



# LA GEOSFERA

Profesor responsable: Dr. Romeo Méndez  
Estrella

Profesor colaborador: Dra. Sofía Elena Navarro  
Espinoza



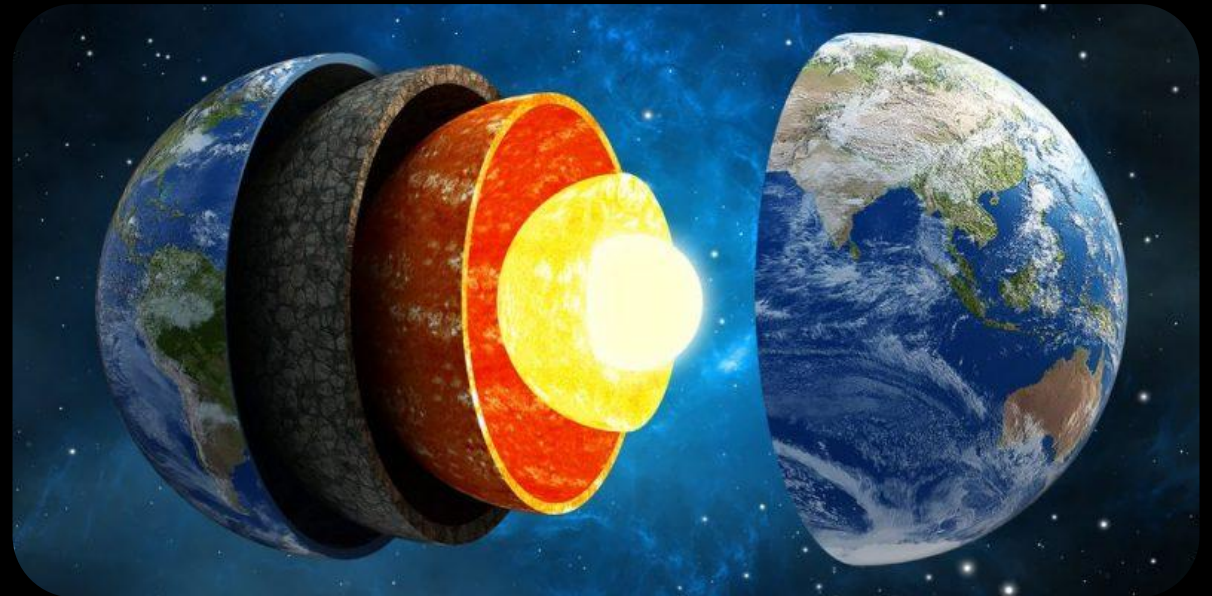
# Introducción a la geosfera

# Definición de la geosfera

Algunos autores definen a la geosfera como “la **porción sólida** de la Tierra”

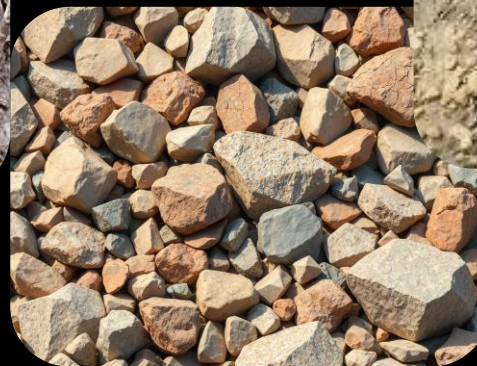
**Pero...**

1. El núcleo externo es líquido y forma parte de la geosfera.
2. Glaciares, plantas y muchos otros materiales son sólidos y no forman parte de la geósfera.



# Definición de la geosfera

La geosfera es la porción rocosa de la Tierra, formada por corteza, manto y núcleo, incluyendo todos los tipos de rocas, minerales, suelos y sedimentos.



