



**IHCIT**  
Instituto Hondureño de  
Ciencias de la Tierra



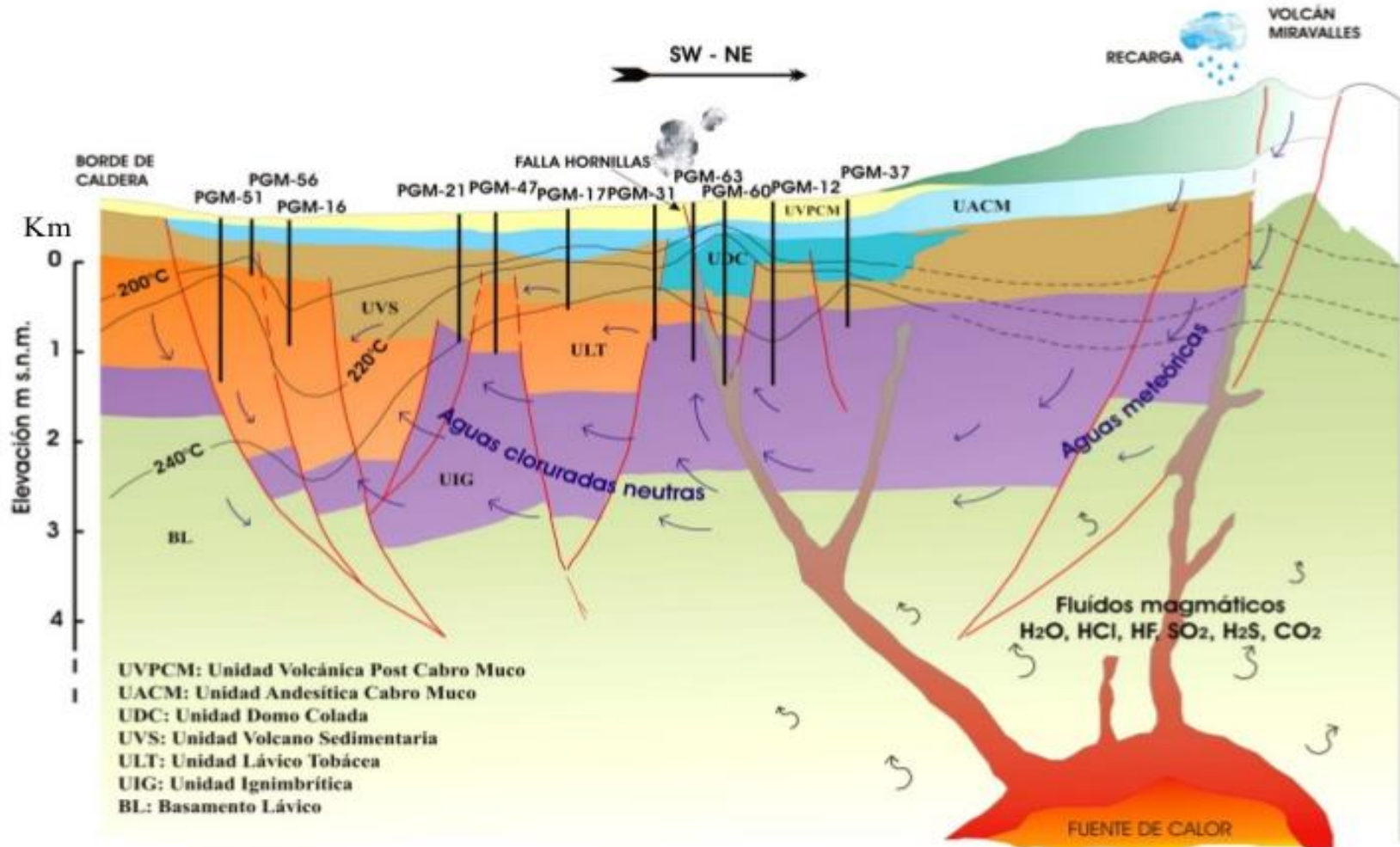
**UNAH**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE HONDURAS

# Geología Asociada a la Exploración Geotermia

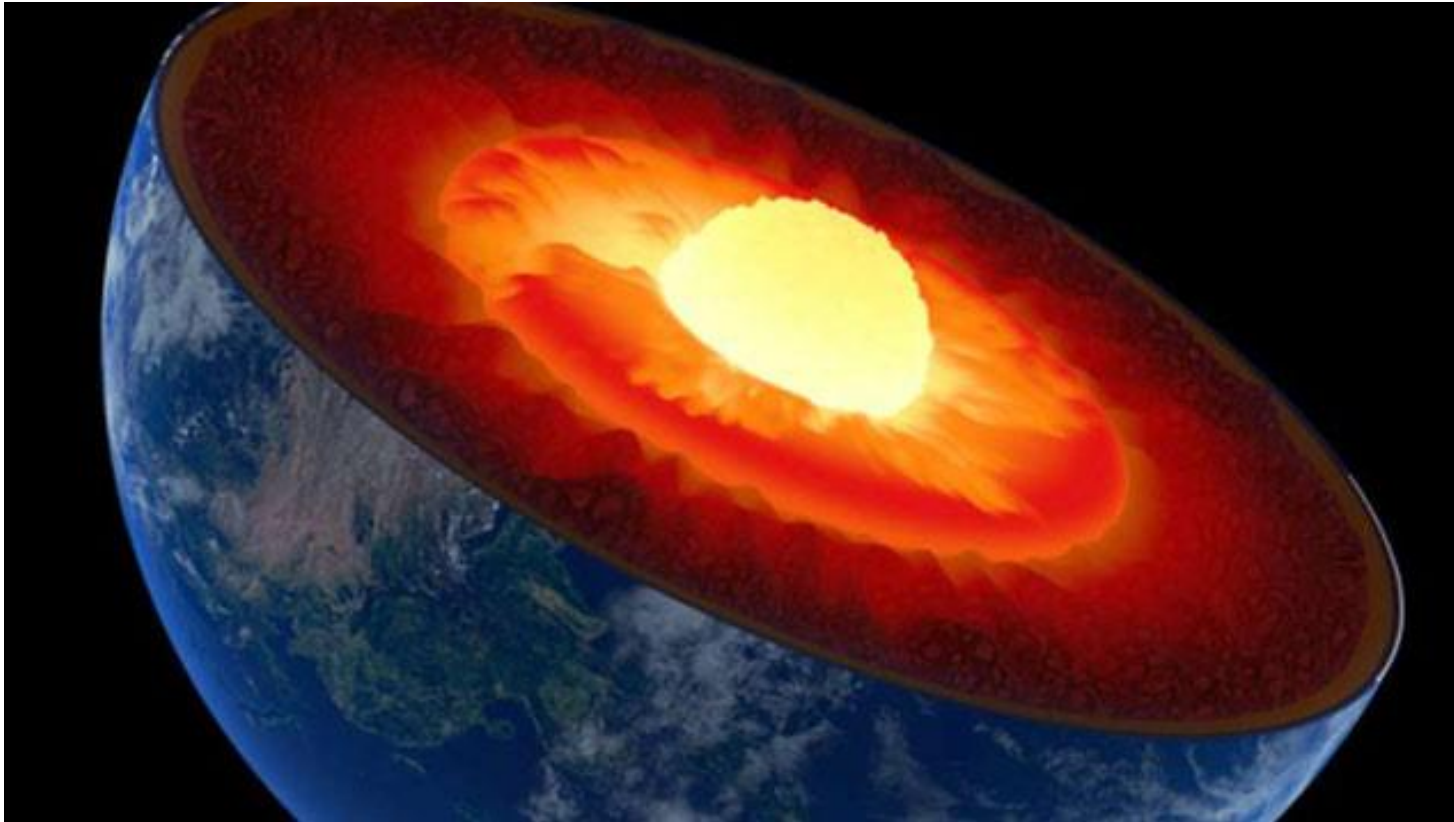
Maynor Ruiz

# Que es la geotermia?

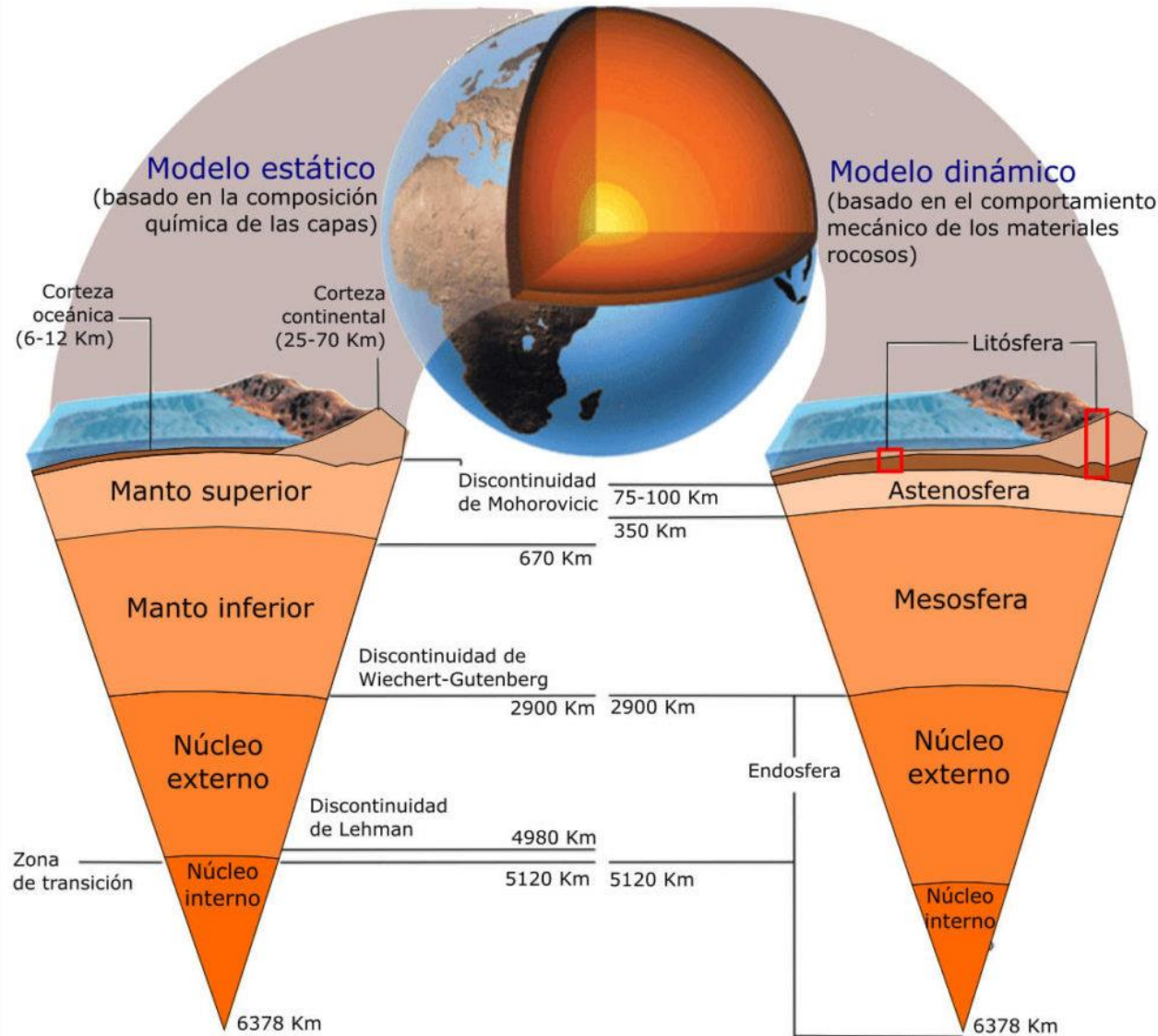
## MODELO DEL CAMPO GEOTERMICO MIRAVALLES



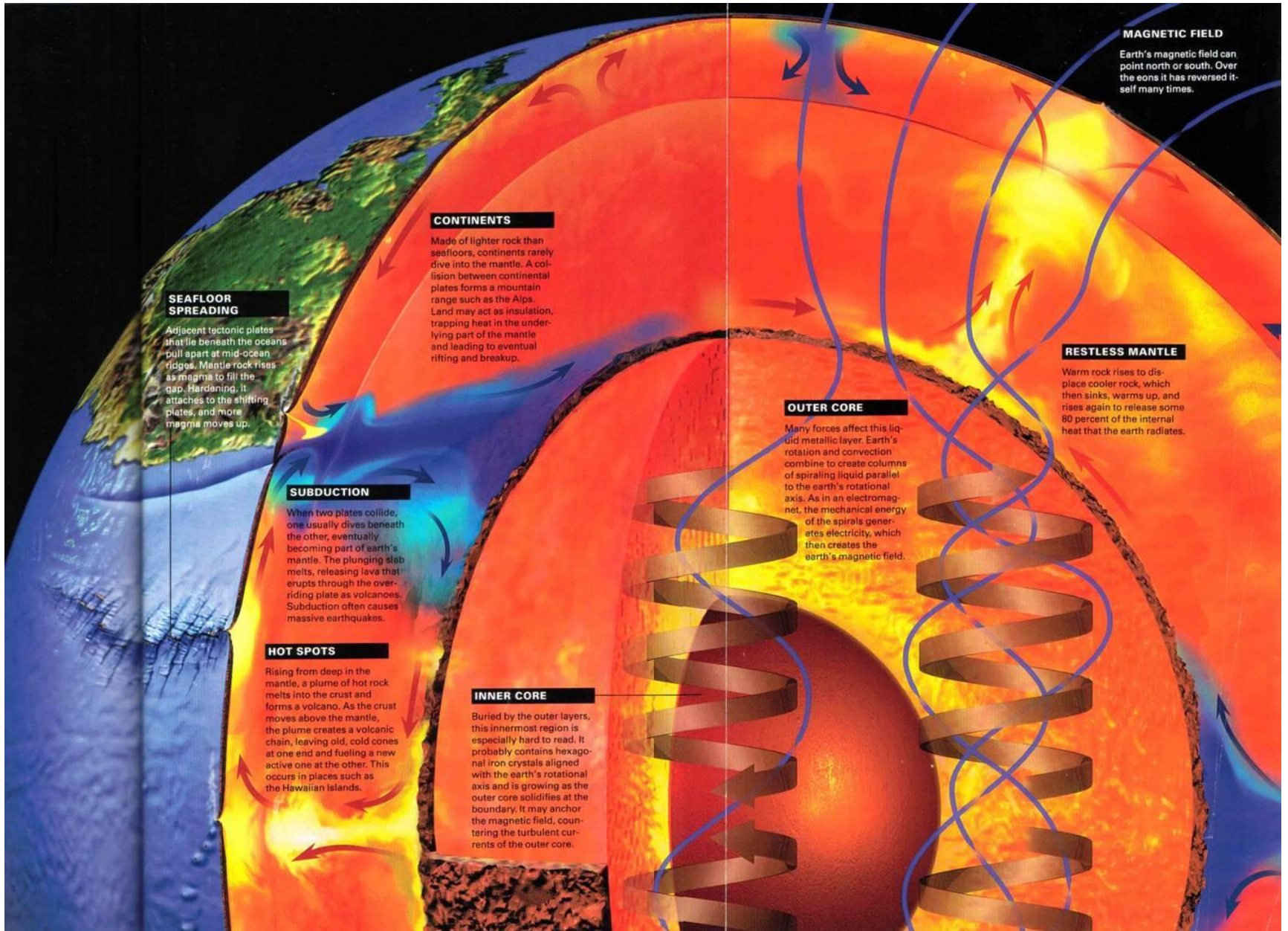
# De lo general a lo específico



# Capas de la tierra







**SEAFLOOR SPREADING**

Adjacent tectonic plates that lie beneath the oceans pull apart at mid-ocean ridges. Mantle rock rises as magma to fill the gap. Hardening, it attaches to the shifting plates, and more magma moves up.

**SUBDUCTION**

When two plates collide, one usually dives beneath the other, eventually becoming part of earth's mantle. The plunging slab melts, releasing lava that erupts through the overriding plate as volcanoes. Subduction often causes massive earthquakes.

