

# Geología

- La geología es la ciencia de la tierra:

Estudia especialmente los procesos del interior de la tierra y los transformaciones que afectan a los minerales y las rocas en la superficie de la tierra. La geología no solamente se refiere a la actualidad, es también, la ciencia de la historia de la tierra; los procesos de formación, su desarrollo, los cambios sufridos, hasta la situación actual.



# Geología y Otras Ciencias

## Física

- Geofísica
- Sismología

## Astronomía

- Geología Planetaria
- Heliosismología

## Química

- Mineralogía
- Petrología
- Geoquímica

## Biología

- Paleontología
- Paleo????:
  - Ecología
  - Botánica
  - climatología

## Geología

- Geología Económica
- Hidrología
- Ingeniería Geológica

- Geología Histórica

- Geomorfología
- Oceanografía
- Geología Estructural
- Vulcanología

# Algunos aspectos “Únicos” en Geología

## **Importancia de las Relaciones**

- Secuencial
- Espacial

## **Importancia del Tiempo**

## **Problemas característicos de las Evidencias**

- Velocidad lenta
- Eventos raros/únicos
- Destrucción de la Evidencia
- Inaccesibilidad

# Algunas proporciones Geológicas

Formación del Gran Cañón

- $2 \text{ km}/3 \text{ m.y.} = 1 \text{ cm}/15 \text{ yr}$

Levantamiento de los Alpes

- $5 \text{ km}/10 \text{ m.y.} = 1 \text{ cm}/20 \text{ yr.}$

Apertura del Atlántico

- $5000 \text{ km}/180 \text{ m.y.} = 2.8 \text{ cm/yr.}$

Movimiento de la Falla de San Andrés

- $5 \text{ cm/yr} = 7 \text{ m}/140 \text{ yr.}$

1 Segundo = 1 año

35 minutos para el nacimiento de Cristo

1 hora+ construcción de las pirámides

12 días = 1 millón de años

2 años para la extinción de los  
dinosaurios

31 años = 1 billón años



# Algunos aspectos “Únicos” en Geología (Continuación)

Confianza en la Inferencia y la Deducción

Problemas Intrínsecamente “Irresolubles”

- Paisajes antiguos
- Extinción de “masa”
- Cuencas Oceánicas Antiguas

# Principios Científicos en Geología

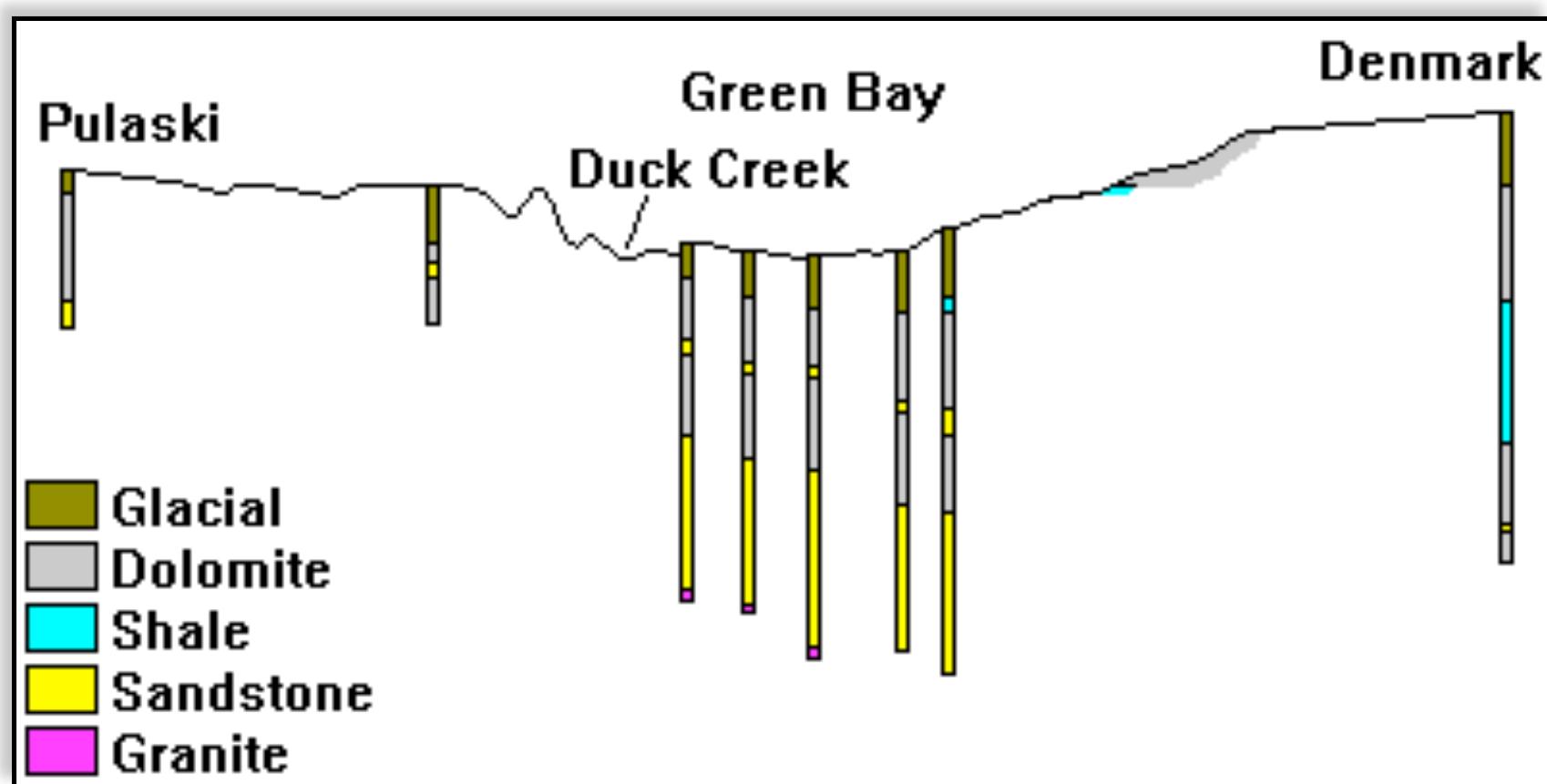
- Simplicidad
- Superposición
- Uniformitarismo

Usando esto, más la observación, se establecen los “hechos” acerca de los Procesos en la Tierra

# Simplicidad

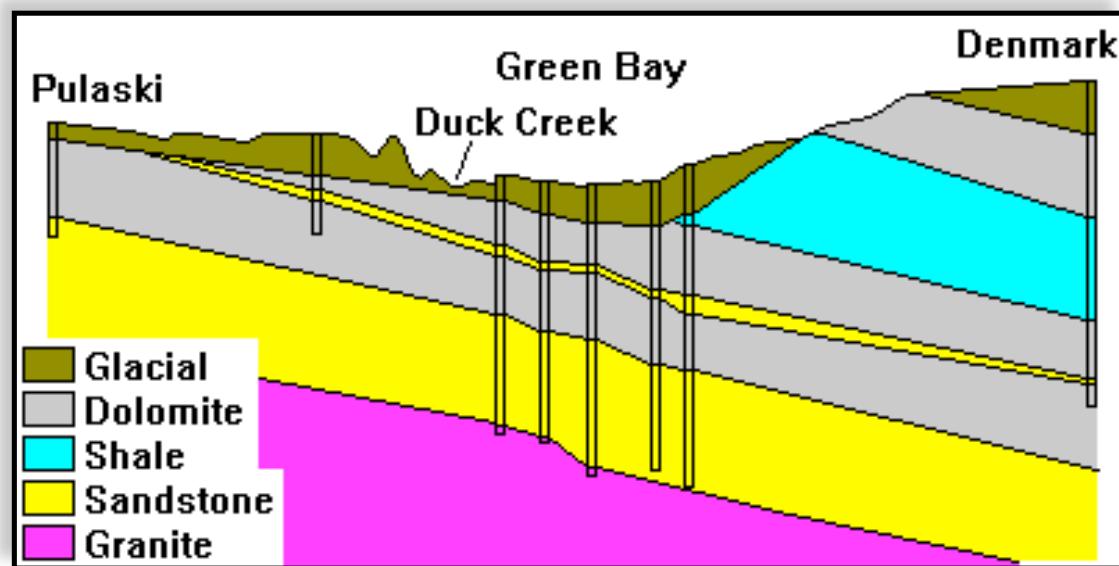
- La explicación más simple, que encaje con los datos, es la preferida
- No garantiza que las cosas deban ser simples!
- Las teorías con mucho de “ideas **ad hoc**” o no sustentadas, probablemente estén mal.

Simplicidad: Cuál es la mejor interpretación  
de los datos de estos pozos?

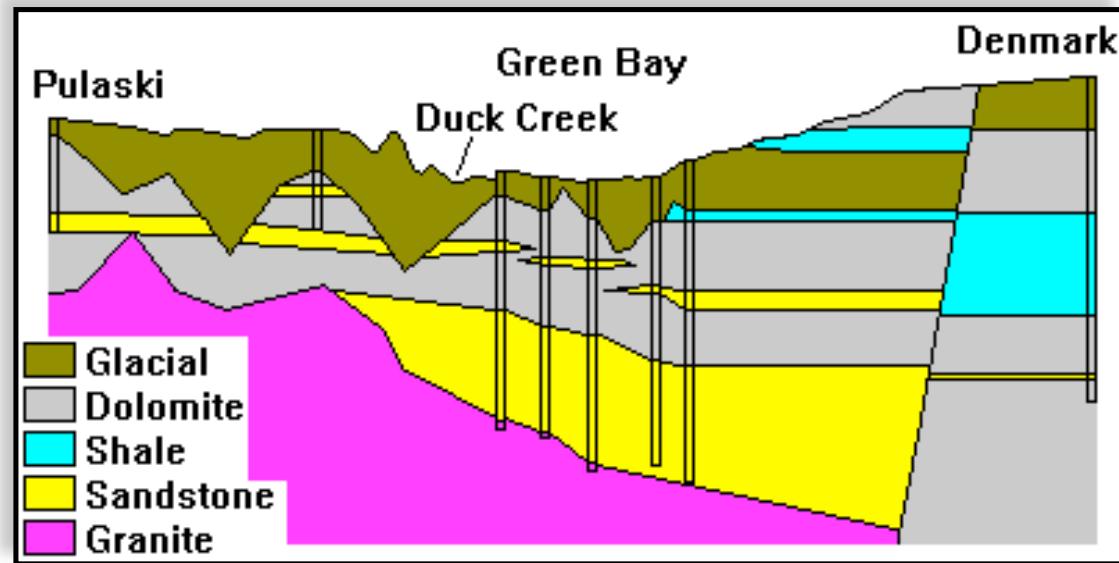


# Simplicidad

- Ésta?

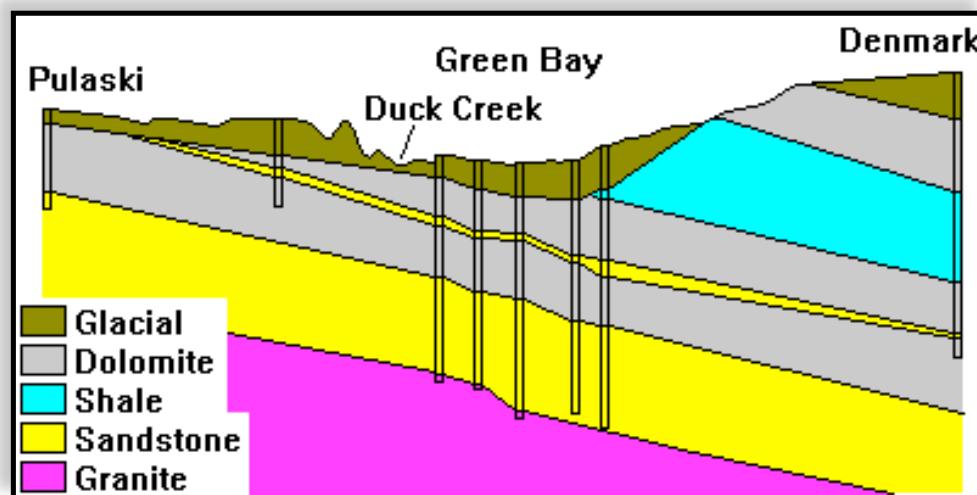


- O Ésta?



# Simplicidad

- Las capas en el NE de Wisconsin son subhorizontales y están poco alteradas
- Los depósitos glaciares están siempre en la parte superior.



- Por lo tanto, esta es la interpretación más adecuada.

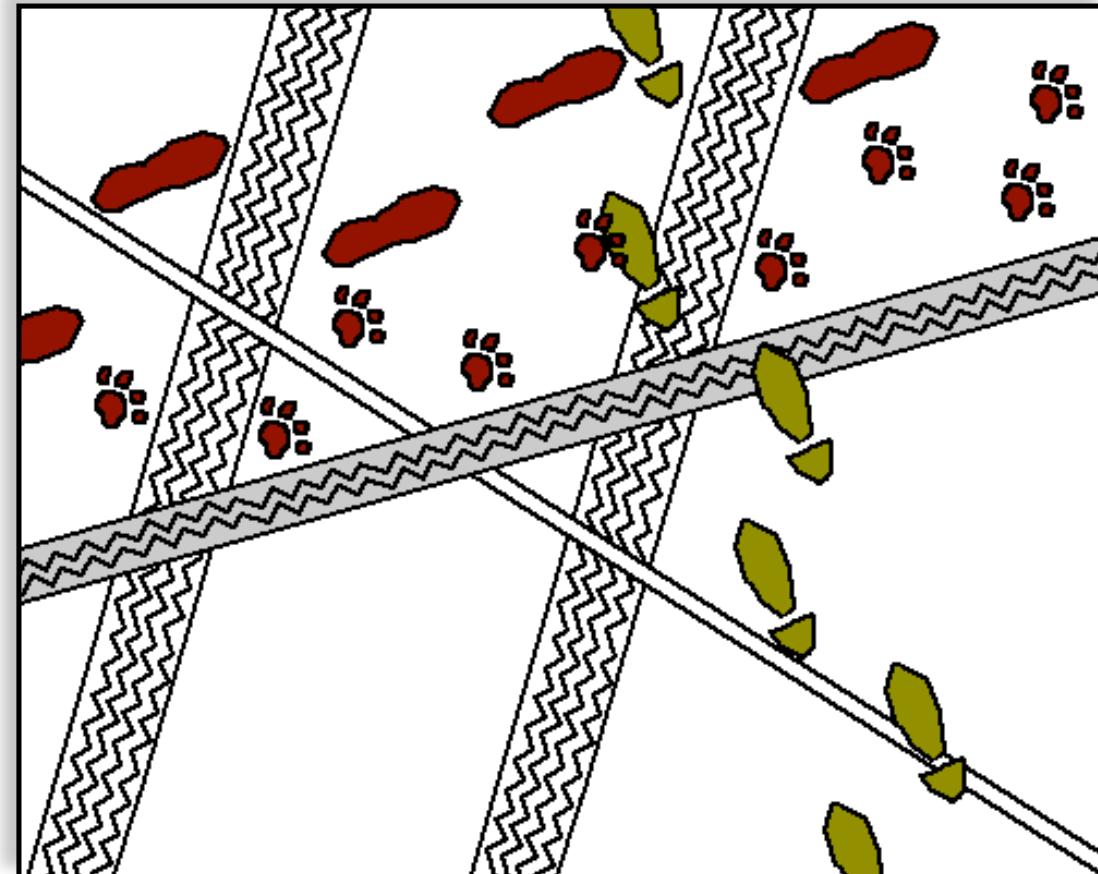
# Superposición

## La Escena del Crimen

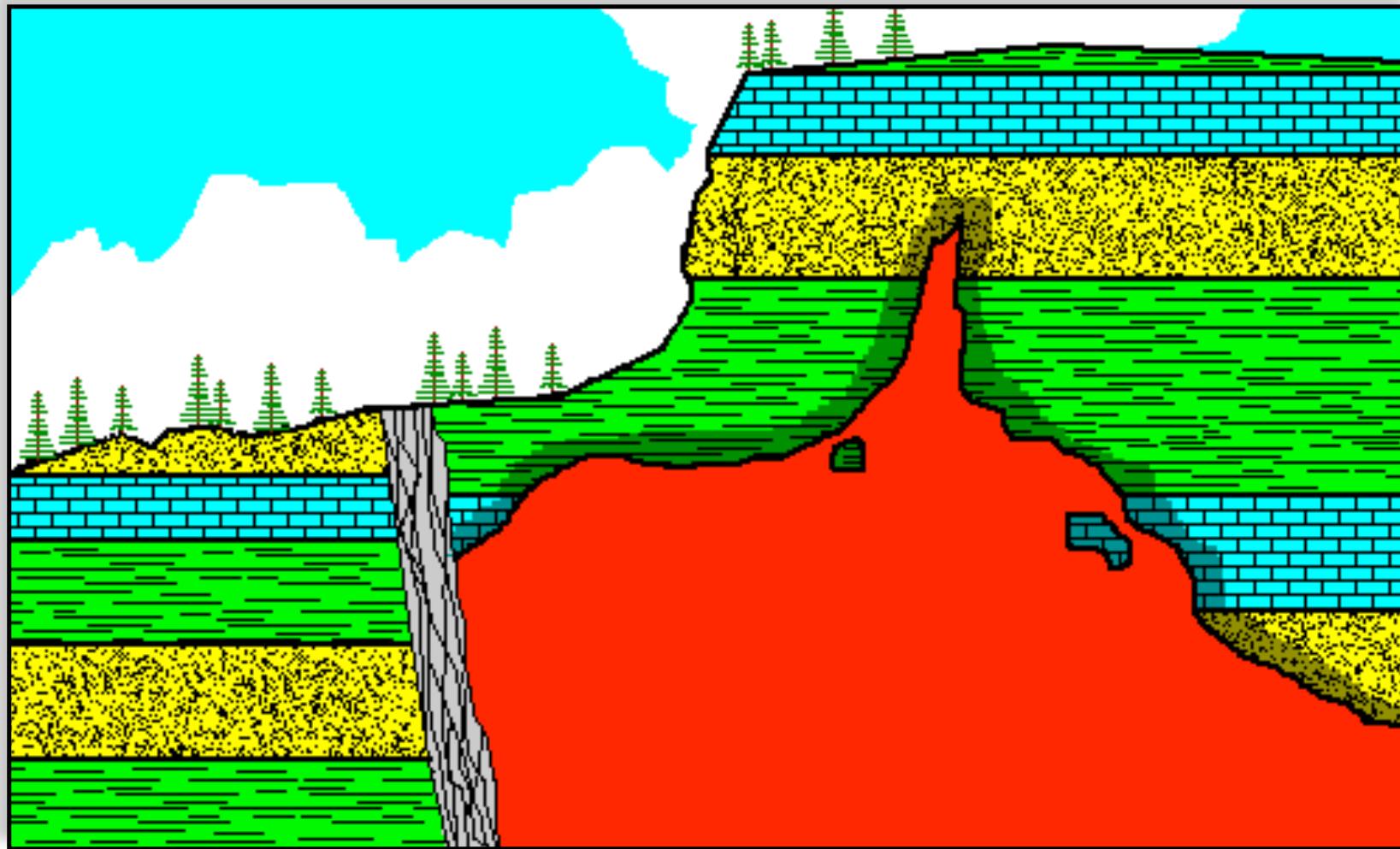
Las únicas pistas son la huellas en la nieve.

