

# ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA TIERRA (tema 4)

---

## Magmatismo y Metamorfismo

---

Tipos y evolución de magmas

---

Plutonismo y vulcanismo; génesis y emplazamiento

---

Metamorfismo y rocas metamórficas

---

# Magmatismo y Metamorfismo: El ciclo endógeno

---

**El magmatismo** estudia el origen, evolución y emplazamiento de los magmas

**Magma:** mezcla fundida de composición silicatada, que contiene cristales en suspensión y gases disueltos ( $H_2O$ ;  $CO_2$ ) y que se origina por fusión parcial de la corteza o del manto superior.

Composición silicatada: Si, O, Al, K, Ca, Na, Fe, Mg

Cristales en suspensión:

fragmentos de roca (relictos),  
granos minerales (neoformados en la cristalización  
magmática)

## **El proceso de fusión**

Elevación de la temperatura por encima del punto de fusión (**PF**) de la roca:

## **Control de la fusión**

*La **Temperatura*** regula el PF de cada mineral.

*La **Presión*** incrementa la T<sup>a</sup> de fusión.

*El **contenido en agua*** reduce notablemente el PF

*El **tipo de roca*** determina la temperatura a la que comienza la fusión :

Rocas graníticas ( 750 °C)

Rocas basálticas (1000 °C)

# Magmatismo

---

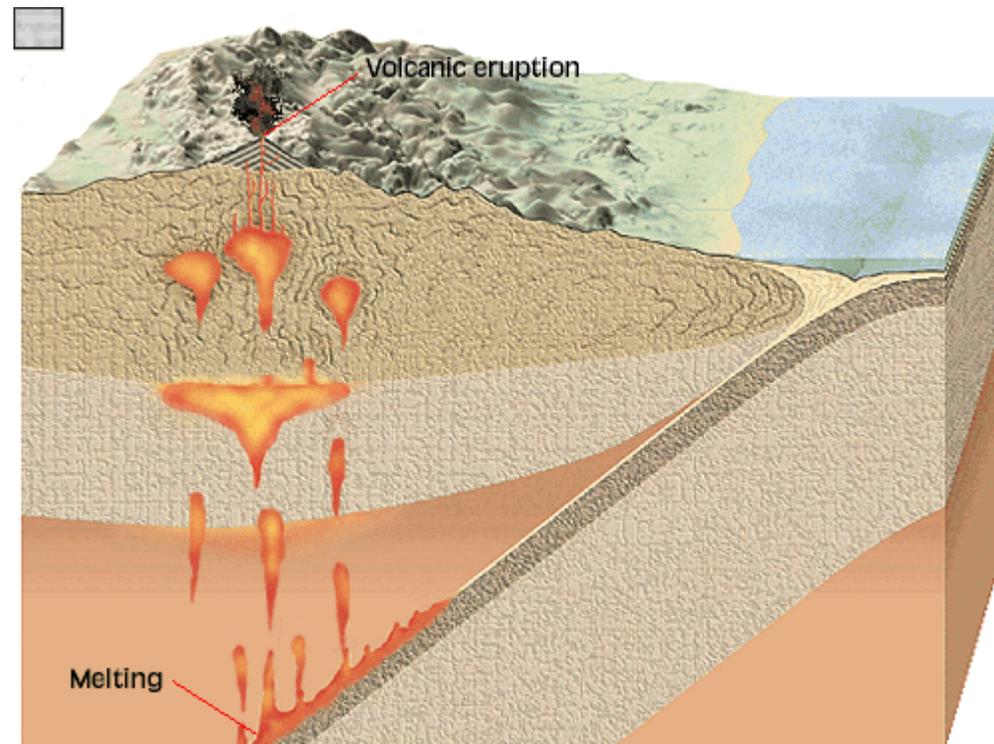
**Temperatura: gradiente geotérmico (20-30 °C/km)**

Transmisión de calor:

Fricción en zonas de subducción

Descenso de las rocas a zonas de alta temperatura

Ascenso de material (sólido) profundo y caliente



Tarback y Lutgens (1999)

## **Presión:**

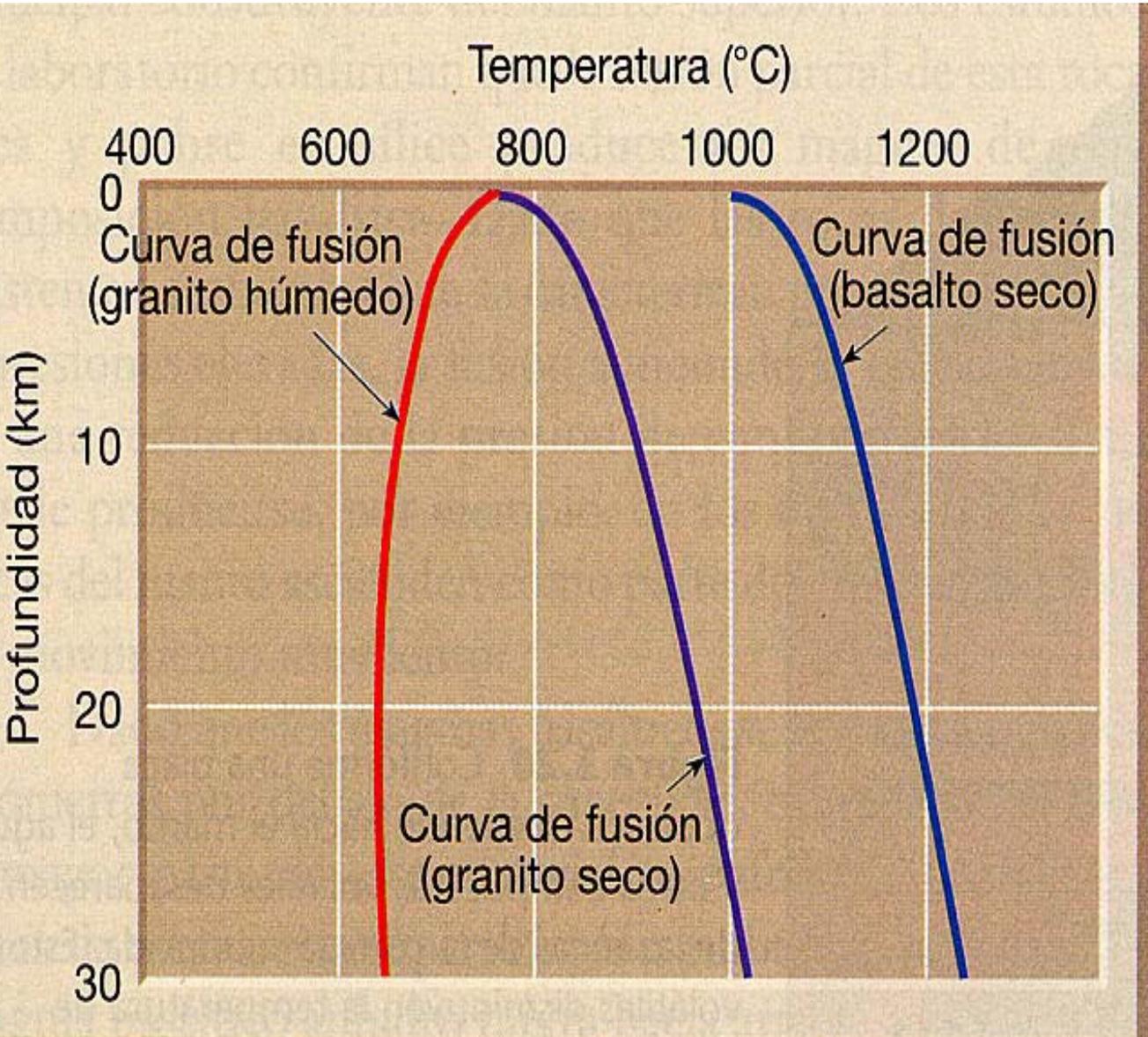
**El aumento en la presión de confinamiento (profundidad) produce un incremento en la temperatura de fusión de las rocas:** el magma es de menor densidad y mayor volumen específico que las rocas a partir de las cuales se genera.