**HOT SPOTS**

Rising from deep in the mantle, a plume of hot rock melts into the crust and forms a volcano. As the crust moves above the mantle, the plume creates a volcanic chain, leaving old, cold cones at one end and fueling a new active one at the other. This occurs in places such as the Hawaiian Islands.

**CONTINENTS**

Made of lighter rock than seafloors, continents rarely dive into the mantle. A collision between continental plates forms a mountain range such as the Alps. Land may act as insulation, trapping heat in the underlying part of the mantle and leading to eventual rifting and breakup.

**INNER CORE**

Buried by the outer layers, this innermost region is especially hard to read. It probably contains hexagonal iron crystals aligned with the earth's rotational axis and is growing as the outer core solidifies at the boundary. It may anchor the magnetic field, countering the turbulent currents of the outer core.

**OUTER CORE**

Many forces affect this liquid metallic layer. Earth's rotation and convection combine to create columns of spiraling liquid parallel to the earth's rotational axis. As in an electromagnet, the mechanical energy of the spirals generates electricity, which then creates the earth's magnetic field.

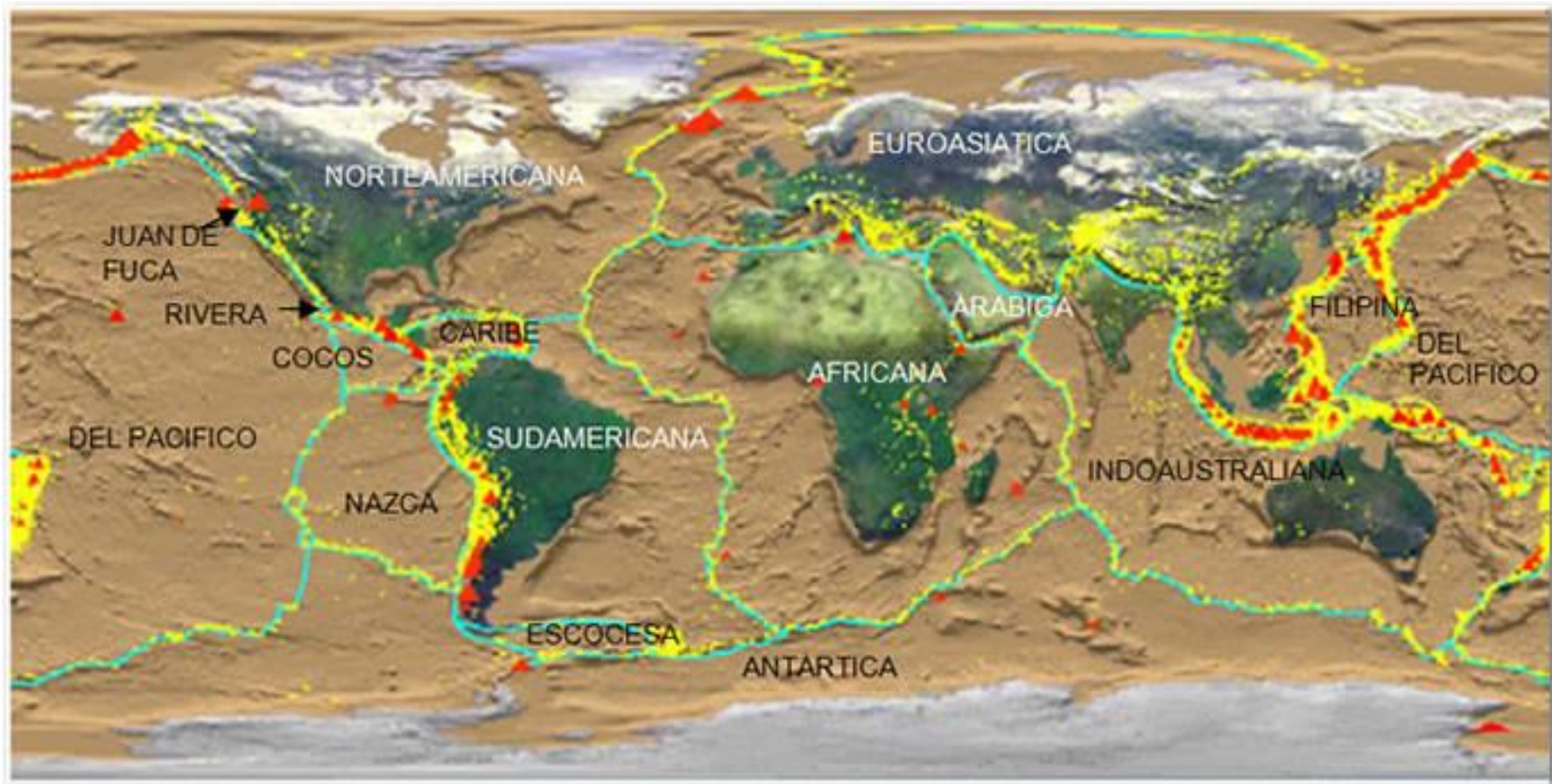
**RESTLESS MANTLE**

Warm rock rises to displace cooler rock, which then sinks, warms up, and rises again to release some 80 percent of the internal heat that the earth radiates.

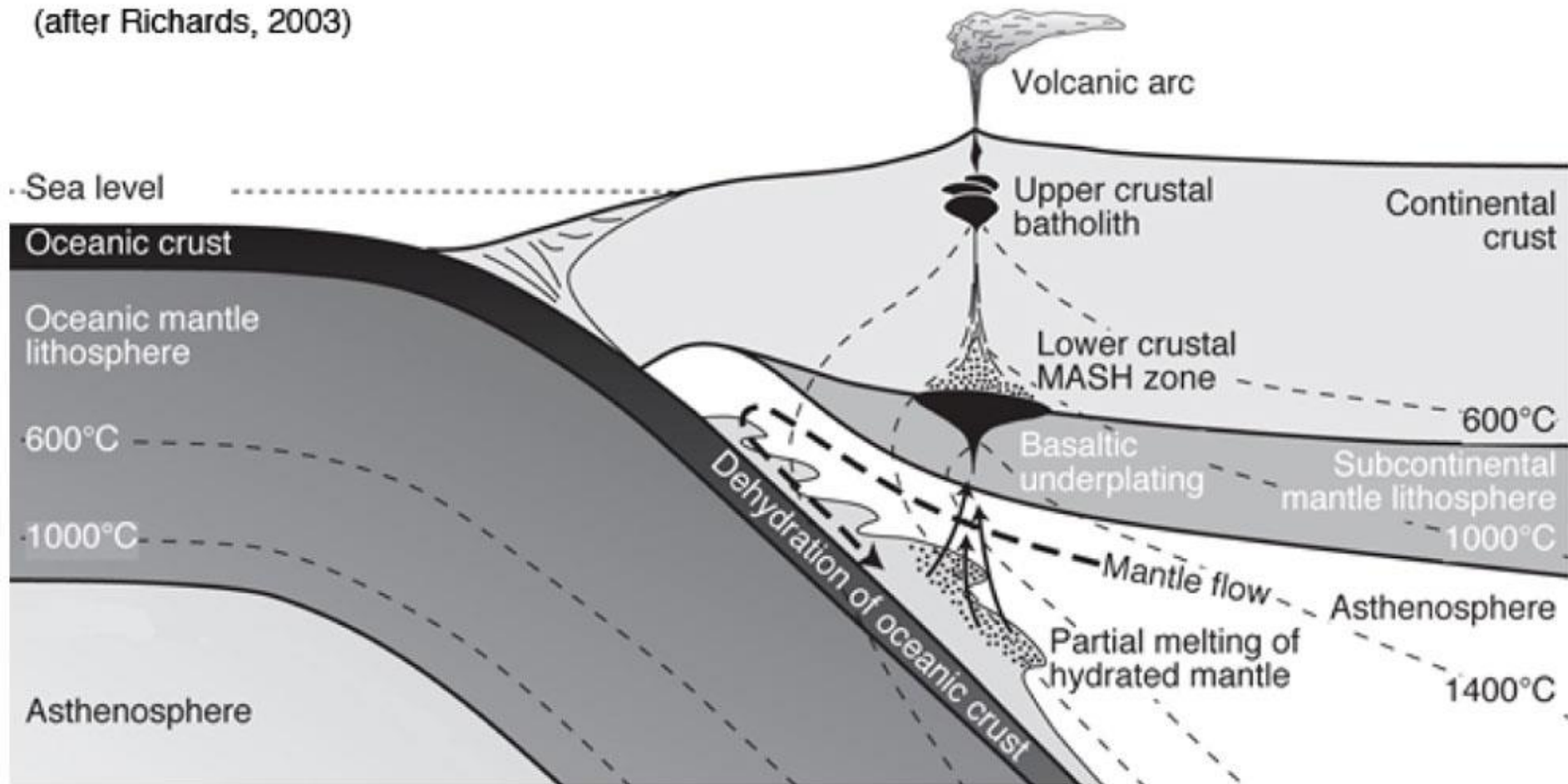
**MAGNETIC FIELD**

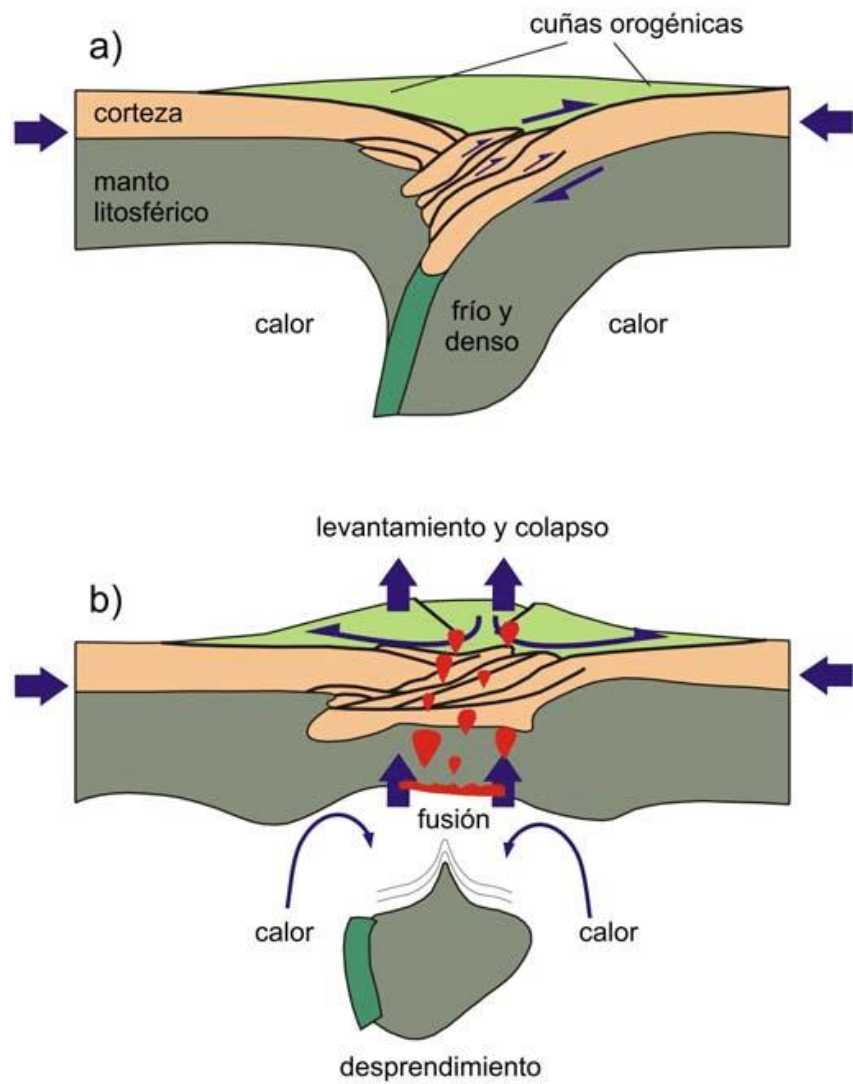
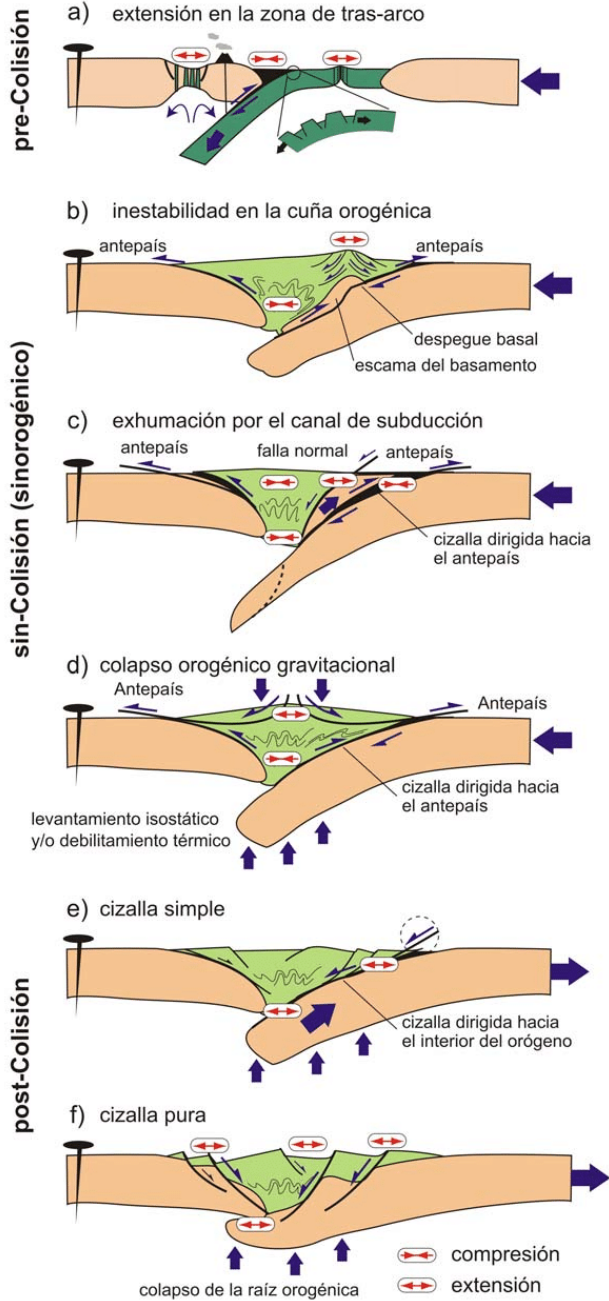
Earth's magnetic field can point north or south. Over the eons it has reversed itself many times.