Sabemos que la última persona en la escena es el ladrón:

- El sobrino tiene un perro
- La mucama tiene un auto
- El cocinero maneja una motocicleta
- El cartero anda en bicicleta
- El mayordomo camina a su trabajo



# Contactos



# Uniformitarismo

## **Continuidad de Causa y Efecto**

- Aplica Causa y Efecto para predicciones futuras
- Aplica Causa y Efecto en la Tecnología actual
- Aplica Causa y Efecto al pasado - Uniformitarismo

## **Uniformitarismo no significa:**

- No ocurren catástrofes
- Condiciones físicas de la Tierra nunca cambian
- La Tierra siempre ha sido igual
- Los procesos físicos siempre ocurren con la misma velocidad e intensidad
- Las leyes de la física siempre han sido las mismas

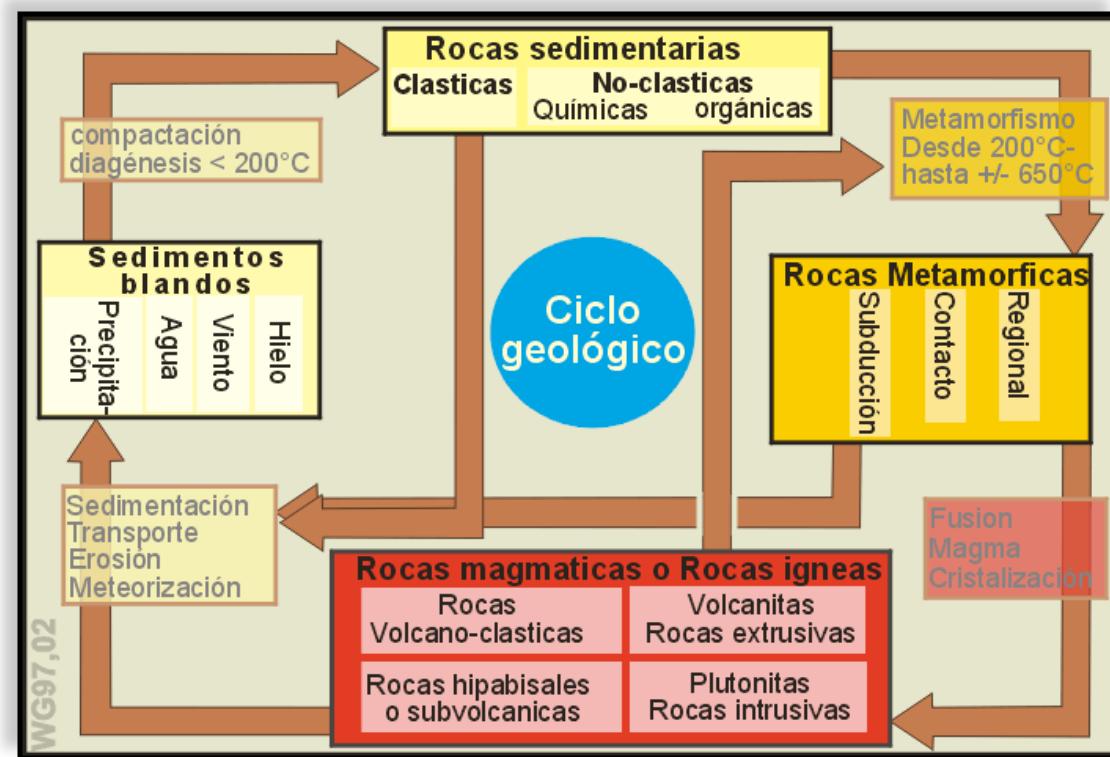
# **Uniformitarismo significa:**

**Empleando nuestro conocimiento de las leyes físicas, podemos saber:**

- Si han sucedido catástrofes
- Si las condiciones físicas en la tierra han cambiado, y si es así, cómo?
- Si las leyes físicas han cambiado con el tiempo, ó en algún lugar del universo

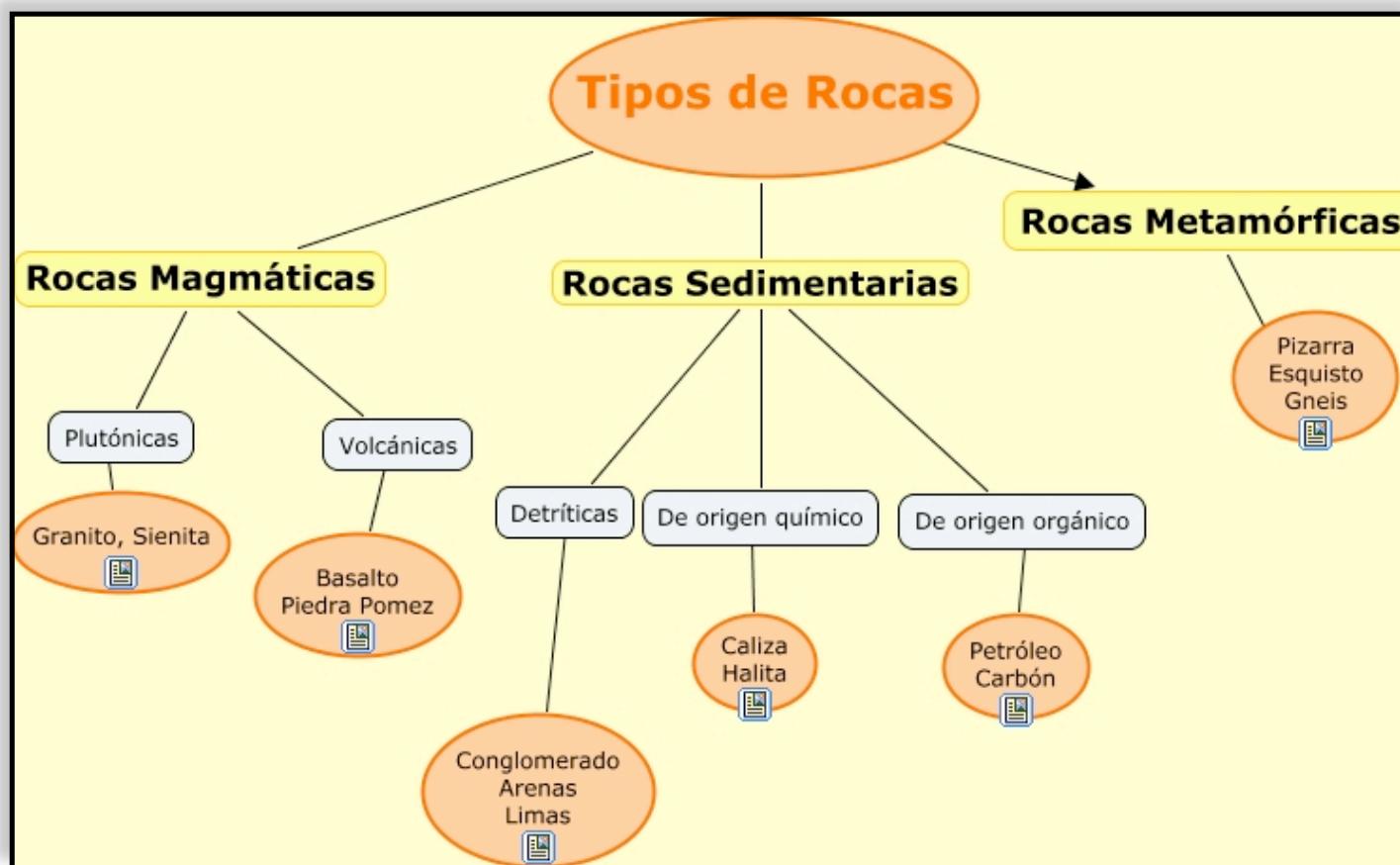
# El ciclo geológico

En general existen tres grupos de rocas: rocas sedimentarias, rocas ígneas o magmáticas y rocas metamórficas. Cada de los tres grupos principales contiene sus subdivisiones como en el caso de rocas intrusivas y rocas extrusivas, las cuales están dentro del grupo de rocas magmáticas. Una roca puede transferirse a un otro tipo de rocas a causa de cambios físicos y/o químicos como la meteorización / erosión que puede afectar una roca ígnea para formar un sedimento.



El ciclo geológico visualiza en primer instante los ambientes principales donde se forman las rocas: magmático / ígneo, sedimentario y metamórfico. Además muestra los procesos principales que afectan a las rocas.

# Tipos de rocas



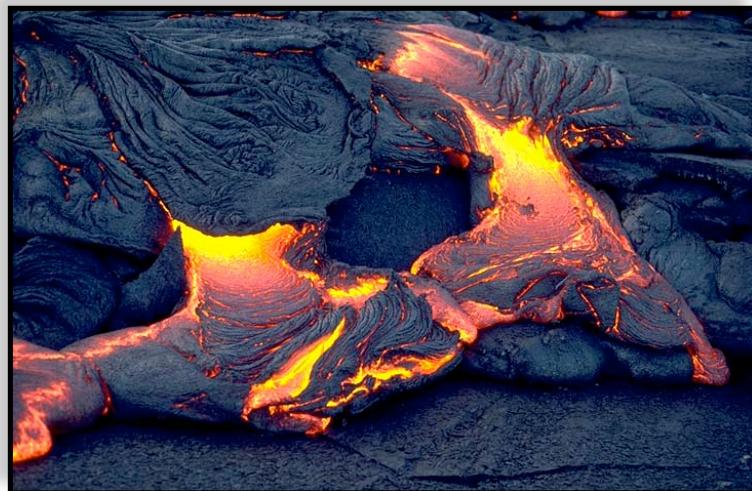
# Rocas Ígneas y Volcanes



Klyuchevskaya, Russia

Magma – roca fundida debajo de la superficie

Lava – roca fundida en la superficie



# **Las rocas ígneas se forman por enfriamiento de material fundido**

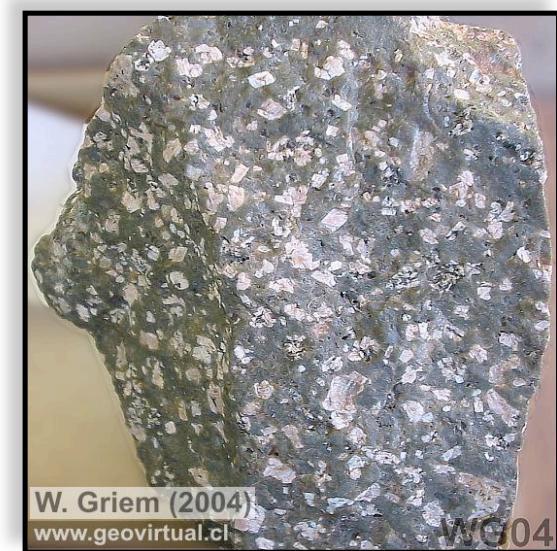
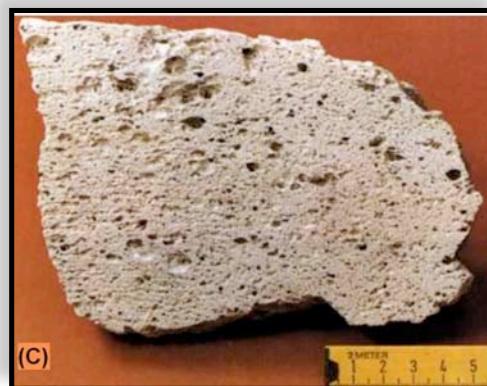
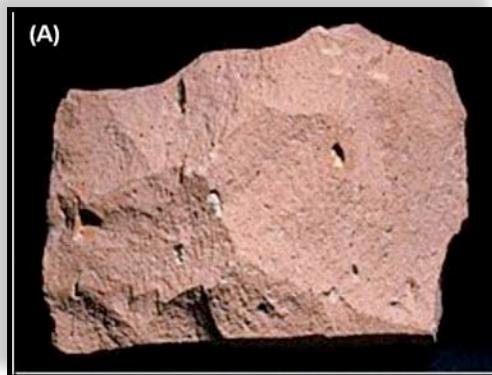
- Volcánicas – Erupciones en superficie
- Plutónicas – Solidificadas en el subsuelo

**Tamaño de grano Grande ---> Enfriamiento lento**

- Rocas Volcánicas – Grano fino
- Rocas plutónicas – Grano grueso

**Textura porfirítica:**

**Arreglo de cristales grandes y pequeños**



W. Griem (2004)  
www.geovirtual.cl

WG04

# Clasificación de las rocas ígneas

## Cuánto sílice?

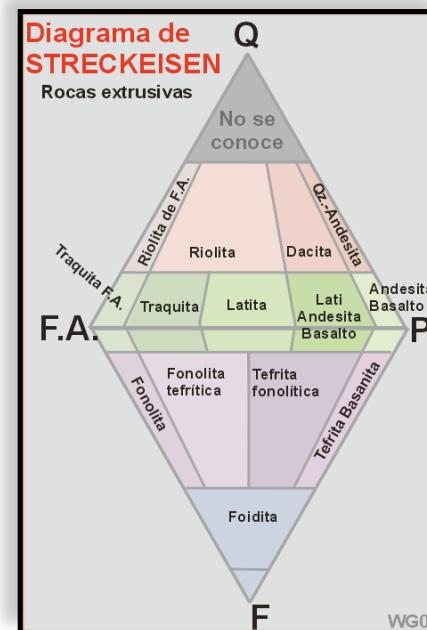
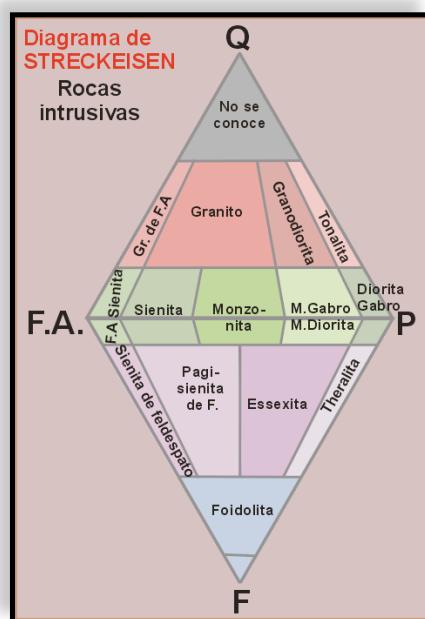
Exceso – La roca tiene cuarzo

- Justo lo necesario para formar silicatos
- Deficiente – Minerales pobres en silice (como el Olivino)

## Qué feldespatos? (Cantidad de Al, Ca, K, Na )

- Feldespato potásico  $KAlSi_3O_8$
- Serie de las Plagioclásas  
 $NaAlSi_3O_8 \dots \dots CaAl_2Si_2O_8$

## Qué otros minerales está presentes? (Cantidad de Fe, Mg)



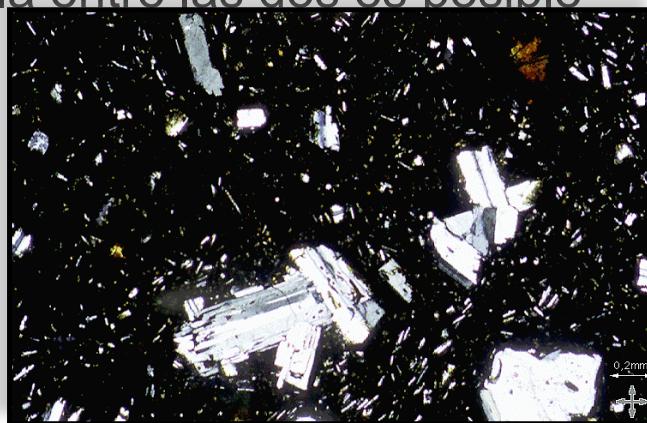
# Feldespatos

**K - Feldespato:**  $\text{KAISi}_3\text{O}_8$

- Muchas formas ligeramente distintas:
- Microclina
- Ortoclasa

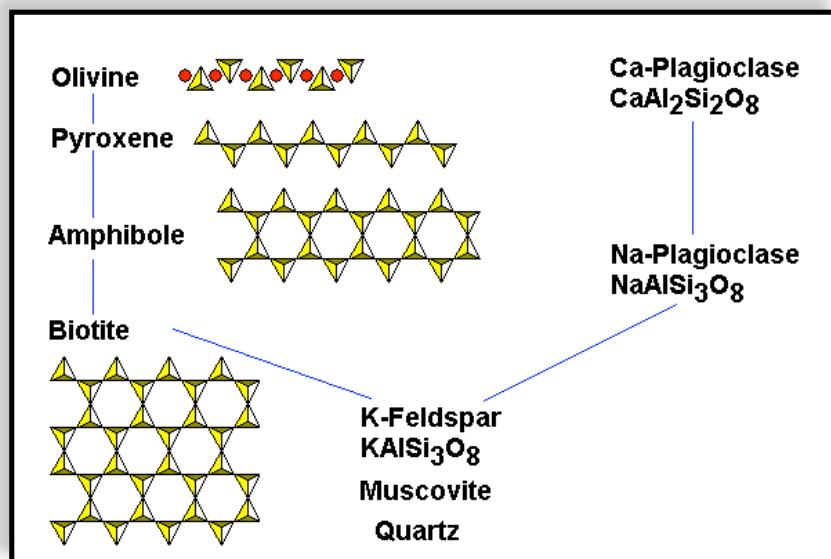
**Plagioclasa (Solución Sólida)**

- Albita:  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
- Anortita:  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
- Cualquier mezcla entre las dos es posible



# Serie de Bowen

- El geólogo N.L. Bowen encontró que los minerales tienden a formarse en secuencias específicas en las rocas ígneas:



Mineral Composition				
Ca Plagioclase	Na Plagioclase	K - Feldspar	Muscovite	Quartz
Olivine	Pyroxene	Amphibole	Biotite	
(Rare)	Basalt	Volcanic Rocks		Rhyolite
Dunite	Gabbro	Plutonic Rocks	Diorite	Granite

No hay rocas ígneas que contengan toda la secuencia.