# Formación de la geosfera

Radiación  
fósil

Estructura  
cósmica  
observada

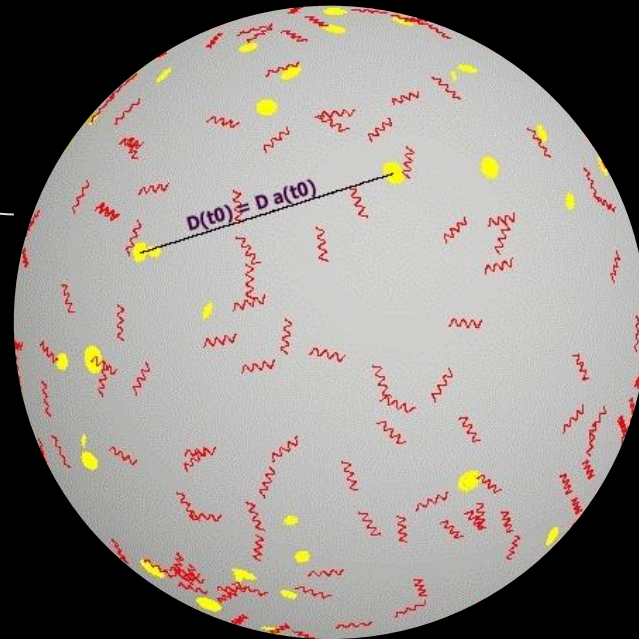
Composición  
química

Expansión del  
universo

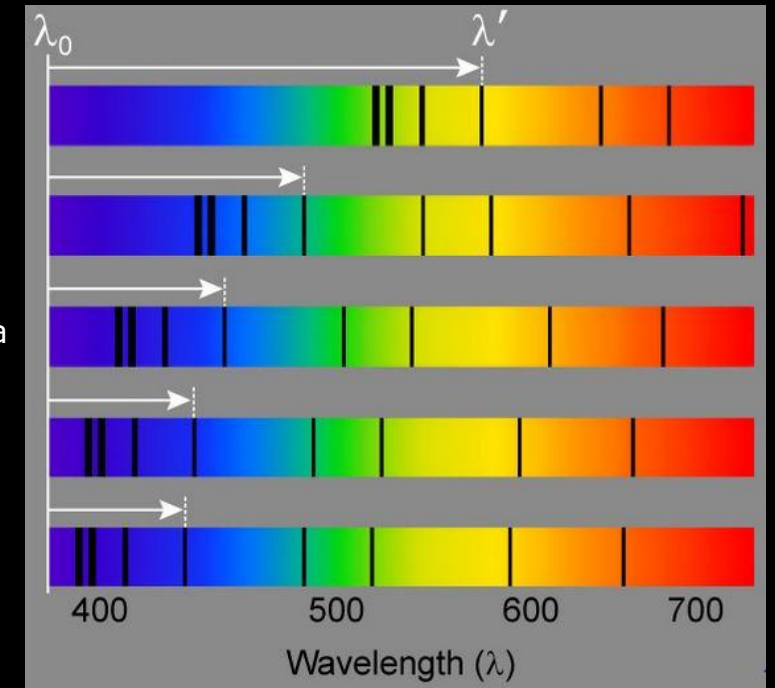
La teoría más aceptada menciona que la Tierra se formó hace unos **4,543 millones** de años a partir de la **colisión de escombros meteóricos** que crearon el sistema solar.