(after Richards, 2003)

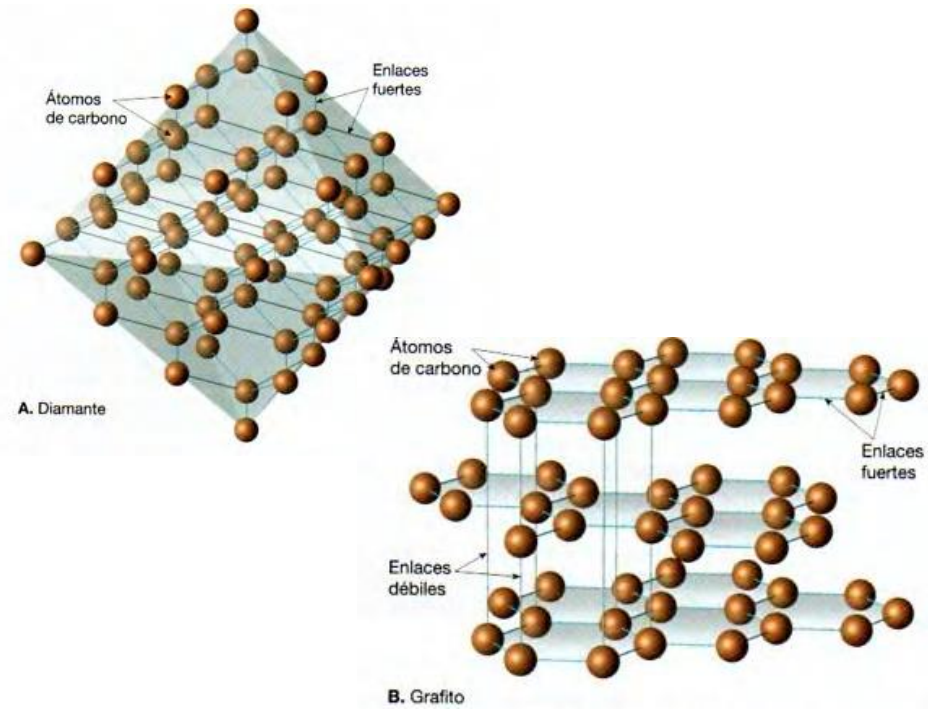
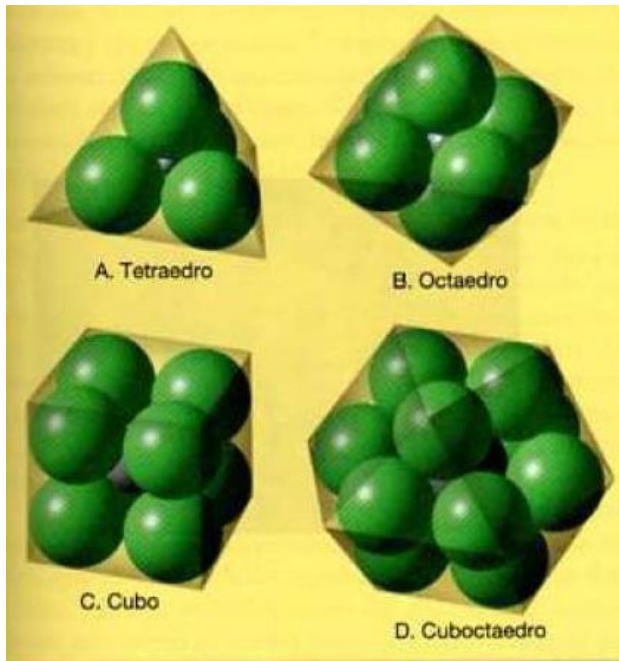






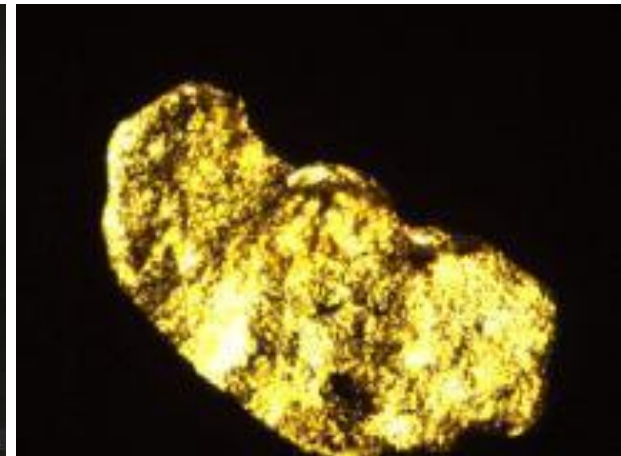
# Que es un mineral?

- Son solidos homogéneos, inorgánicos y de origen natural con una composición química definida y una estructura cristalina definida.
- Están formados por la unión de dos o más elementos químicos, los hay mono mineral.

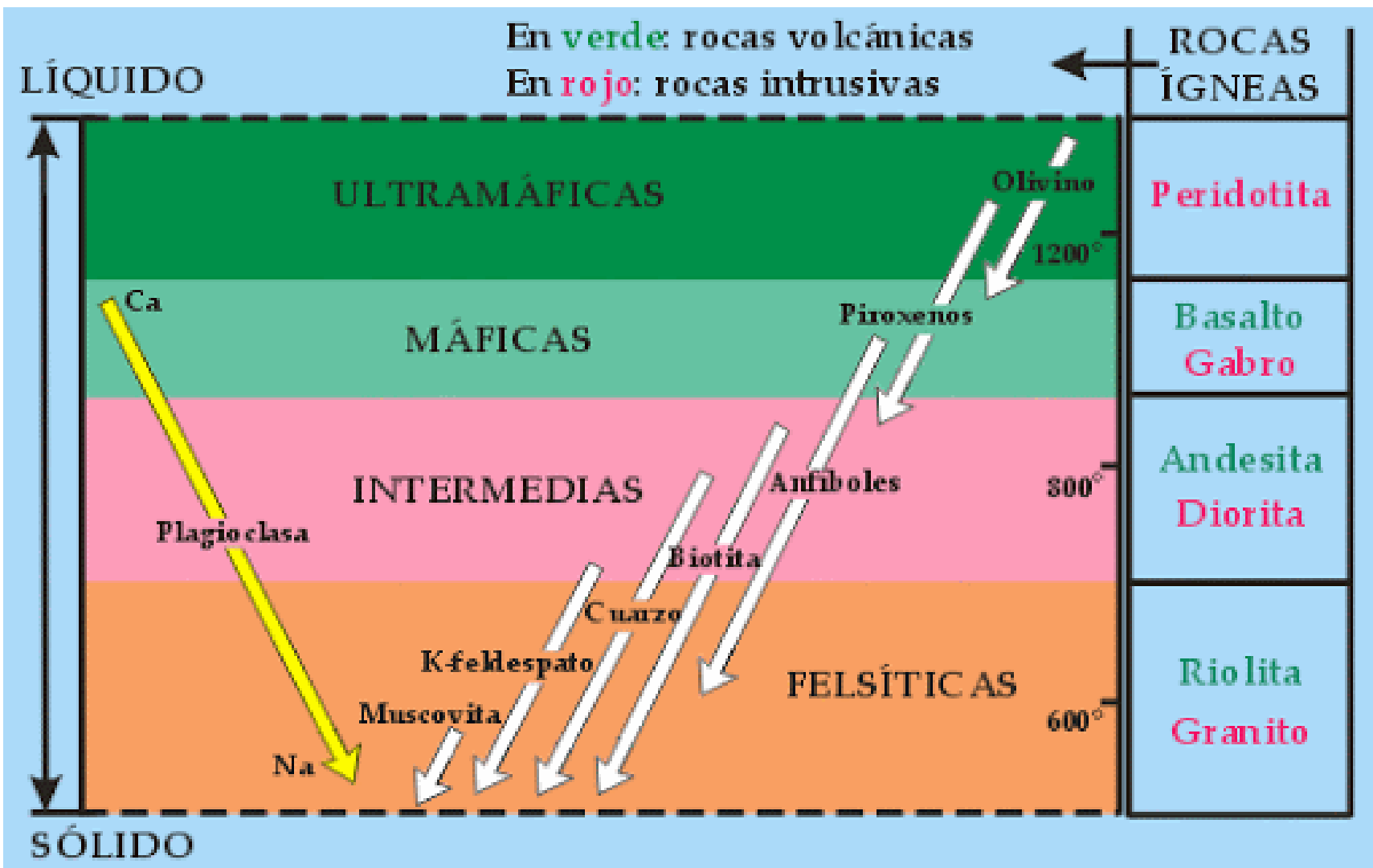


## Las propiedades físicas de los minerales dependen de su estructura:

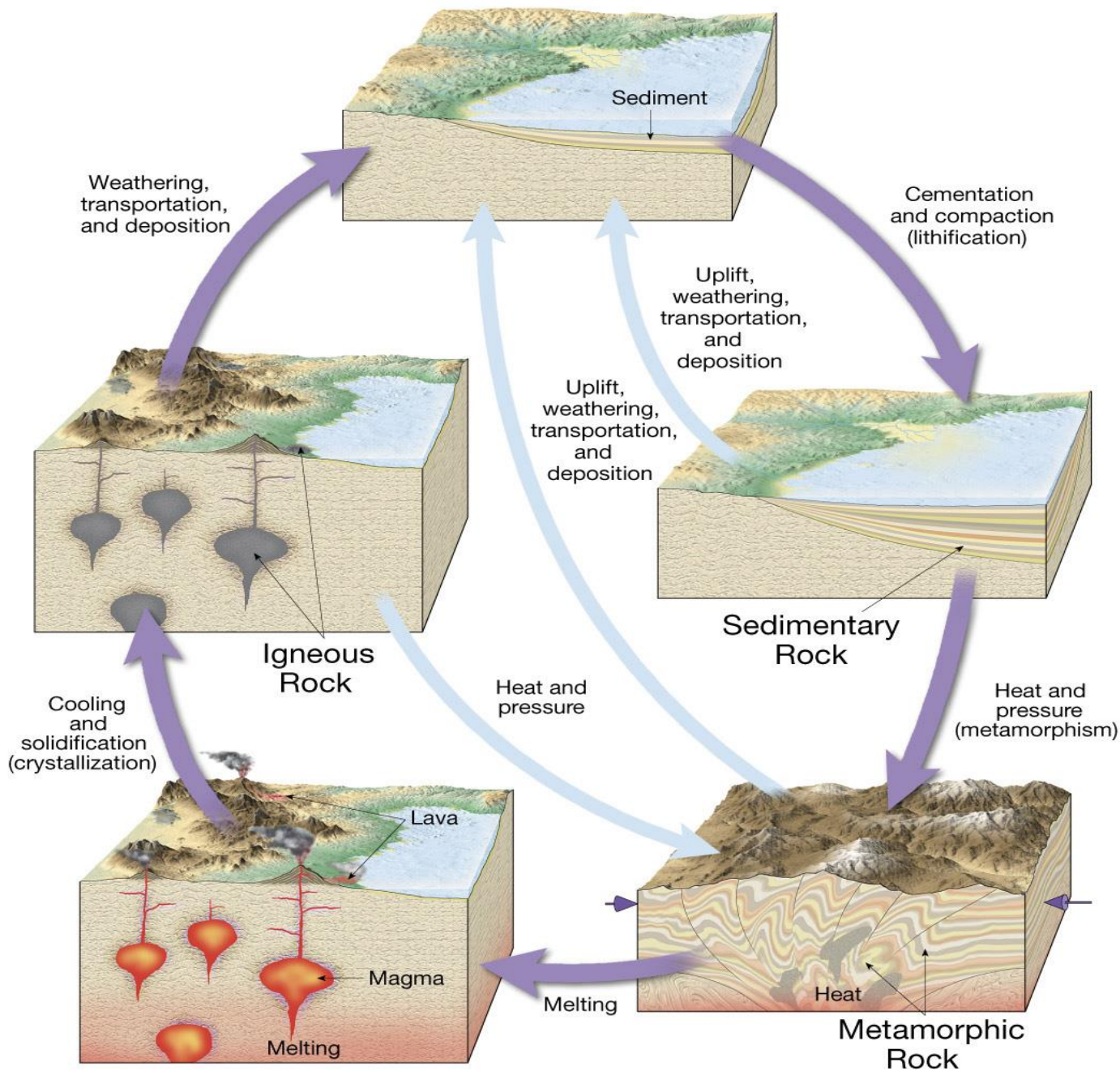
- Color
- Brillo
- Exfoliación
- Dureza



Dureza	Mineral	Se raya con/ raya a
1	Talco	Se puede rayar fácilmente con la uña
2	Yeso	Se puede rayar con la uña con más dificultad
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre
4	Fluorita	Se puede rayar con un cuchillo de acero
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con un cuchillo
6	Ortosa	Se puede rayar con una lija para el acero
7	Cuarzo	Raya el vidrio
8	Topacio	Rayado por herramientas de Carburo de Wolframio
9	Corindón	Rayado por herramientas de Carburo de Silicio
10	Diamante	El más duro, sólo se puede rayar con otro diamante





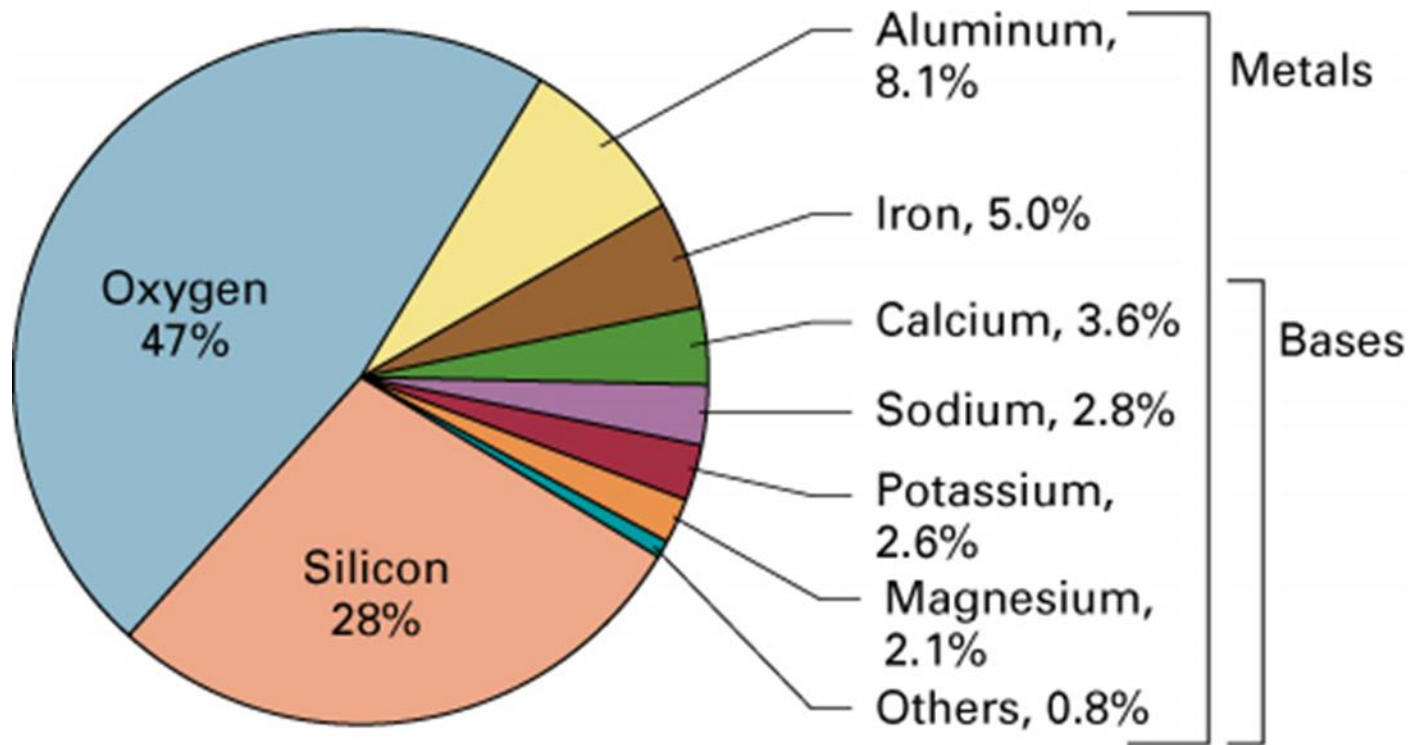


# *Ciclo de la Roca*

# Composición de la corteza terrestre

El oxígeno y sílice componen aproximadamente el 75% de la corteza terrestre.

El resto de lo conforman elementos metálicos; Fe, Al y elementos bases .



- **Los elementos de la corteza terrestre que son combinados con compuestos inorgánicos son llamados minerales.**
- **Estos minerales son mezclados en varias proporciones formando los diferentes tipos de rocas.**
- **Las rocas de la corteza terrestre son agrupadas en tres tipos importantes;**
  - **Rocas Ígneas.**
  - **Rocas Sedimentarias.**
  - **Rocas Metamórficas.**



# Tipos de rocas

## LAS ROCAS

se clasifican en

### Rocas magmáticas

Las rocas magmáticas se forman a partir de **magmas** que ascienden hacia la superficie a través de la corteza y se enfrían.

### Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas se forman mediante un proceso de transformación (**metamorfismo**) de rocas ya existentes, en el que estas son sometidas a presiones y temperaturas altas en el interior de la corteza.

### Rocas sedimentarias

Las **rocas sedimentarias** se forman por la acción de los **procesos geológicos exógenos**, en los que intervienen la energía solar y la gravedad. Por esa razón, también se llaman **rocas exógenas**.

# Tipos de rocas

## Rocas metamórficas

pueden ser

### Rocas de metamorfismo térmico

Proceden de rocas que se ponen en contacto con masas de magma que ascienden a través de ellas.

El intenso calor hace que los minerales de estas rocas sufran una **recristalización** (aumentan mucho de tamaño y varían ligeramente su composición química).