# Serie de Bowen y las rocas ígneas

## Rocas Volcánicas

(Raro) Basalto Andesita Riolita

## Rocas plutónicas

Dunita Gabro Diorita Granito

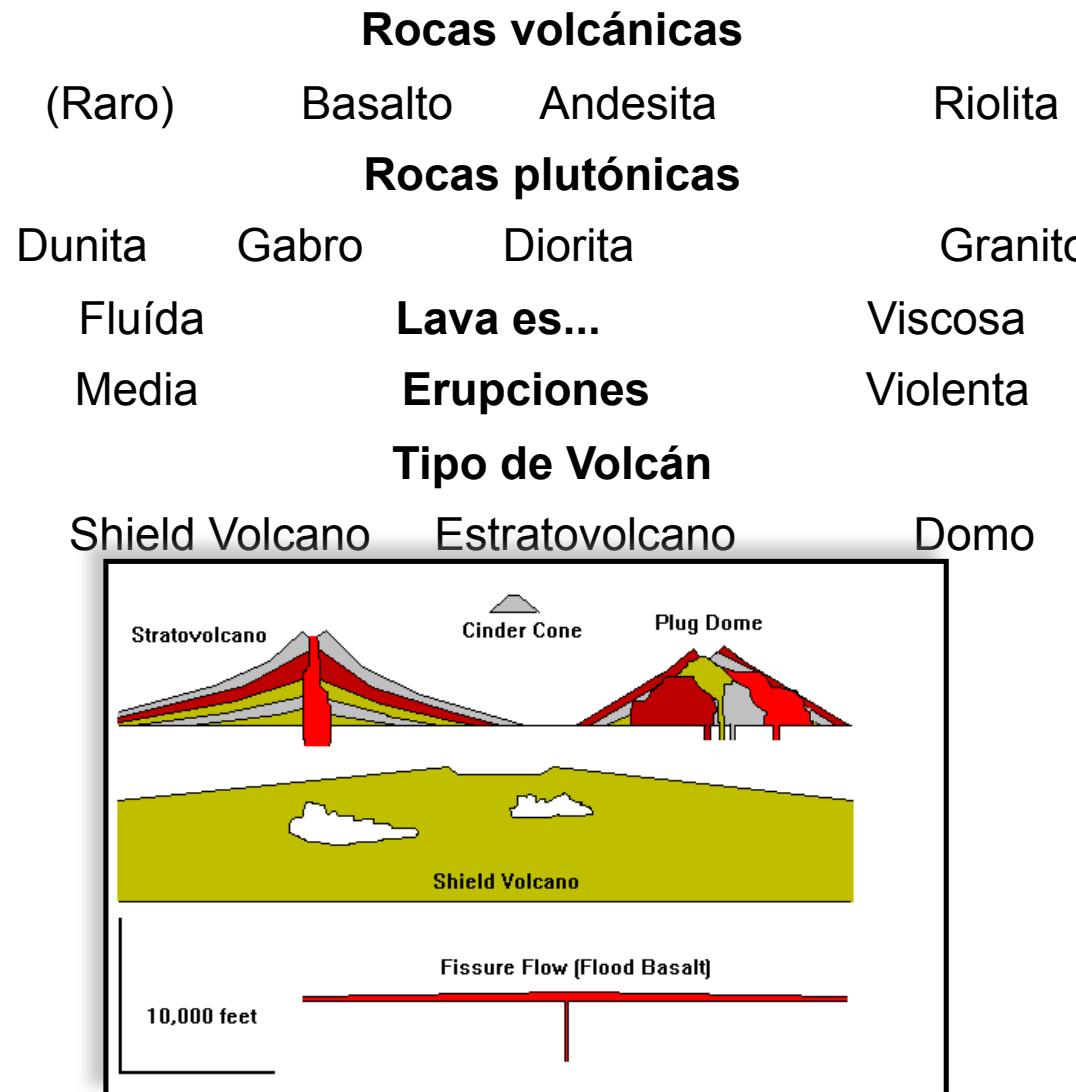
1200 C Punto de fusión 700 C

Mg, Fe Rico en... Si, Na, K

Rápido Intemperismo Lento

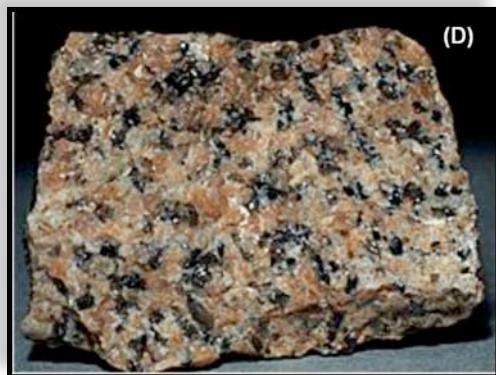
Obscuro Color Claro

# Serie de Bowen y volcanes



## Algunas rocas ígneas se nombran con base en critérios Texturales

- Pómez - Porosa
- Obsidiana - Vidrio
- Toba – Ceniza cementada
- Brecha – Fragmentos cementados
- Pórfido – Matriz fina con cristales grandes



Cono Cinerítico



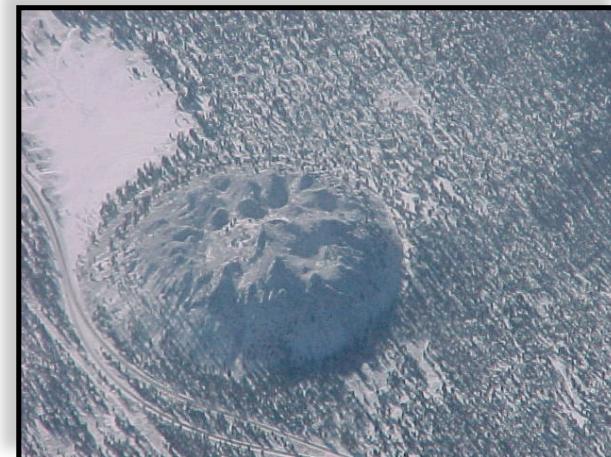
Estratovolcán



Volcán de Fisura



Domo de Lava



# Productos de las Erupciones

Flujos de Lava

Restos piroclásticos

- Bombas

- Lapilli

- Ceniza

Flujos de lodo

Deslizamientos de tierra

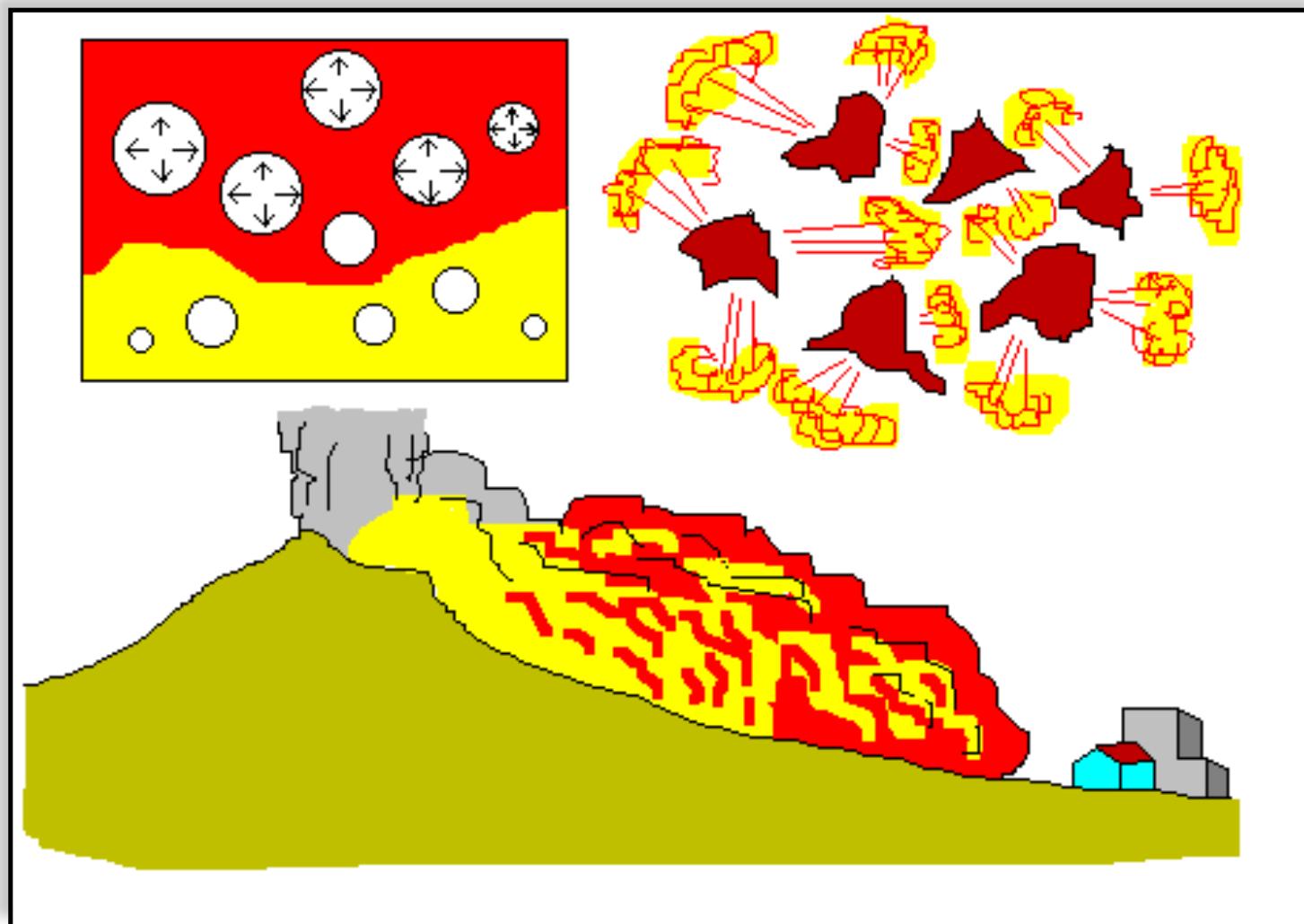


Gases

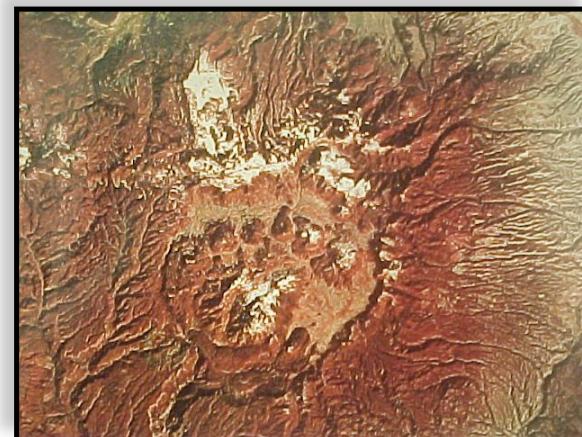
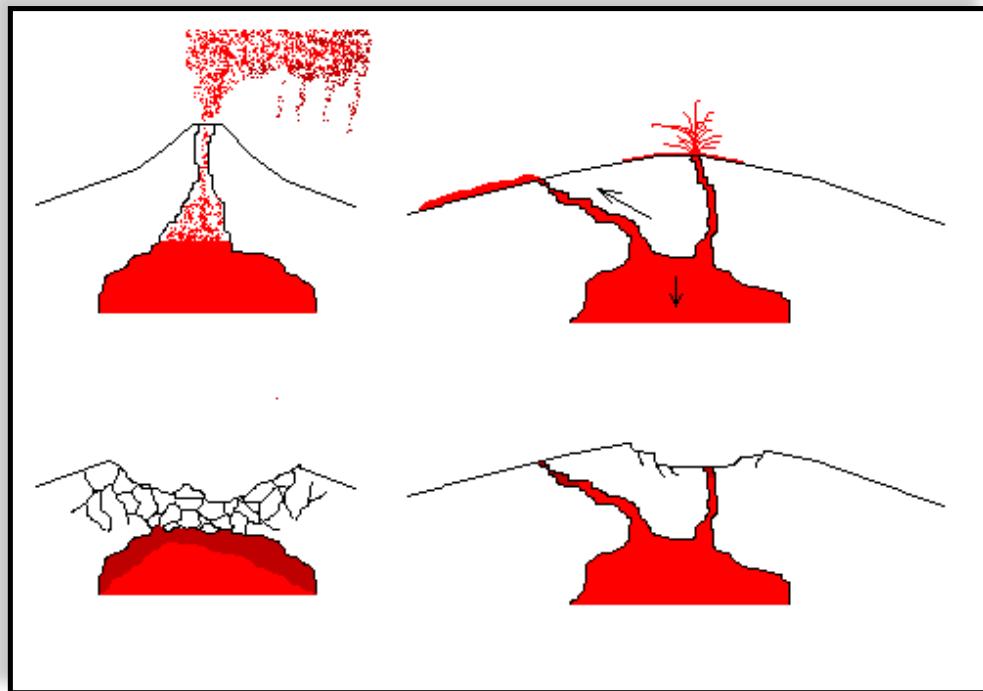
- Vapor
- CO<sub>2</sub>
- H<sub>2</sub>S
- SO<sub>2</sub>
- HCl
- HF



# Flujo Piroclástico o Nube Ardiente

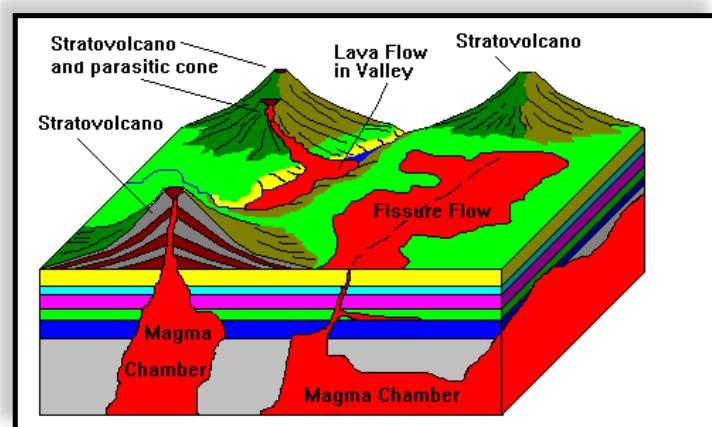


# Cómo se forman las calderas?

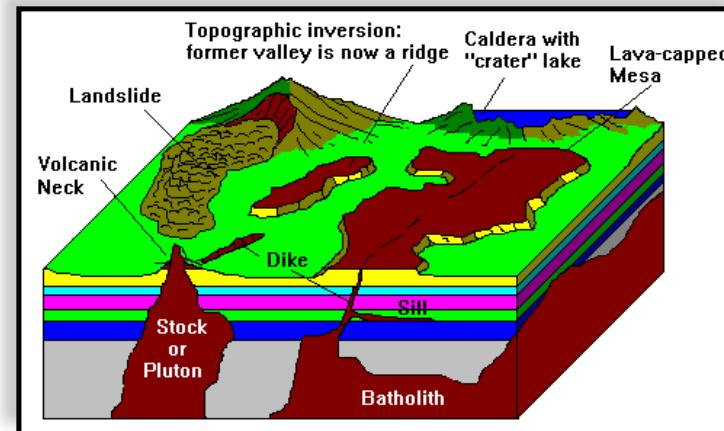


# Evolución de los volcanes

Paisaje volcánico activo

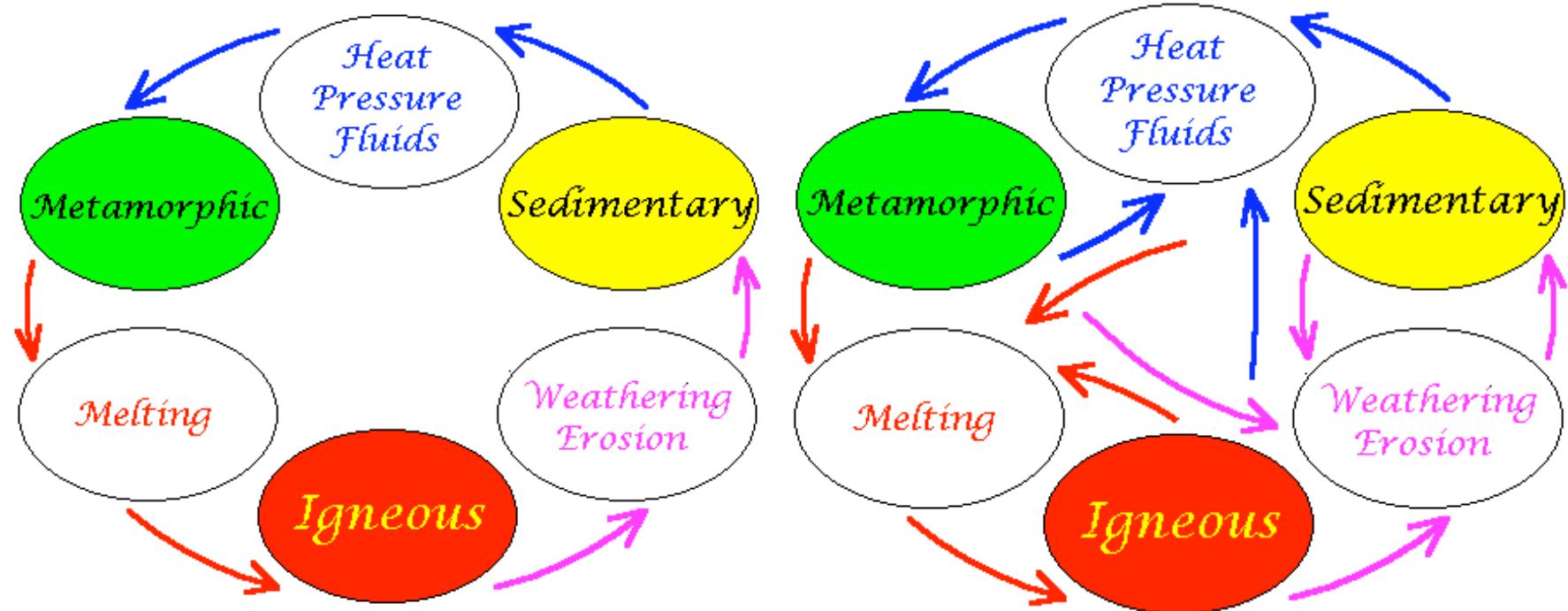


Paisaje volcánico después de  
un millón de años



# Intemperismo y suelos

# The Rock Cycle



# **Intemperismo:**

**Desintegración de las rocas cerca de la superficie debido a procesos superficiales**

## **Alteración Química**

- Disolución & Lixiviación
- Acción biológica
- Hidratación

## **Mecánica**

- Impacto
- Acuñado: Hielo, raíces, crecimiento de cristales de sal , expansión de minerales hidratados