**Las rocas funden cuando disminuye la presión de confinamiento:**

Ascenso por una corriente convectiva

Ascenso a favor de fisuras

## Contenido en volátiles (H<sub>2</sub>O):



Los grupos OH tienden a romper los enlaces silicio-oxígeno

# Magmatismo

---

**Los magmas se generan bajo tres tipos de condiciones:**

**1: *aumento de la temperatura*:** un cuerpo magmático de una fuente profunda asciende y funde las rocas de la corteza

**2: *disminución de la presión*** (sin adición de calor)

**3: *introducción de volátiles***

Cuando un magma alcanza la superficie terrestre y se solidifica en el exterior da lugar a:

**las rocas extrusivas o volcánicas**

Cuando se solidifica en el interior da lugar a:

**Las rocas intrusivas o plutónicas**

**ROCAS ÍGNEAS**

## Cristalización magmática

**Cuando desciende la  $T^a$  los iones dispersos comienzan a combinarse y cristalizar, formándose los distintos grupos de silicatos.**

**La cristalización del magma también implica un intervalo de temperatura**

### ***Serie de Bowen***

**Los silicatos se forman siguiendo un orden de cristalización regulado por el PF de cada mineral.**

**Se diferencian dos secuencias de minerales: serie continua y serie discontinua.**

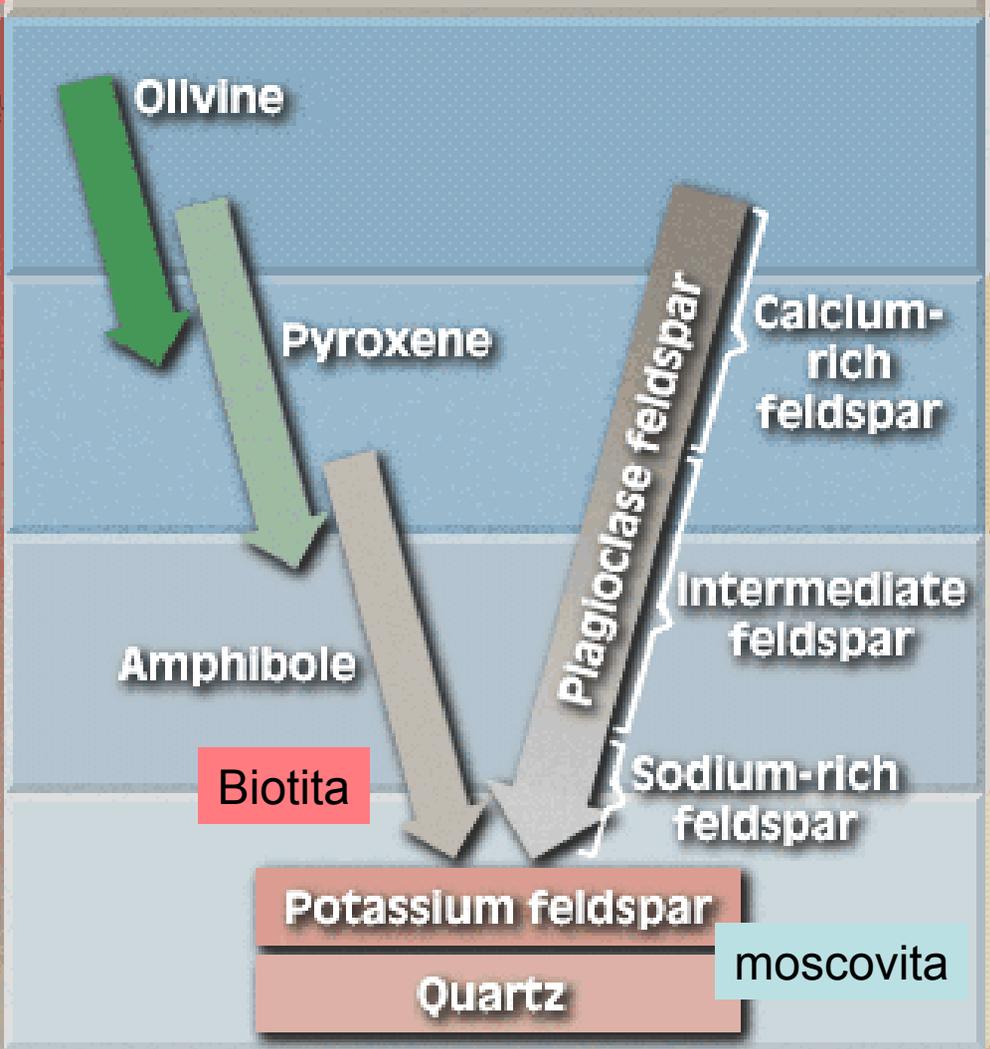
serie discontinua      serie continua

Temperatura

alta temperatura  
cristaliza primero

baja temperatura  
cristaliza el último

**Serie de reacción de Bowen**



Rocas Ígneas

ultramáficas

basalto

andesita

granito

+Fe, Mg  
MÁFICAS

FÉLSICAS  
+Si

## Diferenciación magmática (Cristalización fraccionada)

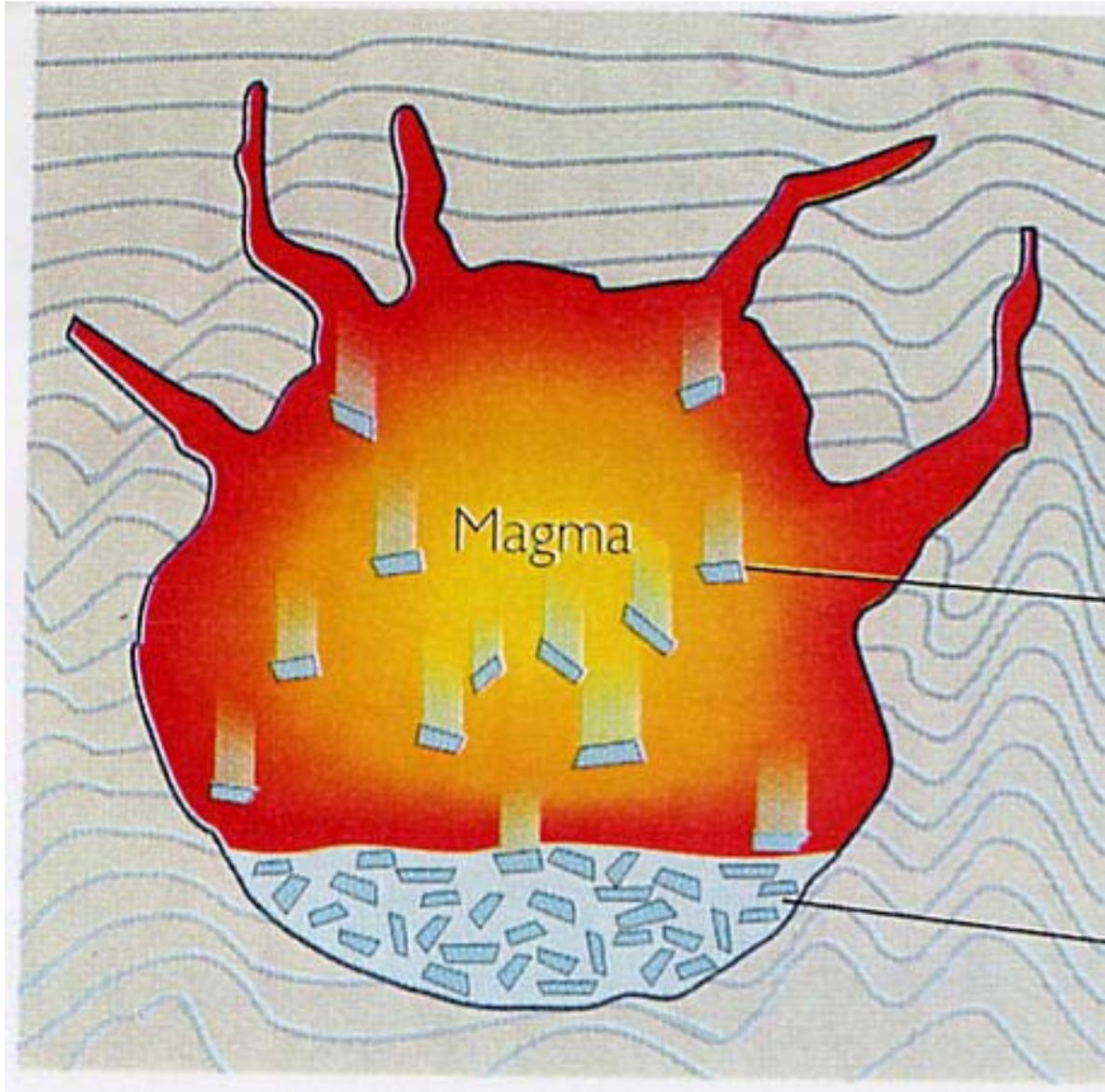
Los minerales más densos (Fe, Mg) son los primeros en formarse y caen al fondo de la cámara magmática (sedimentación cristalina)

### *Consecuencias*

La composición de la fase fundida cambia a medida que se segregan los diferentes minerales.

Cuando el fundido restante solidifica, la composición de la roca resultante es diferente de la composición del magma inicial, proceso que se conoce como ***“diferenciación magmática”***.

# CRISTALIZACIÓN MAGMÁTICA



**CRISTALES**

**ROCA**



Aphanitic  
groundmass

Phenocrysts

# Tipos y evolución de magmas

---

## Tipos de magmas

### ***Magmas basálticos:***

**pobres en sílice: ( $\text{SiO}_2 \approx 50\%$ ), muy fluidos y con PF de 900 a 1200 °C**

***Fusión parcial (10-30%) de rocas ultramáficas en el manto superior: peridotitas***

***Dorsales (+ $\text{SiO}_2$ ): toleítico***

***Intraplaca-Islas oceánicas (+ Na,K): alcalino***

### ***Magmas silíceos:***

**Ricos en sílice: ( $\text{SiO}_2 \approx 65 - 75\%$ ), muy viscosos y con PF de 700 – 800 °C**

***Fusión parcial de corteza oceánica y continental***

### ***Zonas de subducción:***

***magma basáltico + corteza continental fundida: magma andesítico***

***Fusión parcial de la corteza continental: magma riolítico***

## TIPOS DE MAGMAS-COMPOSICIÓN QUÍMICA

% ÓXIDOS	BASÁLTICO	ANDESÍTICO	RIOLÍTICO
SiO <sub>2</sub>	49	57	72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18	19	14
FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9	7	3
MgO+CaO	20	9	2
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	3	5	8
Otros	1	3	1

## Evolución de magmas

### Asimilación y mezcla de magmas

La diferenciación magmática no explica por si sola la diversidad de las rocas ígneas.