Así se forman el **mármol**, que procede de las calizas, o las **cuarcitas**, que proceden de areniscas.



### Rocas de metamorfismo dinamotérmico

Proceden de rocas que, además de sufrir un aumento de temperatura, son aplastadas por las fuerzas del interior de la corteza.

En estas rocas, los minerales sufren recristalización y, además, debido a la intensa presión, se disponen en láminas aplastadas con aspecto de hojaldre o en bandas (estas disposiciones se denominan **foliación**).

De este modo, se forman las **pizarras**, los **esquistos** y los **gneises**, que proceden del metamorfismo dinamotérmico más o menos intenso de las arcillas.



# Tipos de rocas

## Las rocas sedimentarias

se clasifican en

### Detríticas

### No detríticas

#### Conglomerados

Sus clastos (llamados **gravas**) tienen un diámetro mayor de 2 mm.



#### Areniscas

Sus clastos (llamados **arenas**) tienen un diámetro comprendido entre 0,06 mm y 2 mm.



#### Arcillas

Sus clastos (llamados **lodos** o **limos**) tienen un diámetro inferior a 0,06 mm (son microscópicos).



#### Rocas carbonatadas

Las más abundantes son las **calizas**, que están formadas por calcita y las **dolomías**, por dolomita.



#### Rocas salinas o evaporitas

Se componen de sales disueltas que precipitaron en las cuencas sedimentarias cuando el agua se evaporó. Por ejemplo, el **yeso**, la **halita** y la **silvina**.





# Discontinuidades: tipos, genéticos Relaciones y significado

- Discontinuidad es un término colectivo utilizado aquí para incluir juntas, fracturas, camas, planos, escisión de rocas, foliación, zonas de corte, fallas y otros contactos, etc. En esta discusión utilizando un enfoque genético, agrupamos discontinuidades en las siguientes categorías:

- Plano de capa
- 2. Foliación incluyendo escisión
- 3. Fracturas (articulaciones)
- 4. Fallas y zonas de corte
- 5. Otras discontinuidades geológicas.

Es la discontinuidad más importante, imparte anisotropía y tiene una profunda influencia en flujo de agua subterránea en la zona vadosa. El agua subterránea el flujo es por inmersión descendente

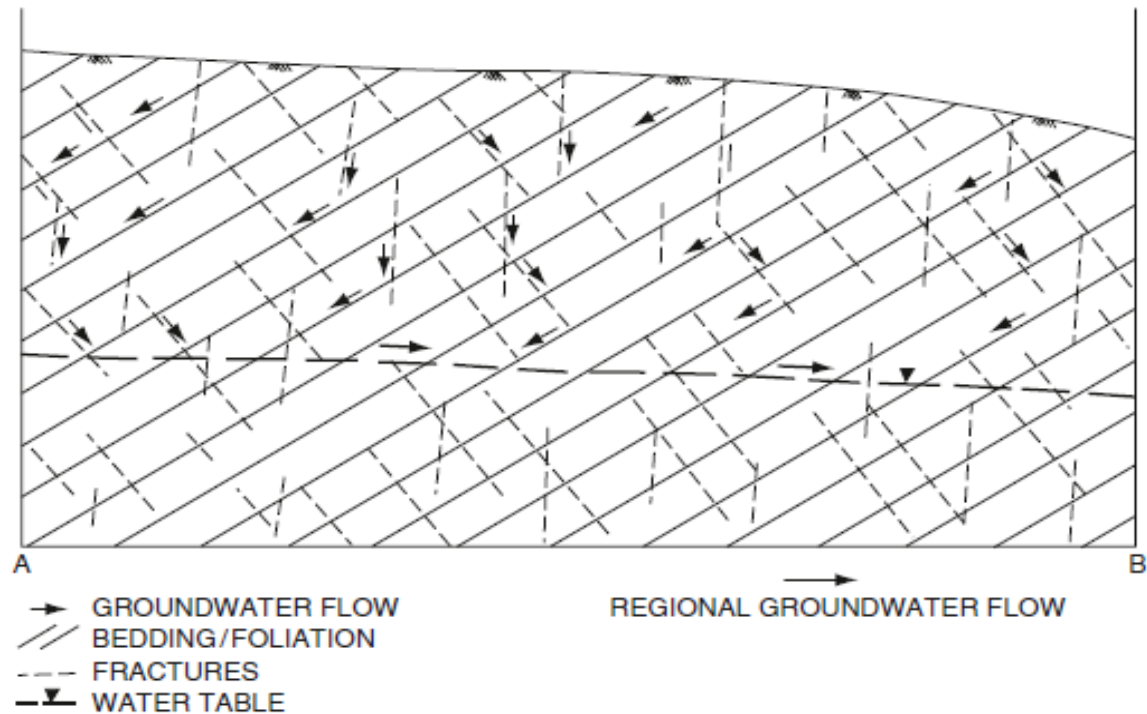


La inclinación primaria y capas son las primeras en formarse con las rocas.

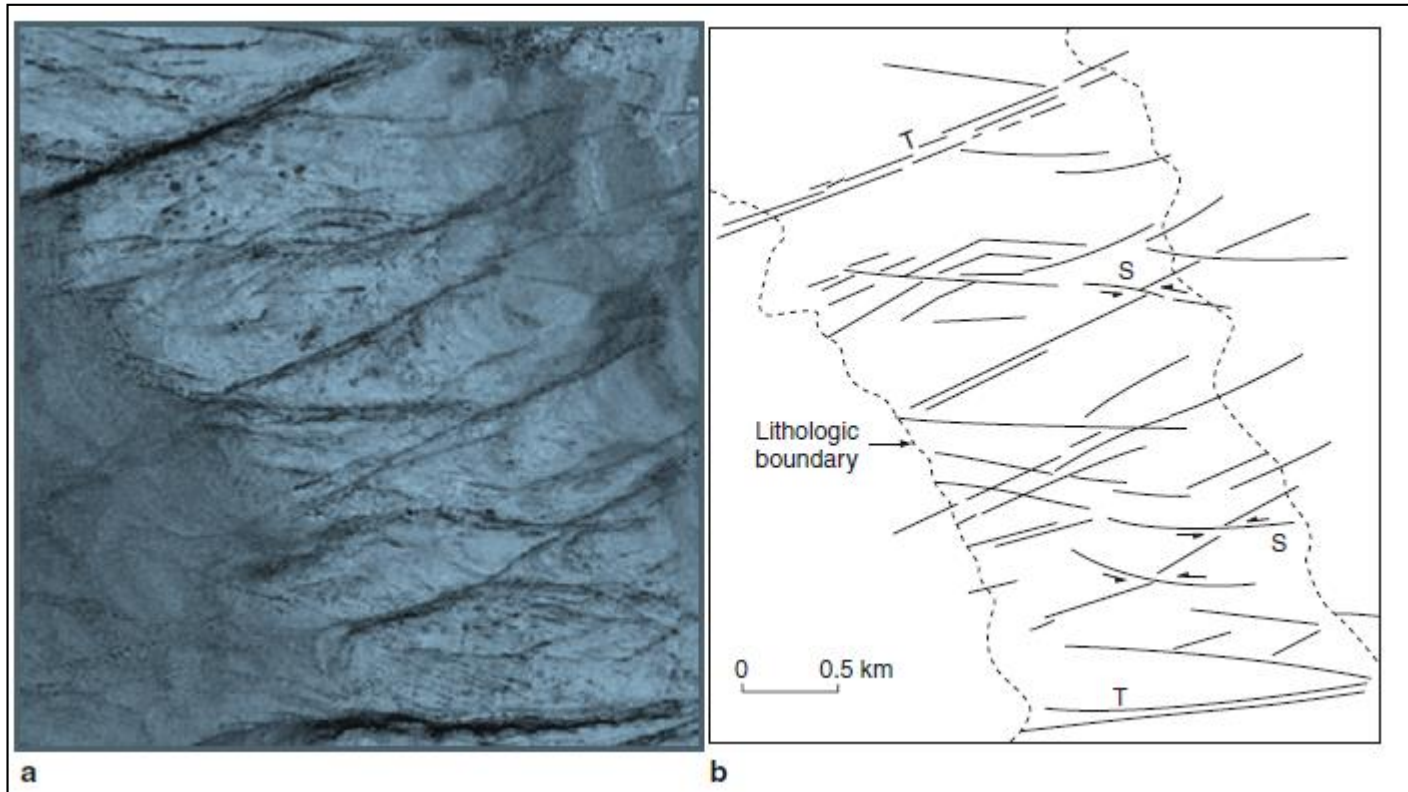


# FOLIACION

La foliación es propiedad de las rocas, por lo que se rompen a lo largo de superficies aproximadamente paralelas. El término es restringido a los planos de origen secundario que ocurren en rocas metamórficas. La foliación se desarrolla debido al paralelismo, alineación plana de granos minerales laminados a la derecha ángulos a la dirección del estrés, que imparte fisura.

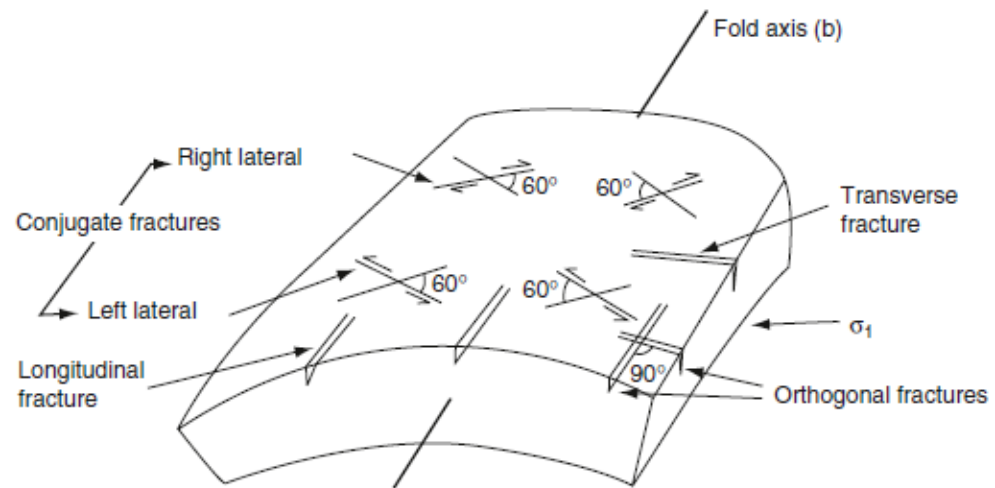


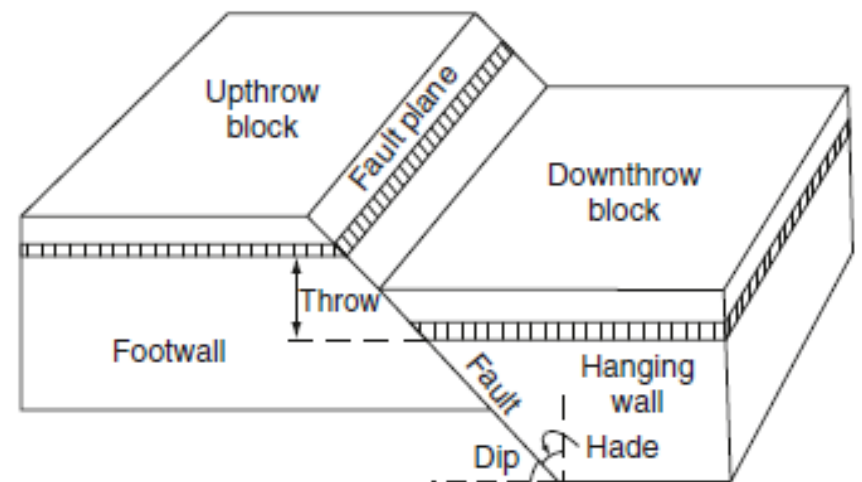
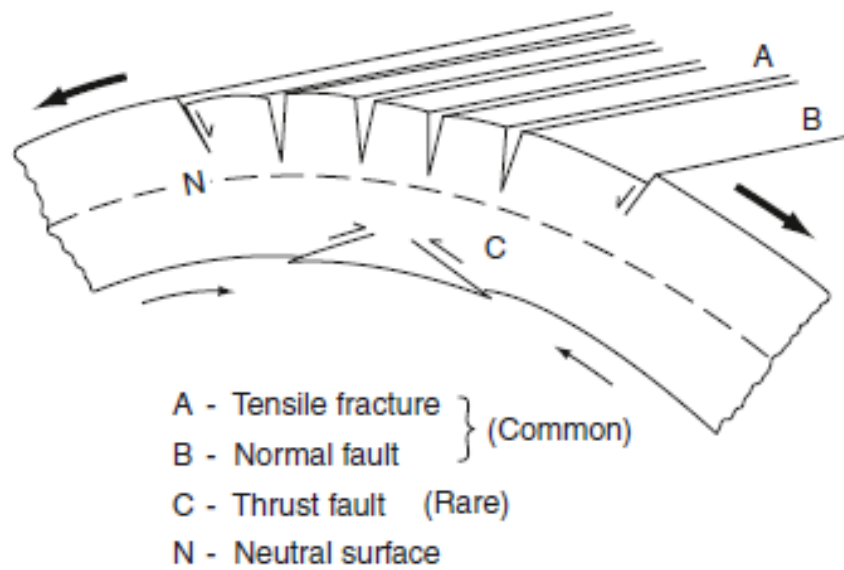
# Identificación en imágenes



# Tipos de fracturas

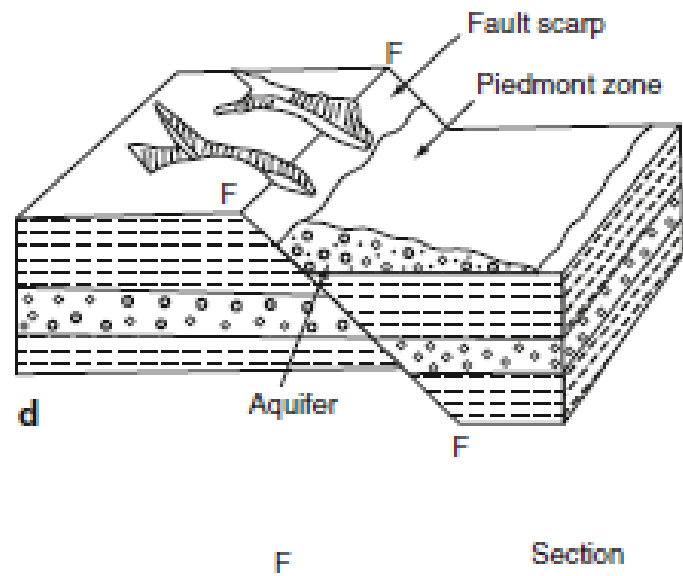
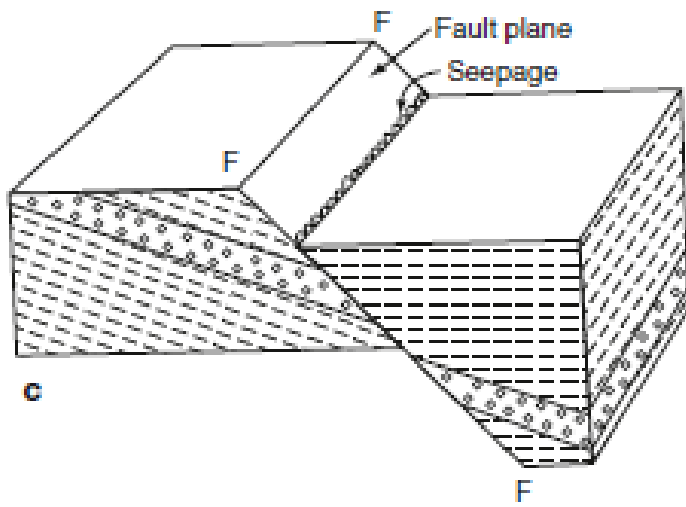
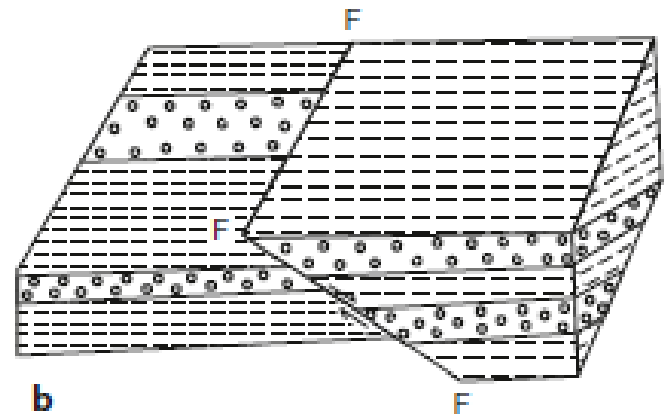
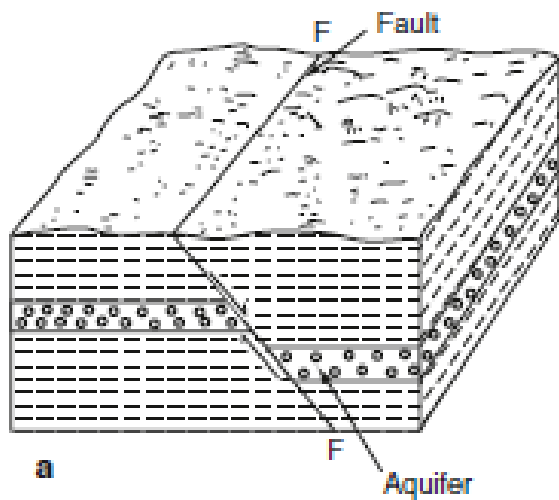
**Fig. 2.9** Ideal relationship between major joint sets in a folded bed. There are two sets of conjugate shear fractures and two sets of mutually orthogonal dilational fractures. All the fractures are shown vertical