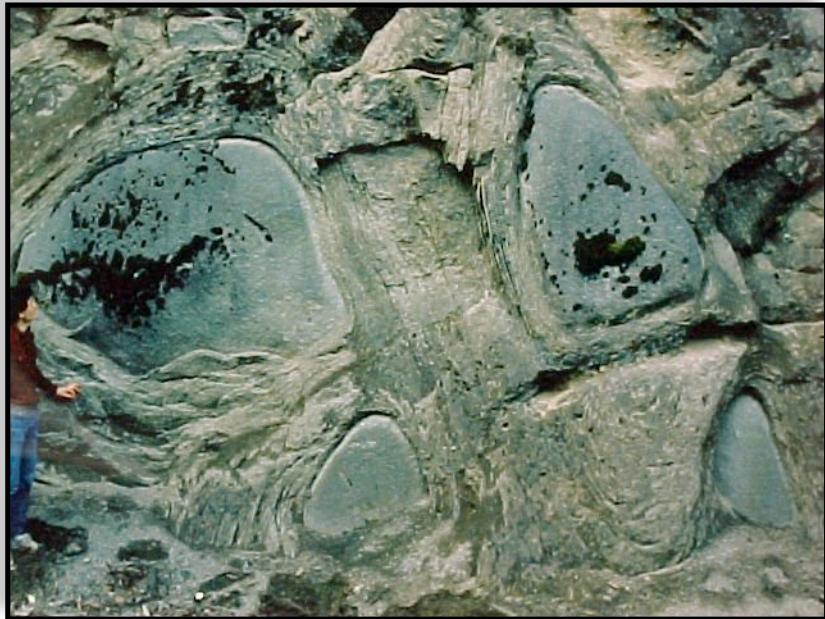
## Weathering Rates



## Differential Weathering and Erosion



## Spheroidal Weathering



# Qué determina el tipo de suelo

- Clima
- Vegetación
- Drenaje
- Tiempo
- Material original
  - Residual - Transportado

# **Formación de suelo**

## **Suelos jóvenes**

- Fuerte influencia del material original

## **Suelos Maduros**

- Influencias mayores: Clima, Vegetación, Drenaje

# **Procesos de formación de Suelos**

## **Lixiviación de la superficie**

- K, Mg, Na
- Ca
- Si
- Al, Fe

## **Acumulación debajo de superficie**

- Al, Fe en climas Húmedos
- Ca en climas áridos

# **Horizontes y perfiles de Suelo**

## **Horizontes de suelo**

- Capas en el suelo
- Zonas de acción química

## **Perfil de suelo**

- Arreglo de capas en una localidad

# Principales Horizontes de suelo

- **O** - Orgánico (Humus) con frecuencia ausente
- **A** – Lixiviación
  - K, Mg, Na, Arcilla
- **E** – Zona de blanqueamiento – Presente sólo en algunos suelos
- **B** – Acumulación
  - Ausente en Suelos jóvenes
  - Característico en suelos maduros
  - Al, Fe, Clay (Húmedos)
  - Si, Ca (Aridos)
- **C** - Material original

# Límites de la formación de suelos

Balance entre:

- Erosión de la superficie
- Migración hacia abajo de los horizontes

Si la erosión es rápida ó la evolución del suelo es lenta, estos nunca maduran (hasta cierto punto).

Los suelos muy antiguos pueden haber perdido todo el material removible.

# Clasificación de los suelos

Es un problema muy difícil para la ciencia debido a los muchos factores involucrados.

## Bases de Clasificación

- Material original
- Constituyentes especiales
- Maduréz
- Estructura
- Clima & Vegetación

## Múltiples Objetivos

- Científicos
  - Génesis & Evolución
- Agricultura
  - Fertilidad
  - Uso más efectivo
- Ingeniería
  - Estabilidad de taludes
  - Estabilidad de excavaciones

# Evolución de la Erosión y el

# Procesos constructivos y destructivos

## **Tierras altas**

- Domina la erosión
- Procesos destructivos
- No se preserva la historia
- Poco récord geológico

## **Transporte**

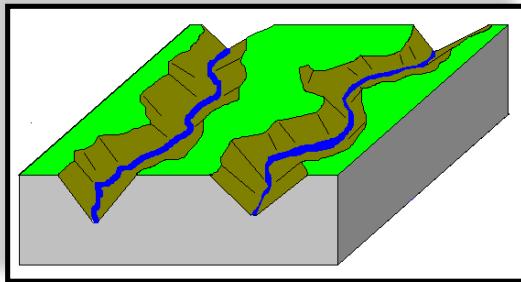
## **Tierras bajas, Planicies costeras, Lagos y Mares**

- Predomina la deposición
- Procesos constructivos
- Se preserva la historia
- Buen Registro geológico

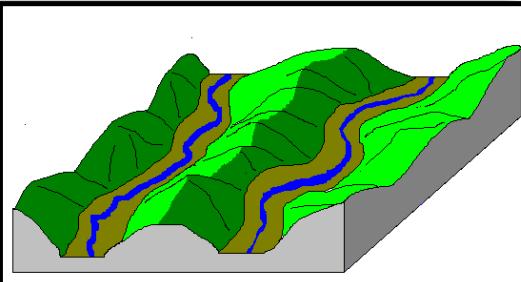
# **Ciclo de Erosión (W.M. Davis, 1880)**

- Juventud
- Maduréz
- Vejéz
- Rejuvenecimiento

## Juventud

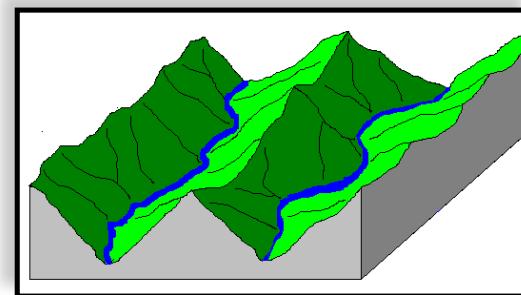


- Valles en “V”
  - Rápidos
  - Cascadas
  - No hay planicie de inundación
  - Drenaje divide zonas planas
  - Profundización de los valles
- Madurez (Tardía)



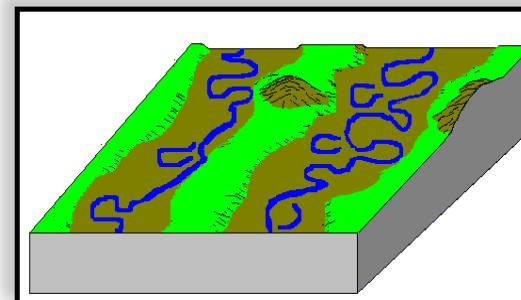
- Valles con fondo plano
- P. Inundación delgadas
- Disminuye el relieve
- Se forman sedimentos y se ensanchan las planicies
- Inician Meandros

## Madurez (Temprana)



- Valles en “V”
- Inicios de planicies de inundación
- Barreras de arena y grava
- Divisiones abruptas
- Relieve máximo
- Valles detienen profundización

## Vejéz

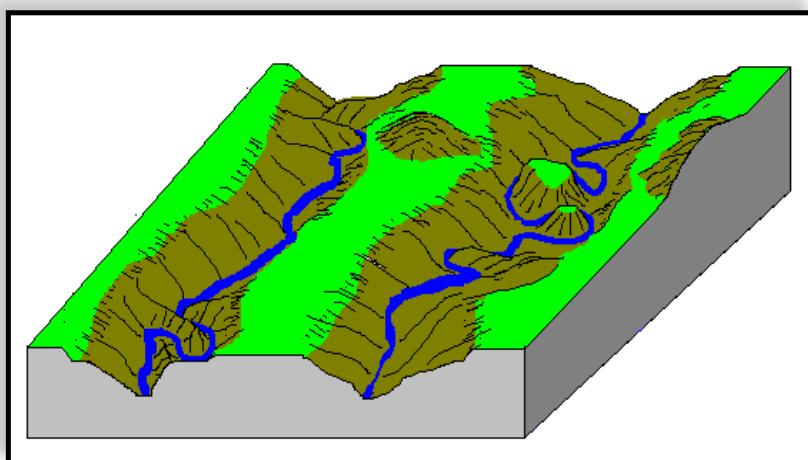


- Tierras planas
- P. de Inundación muy amplias
- Remanentes de rocas resistentes a la erosión
- Los ríos forman meandros en amplias áreas planas.

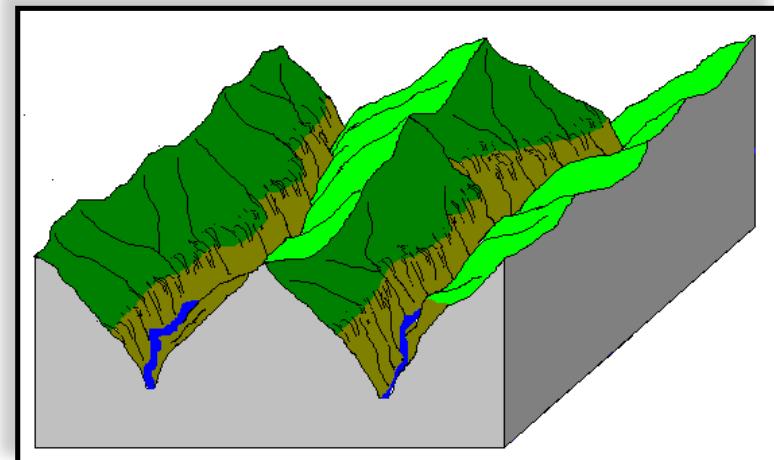
# Rejuvenecimiento

- Algunos cambios causan que los arroyos fluyan más rápido y que “corten” más profundo.
  - Levantamiento
  - Caída del nivel del mar
  - Incremento de flujo en arroyos
- Los valles toman características de juventud pero conservan aspectos del estado de maduréz.
- Puede pasar en cualquier parte del ciclo.

Rejuvenecimiento de un paisaje maduro tardío



Rejuvenecimiento de un paisaje maduro temprano



# Rocas Sedimentarias

Depositadas en/o cerca de la Superficie  
de la Tierra por Procesos Mecánicos o  
Químicos

# Lo que nos dicen las rocas

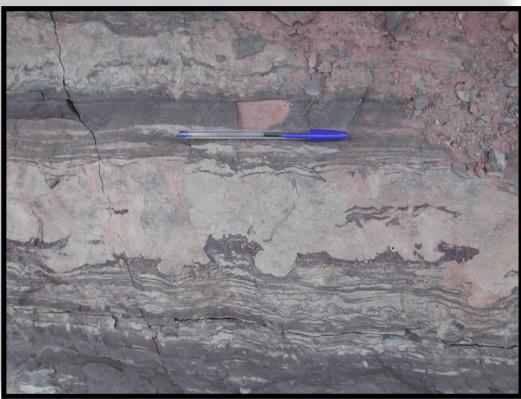
Tipo de Roca	Cómo Clasificarla	Qué nos dice
Ígnea	Composición	Ambiente tectónico
	Textura	Historia de enfriamiento
Sedimentaria	Composición Química	Ambiente superficial
	Tamaño de Grano	Energía
Metamórfica	Composición	Tipo de roca original
	Fábrica Mineral	Temperatura, Presión
	Textura	Grado de cambio

Las rocas sedimentarias son la principal fuente de información acerca del ambiente del pasado en la Tierra



# Pistas ambientales en las rocas Sedimentarias

- Tamaño de Grano – Poder del medio de transporte
- Gradación
- Redondeo
- Clasificación } Transporte, Retrabajo
- Estratificación-cruzada - Viento, olas o acción de las corrientes



# Pistas ambientales en las rocas Sedimentarias

- Fósiles
  - Agua salada - Corales, Equinodermos
  - Agua fresca - Insectos, anfibios
  - Terrestres
- Color y química
  - Capas rojas - Terrestres
  - Lutitas negras – Pobre en oxígeno, Agua profunda
  - Evaporitas – Climas áridos

# Estratificación

- Casi siempre presente en rocas sedimentarias
- Originalmente horizontal
- Modificada posteriormente por fuerzas terrestres
- Variaciones en las condiciones de depósito
- Tamaño de las capas (Ancho)
  - Generalmente 1-100 Cm
  - Rang de Microscopico a 50m



# Rocas Sedimentarias

## Rocas clásticas

- Fragmentos de Material
- Depositados por:
  - Agua (más común)
  - Aire
  - Acción glacial
  - Gravedad

## Bioquímicas

- Evaporación
- Precipitación
- Sedimentos biogénicos

# Rocas clásticas

**Clasificadas por:**

- Tamaño de grano
- Composición del grano
- Textura



# Tamaño del Sedimento y Tipos de Rocas Clásticas

<b>Tipo de Roca</b>	<b>Sedimento</b>	<b>Tamaño de grano</b>
Lutita	Arcilla	< 0.001 mm
Limolita	limo	.001-0.1 mm
Arenisca	arena	.01-1 mm
Conglomerado	Grava	1mm +

Rocas sedimentarias formadas de partículas del tamaño de arcilla se denomina colectivamente *mudrocks*, y son las más abundantes

# Algunos tipos especiales de rocas clásticas

- Arcosa            Rica en feldespatos
- Brecha           Fragmentos angulares
- Grauvaca        Arenisca inmadura con granos angulares

# Maduréz

- Estabilidad de Minerales
- Fragmentos de roca
- Redondez
- Clasificación

Ingredientes inestables son removidos por  
Retrabajo mecánico

# Diagénesis

La diagénesis es parte de la formación de una roca sedimentaria. El proceso estrictamente, no es parte del ambiente sedimentario (meteorización - erosión - deposición), pero ocurre bajo condiciones del ambiente sedimentario.

Es el proceso que cambia la roca blanda (la arena por ejemplo) a una roca dura.

Los procesos de la diagénesis por definición están limitados hasta una temperatura de 200°C. Con temperaturas más altas se habla del metamorfismo.

## Compactación (P)

## Cementado (T,P)

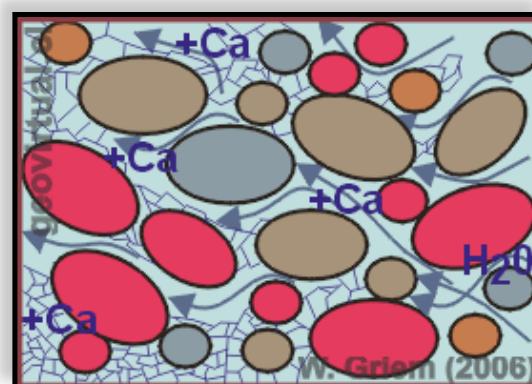
- Cuarzo
- Calcita
- Oxidos de Fe
- Arcilla
- Glauconita
- Feldspatos

## Alteración (T,P, Reac. Química)

- Caliza - Dolomita
- Plagioclasa – Albite

## Recristalización

- Calizas



# **Sedimentos químicos**

## **Evaporitas -Soluble**

- Halita
- Yeso
- Calcita

## **Precipitados**

Ej:  $\text{Ca}(\text{sol'n}) + \text{SO}_4$   
 $(\text{Sol'n}) = \text{CaSO}_4$

- Yeso
- Caliza
- Formaciones de fierro

## **Alteración posterior al depósito**

- Dolomita

## **Sedimentos biogénicos**

- Caliza - conchas,  
arrecifes, Etc.

## **Remanentes orgánicos**

- Carbón
- Petróleo

# Capas de carbón, Utah



# Formas asociadas con rocas sedimentarias

## Mesa

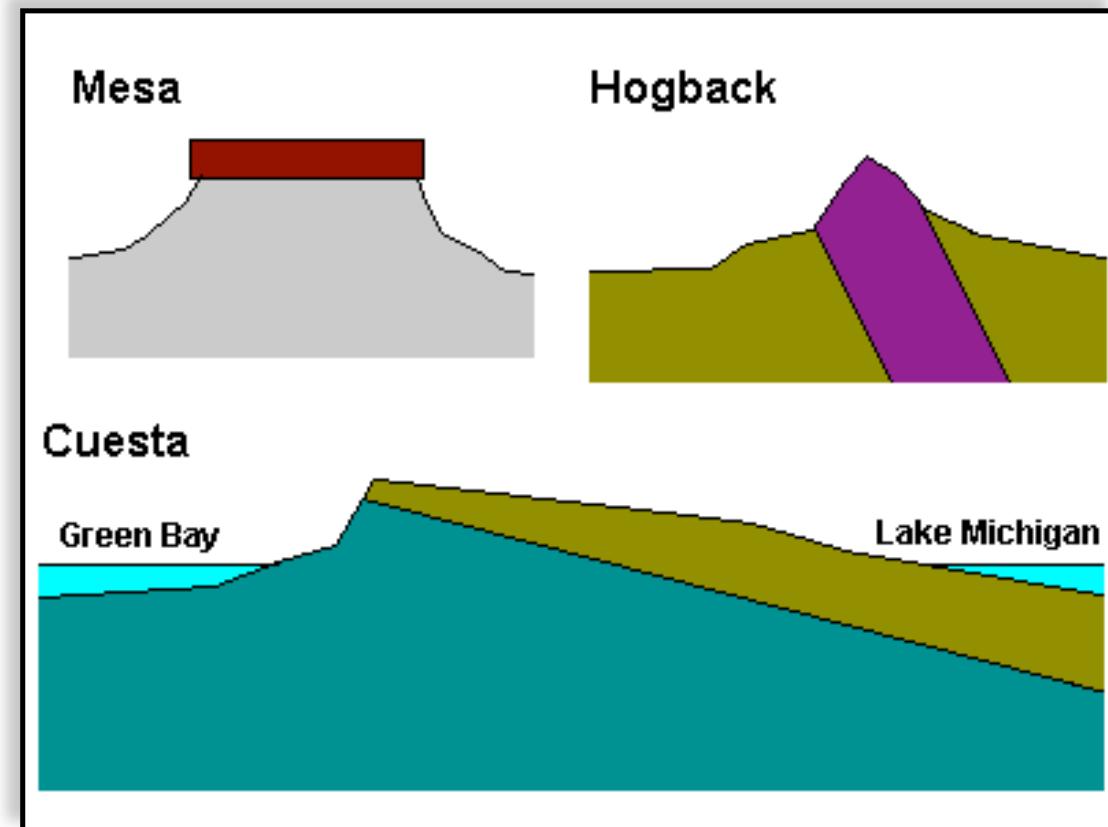
- Colina plana con rocas duras en la cima

## Cuesta

- Capa de roca dura suavemente rotada

## Hogback

- Cordillera de roca dura (capa con echado fuerte)



## Mesas, Utah – Gran Cañón



Cuestas, Wyoming



A Hogback, Wyoming



# Fósiles

Remanentes de plantas, animales  
antiguos, Evidencias de vida

# Comunmente Preservados:

## Partes duras de organismos:

- Huesos
- Conchas
- Partes duras de insectos
- Madera



# **Raramente preservados:**

**Partes suaves y fácilmente degradables  
de organismos:**

- Organos internos
- Piel
- Pelo

# Tipos de Fósiles

- Material original
- Moldes
- Reemplazamiento (Madera fosilizada)
- Huellas, pistas, Etc.