# Formación de la geosfera

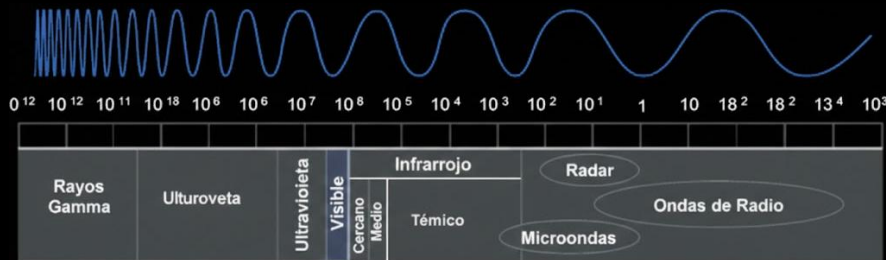
Expansión del universo



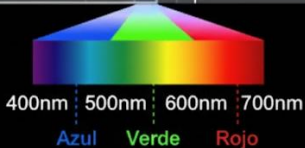
Corrimiento hacia el rojo



Longitud de onda corta



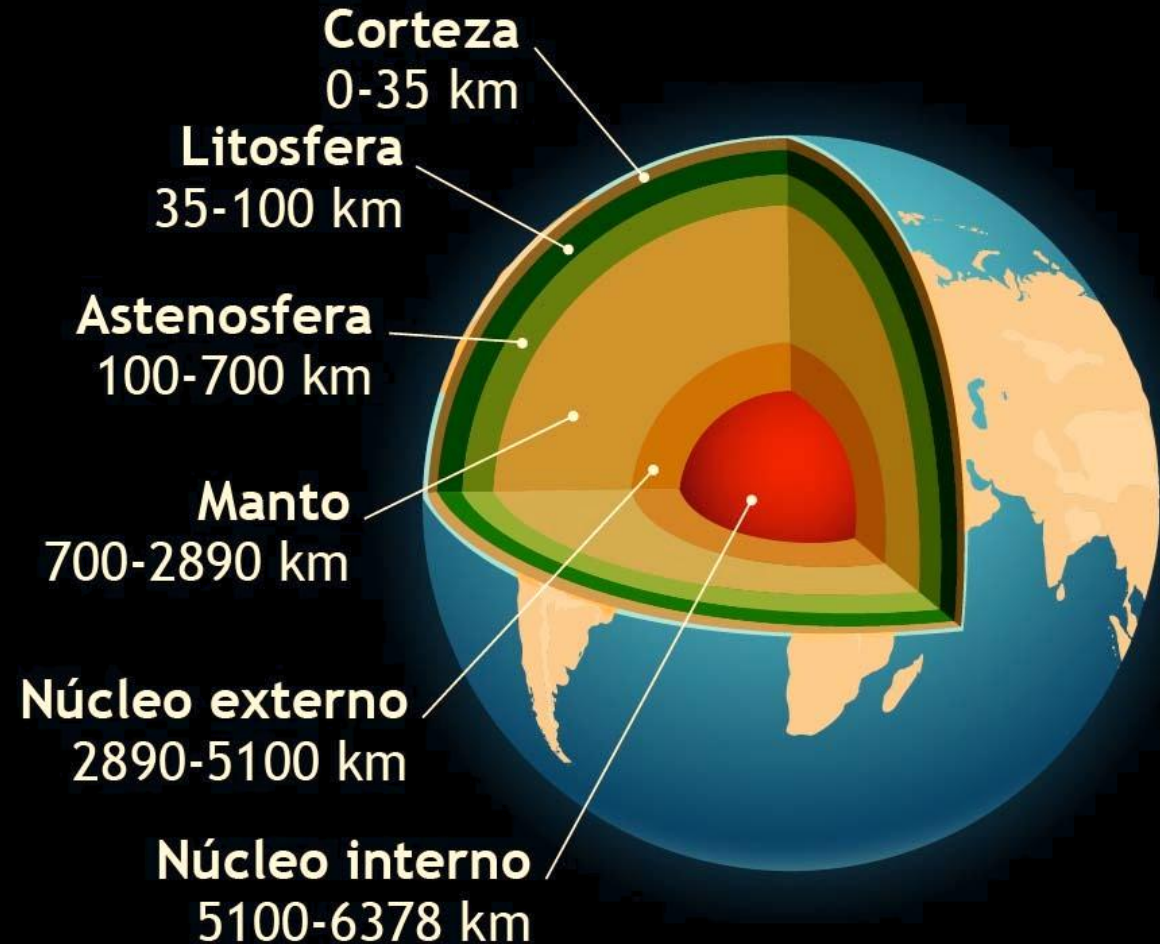
Longitud de onda larga



El rojo presenta una mayor longitud de onda producida por la expansión entre dos cuerpos lejanos