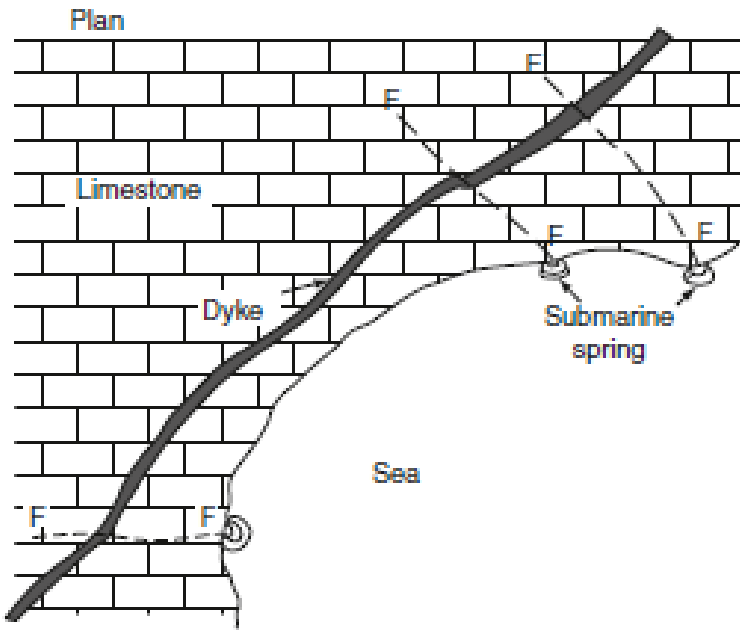
**Fig.2.11** Common terms used in describing a fault



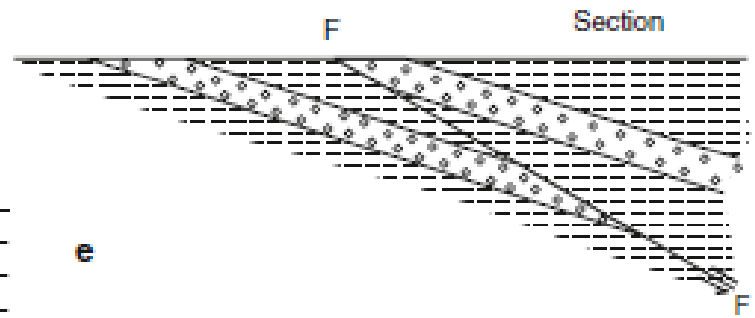




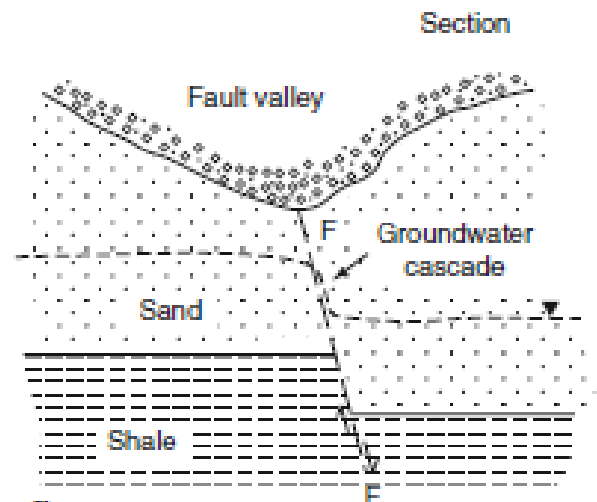
F



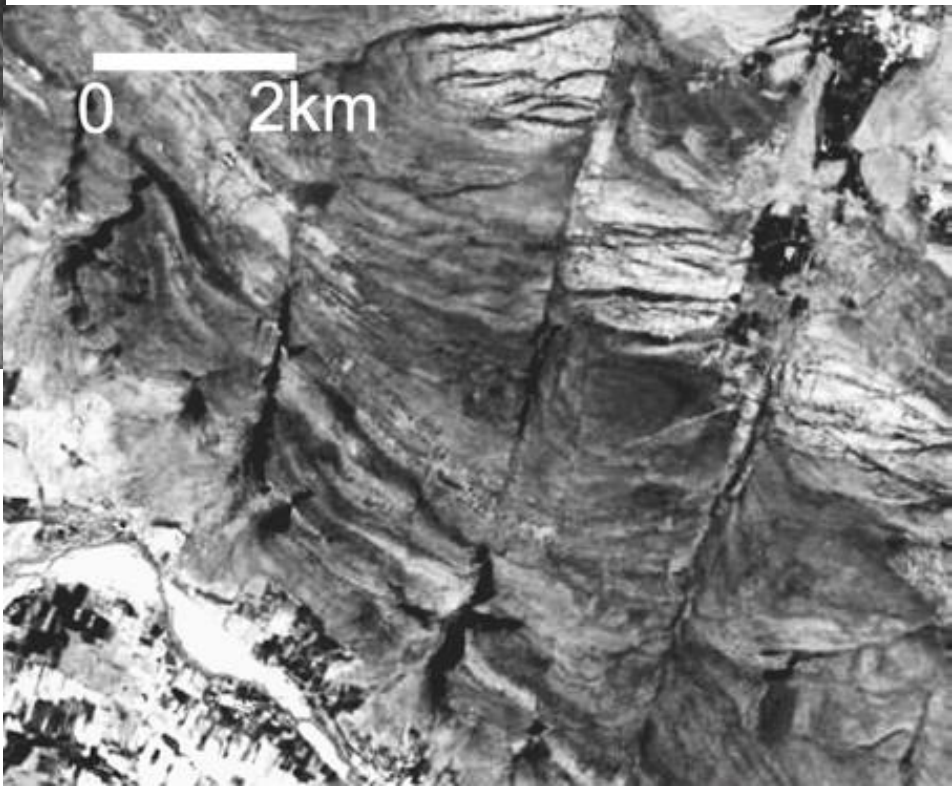
f



e



g



# Etapas de exploración geotérmica





**1****Estudios de Reconocimientos:**

- Formulación de primeras hipótesis de posibilidades geotérmicas.
- Selección de áreas favorables para estudios de mayor profundidad.

**2****Estudios de Prefactibilidad:**

- Trabajos de prospección en superficie para determinar la posibilidad de un yacimiento en el subsuelo.
- Investigaciones de áreas comprendidas en 100 Km<sup>2</sup> preseleccionadas en base a resultados.

**3****Estudios de Factibilidad:**

- Comprobación de existencia de yacimiento geotérmico (perforación de pozos exploratorios profundos).
- Evaluación del potencial energético del área prospectada.
- Diseño preliminar del sistema de utilización del recurso detectado.

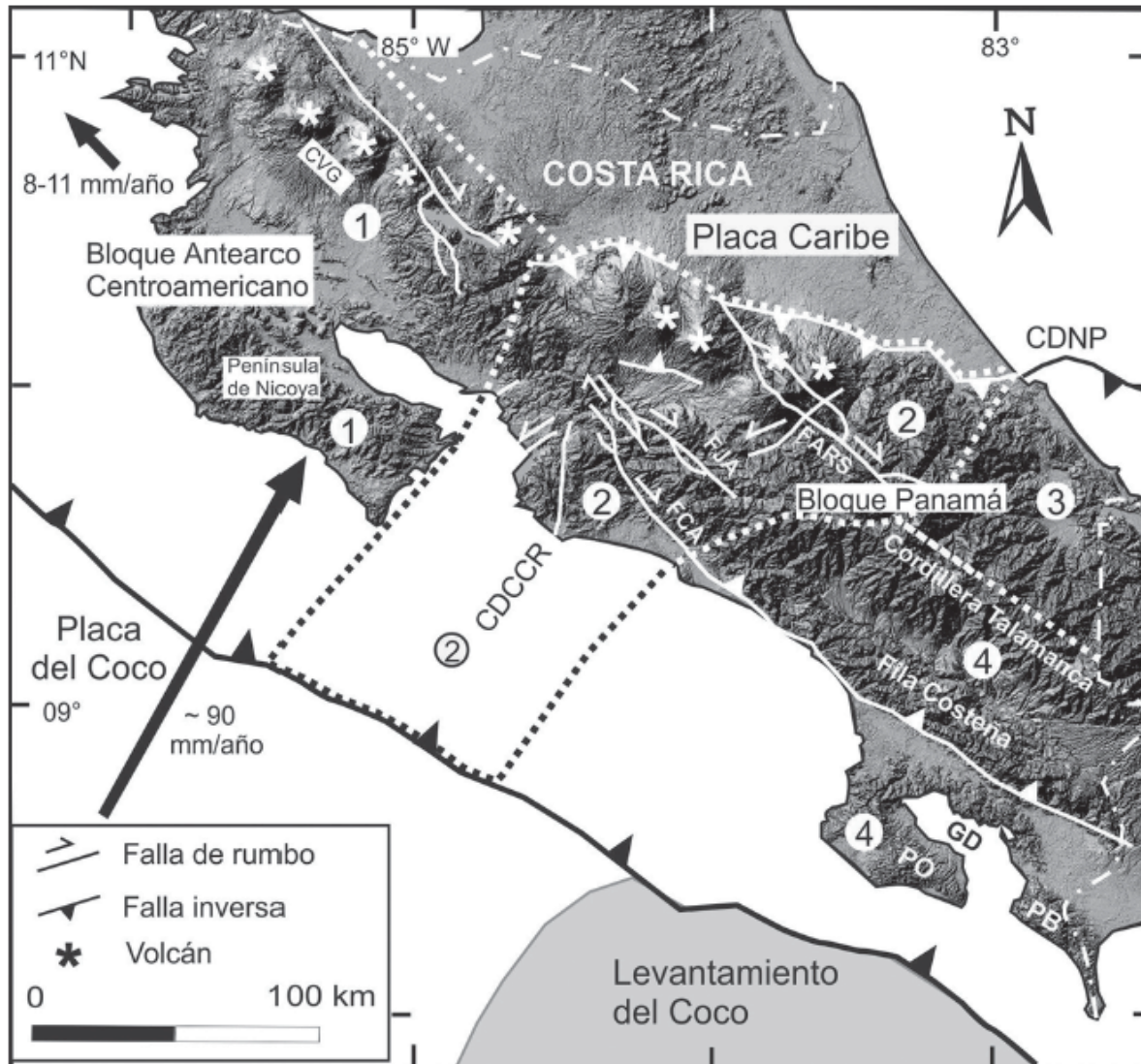
**4****Desarrollo:**

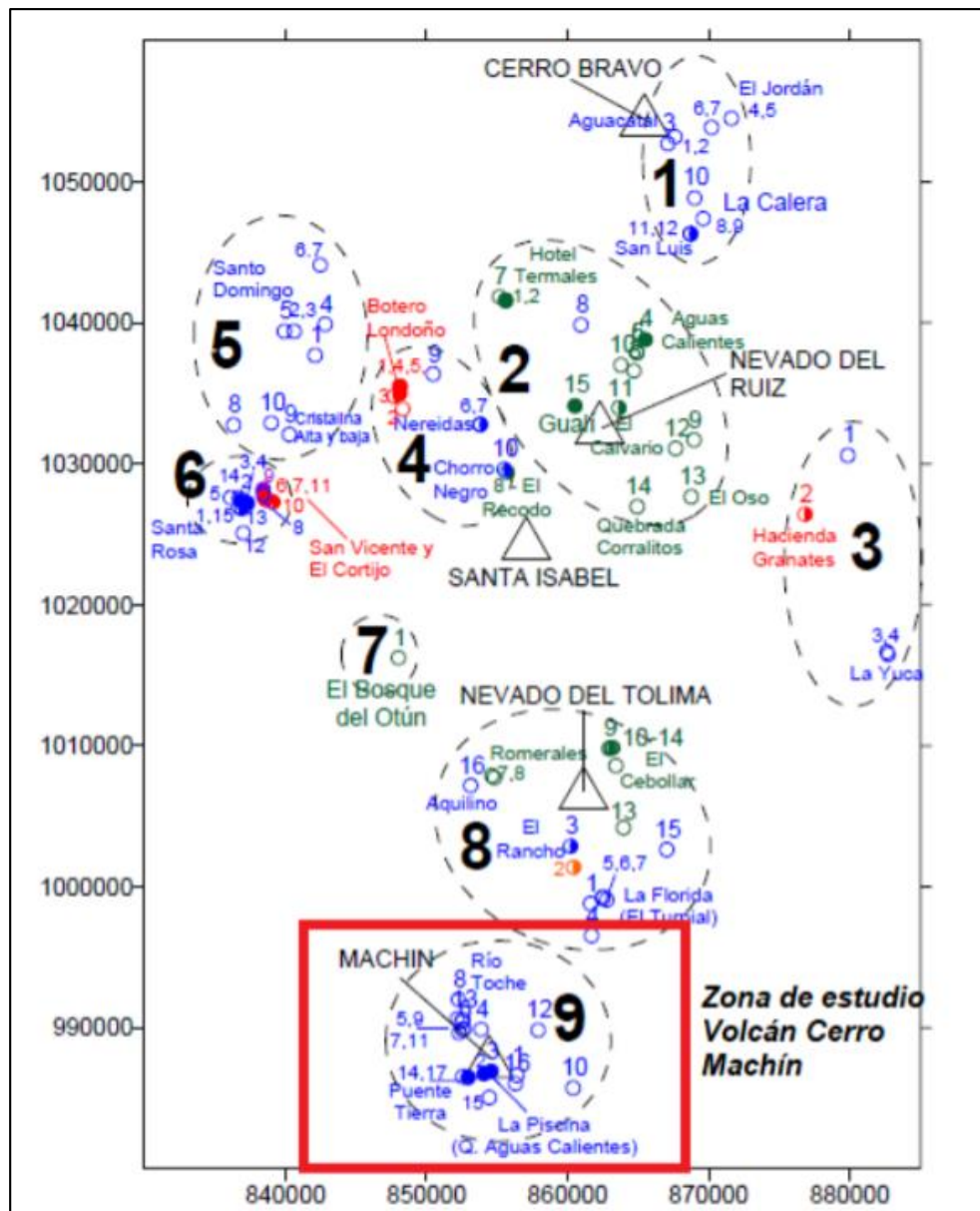
- Perforación.
- Estudios geocientíficos complementarios de detalle.
- Evaluación del yacimiento.
- Extracción del fluido geotérmico.
- Elaboración del proyecto definitivo.
- Construcción de la central generadora de electricidad.