# **Seudofósiles**

**Se ven como fósiles pero no lo son:**

- Dendritas
- Concreciones



# Ocurrencia

**Casi exclusivamente en rocas sedimentarias**

- El calor de la fusión o el metamorfismo destruyen casi todo tipo de fósiles
- Raras excepciones:
  - En rocas metamórficas de bajo grado
  - Árboles sepultados por lava

**Para ser preservados, los organismos tienen que:**

- Ser sepultados rápidamente
- Preservados de la descomposición

# Escala de Tiempo Geológica

Cuaternario	Latin, “cuarto”	1822
Terciario	Latin, “tercero”	1760
Cretácico	Latin <i>creta</i> , “chalk”	1822
Jurásico	Jura Mountains, Switzerland	1795
Triásico	Latin, “three-fold”	1834
Permico	Perm, Russia	1841
Carbonifero	Capa de carbón	1822
Devonico	Devonshire, England	1840
Silurico	<i>Silures</i> , tribu pre-romana	1835
Ordovicico	<i>Ordovices</i> , tribu pre-romana	1879
Cambriaco	Latin <i>Cambria</i> , “Ballena”	1835

# Tiempo Geológico e Historia de la Tierra

# Dos conceptos en la Geología Histórica:

## Catastrofismo

- Se asume: Grandes efectos requieren grandes causas
- La Historia de la Tierra está dominada por Eventos Violentos

## Uniformitarismo

- Se asume : Podemos usar Causa – Efecto para determinar las causas de los eventos pasados
- **Hallázgo:** La Historia de la Tierra está dominada por eventos de escala menor típicos del presente.
- Las Catástrofes pasan pero son poco comunes

# **Dos tipos de edades**

**Relativa – Conocimiento del orden de los eventos pero no las fechas**

- Guerra Civil antes de W.W.II

**Absoluta – Se conocen las fechas**

- Civil War 1861-1865
- World War II 1939-1945

# Métodos Radiométricos Actuales

## Cosmogénicos

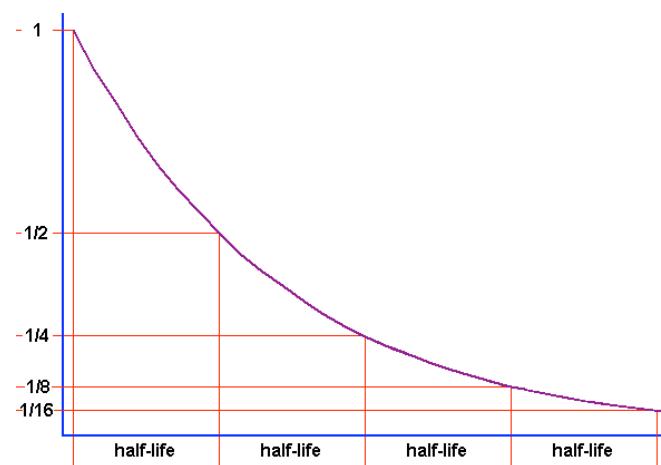
- C-14 5700 años.
- Be-10 2.5 M.Y.

## Primordiales

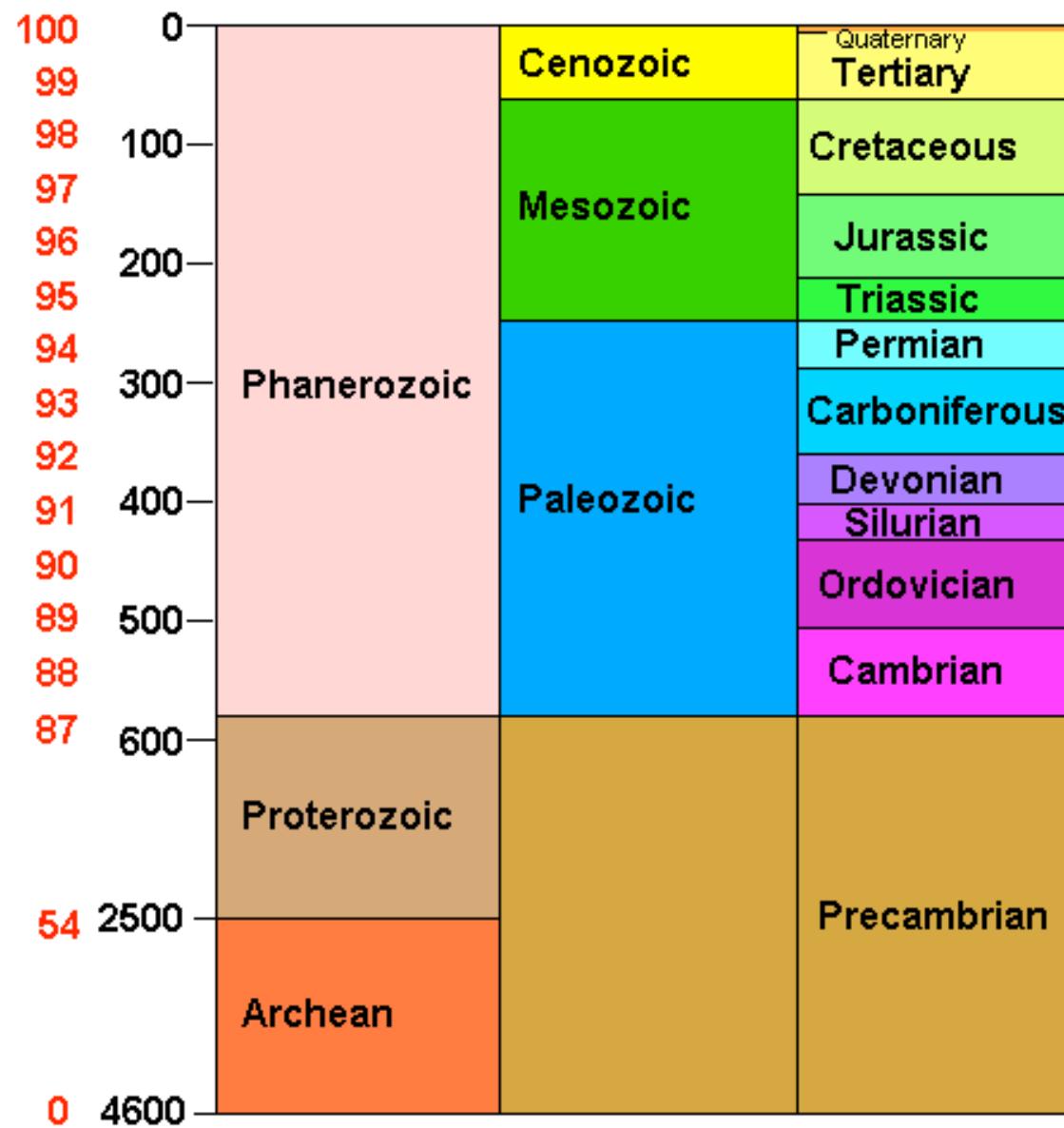
- K-Ar (K-40) 1.25 B.Y.
- Rb-Sr (Rb-87) 48.8 by
- U-235 704 M.Y.
- Th-232 14 B.Y.
- U-238 4.5 B.Y.

## Primordiales

- Nd-Sm (Sm-147-Nd-143) 106 B.Y.
- Re-187 43 B.Y.
- Lu-Hf (Lu-176) 36 B.Y
- Fisión



# The Geologic Time Scale



# **Metamorfismo**

- Cambios en la composición o textura de la roca
- Debidos a Calor, Presión y a acción de fluidos

# No vivimos en condiciones “Normales”

- Para los estándares del Interior de la Tierra, vivimos en un vacío congelado
- Las cosas que parecen “anormales” son normales en el comportamiento de los materiales
  - Los Sólidos pueden fluir
  - Los Sólidos pueden reaccionar químicamente entre ellos
  - Un material dado puede tener muchos diferentes estructuras atómicas

# Cambios Químicos en las Rocas

## Intemperismo

- En superficie

## Diagénesis

- Rocas Sedimentarias

## Metamorfismo

- Comienza a 200 C
- Fuera del rango de las condiciones normales cerca de superficie

## **De dónde viene el calor?**

Uranio y Torio → Otros elementos + Pb +  
Radiación (aprox 90%)

Potasio-40 → Calcio-40 o Argón-40 +  
Radiación (about 10%)

# De dónde viene la Presión?

- Presión de Aire = 14 P.s.i. (1 Atmósfera o 1 Bar)
- Debajo de 10 m de agua = 1 Atm. = 1 Bar
- La misma Presión debajo de 3.5 m de roca
- Presión en las partes profundas de los océanos = 1000 Bars
- Presión bajo una milla de roca = 500 Bars
- **1000 Bars (2 Mi. o 3 km de roca) = 1 Kilobar (Kb.)**

# **Tipos de Metamorfismo**

## **Contacto**

- Alrededor de intrusivos
- Poco profundo: 0-6 Km
- Baja Presión
- Local

## **Regional**

- Amplias áreas
- 5-20 Km, algunas veces 30+
- Alta Presión
- Generalmente acompañada de deformación

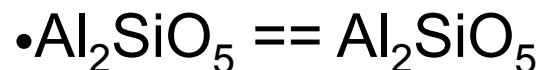
# Qué pasa durante el Metamorfismo

**Los Minerales reaccionan formando otros minerales**

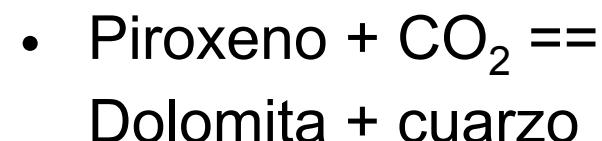
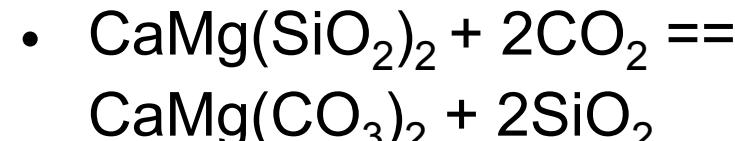


Piroxeno

**Los Minerales cambian de forma**



**Nuevos materiales son adicionados  
(Metasomatismo)**



• **Minerales en Solución ==  
Cuerpos Mineralizados  
Recristalización**

# Por qué las Rocas no se pueden "De-metamorfizar"?

Las reacciones no pueden revertirse porque hay pérdida de ingredientes

- $2\text{AlSi}_2\text{O}_5(\text{OH}) == \text{Al}_2\text{SiO}_5 + 3\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Arcilla == Andalusita + Cuarzo + Agua (Se pierde)
- Un ejemplo de metaorfismo de carbonatos:
  - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + 2\text{SiO}_2 == \text{CaMgSi}_2\text{O}_6 + 2\text{CO}_2$
  - Dolomita + Cuarzo == Piroxeno +  $\text{CO}_2$  (Se pierde)

# **Grado Metamórfico**

## **Grado al que cambia la composición de la Roca**

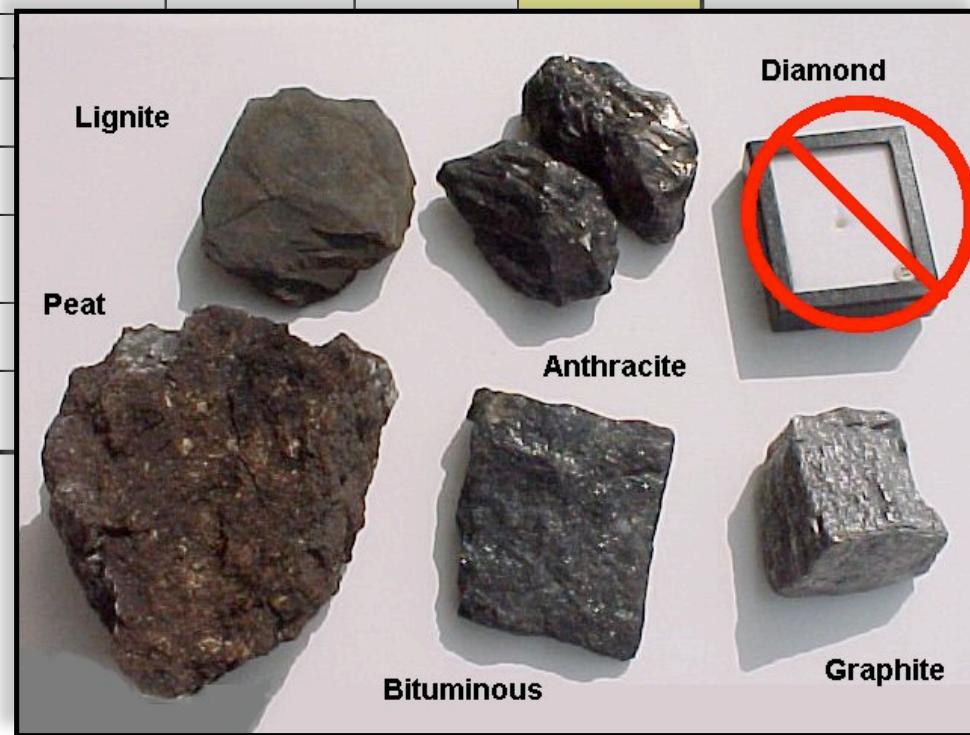
- Con frecuencia se observan las capas originales
- Algunas veces se pueden observar fósiles deformados
- En grados altos, las Rocas con frecuencia pierden toda traza de su apariencia original

# Principales Tipos de Rocas Metamórficas

Temp C	Temp F	Carbón	Caliza	Arenisca	Basalto	Lutita	Minerales Índice
		Lignita Bituminosa					
	500	Antracita					
300	600	Grafito	Marmol			Pizarra	Clorita
	700				Roca verde		
	800			Cuarcita		Filita	Biotita
500	900					Esquisto	Granate
	1000				Anfibolita		Estaurolita
600	1100					Gneiss	Cianita
	1200						Sillimanita
700							Comienza la Fusión

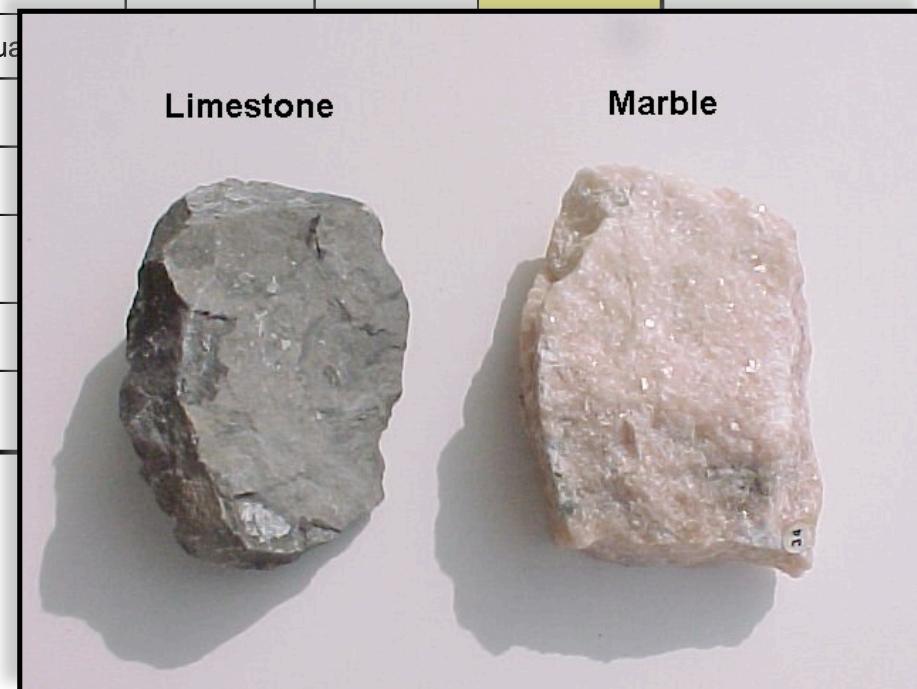
# Principales Tipos de Rocas Metamórficas

Temp C	Temp F	Carbón	Caliza	Arenisca	Basalto	Lutita	Minerales Índice
		Lignita Bituminosa					
	500	Antracita					
300	600	Grafito	Marmol			Pizarra	Clorita
	700				Roca verde		
	800						
500	900						
	1000						
600	1100						
	1200						
700							



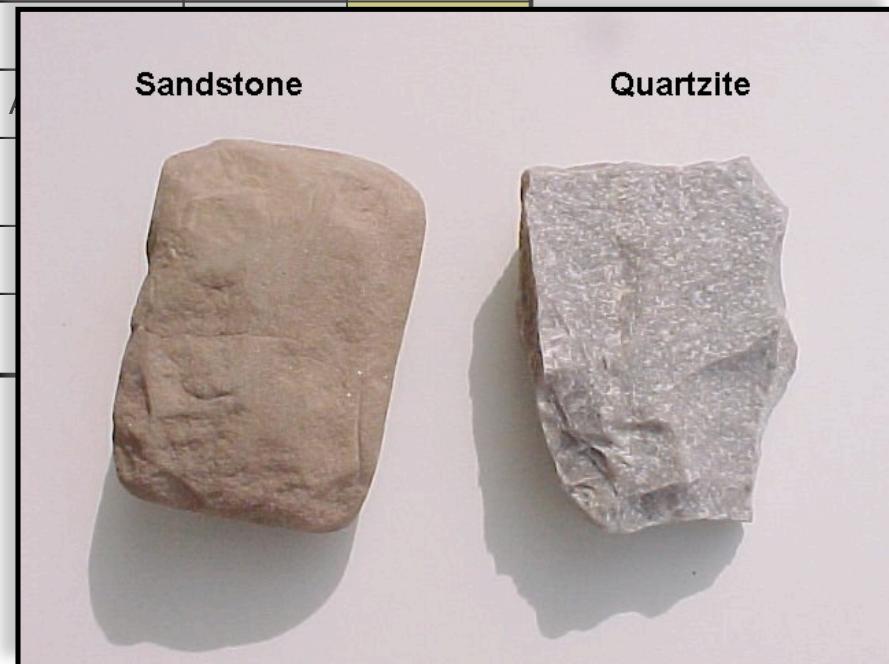
# Principales Tipos de Rocas Metamórficas

Temp C	Temp F	Carbón	Caliza	Arenisca	Basalto	Lutita	Minerales Índice
		Lignita Bituminosa					
	500	Antracita					
300	600	Grafito	Marmol			Pizarra	Clorita
	700				Roca verde		
	800			Cua			
500	900						
	1000						
600	1100						
	1200						
700							