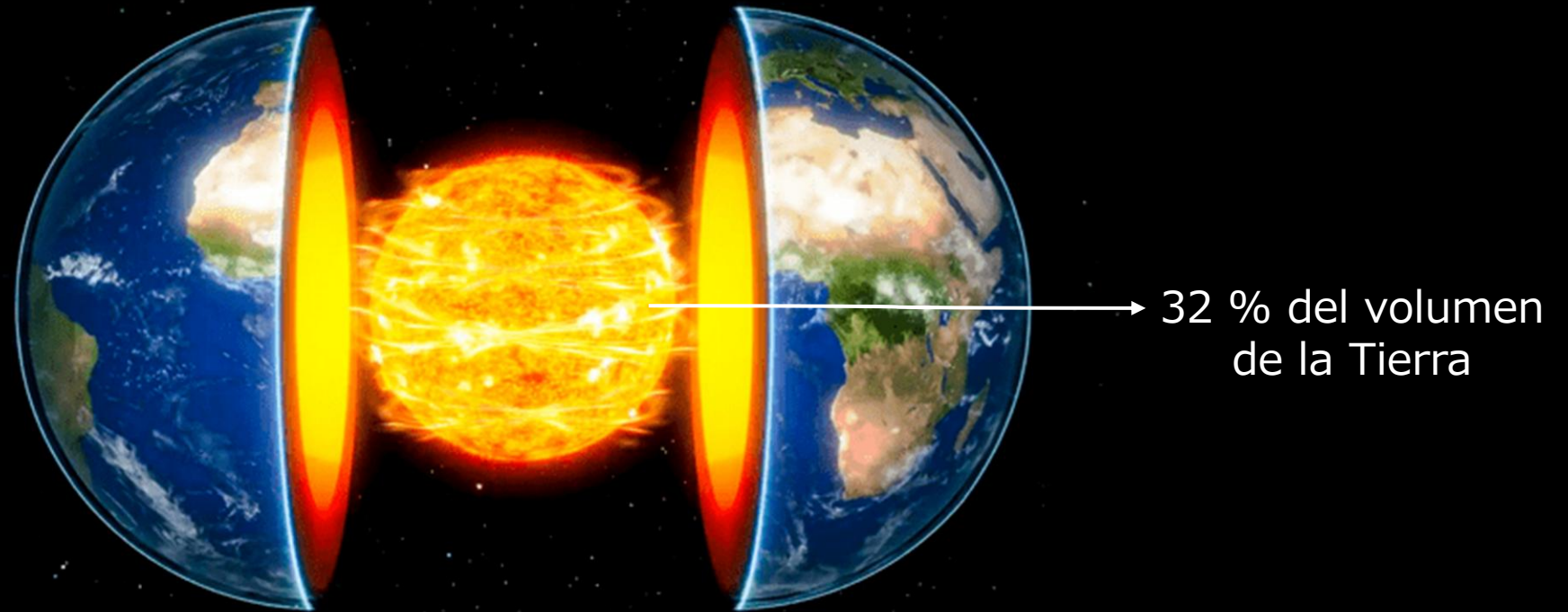
# Evolución de la geosfera

Durante la siguiente fase de formación de la Tierra se produjo un enfriamiento, y con él, la **diferenciación en capas.**



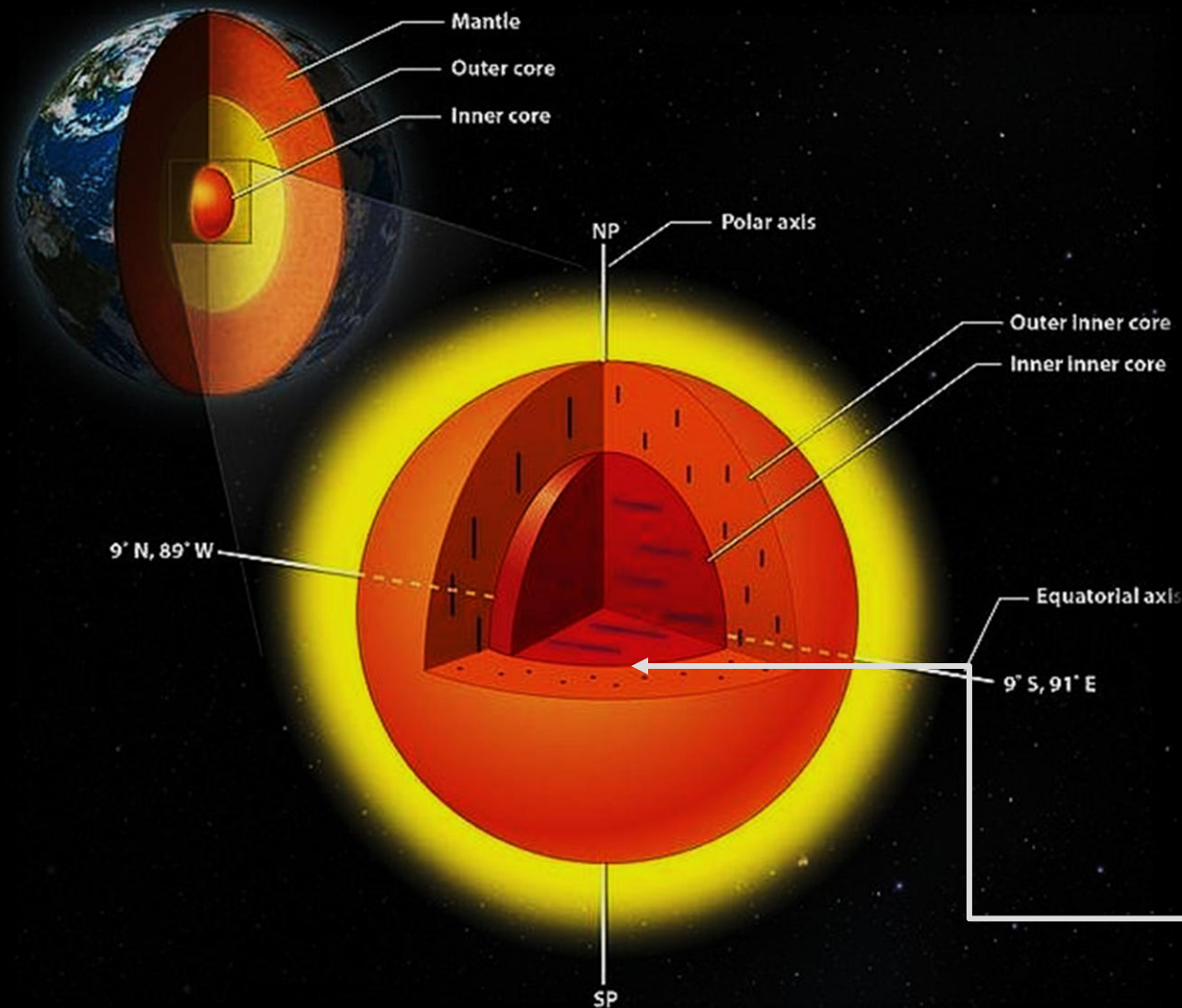
# El núcleo terrestre

# El núcleo terrestre



El núcleo terrestre es la parte **más profunda** y **central de la Tierra**. Representa una porción muy pequeña del volumen total del planeta, pero juega un papel crucial en la dinámica interna de la Tierra.