**5****Explotación:**

- Manejo del fluido geotérmico desde la extracción del yacimiento hasta el aprovechamiento de la producción de energía eléctrica.
- Explotación y Optimización del fluido, con operación continua y confiable del campo.

# Mapeo Regional de zonas de interés



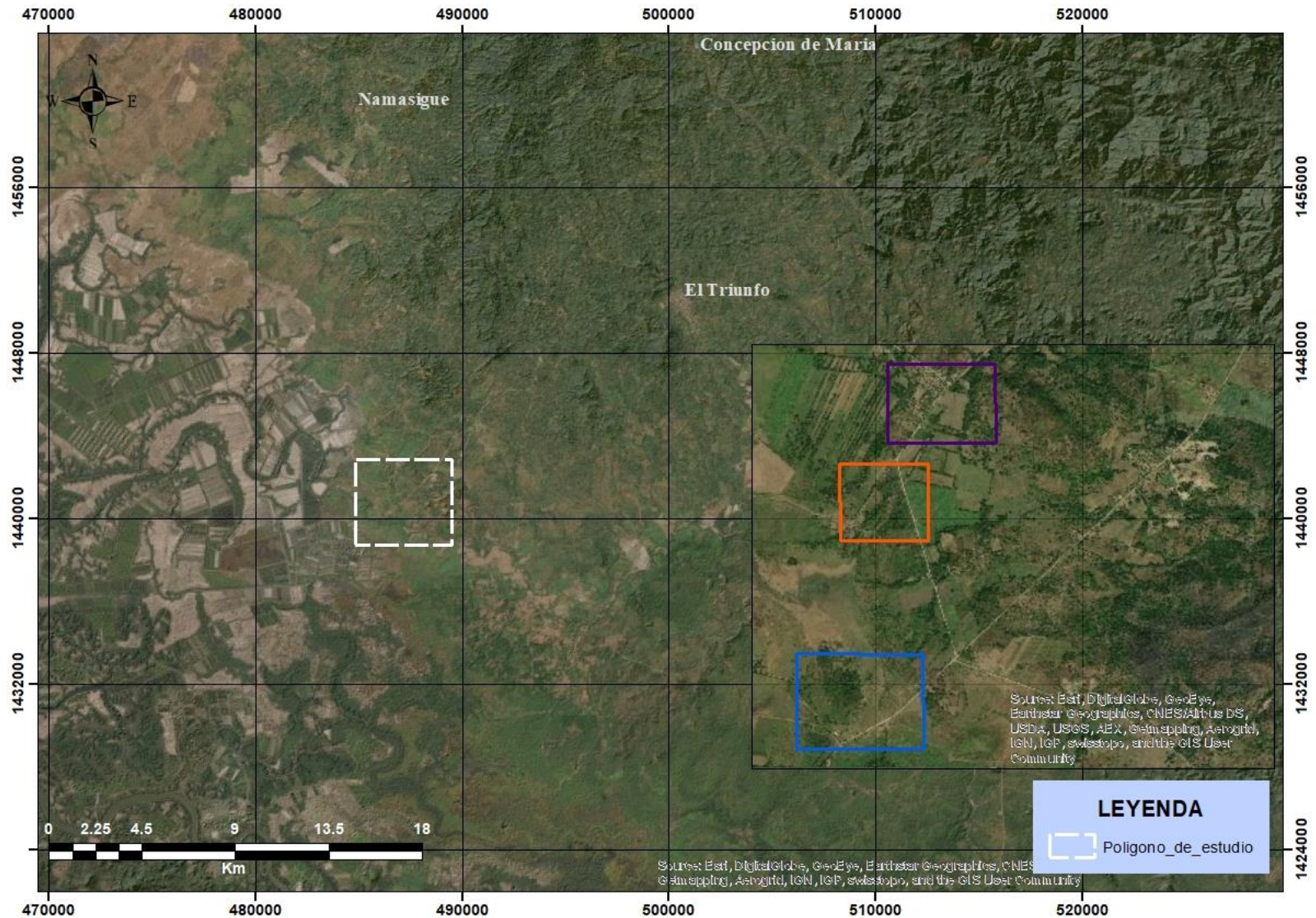


1



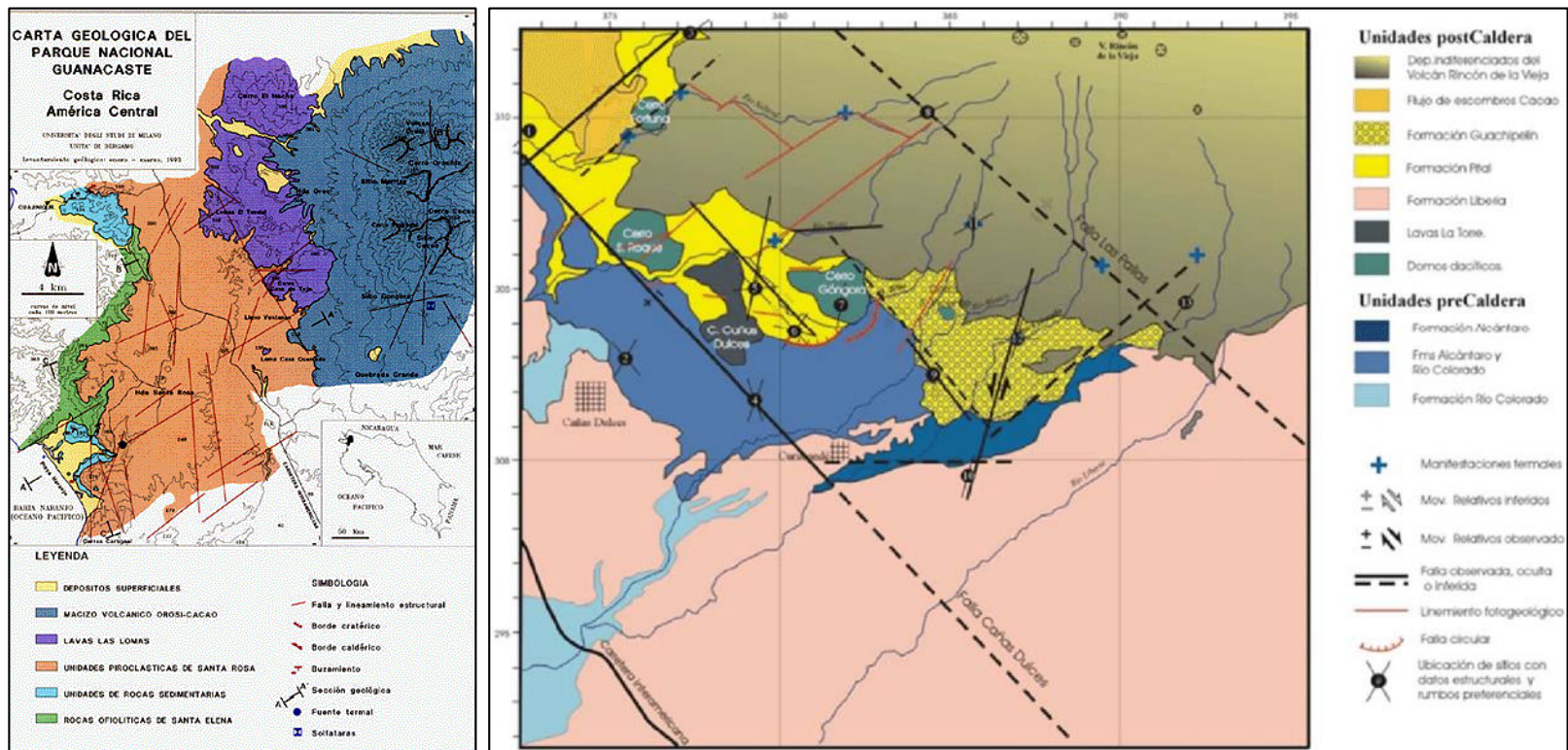


## 2. Selección del área de interés



# Mapeo o cartografía geológica

- Es la representación esquemática de la disposición de las unidades de rocas que se observan sobre la superficie de la Tierra, si se cuenta con perforaciones se complementa mejor.
- Mapas geológicos permiten una interpretación rápida de un sector de interés.







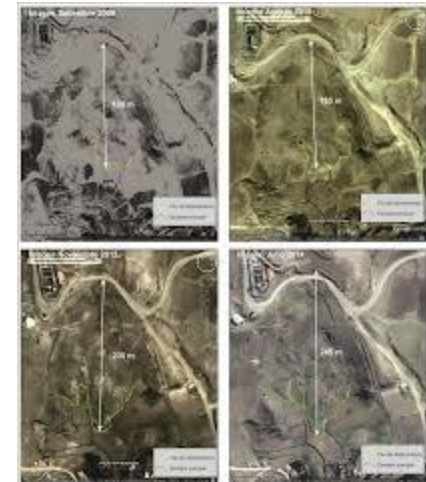
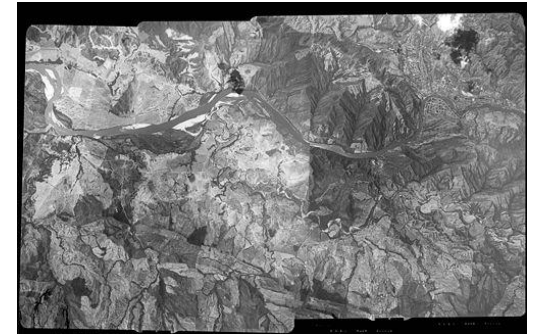
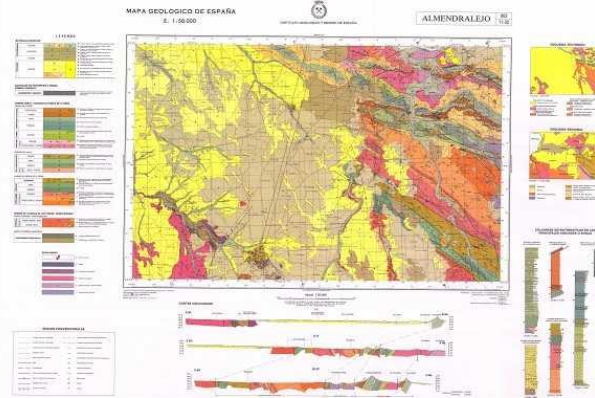
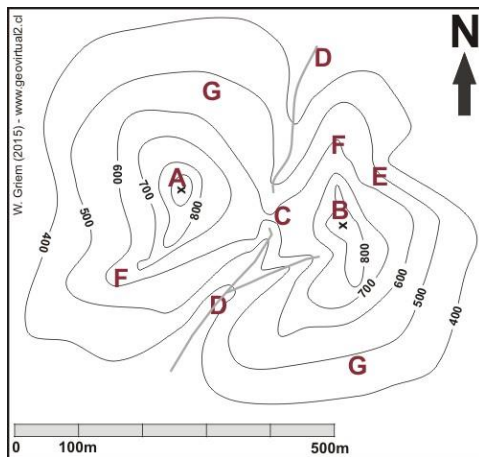
# **Etapas del mapeo geológico**

- Antecedentes.
- Fotointerpretación de imágenes y fotos aéreas.
- Estratigrafía regional.
- Definición de unidades de mapeo.
- Mapeo en el terreno.
- Mapeo litológico.
- Mapeo estructural.
- Confección del mapa.



# Antecedentes

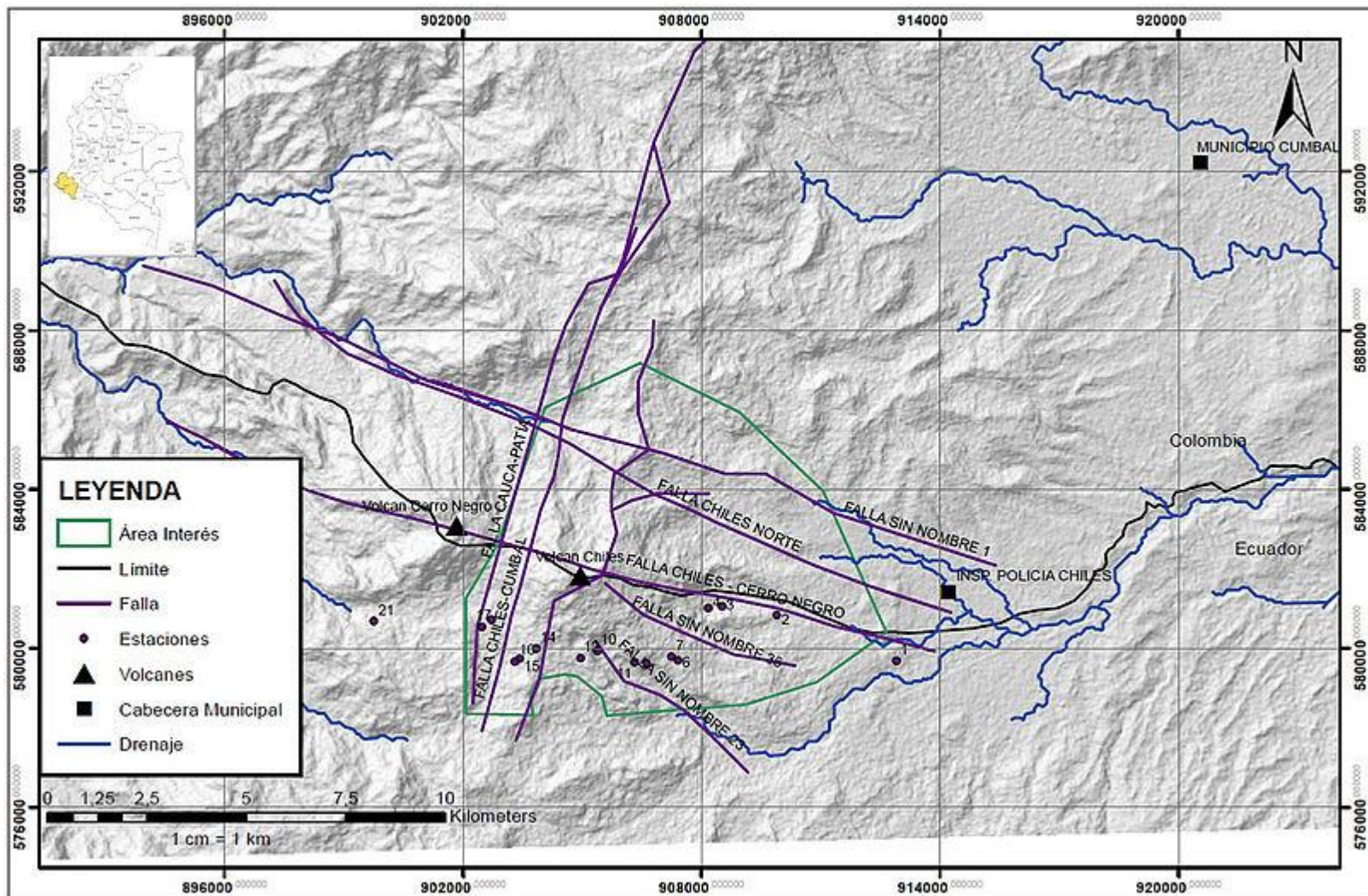
- Mapas topográficos
- Mapas geológicos antiguos
- Mapas geológicos de gran escala
- Publicaciones en revistas geológicas
- Fotos aéreas
- Imágenes satelitales (Google Earth)