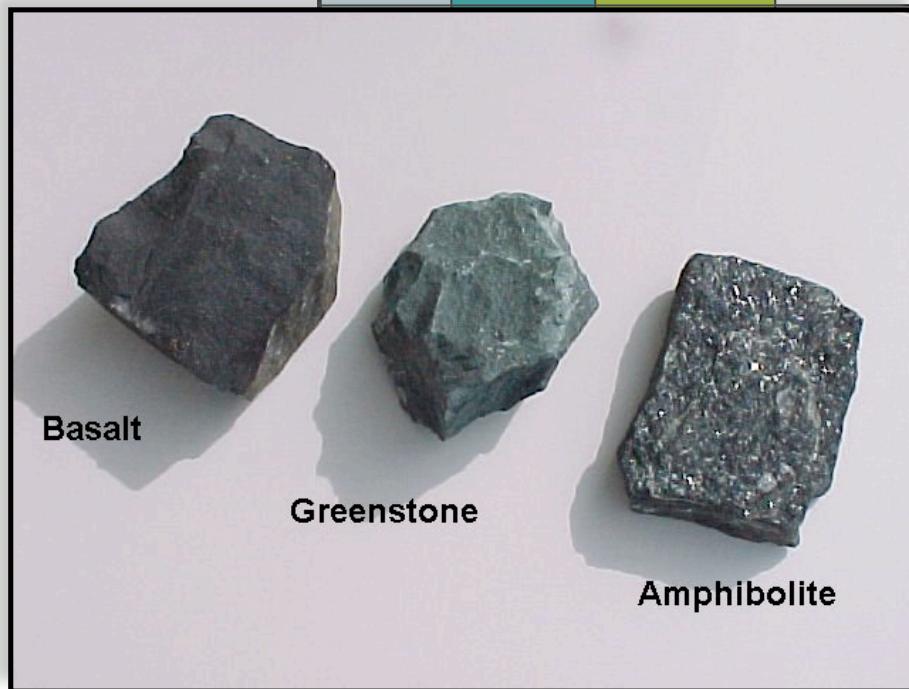
# Principales Tipos de Rocas Metamórficas

Temp C	Temp F	Carbón	Caliza	Arenisca	Basalto	Lutita	Minerales Índice
		Lignita Bituminosa					
	500	Antracita					
300	600	Grafito	Marmol			Pizarra	Clorita
	700				Roca verde		
	800			Cuarcita		Filita	Biotita
500	900						
	1000						
600	1100						
	1200						
700							



# Principales Tipos de Rocas Metamórficas

Temp C	Temp F	Carbón	Caliza	Arenisca	Basalto	Lutita	Minerales Índice
		Lignita Bituminosa					
	500	Antracita					
300	600	Grafito	Marmol			Pizarra	Clorita
	700				Roca verde		
	800			Cuarcita		Filita	Biotita

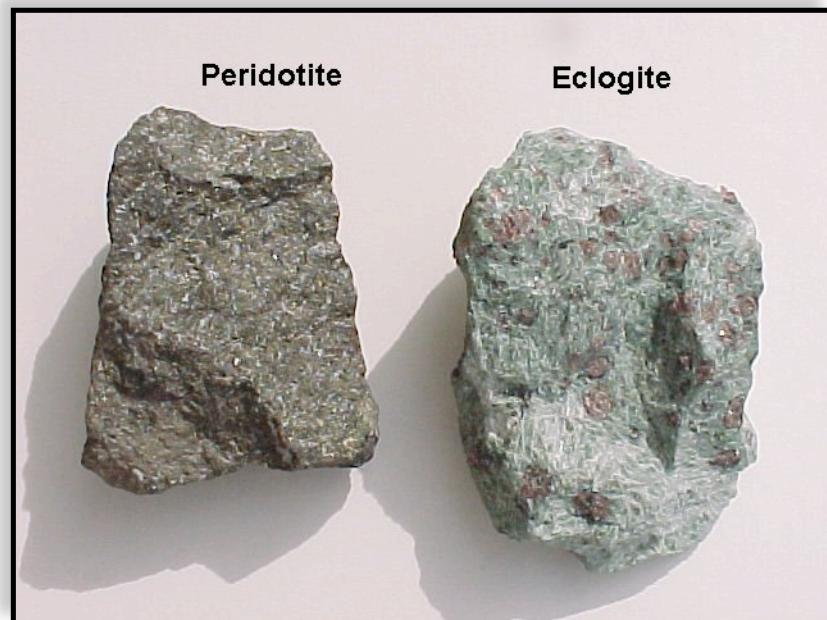
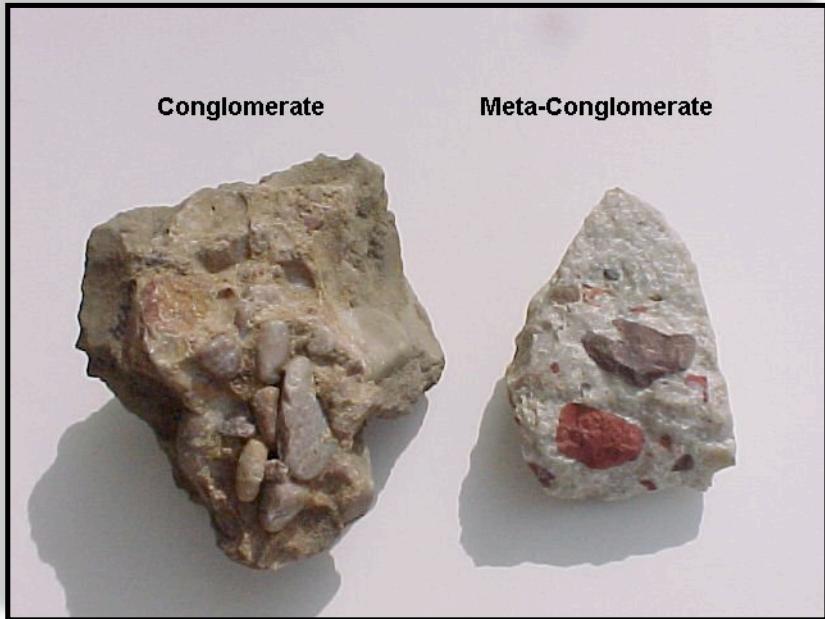


		Esquisto	Granate
		Anfibolita	Estaurolita
			Gneiss
			Cianita
			Sillimanita
			Comienza la Fusión

# Principales Tipos de Rocas Metamórficas

Temp C	Temp F	Carbón	Caliza	Arenisca	Basalto	Lutita	Minerales Índice
		Lignita Bituminosa					
	500	Antracita					
300	600	Grafito	Marmol			Pizarra	Clorita
	700				Roca verde		
				Cuarcita		Filita	Biotita
						Esquisto	Granate
					Anfibolita		Estaurolita
						Gneiss	Cianita
							Sillimanita
							Comienza la Fusión

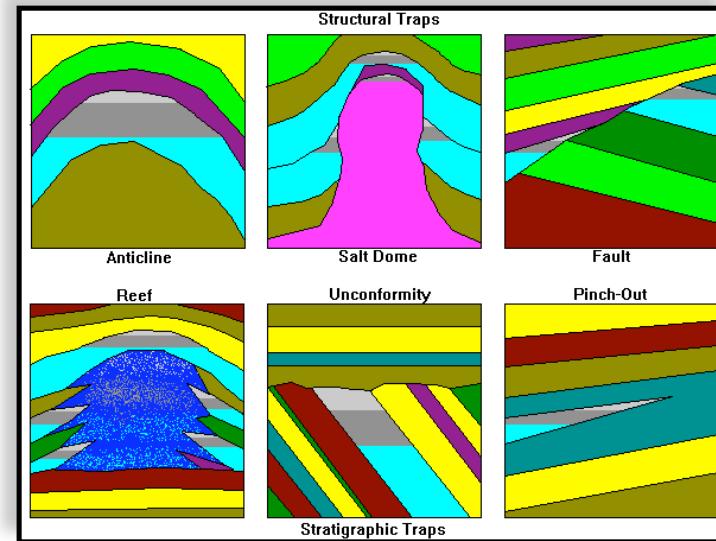
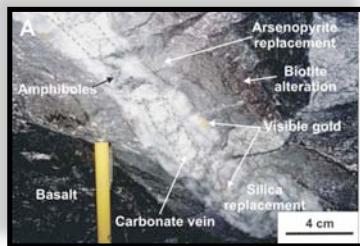
# Otras rocas?



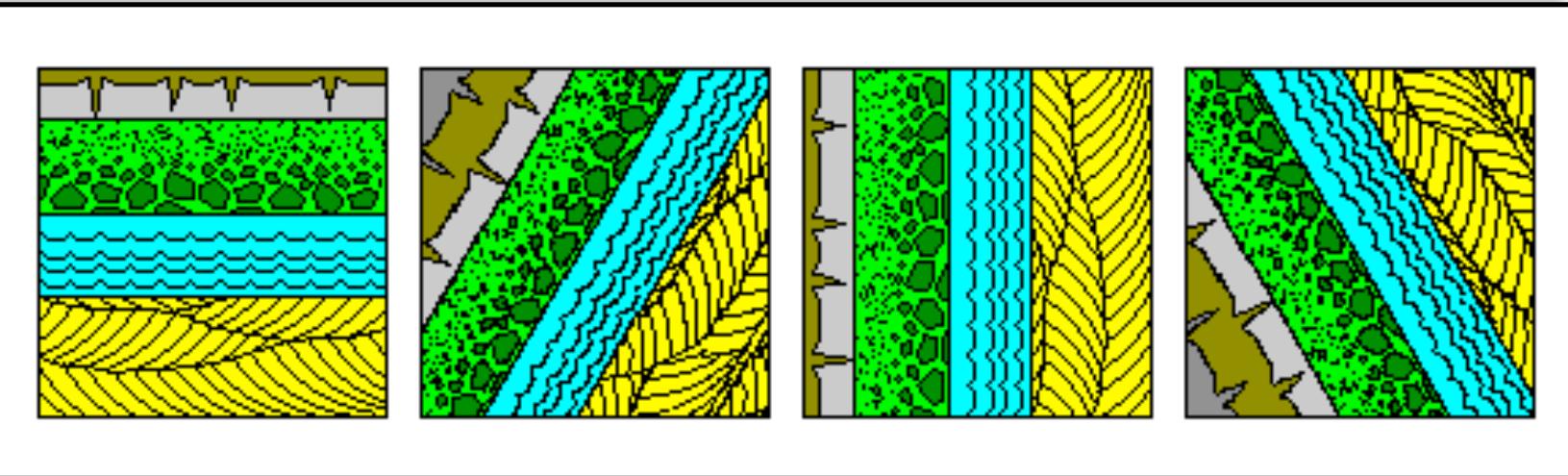
# Deformación de la Corteza

# Consecuencias económicas de las estructuras geológicas

- Acuíferos.
- Depósitos minerales (fallas, vetas)
- Trampas de petróleo



# Cuál lado va arriba?



Las estructuras sedimentarias están gobernadas por:

- Gravedad
- Exposición a la superficie

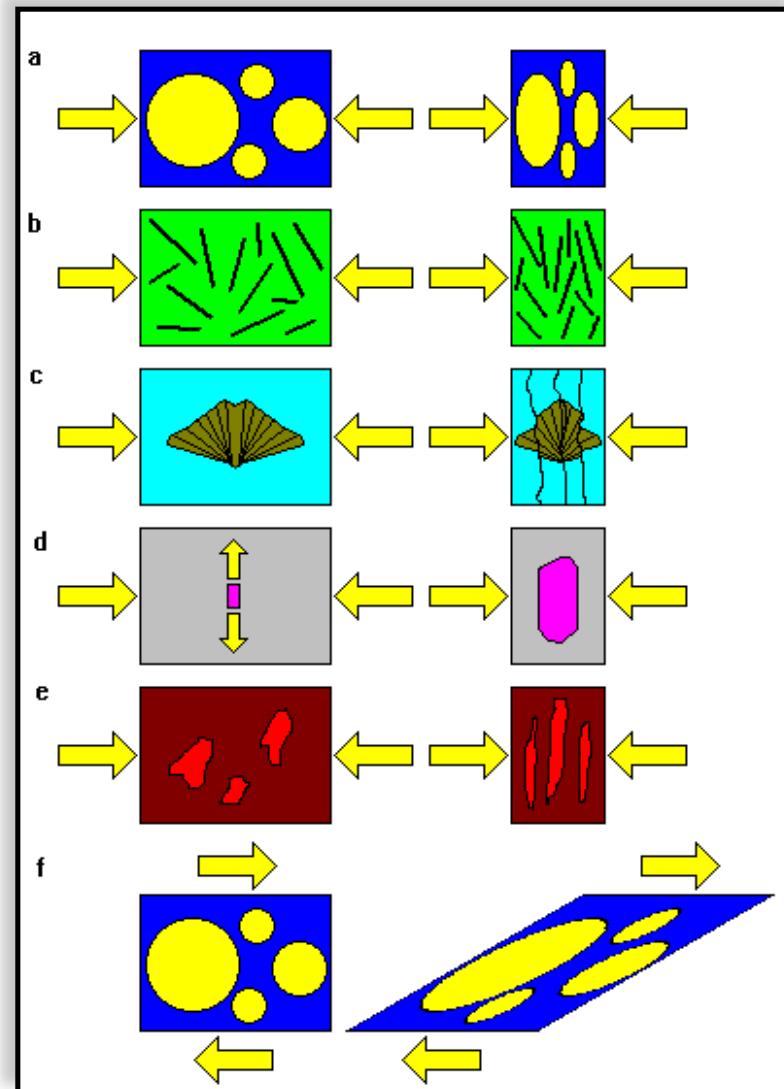
# Foliación

Foliación es una estructura en forma de placa que se forma cuando las rocas se deforman.

- a. Aplastamiento
- b. Rotación de granos
- c. Disolución
- d. Nuevos minerales
- e. Fusión parcial
- f. Cizalla

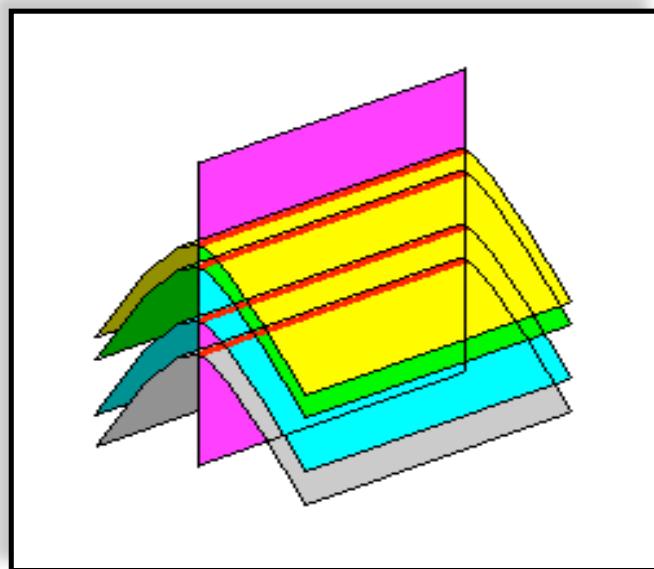
En todos los casos, la foliación es:

- En la dirección de menor resistencia
- En ángulos rectos a la dirección de la mayor compresión.



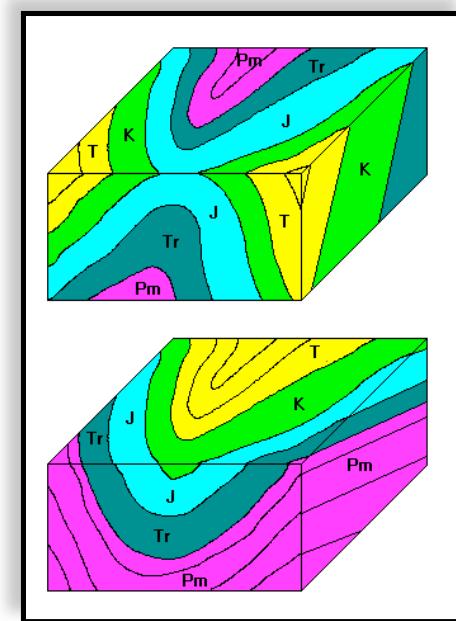
# Pliegues y Foliación

- A escala pequeña (microscópica a cm), la foliación se forma por una variedad de mecanismos, pero siempre en ángulos rectos a la dirección de compresión.
- A escala grande (cm a km), las rocas se pliegan. El plano axial del pliegue es también perpendicular a la dirección de mayor compresión.