La composición del cuerpo magmático puede cambiar:

#### *Asimilación:*

incorporación en el magma de las rocas del entorno próximo

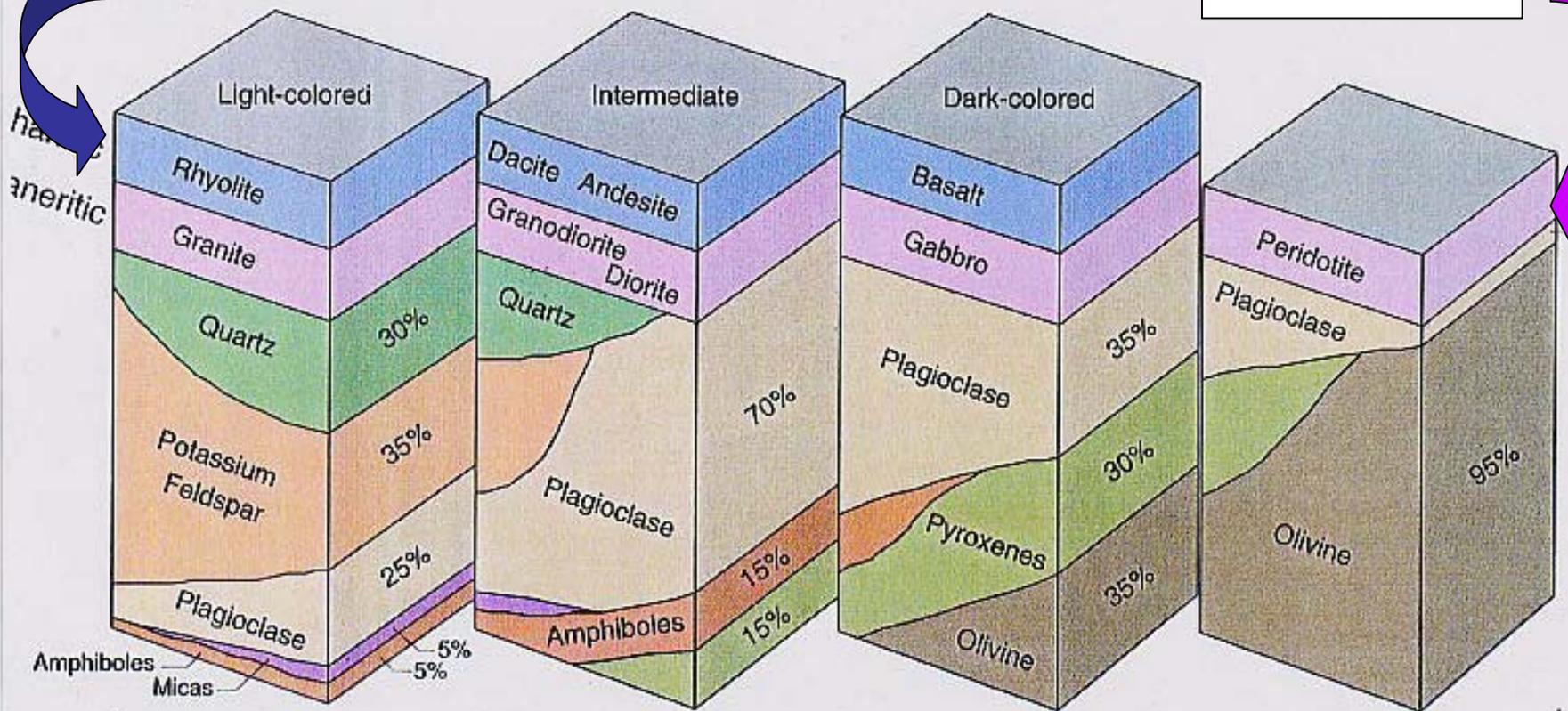
#### *Mezcla de magmas, recarga de la cámara magmática.*