# Estructura del núcleo



Profundidad: 2,900 km  
Radio de unos 3,485 km  
Temperatura: 4,400 °C – 6,000 °C

Núcleo interno  
**Sólido**

Núcleo externo  
**Líquido**

**Discontinuidad de  
Lehmann**

# Estructura del núcleo

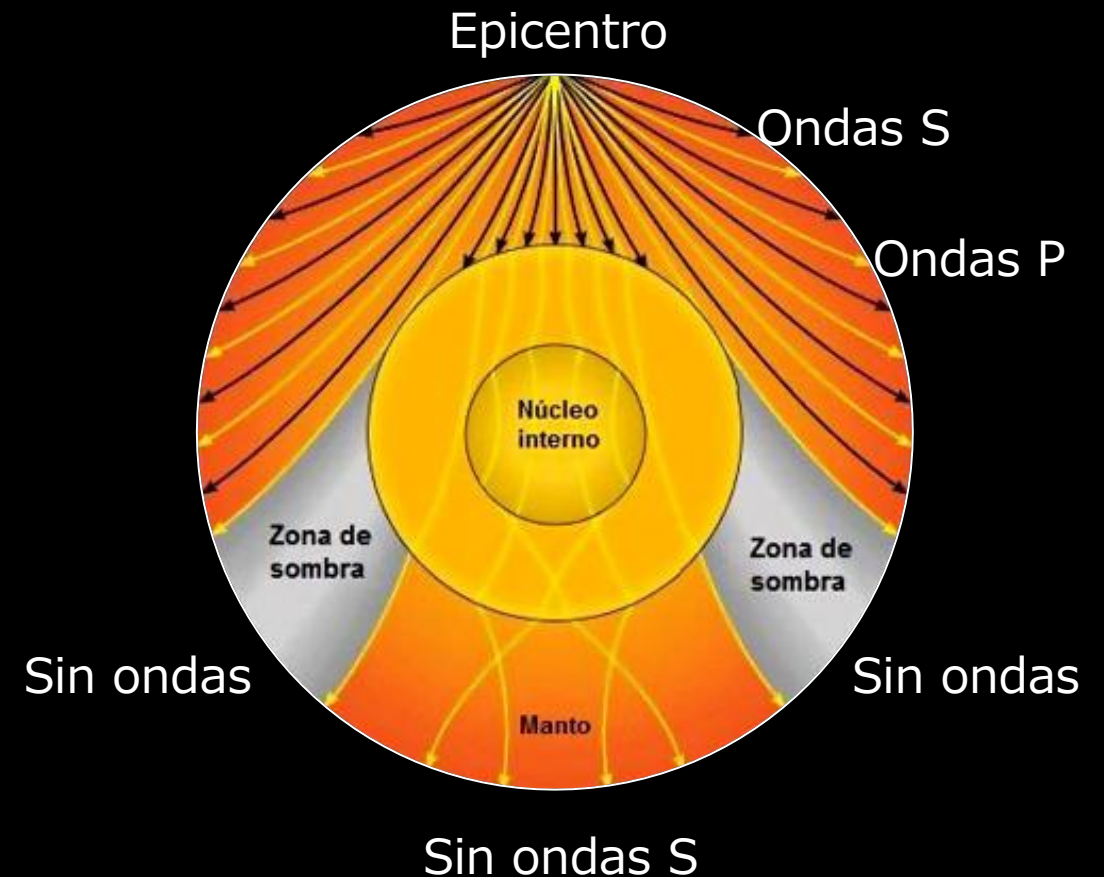
## ¿Cómo sabemos el estado físico de las capas internas?

Las ondas sísmicas viajan a través de la Tierra y su velocidad y trayectoria dependen del tipo de material por el que pasan.



**Ondas P (Primarias):** Son ondas **longitudinales** que se propagan a través de sólidos, líquidos y gases.

**Ondas S (Secundarias):** Son ondas **transversales** que solo pueden propagarse a través de sólidos.



# Composición del núcleo

Está compuesto principalmente de metales pesados, especialmente:

Fe: 85 %

Ni: ~5%

Otros elementos: siderófilos, O y S.