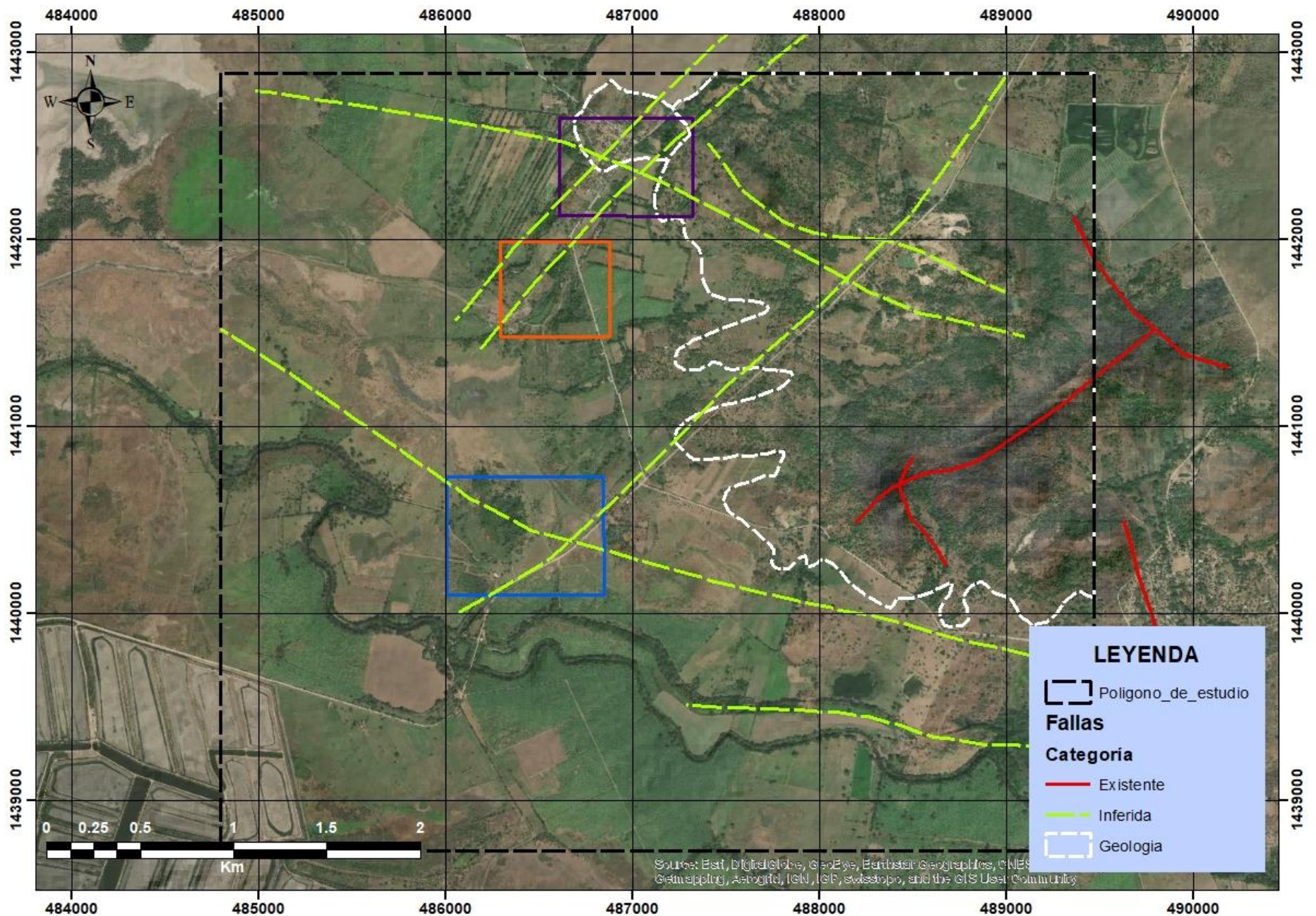
# Fotointerpretación











**LEYENDA**

-  Poligono\_de\_estudio
- Fallas**
- Categoría**
-  Existente
-  Inferida
-  Geologia

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, AeroGRID, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

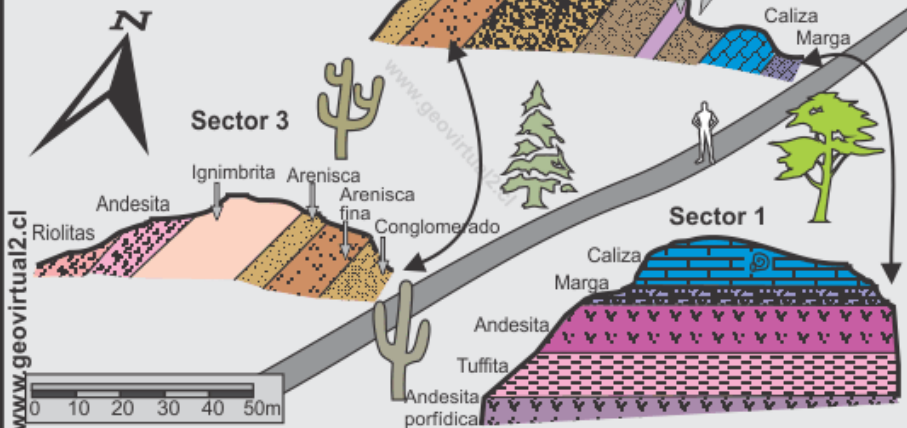
# Definición de unidades de mapeo

- En un mapeo normalmente es una generalización de los informaciones litológicos necesario.
- Es decir tenemos que juntar un grupo de estratos litológicamente parecidas para definir un techo y piso de la unidad del mapeo.
- Un perfil litológico o columna litológica representa gráficamente la estratigrafía generalizada de un sector.
- Abajo se dibuja los estratos más antiguos arriba los estratos más jóvenes.

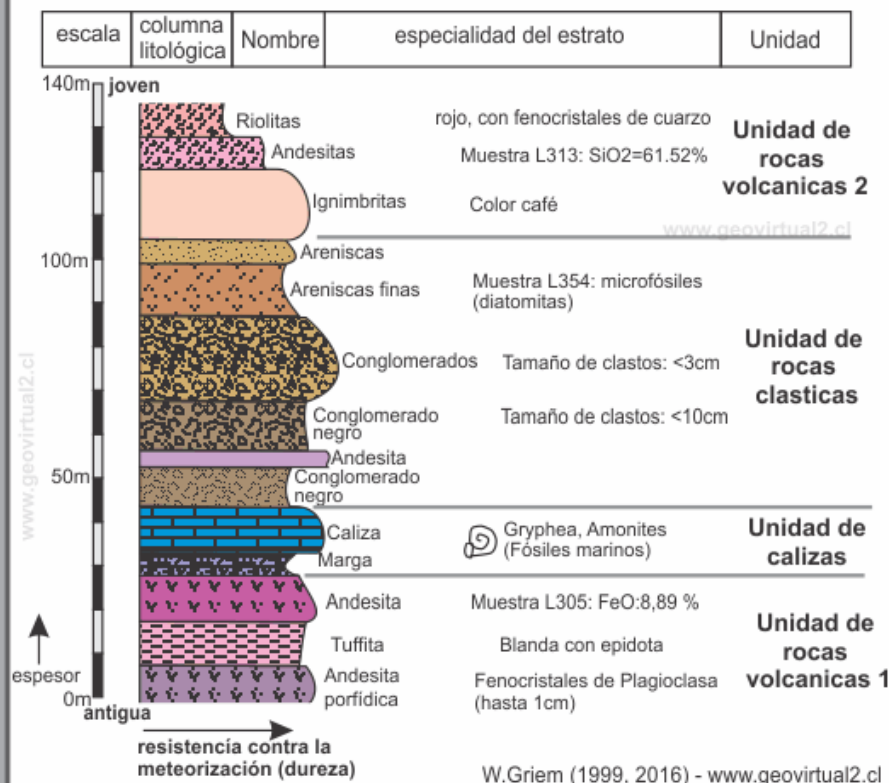


# Perfil litológico

## Situación en terreno



# Perfil litológico



# Mapeo Litológico

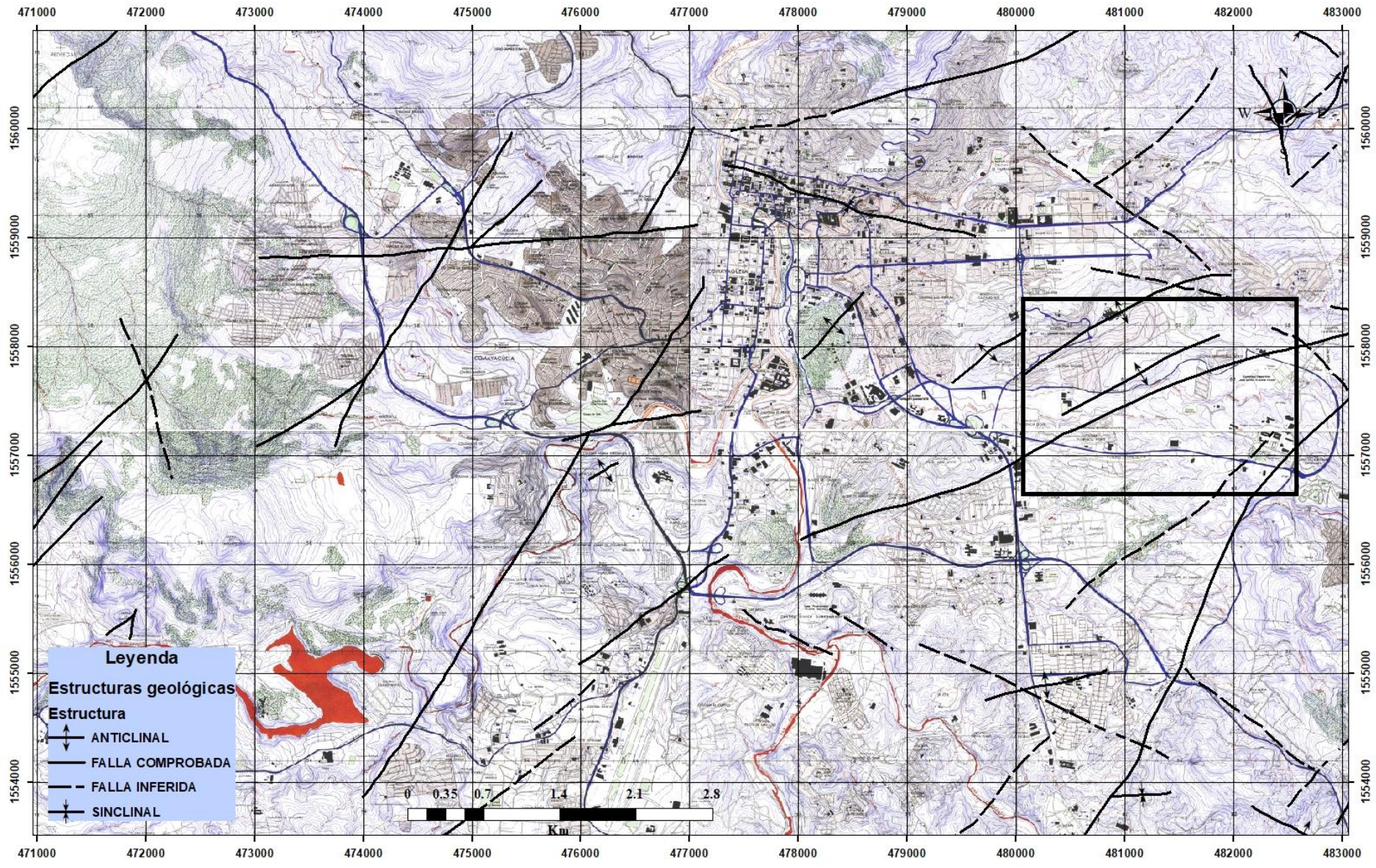
- a) Mapeo por material suelto
- b) Mapeo por morfología
- c) Mapeo en regiones cubiertas de vegetación
- d) Morfología y capas inclinadas
- e) Comportamiento de fallas tectónicas, diques y vetas en terreno



# Mapeo Estructural

- Indicadores indirectos son indicadores de fallas con un cierto incertidumbre.
- Es decir los indicadores indirectos no nos dan una visión cien por ciento completa.
- Un conjunto de indicadores indirectos que muestran el mismo resultado (falla o diaclasa) afirman la observación.