Un cuerpo magmático es alcanzado por otro

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA ROCAS ÍGNEAS

**Volcánicas**

**Plutónicas**



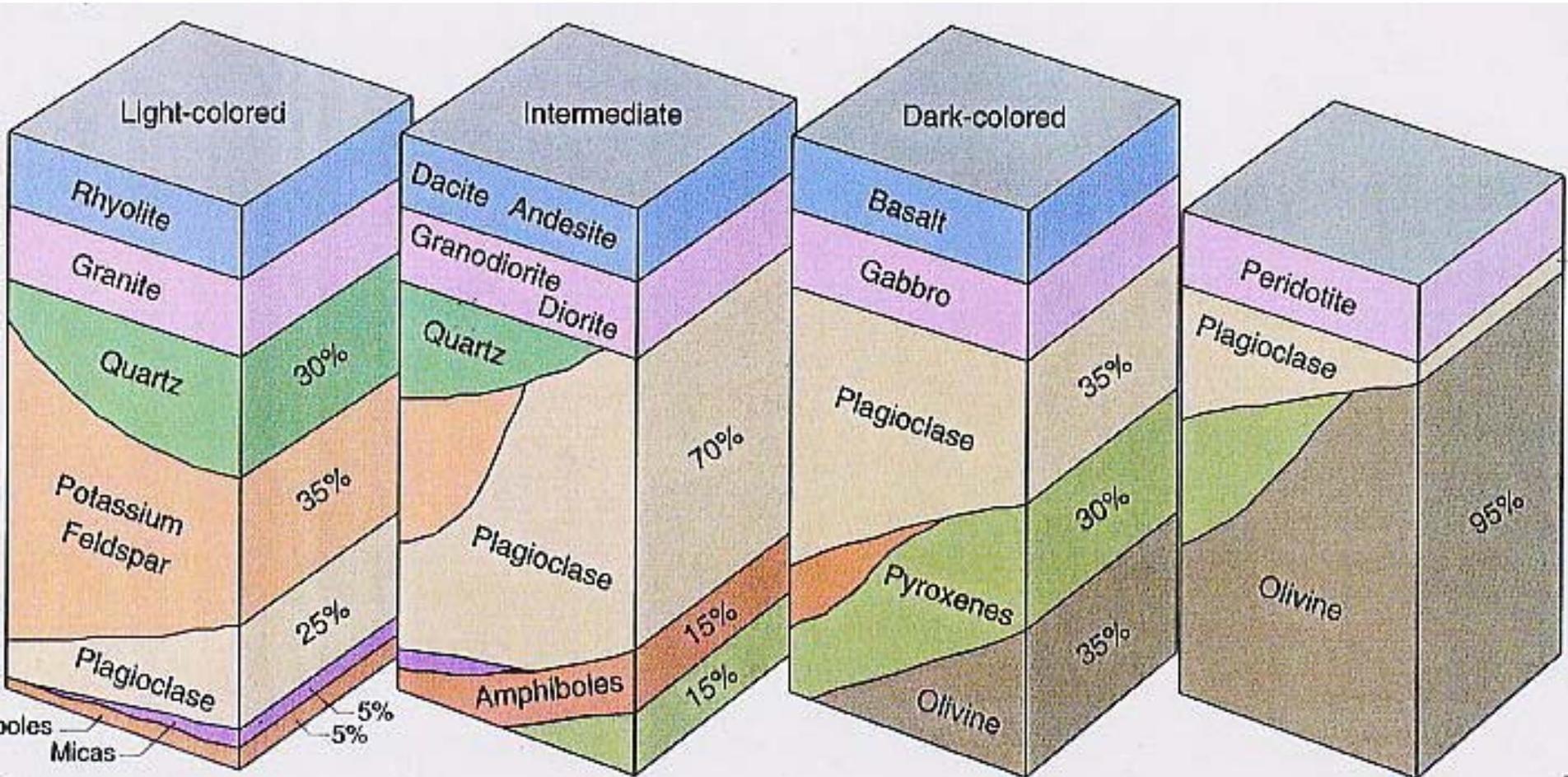
GRANITIC MAGMA      ANDESITIC MAGMA      BASALTIC MAGMA      ULTRAMAFIC MAGMA

$SiO_2$

$> 65\%$

$52\%$

$45\% <$



← GRANITIC MAGMA →      ← ANDESITIC MAGMA →      ← BASALTIC MAGMA →      ← ULTRAMAFIC MAGMA →

$O_2$        $> 65\%$        $52\%$        $45\% <$

# Tipos y evolución de magmas: series de rocas ígneas

---

**En función de:**

**Magma :** b-toleítico; b-alcalino; andesítico; riolítico

**Diferenciación:** fusión parcial; cristalización fraccionada

**Evolución:** asimilación; mezcla

## Series

**toleítica:** basaltos y gabros toleíticos

**(no hay diferenciación: dorsales, islas oceánicas)**

**alcalina:** basalto-grabro hasta riolita-granito alcalinos

**(diferenciación extrema: puntos calientes)**

**calcoalcalina:** basalto-grabro/riolita-granito alcalinos

**(asimilación, mezcla: bordes de placa destructivos)**

## Emplazamiento:

**Naturaleza de las erupciones volcánicas**

**Naturaleza de los cuerpos intrusivos**



**ETNA- SICILIA-AÑO 2002**

Volcán compuesto –estrato volcán

# Vulcanismo/erupción volcánica

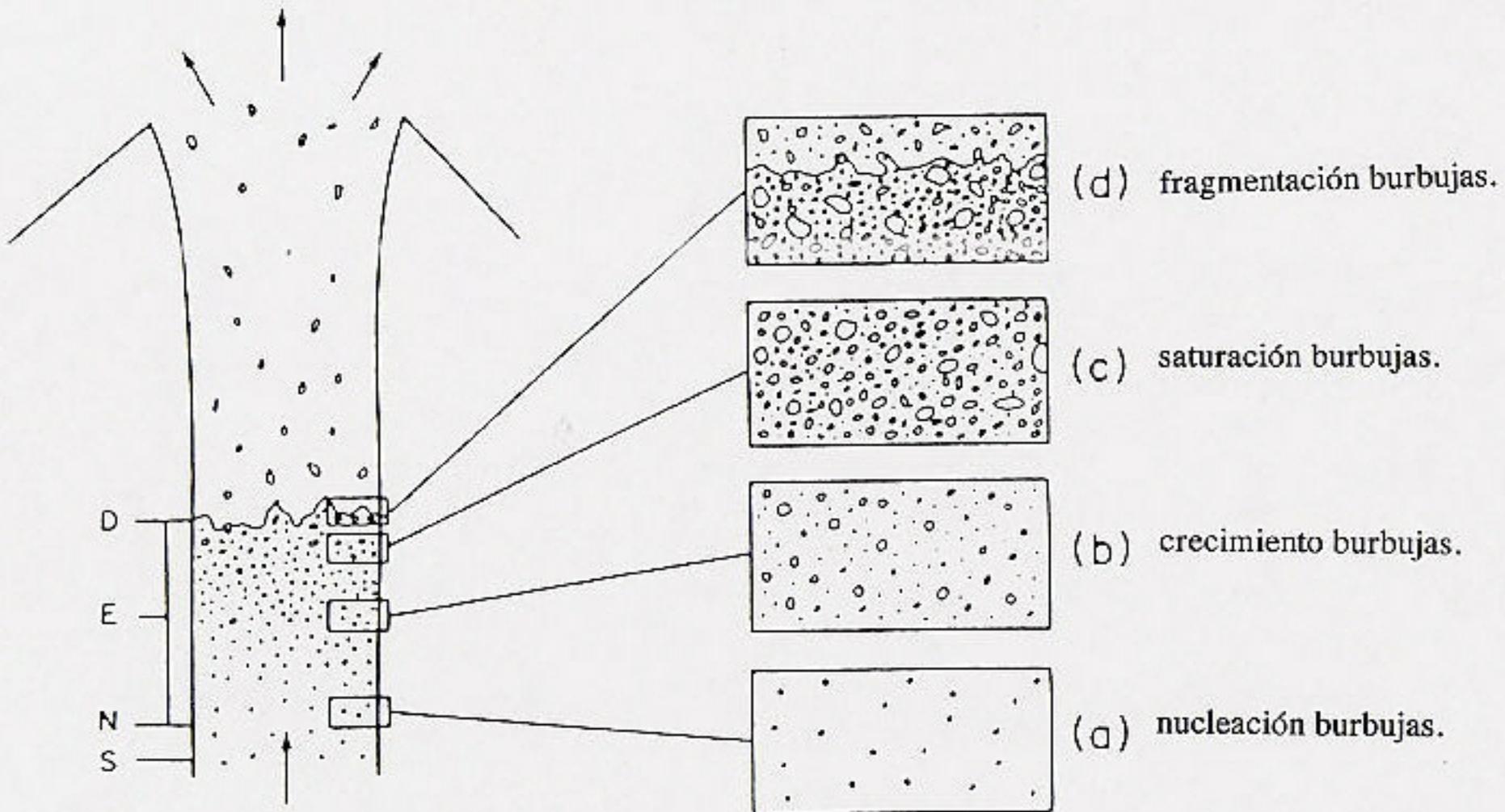
---

El magma asciende por pérdida gradual de la densidad del fundido (disminución de la presión de confinamiento y aumento de volúmen).

Las *erupciones volcánicas*, más o menos violentas, se producen mediante procesos de desgasificación, cuando el magma alcanza la superficie terrestre.

Durante la erupción se liberan a la atmósfera los componentes volátiles, dejando un residuo que se enfría y solidifica dando lugar a las **rocas volcánicas**

# NUCLEACIÓN DE BURBUJAS FORMACIÓN DE VESÍCULAS- ORIGEN DE LOS PIROCLASTOS



Los materiales fundidos que ascienden a través de las fracturas, solidifican en el exterior dando origen a los ***edificios volcánicos***

Los materiales fundidos pueden fluir de manera tranquila en forma de ***lavas***, o de manera violenta arrojando fragmentos de diverso tamaño, que se denominan ***piroclastos***

***(cenizas (< 2mm), lapilli (2-60mm), bombas (>60 mm))***

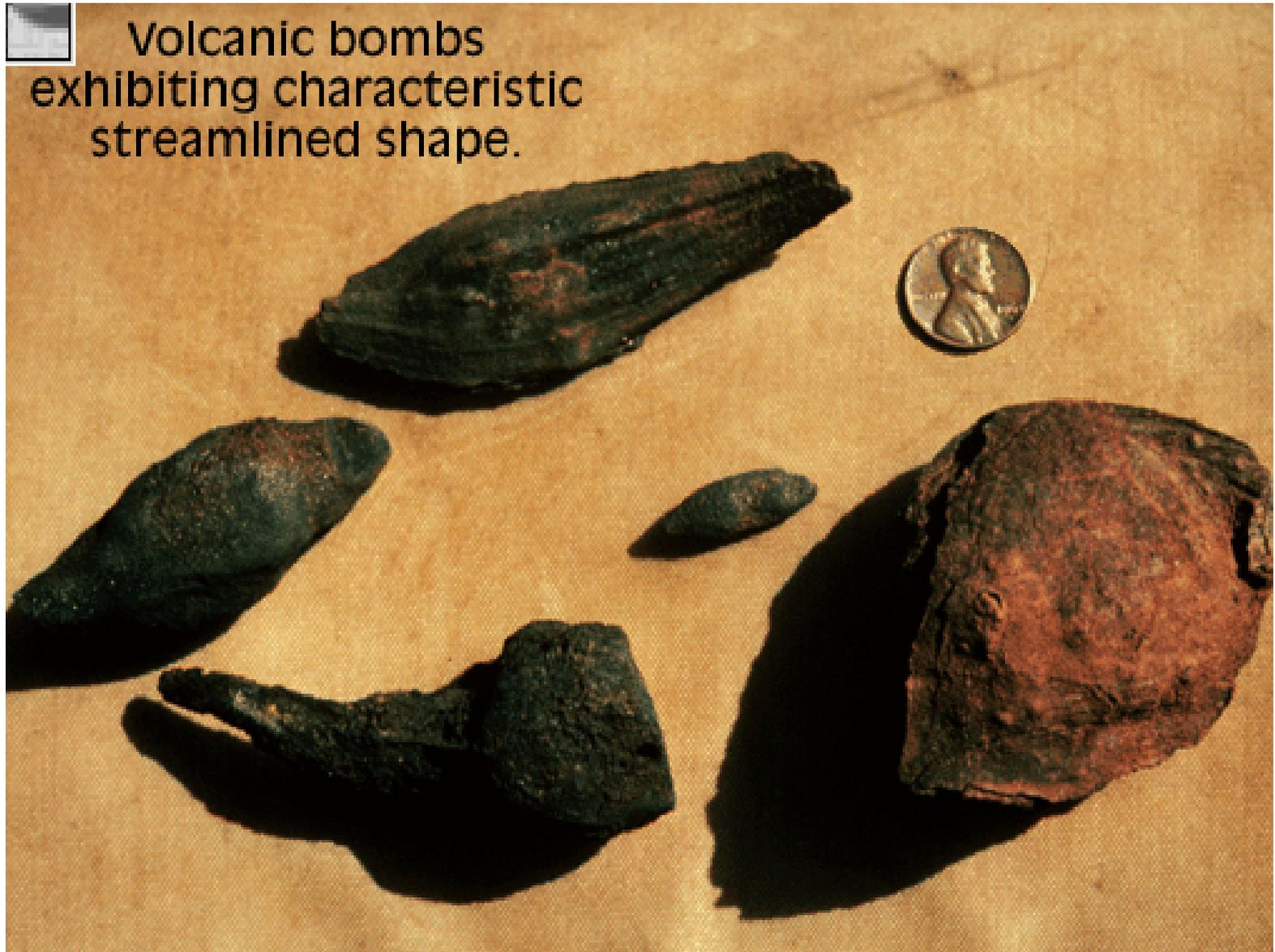
Los materiales se acumulan alrededor del foco emisor, originando una montaña en forma de ***cono*** en cuyo vértice se sitúa el ***cráter (caldera)***

pilli sized pumice  
near Crater Lake,  
Oregon





Volcanic bombs exhibiting characteristic streamlined shape.