V·T·E

Clasificación de Goldschmidt en la tabla periodica

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Grupo →																			
↓ Periodo																			
1	1 H																	2 He	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca		21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr		39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*	71 Lu	72 Rf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			*	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
			**	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		

Clasificación de Goldschmidt

- Litófilos
- Siderófilos
- Calcófilos
- Atmósfilos
- Sintéticos

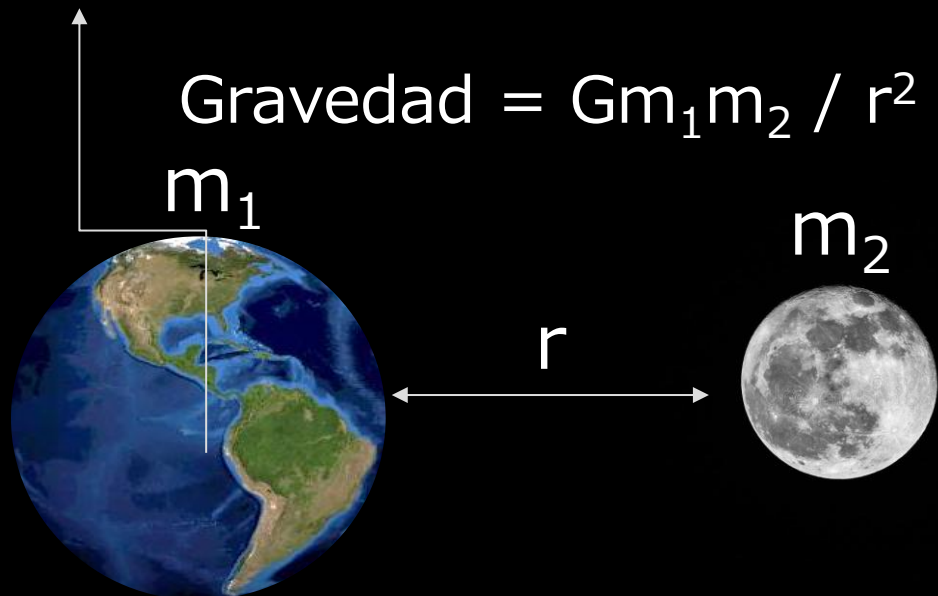
# Composición del núcleo

¿Cómo sabemos la composición de las capas internas?

Densidad = masa / volumen =  $5.97 \times 10^{24} \text{ kg} / 1.08321 \times 10^{21} \text{ m}^3$

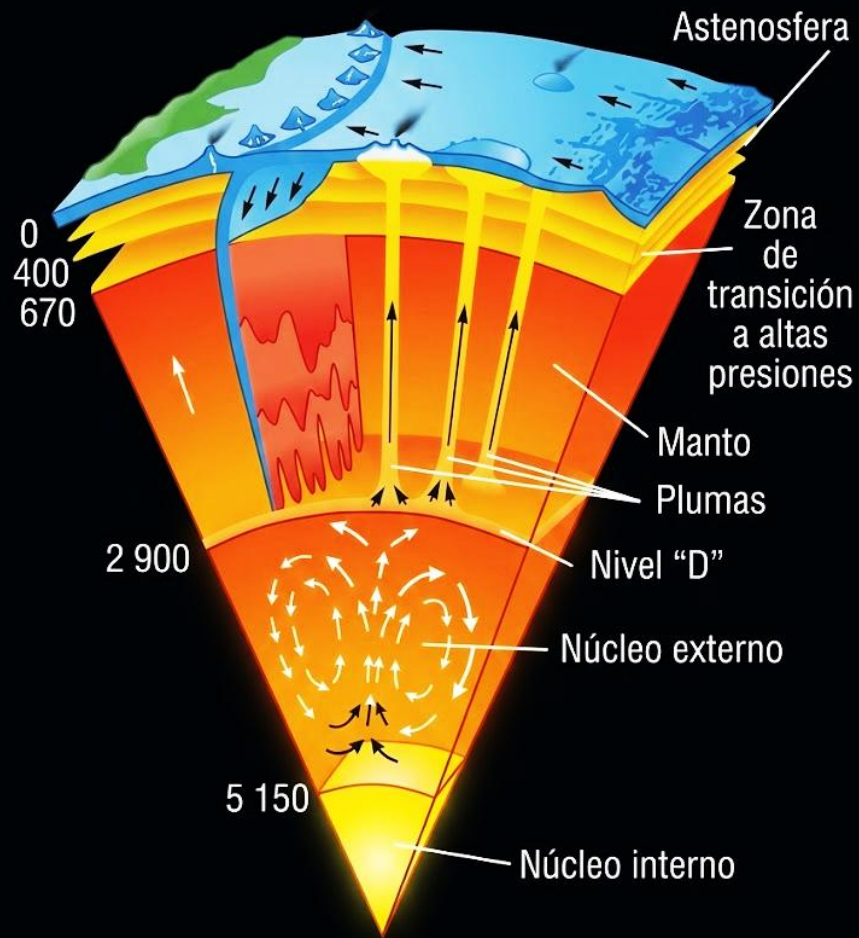
**Densidad de la tierra  $\approx 5.51 \text{ kg/m}^3$**

