocas muy parecidas en su composición química ¿en qué se diferenciarán?, ¿Por qué?.
7. ¿Por qué son importantes las rocas magmáticas?.

8. Las peridotitas son rocas ultrabásicas que originan magmas basálticos básicos en lugar de dar lugar a magmas ultrabásicos ¿por qué?.
9. En las dorsales se encuentran pocos tipos de rocas distintas mientras que en los bordes destructivos hay una mayor variedad de rocas . ¿A qué crees que puede ser debido?.
10. Las erupciones de tipo granítico suelen ser mas violentas que las de tipo basáltico ¿ A qué crees que es debido?.
11. El diamante es un mineral que se extrae de una roca ígnea con abundante olivino ¿cómo será su punto de fusión?.
12. En qué se diferenciarán a simple vista el granito, roca plutónica, y el basalto roca volcánica.
13. ¿Por qué algunas rocas volcánicas tienen huecos que incluso les permiten flotar en el agua como a la piedra pómez?.
14. ¿Qué son los lahares?. ¿Cómo se forman? ¿suponen un peligro? ¿por qué?
15. ¿Qué son las nubes ardientes?
16. ¿Qué es la diferenciación magmática?
17. Señala las diferencias entre un volcán en escudo y un volcán compuesto o estratovolcán..
18. Señala los posibles orígenes de las Calderas volcánicas.
19. ¿Qué podemos afirmar con seguridad si encontramos lavas almohadilladas?
20. Las rocas plutónicas se denomina también intrusivas ¿a qué es debido ese nombre?.
21. Identifica los distintos tipos de yacimientos de las rocas magmáticas en la siguiente figura.