## EDIFICIO VOLCÁNICO- CRATER- VESUBIO



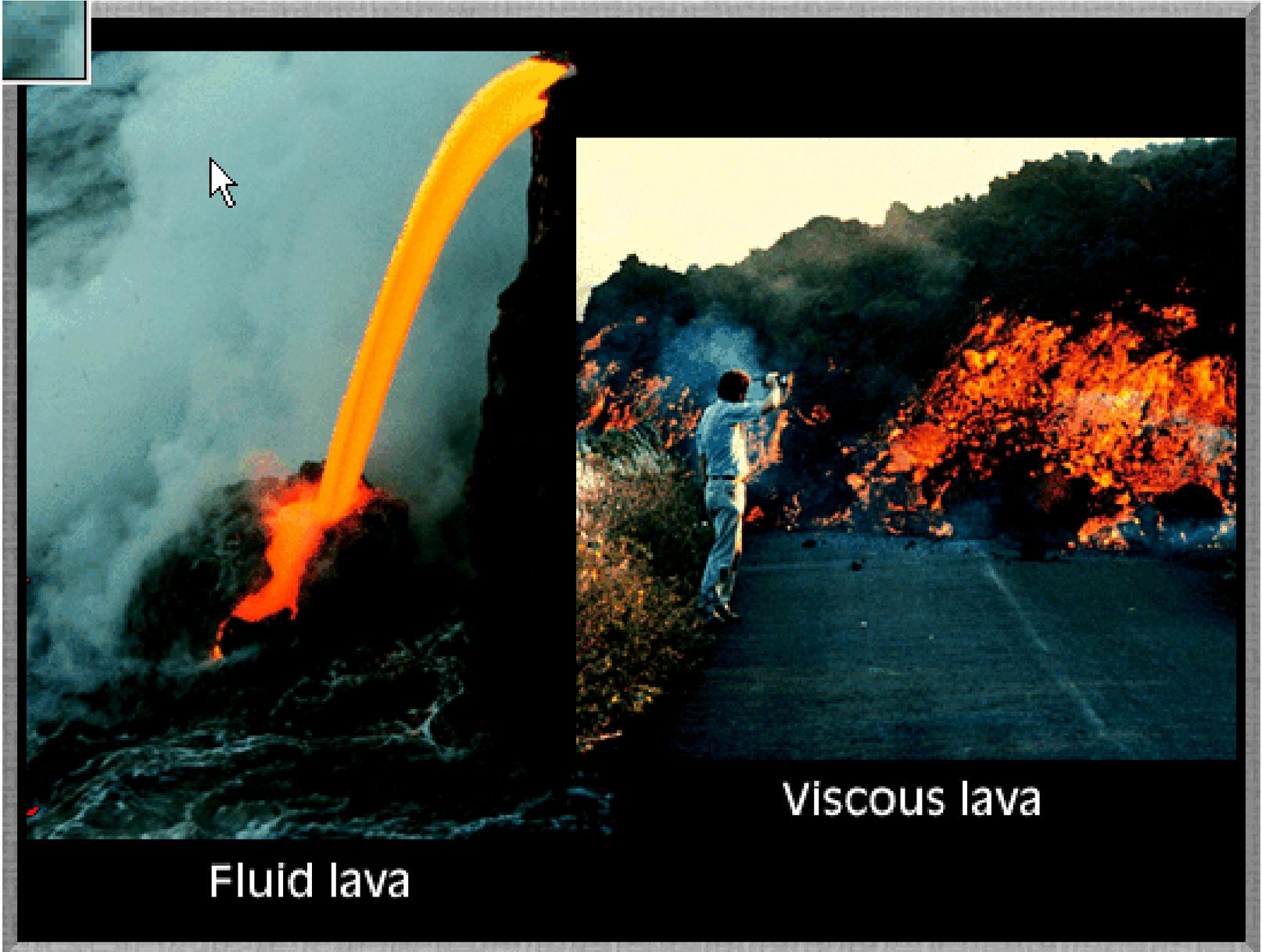
## LA NATURALEZA DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS, Y POR TANTO DE LAS ESTRUCTURAS FORMADAS DEPENDEN DE:

Composición del magma

Temperatura

**VISCOSIDAD**

Gases Disueltos



Fluid lava

Viscous lava

# Vulcanismo/ Naturaleza de las erupciones volcánicas

---

Composición del magma	Sílice % SiO <sub>2</sub>	Viscosidad	Contenido en gas	Formación de piroclastos	Forma volcánica
BASÁLTICO	≈ 50	baja	bajo (1 - 2 %)	No/escasos	Escudo Cono de cenizas
ANDESÍTICO	≈ 60	media	medio (3 - 4 %)	frecuentes	Conos compuestos estratovolcán
RIOLÍTICO	≈ 70	alta	alto (4 - 6 %)	predominan	Domos Flujos piroclásticos

## Vulcanismo/ Erupciones de magmas basálticos

---

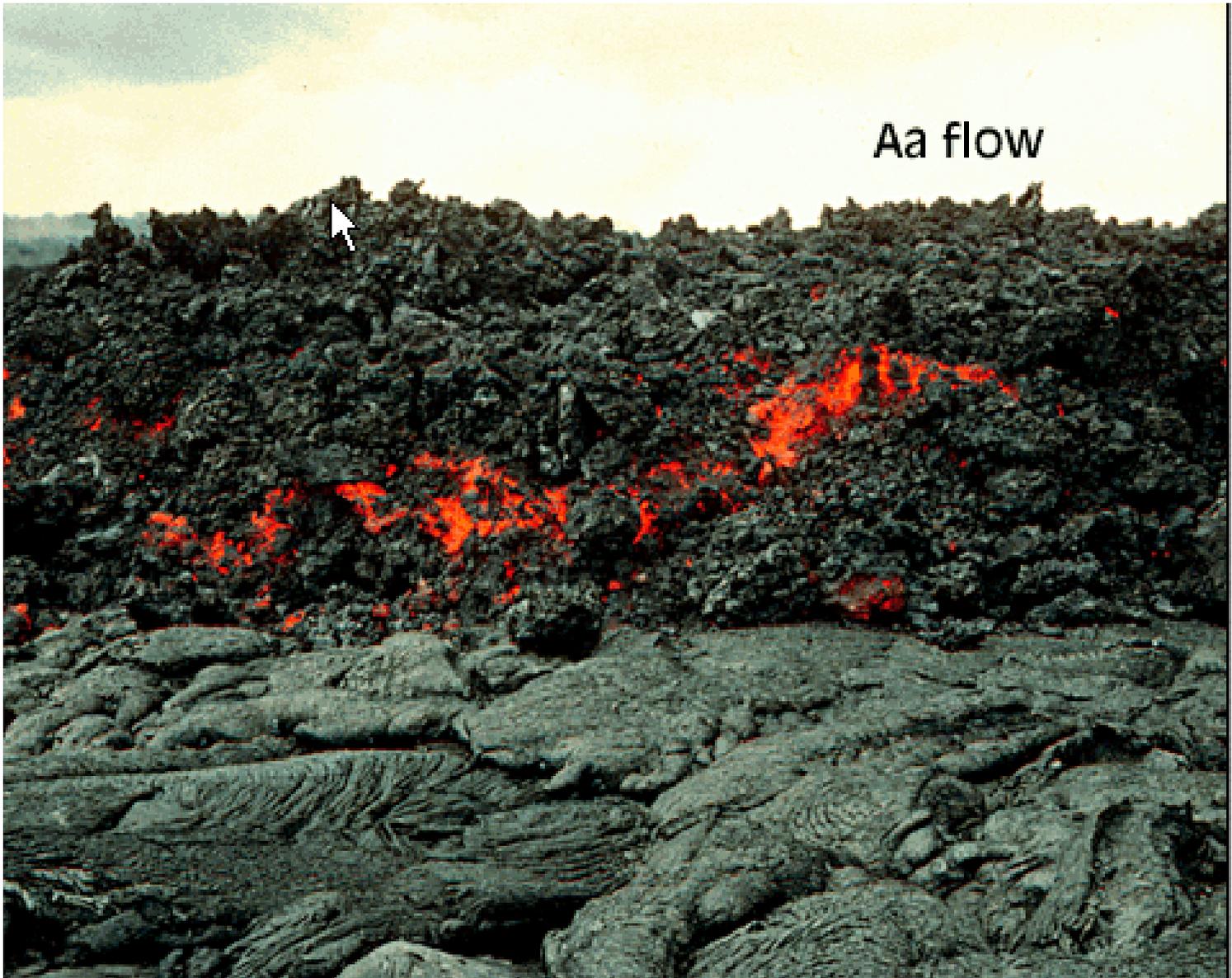
**Coladas de lava que pueden fluir a 30-40 km/h**