Radio de la tierra: 6,371 km



Capa de la Tierra	Densidad Aproximada
Núcleo interno (sólido)	12.600 kg/m <sup>3</sup>
Núcleo externo (líquido)	9.900 – 12.000 kg/m <sup>3</sup>
Manto terrestre	3.300 – 5.500 kg/m <sup>3</sup>
Corteza continental	2.700 – 3.000 kg/m <sup>3</sup>
Corteza oceánica	3.000 – 3.300 kg/m <sup>3</sup>
Densidad promedio de la Tierra	5.510 kg/m <sup>3</sup>

# Dinámica del núcleo externo



## Convección del núcleo externo

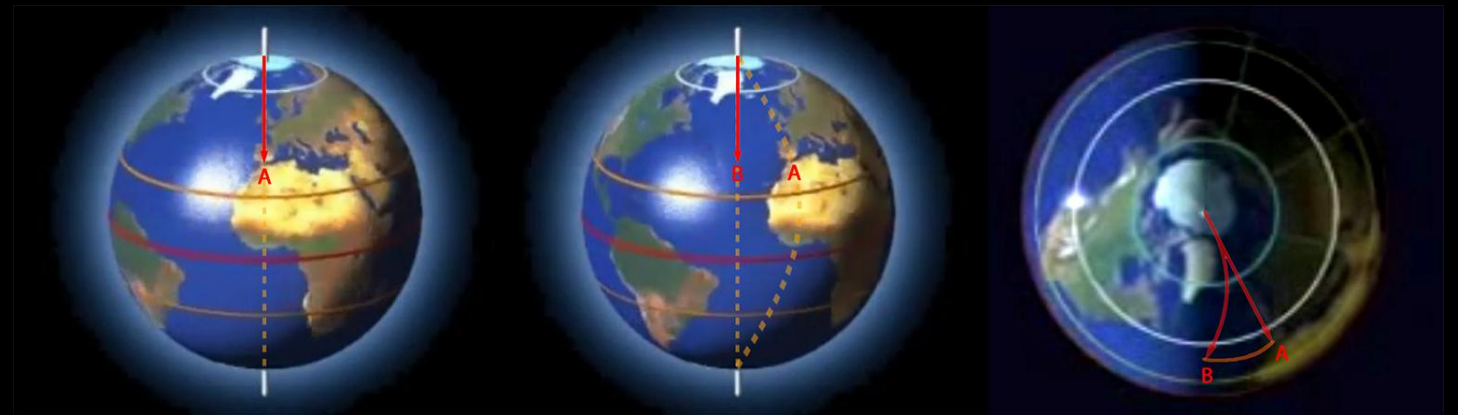
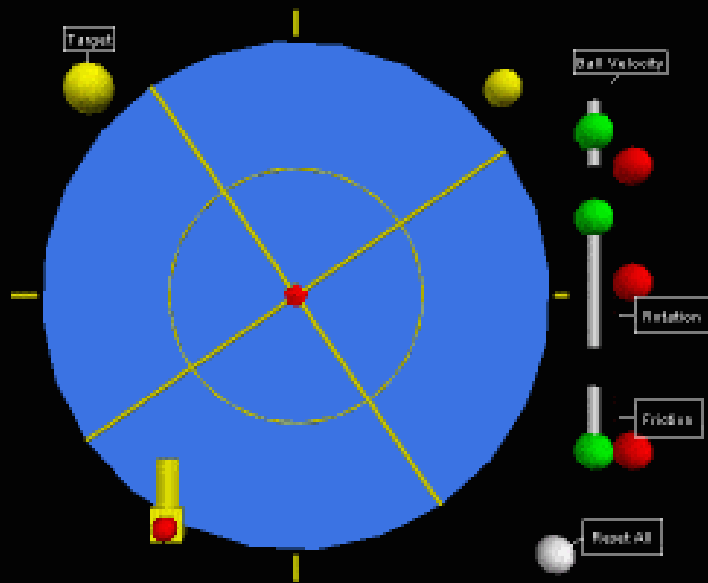


Debido a las diferencias de temperaturas en el centro de la Tierra se genera un proceso de convección.

# Dinámica del núcleo externo

## Efecto Coriolis

La rotación de la Tierra provoca una **distorsión en estos movimientos convectivos** debido a la fuerza de Coriolis, que organiza el flujo de los líquidos en patrones circulares.