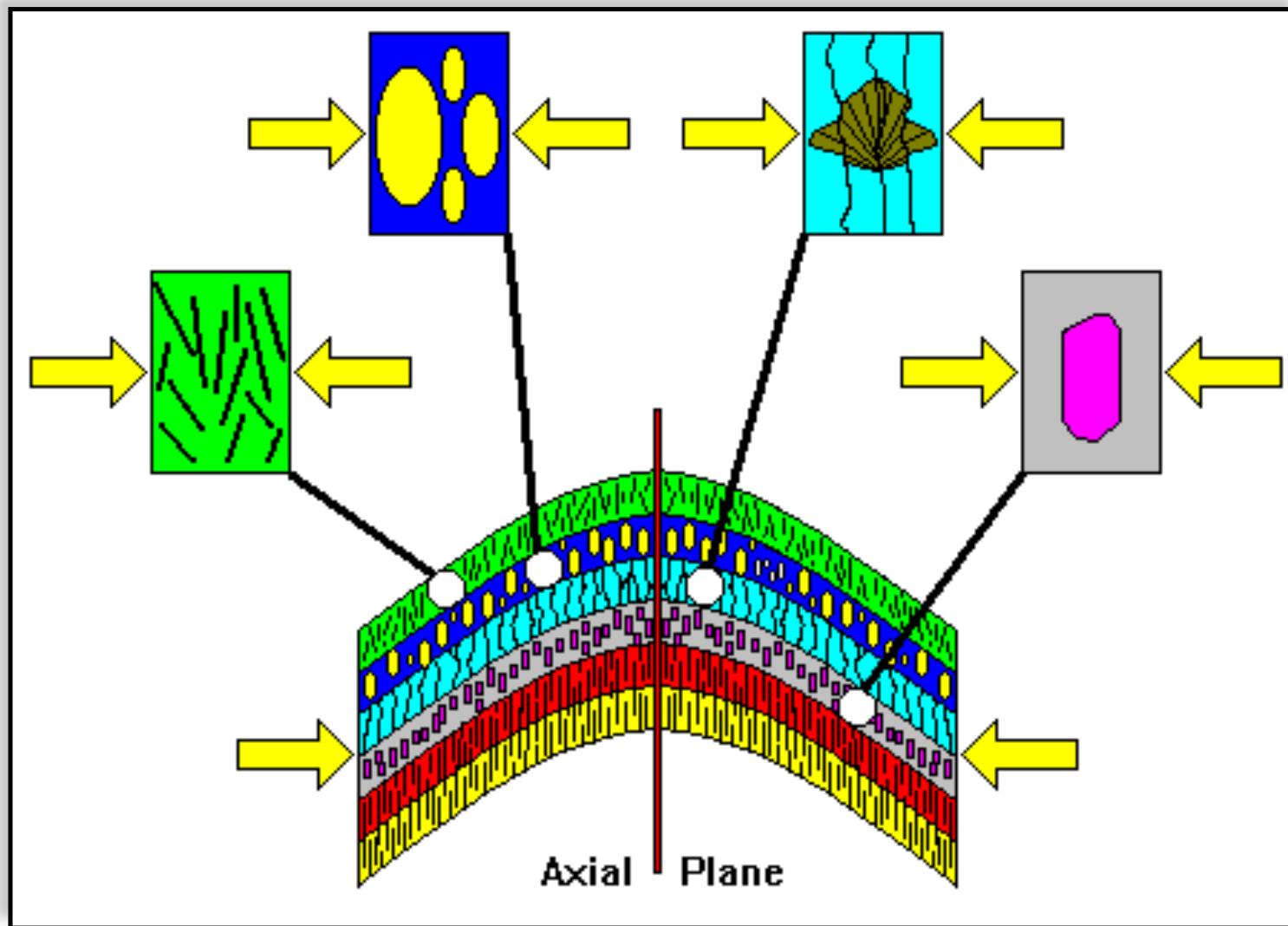


Plano Axial

Anticlinales y  
Sinclinales

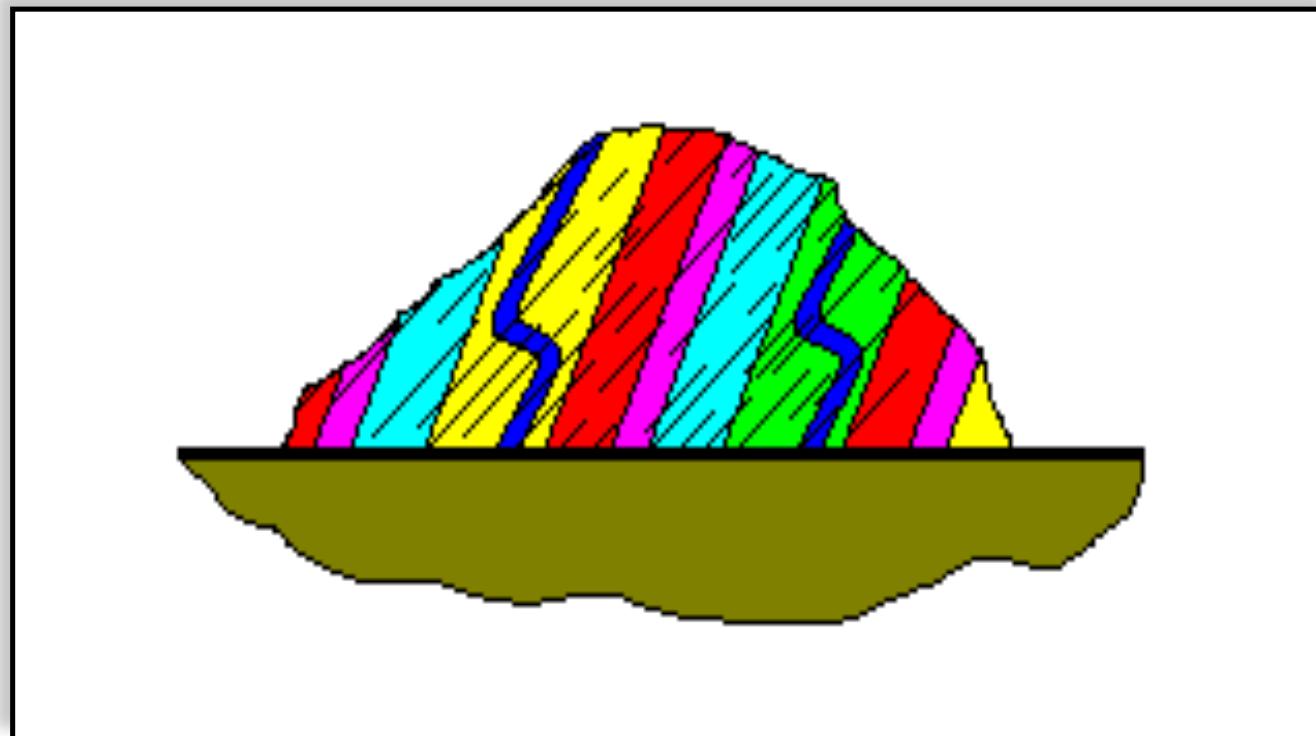


# Pliegues y Foliación



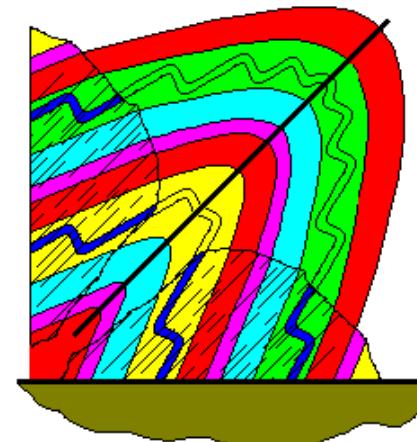
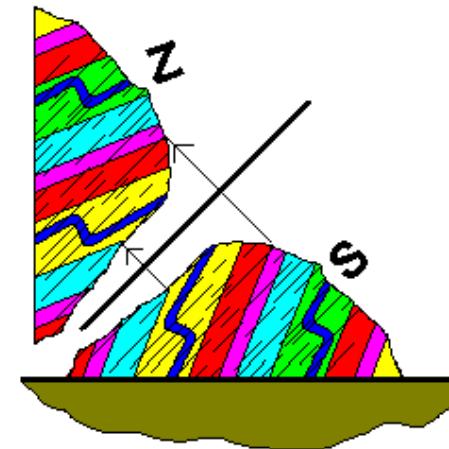
# Cómo los geólogos usan estas pistas?

- Este es un afloramiento visto en el campo.



# Cómo los geólogos usan estas pistas?

- Imaginar el plano axial del pliegue paralelo a la foliación.
- El otro lado del pliegue es aproximadamente una imagen en espejo del lado que puede ser observado.
- Podemos mentalmente hacer un dibujo para obtener una idea de la forma del pliegue.
- Notar que no tendremos una idea de que tan grande es el pliegue, sólo de que tipo es.



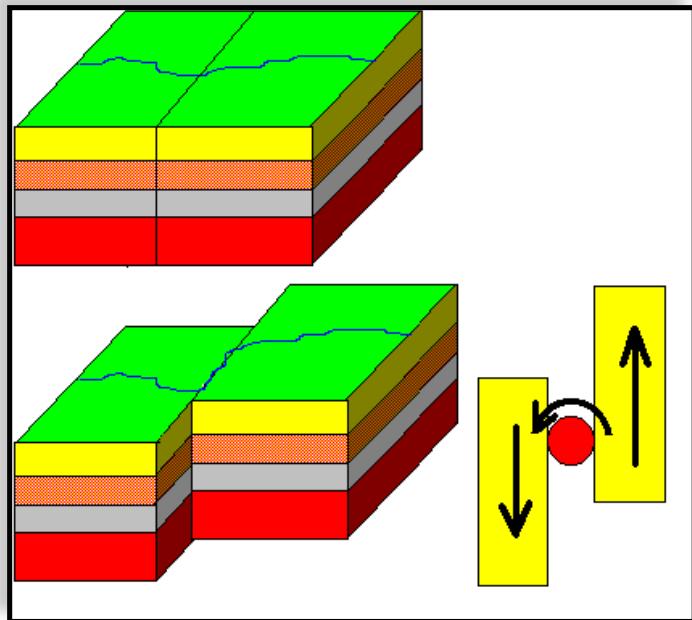
# Fallas

# **Tipos de Fallas**

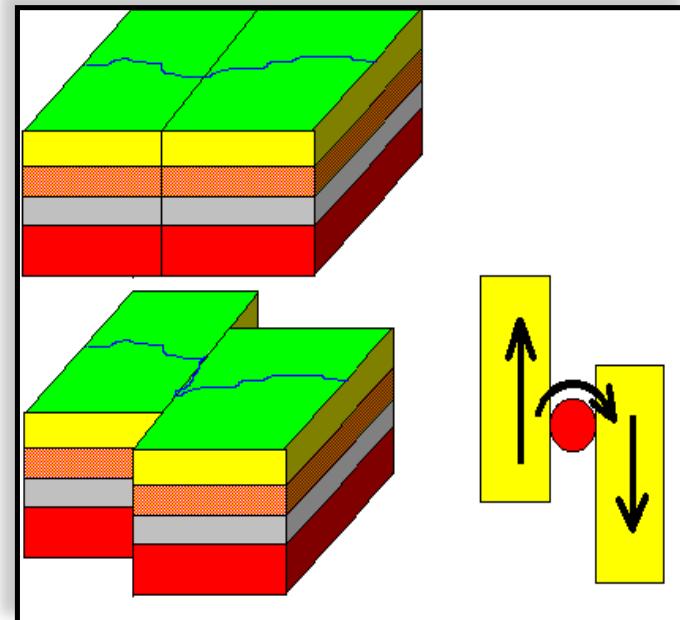
**Las Fallas son clasificadas de acuerdo al tipo de movimiento que ocurre a lo largo de las mismas**

- Juntas - No hay movimiento
- Strike-Slip – Movimiento Horizontal
- Dip-Slip – Movimiento Vertical

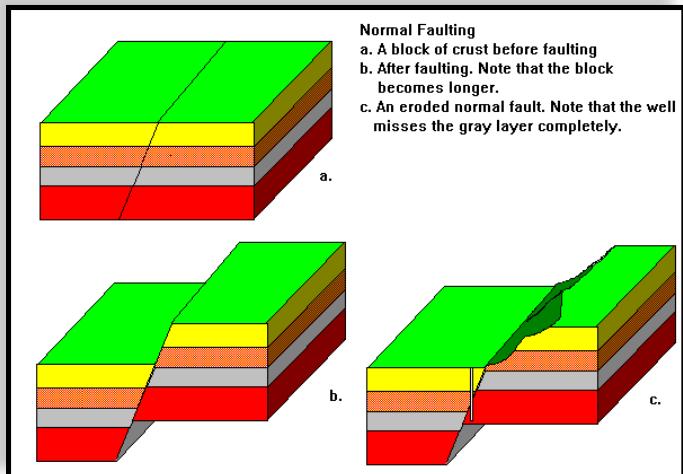
Strike-Slip – Falla  
Lateral Izquierda



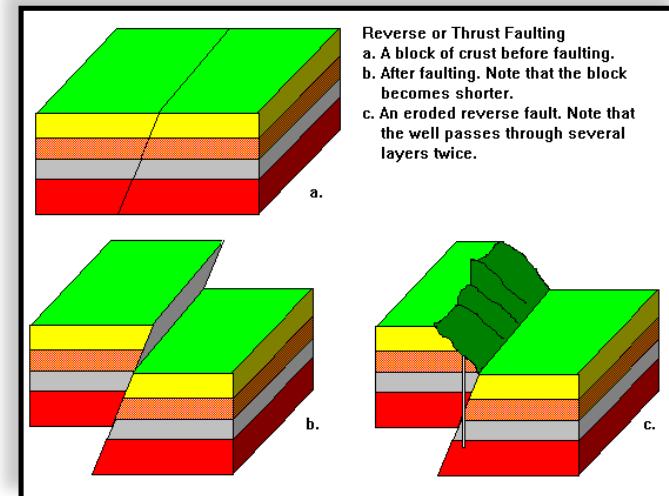
Strike-Slip Falla –  
Lateral Derecha



## Dip-Slip - Falla Normal



## Dip-Slip - Falla Inversa



Extensión



Compresión

# Deriva Continental y Tectónica de Placas

# Problemas Globales en Geología

Distribución de los Continentes

Cordilleras Oceánicas

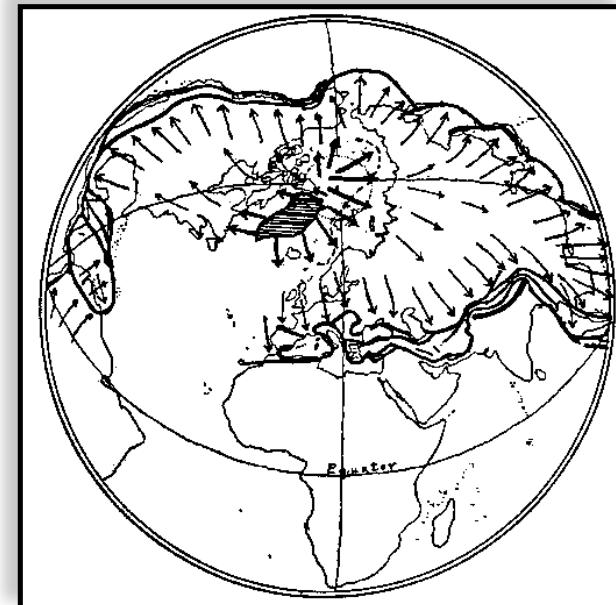
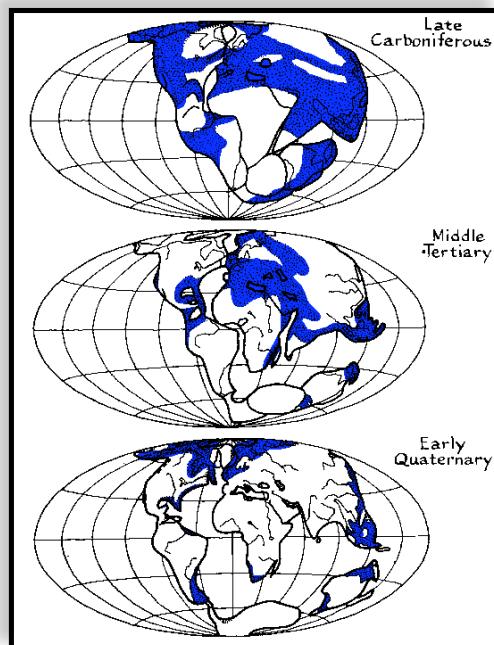
Trincheras

Cinturones Orogénicos

- Deformación
- Metamorfismo
- Volcanismo
- Terremotos

# Desarrollo de la Deriva Continental

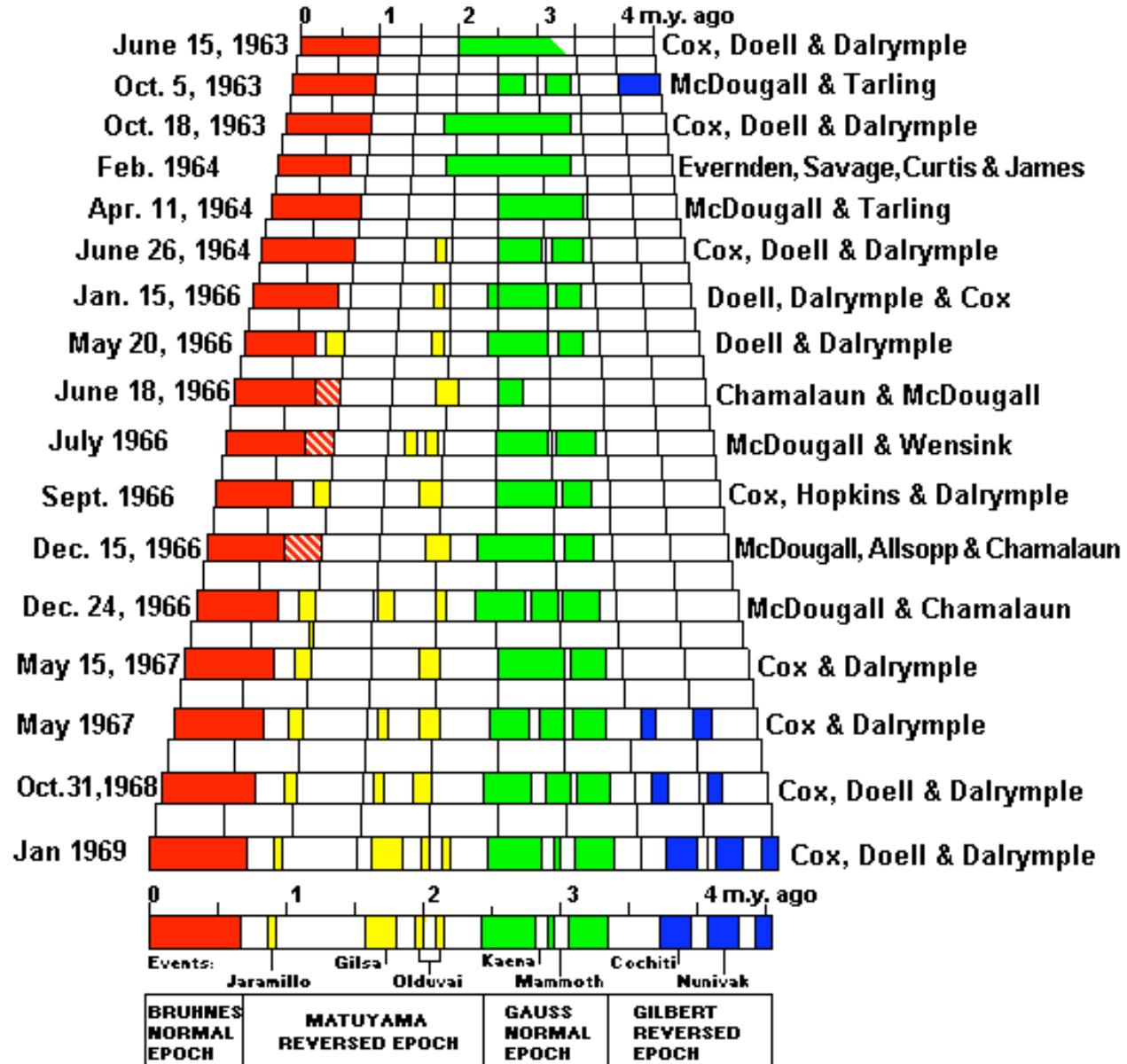
- Frank Taylor (1910)
- Alfred Wegener (1912) *Die Entstehung Der Kontinente Und Ozeane*