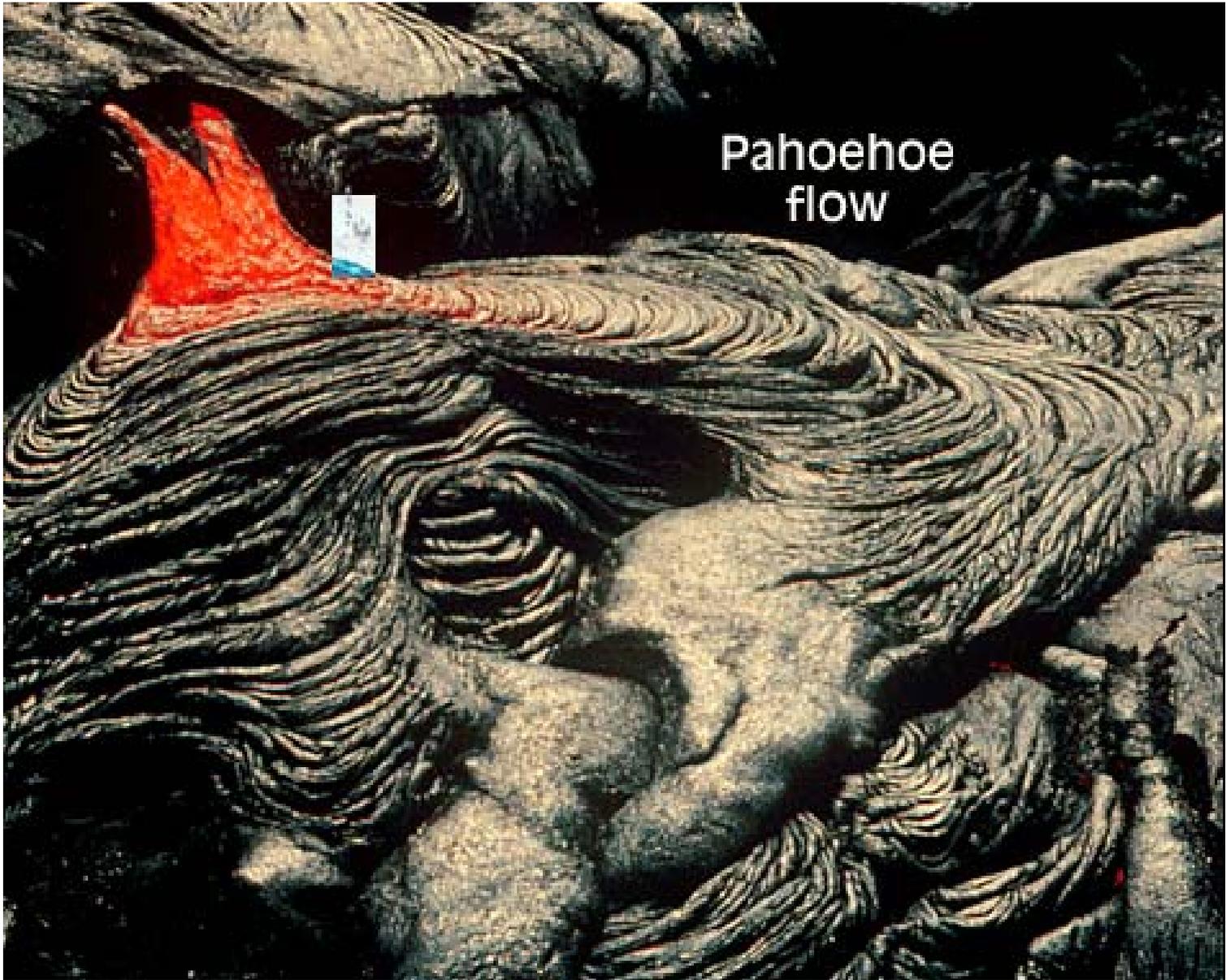
**Coladas aa: lavas de movimiento lento (m/h), con bajo contenido en gases elevado espesor (3-10 m)**

**Coladas pahoehoe: coladas muy fluidas y de pequeño espesor: formas fusiformes y cordadas. Tubos, disyunción columnar**

**Lavas almohadilladas: erupciones volcánicas submarinas; se forman bloques redondeados**

Aa flow





Pahoehoe  
flow



<http://en.wikipedia.org/wiki/Basalt>

# Islandia



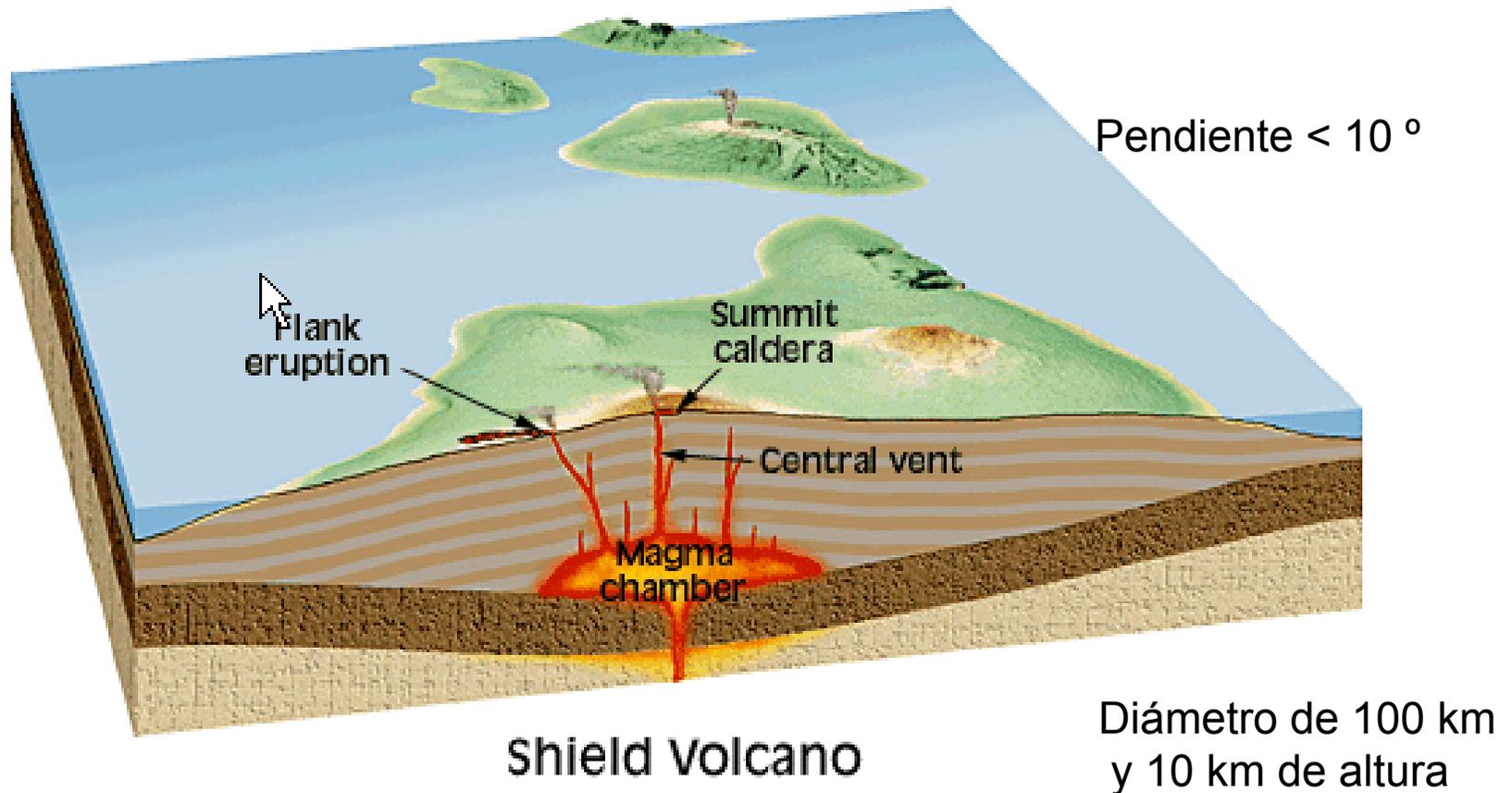
# PLATAFORMA OCEÁNICA DEL CARIBE

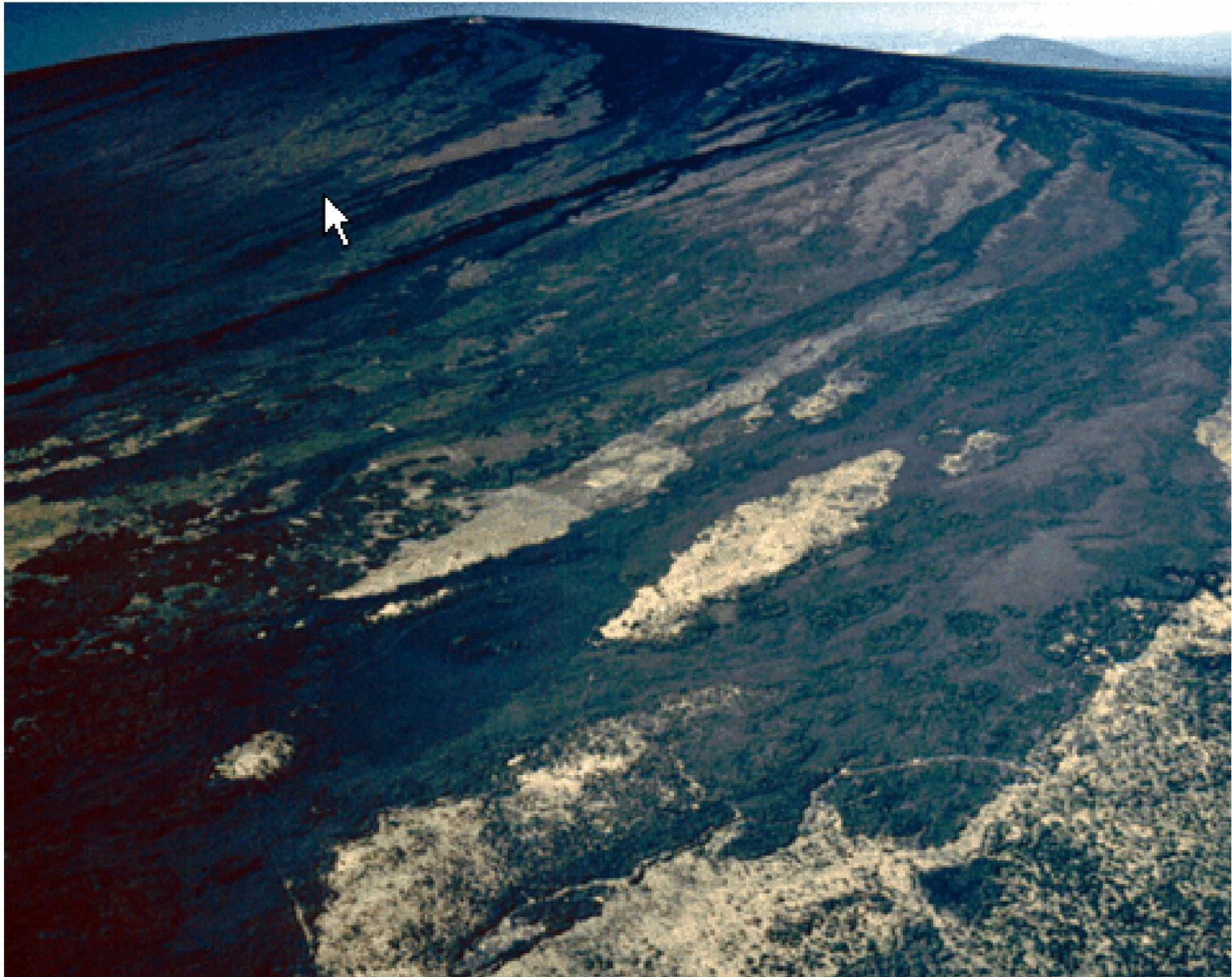


# Vulcanismo/ Volcanes de magmas basálticos

---

La extrusión de grandes cantidades de lava de forma continua da lugar a *Volcanes en escudo* (ej. *Mauna loa*)