471000

472000

473000

474000

475000

476000

477000

478000

479000

480000

481000

482000

483000

1556000

1559000

1558000

1557000

1556000

1555000

1554000

1560000

1559000

1558000

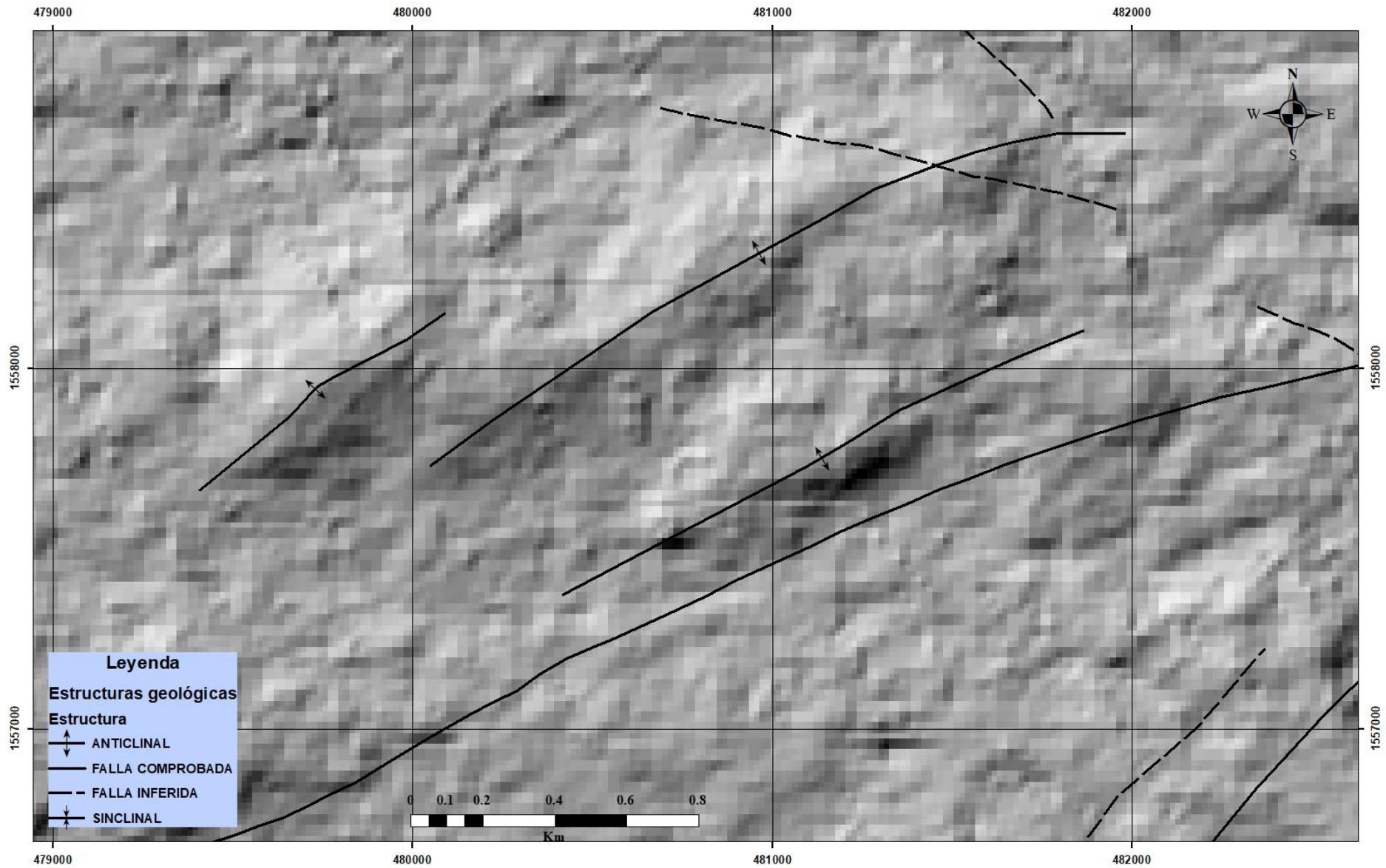
1557000

1556000

1555000

1554000





479000

480000

481000

482000

1558000

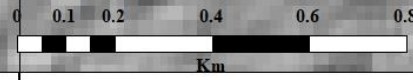
1558000

1557000

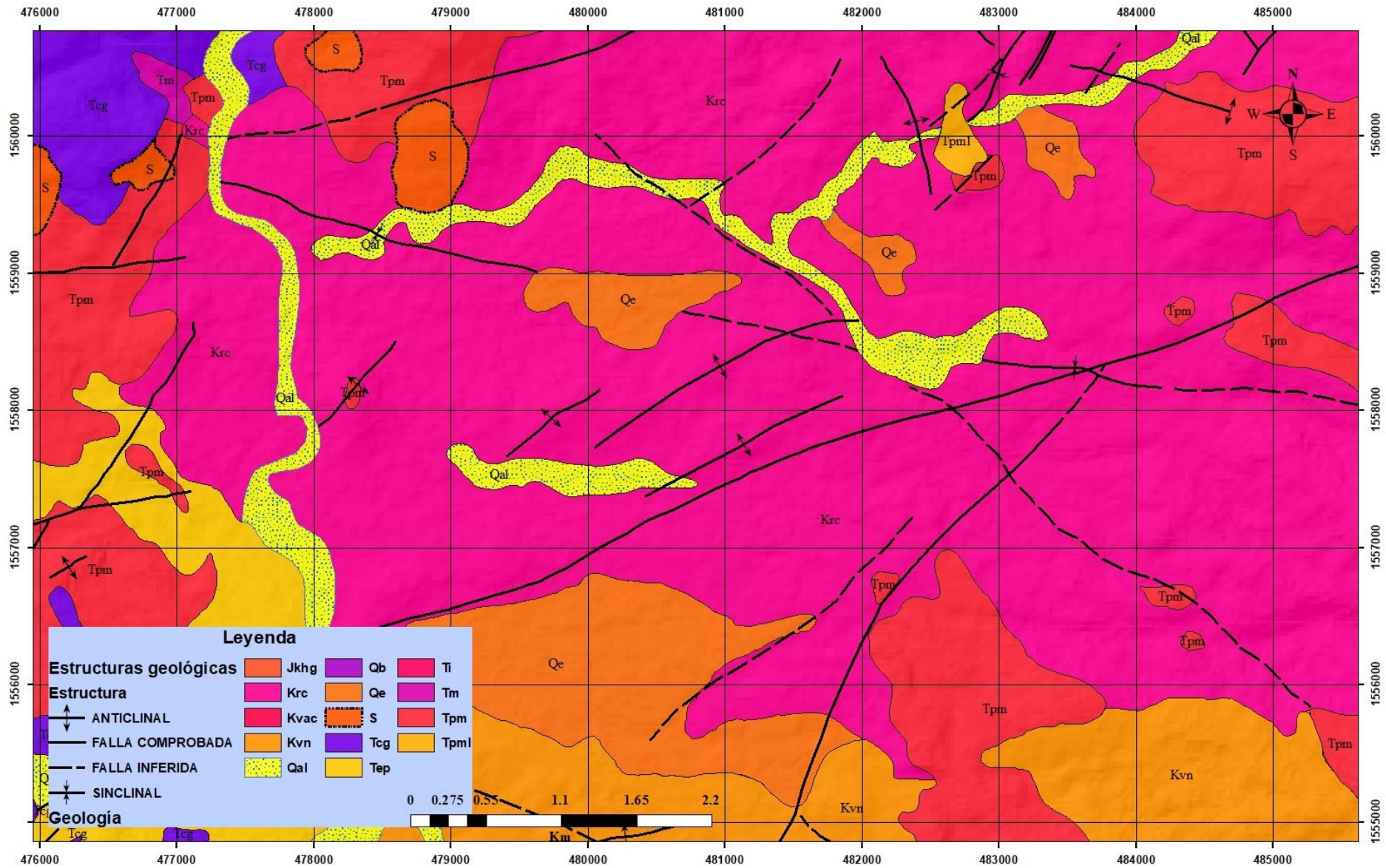
1557000



**Leyenda**  
**Estructuras geológicas**  
**Estructura**  
↕ ANTICLINAL  
— FALLA COMPROBADA  
- - FALLA INFERIDA  
↘ SINCLINAL







# Tipos de acuíferos

## ¿Qué son los acuíferos?

- Los acuíferos son rocas permeables situadas bajo la superficie terrestre, cuyos poros y fisuras están totalmente saturados de agua.
- Es decir, los acuíferos son **acumulaciones de agua subterráneas**, la cual circula libremente pero de manera lenta en la dirección de la pendiente.
- El nivel de saturación de agua que se alcanza en la roca permeable se denomina **nivel freático**.
- Existen varios tipos de acuíferos:

**Acuíferos libres**

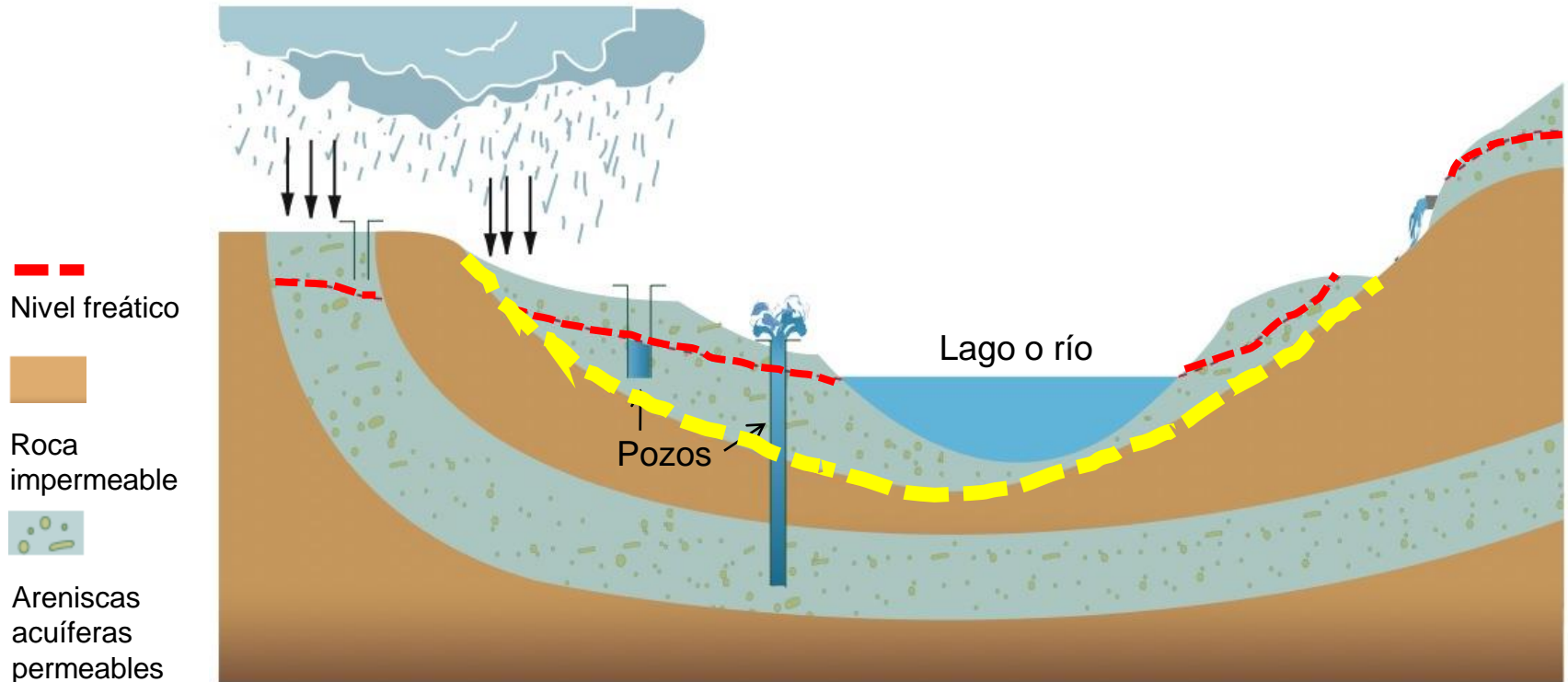
**Acuíferos confinados**

**Acuíferos colgados**

# Tipos de acuíferos

## Acuíferos libres

- Son aquellos en los que las rocas que lo constituyen se encuentran dispuestas **sobre una sola capa impermeable**.
- El acuífero se encuentra abierto (en forma de ríos o lagos, lagunas, etc), de forma que sólo está sometido a la presión atmosférica.



# Tipos de acuíferos

## Acuíferos confinados

- Son aquellos en los que la roca permeable se encuentra **entre dos capas impermeables** que impiden su salida natural, favoreciendo su confinamiento.
- En este caso, el agua está sometida tanto a la presión atmosférica como a la presión del volumen que tenga por encima.

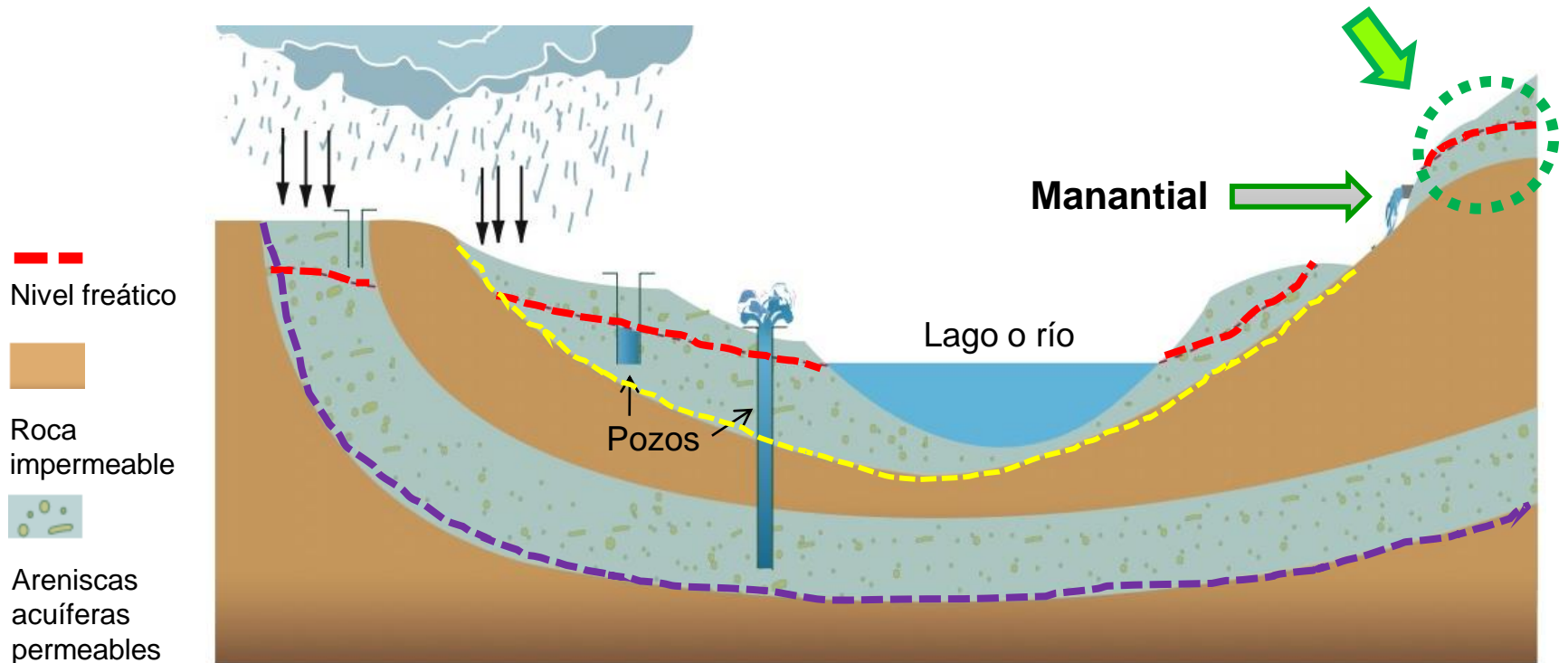




# Tipos de acuíferos

## Acuíferos colgados

- Son acuíferos que se sitúan **por encima del acuífero principal** debido a la presencia de capas impermeables en posición superior respecto del nivel freático principal.
- Por ello, los acuíferos colgados tienen un nivel freático propio y suelen dar lugar a **manantiales**.





# Parámetros Hidráulicos de un acuífero

## Nivel Piezométrico (h):

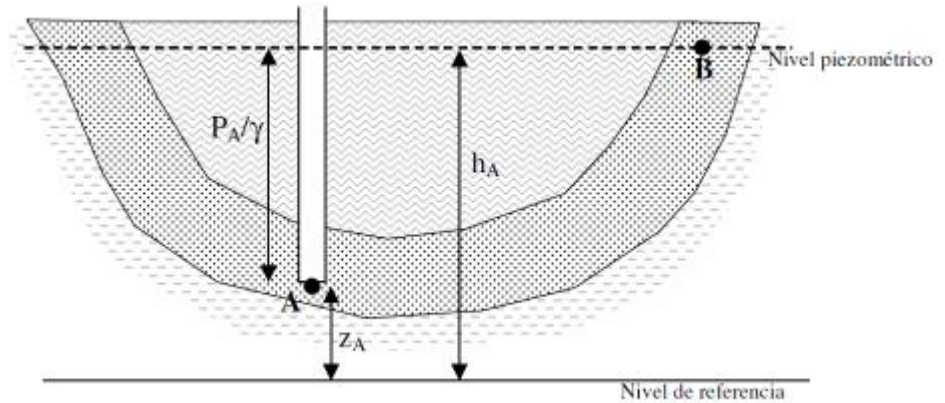
Superficie virtual formada por agua a presión 0 (presión atmosférica)

$$h \text{ (m)} = p/\gamma + z$$

P= Presión

$\gamma$ = peso específico del fluido

Z= altura del punto



Para cualquier punto del acuífero → Define el nivel energético del fluido= **Carga Hidráulica**

## Gradiente Hidráulico (i):

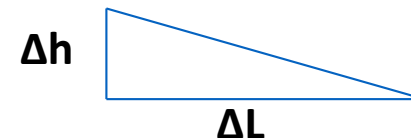
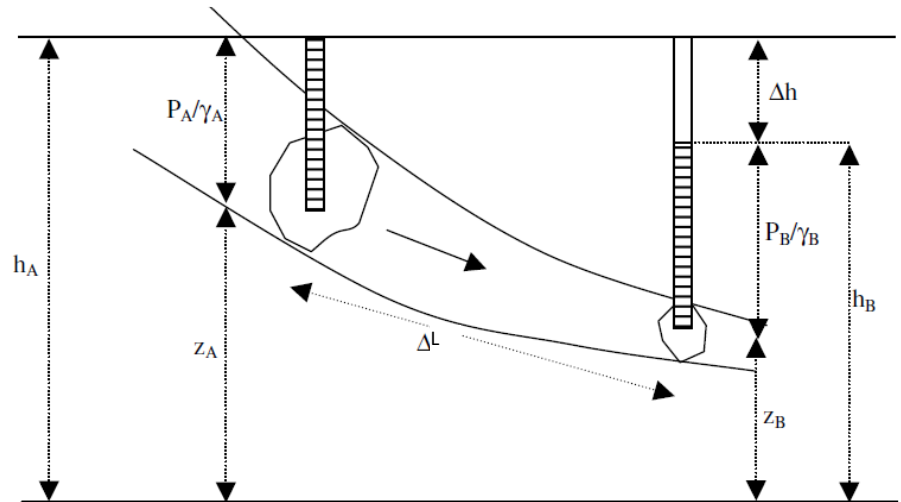
Las diferencias de carga hidráulica (h) marcan diferencias energéticas que se traducen a movimiento.

$h_a > h_b \rightarrow$  el agua se moverá hacia la zonas de menor carga → Gradiente

(No sólo menor presión, sino también menor posición)

$$i = \Delta h / \Delta L \quad \text{4}$$

→ Máxima pendiente de la superficie piezométrica



# Ley de Darcy

## Transmisividad ( $T - m^2/día$ )

Caudal que atraviesa una franja vertical del acuífero, bajo un ancho, gradiente y temperatura dado, y por altura la altura saturada del acuífero (“b”)

$$T = k \cdot b \rightarrow \text{en Ley de Darcy } Q = k \cdot S \cdot i; S = b \cdot L \text{ (superficie= espesor por longitud)} \rightarrow Q = T \cdot L \cdot i$$

Suele determinarse este parámetro y no el de permeabilidad

Aproximación de Galofré  $\rightarrow T (m^2/día) = 100 \cdot Q(l/s) / s (m)$

s (m): descenso del nivel del pozo

$T (m^2/día)$	Calificación estimada
$T < 10$	Muy baja
$10 < T < 100$	Baja
$100 < T < 500$	Media
$500 < T < 1000$	Alta
$T > 1000$	Muy alta