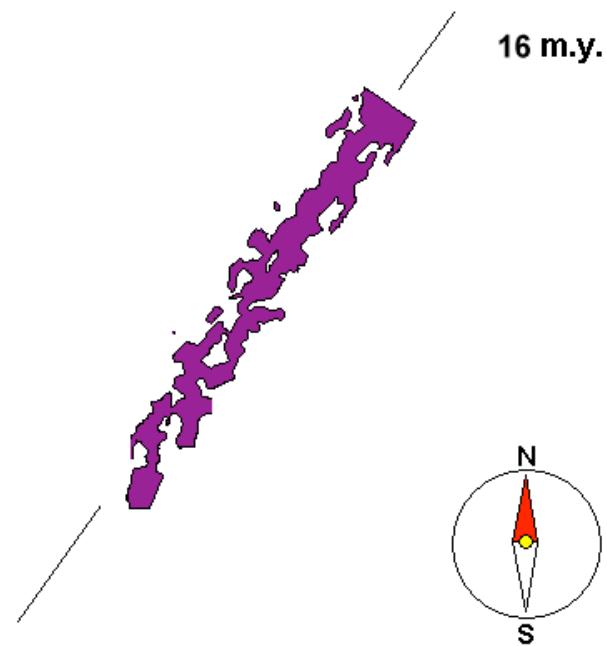
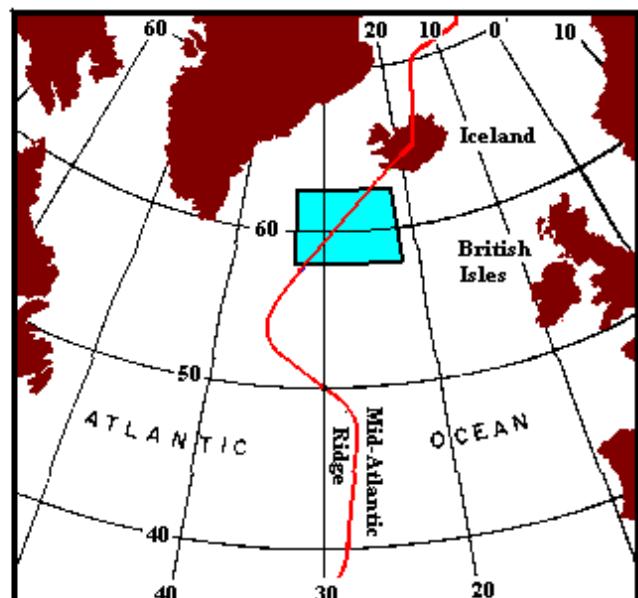
# **Confirmation of Continental Drift**

- World War II technology
- International Geophysical Year (IGY)  
1957-58
- Worldwide Standardized Seismic Network  
1963-

# The Geomagnetic Reversal Time

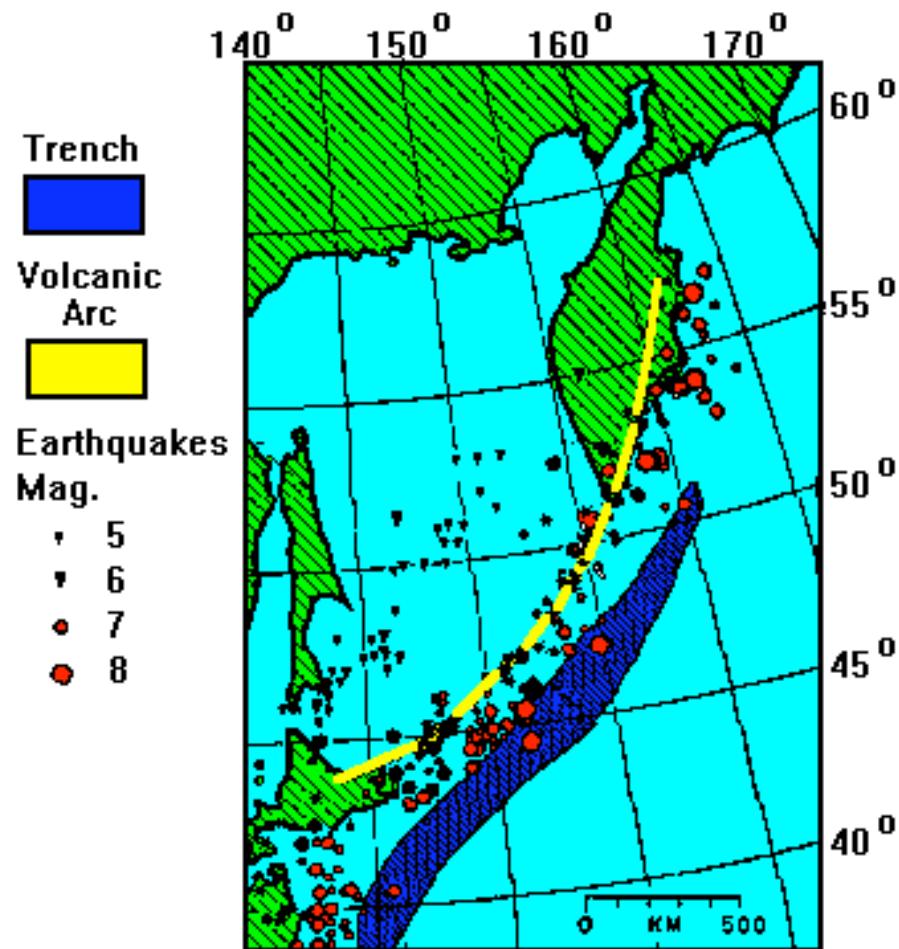


# Discovery of Sea-Floor Spreading



# A dónde va la corteza oceánica?

Hugo Benioff, 1954

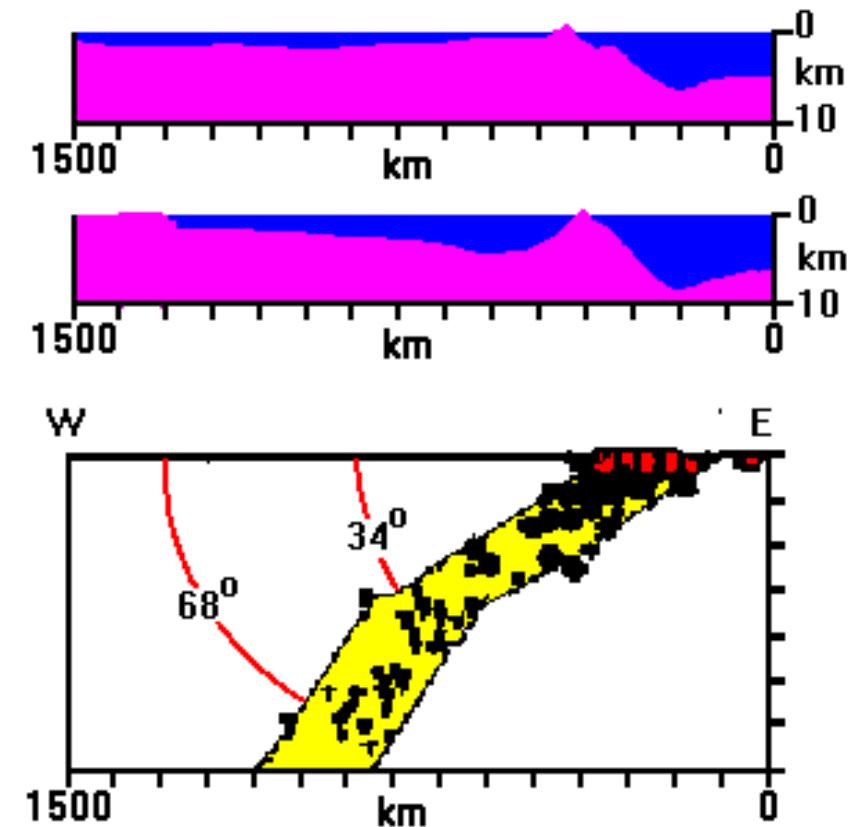


H. Benioff publicó un estudio de los terremotos en las trincheras oceánicas. Una de las trincheras que estudió fue la de Japón-Kurile en el Pacífico Norte

# A dónde va la corteza oceánica?

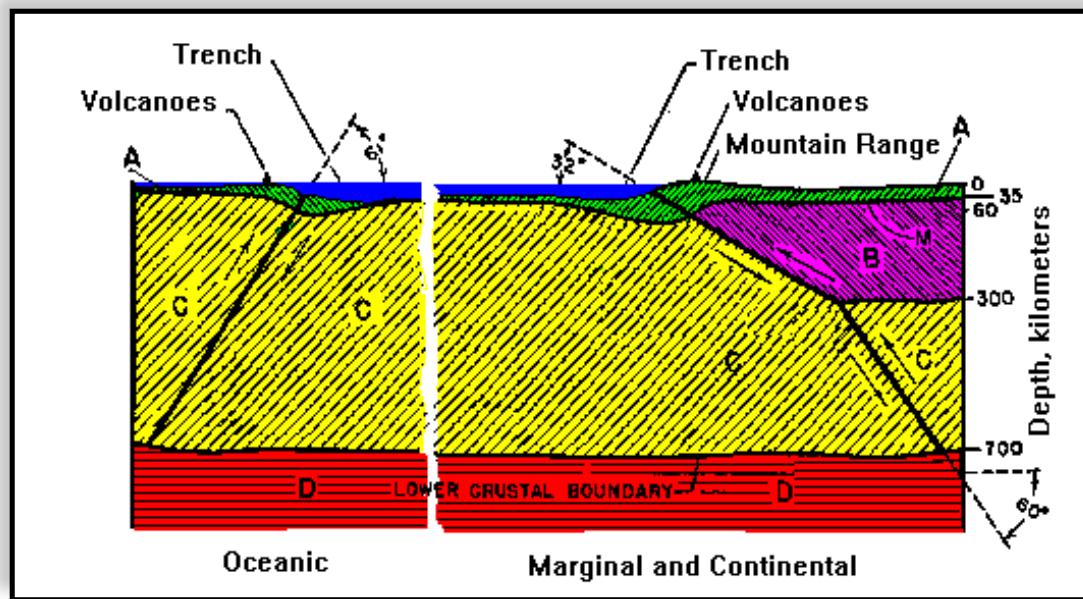
Hugo Benioff, 1954

Una sección muestra como los terremotos se ubican en una zona planar buzando desde la trinchera por debajo del continente.



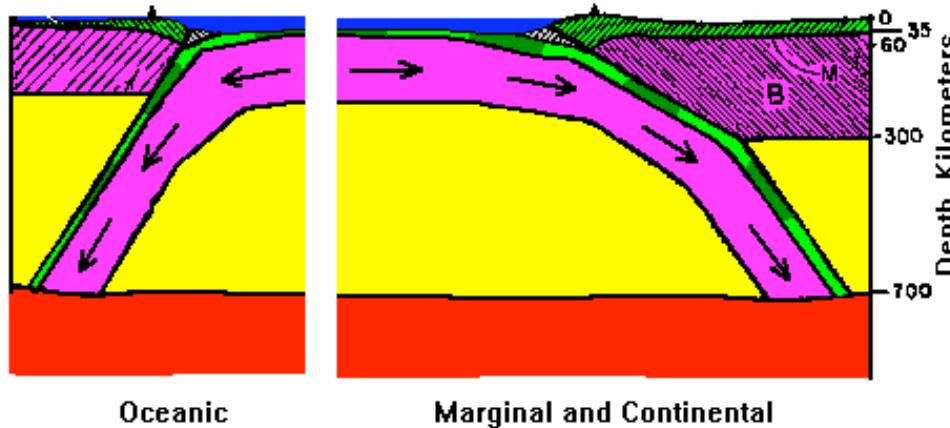
# A dónde va la corteza oceánica?

## Hugo Benioff, 1954



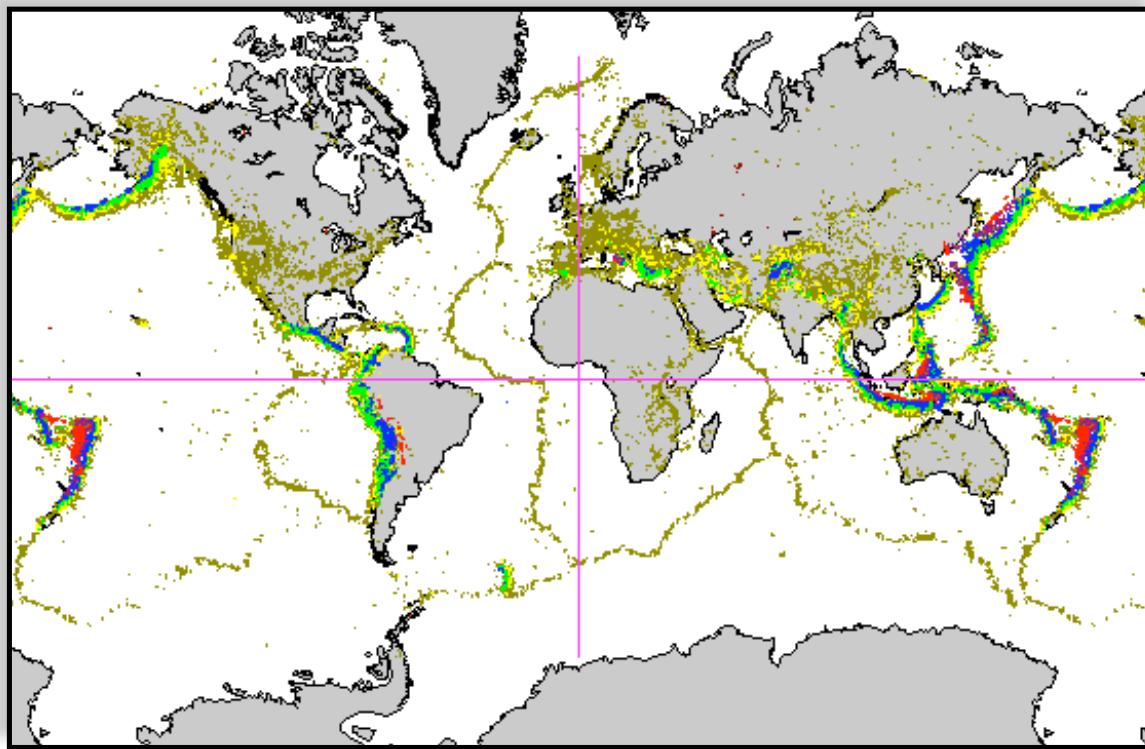
Benioff interpretó las zonas inclinadas de terremotos como fallas inversas gigantes. No tomó en cuenta la deriva continental.

# Interpretación de Benioff Actualizada



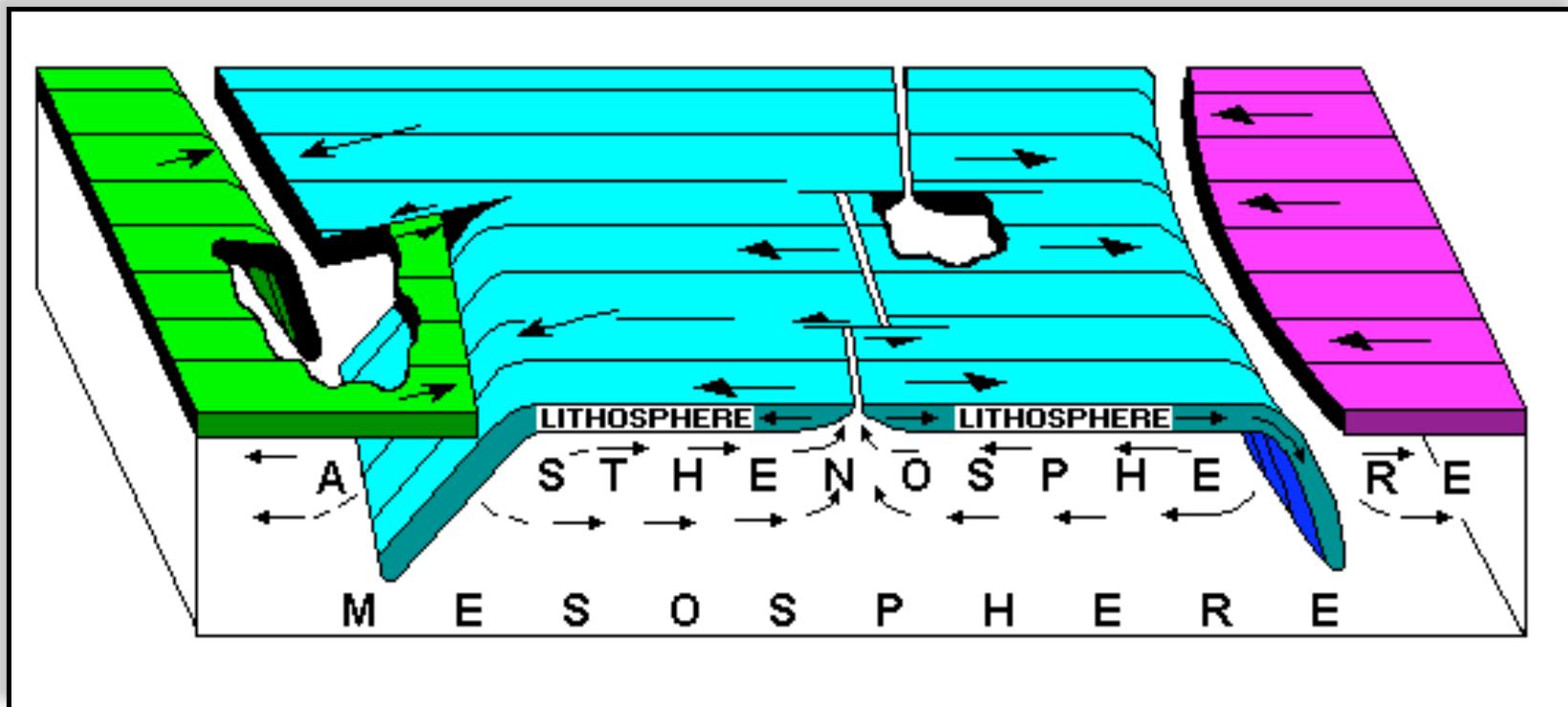
Una vez que se descubrió la expansión del suelo oceánico, fue fácil modificar el concepto de Benioff. Las zonas sísmicas son grandes fallas inversas, pero la corteza oceánica se está moviendo continuamente a lo largo de ellas para ser reciclada en el interior de la Tierra.

# Worldwide Standardized Seismic Network



Muestra que los sismos están confinados a zonas estrechas a lo largo de las crestas de las cordilleras. Básicamente, los nuevos mapas muestran que la tierra consiste de grandes bloques o placas de corteza con poca actividad sísmica, limitadas por zonas con alta actividad.

# Modelo de la Tectónica de Placas



# Las Placas