Sunset crater-arizona



# Vulcanismo/ Volcanes de magmas silíceos

---

Composición del magma	Sílice % SiO <sub>2</sub>	Viscosidad	Contenido en gas	Formación de piroclastos	Forma volcánica
BASÁLTICO	≈ 50	baja	bajo (1 - 2 %)	No/escasos	Escudo Cono de cenizas
ANDESÍTICO	≈ 60	media	medio (3 - 4 %)	frecuentes	Conos compuestos estratovolcán
RIOLÍTICO	≈ 70	alta	alto (4 - 6 %)	predominan	Domos Flujos piroclásticos

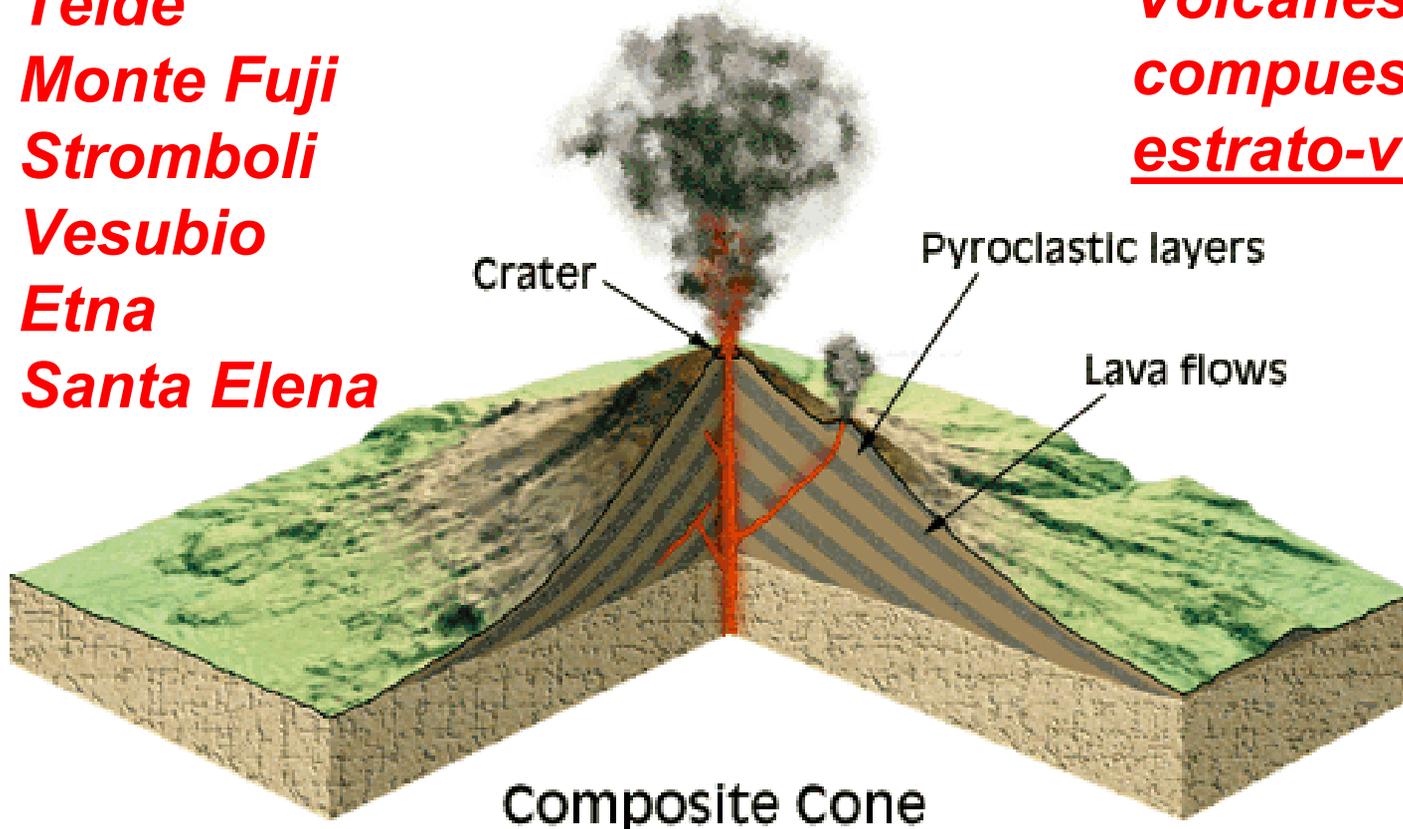
# Vulcanismo/ Volcanes de magmas silíceos

---

**Erupciones de menor temperatura y lavas más viscosas**  
En la chimenea del volcán se forman **domos** masivos que impiden la salida de los gases (altas presiones, explosión violenta, **flujos piroclásticos**)

**Teide**  
**Monte Fuji**  
**Stromboli**  
**Vesubio**  
**Etna**  
**Santa Elena**

**Volcanes**  
**compuestos o**  
**estrato-volcanes**



1980 eruption of  
Mount St. Helens





***Nubes ardientes:*** flujo de gases, cenizas y gotas de lava que se desplazan entre 200 y 400 km/h a favor de la pendiente del volcán.



***Lahares***: flujo de fango procedente de la fusión repentina de la nieve durante la erupción de un magma silíceo (Nevado del Ruiz)



# Plutonismo/ Naturaleza de los cuerpos intrusivos

---

**Cuando los magmas solidifican en el interior de las rocas corteza presentan diversas formas:**

***Batolitos:*** grandes masas globosas con dimensiones de afloramiento  $> 100 \text{ Km}^2$

***Plutón:*** cámara magmática consolidada de tamaño menor que el batolito

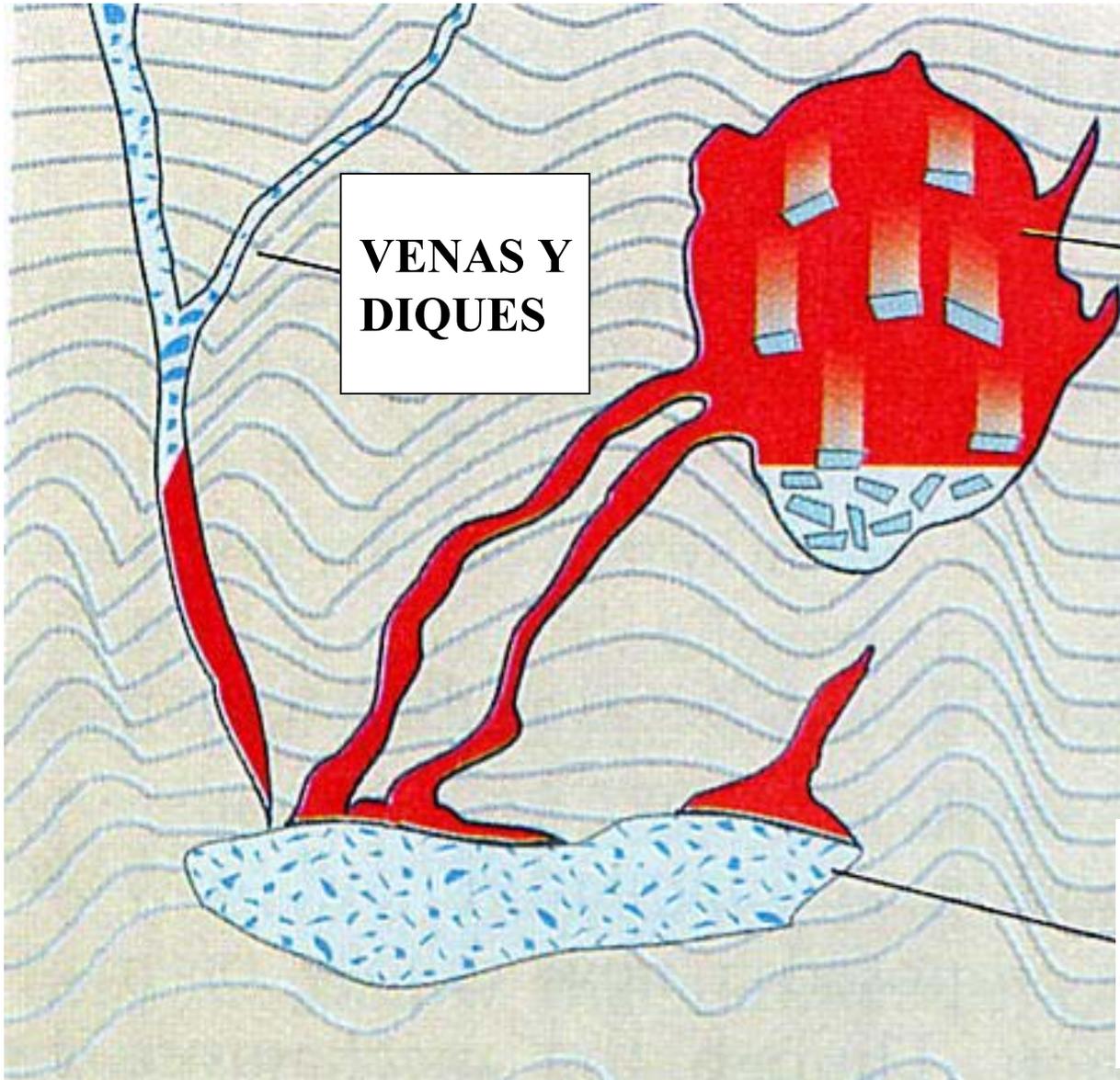
***Sill:*** cuerpo intrusivo tabular inyectado a favor de estructuras en capa

***Lacolito:*** Sill con techo abovedado

***Lopolito:*** Sill con estructura cóncava

***Dique:*** cuerpo intrusivo tabular discordante con las estructuras de la roca de caja (estratos o capas)

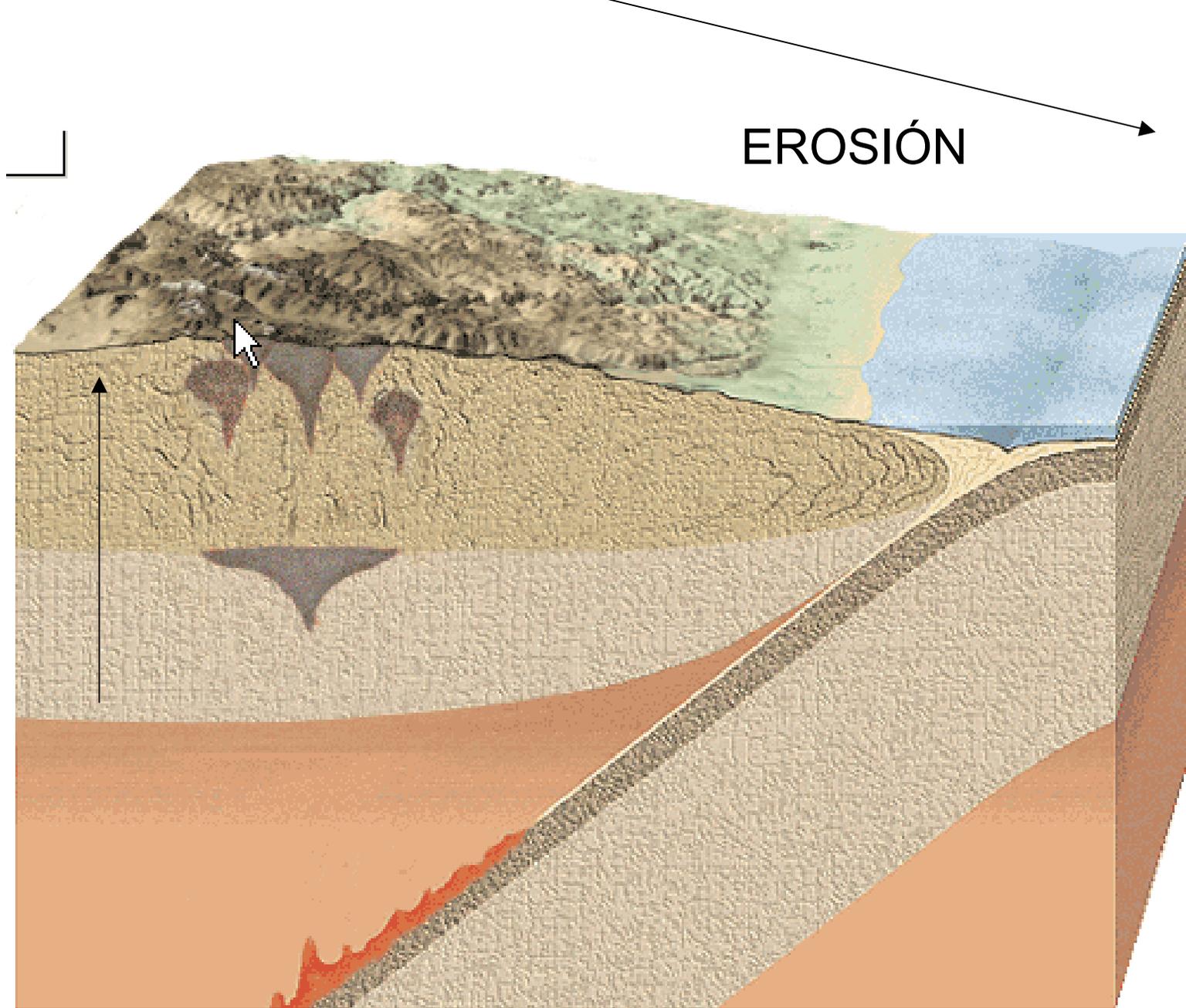
# MAGMAS INTRUSIVOS



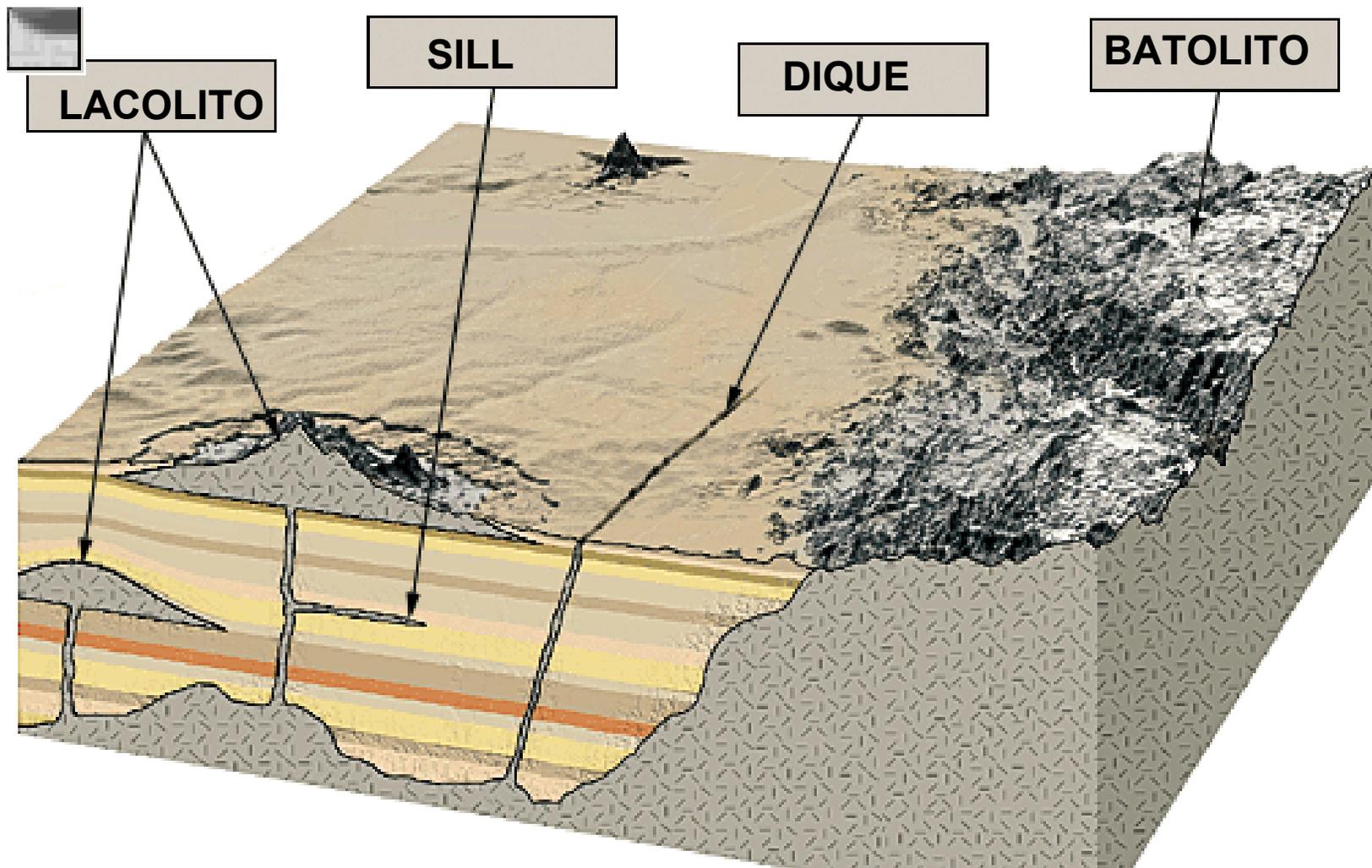
**VENAS Y  
DIQUES**

**MAGMA  
ORIGINAL**

LEVANTAMIENTO



EROSIÓN



# BATOLITO



DIQUE



SILL-LACOLITO