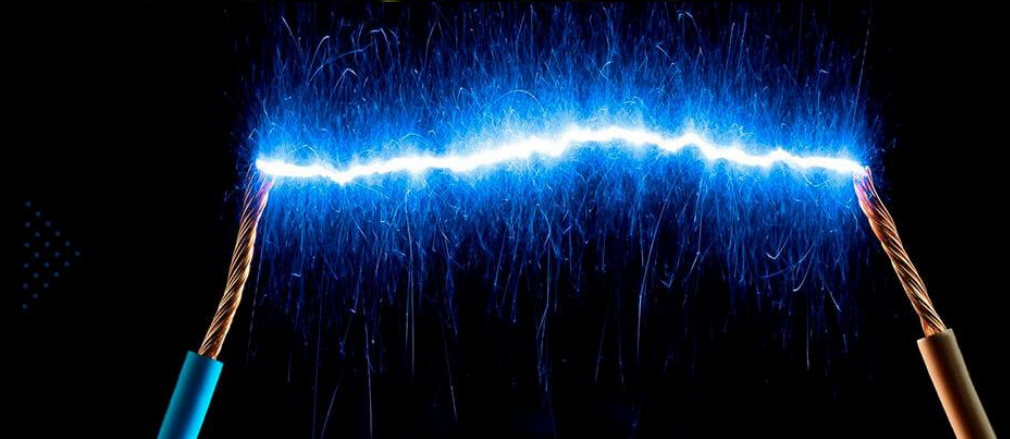
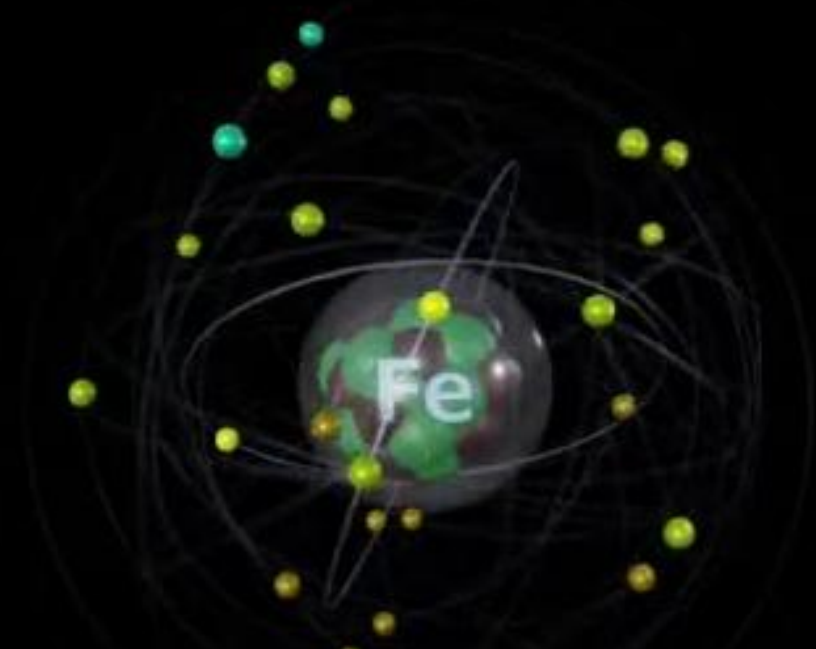
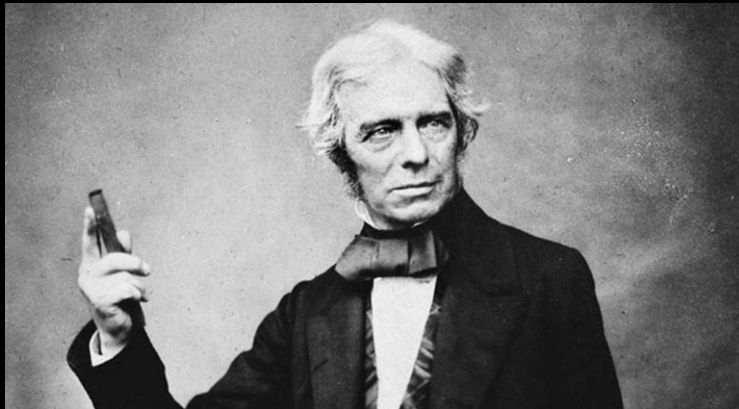


# Dinámica del núcleo externo

Este movimiento combinado de los elementos metálicos (Fe y Ni) genera **corrientes eléctricas** dentro del núcleo externo.

## Ley de Faraday

$$\text{FEM}(\varepsilon) = - d\varphi/dt$$

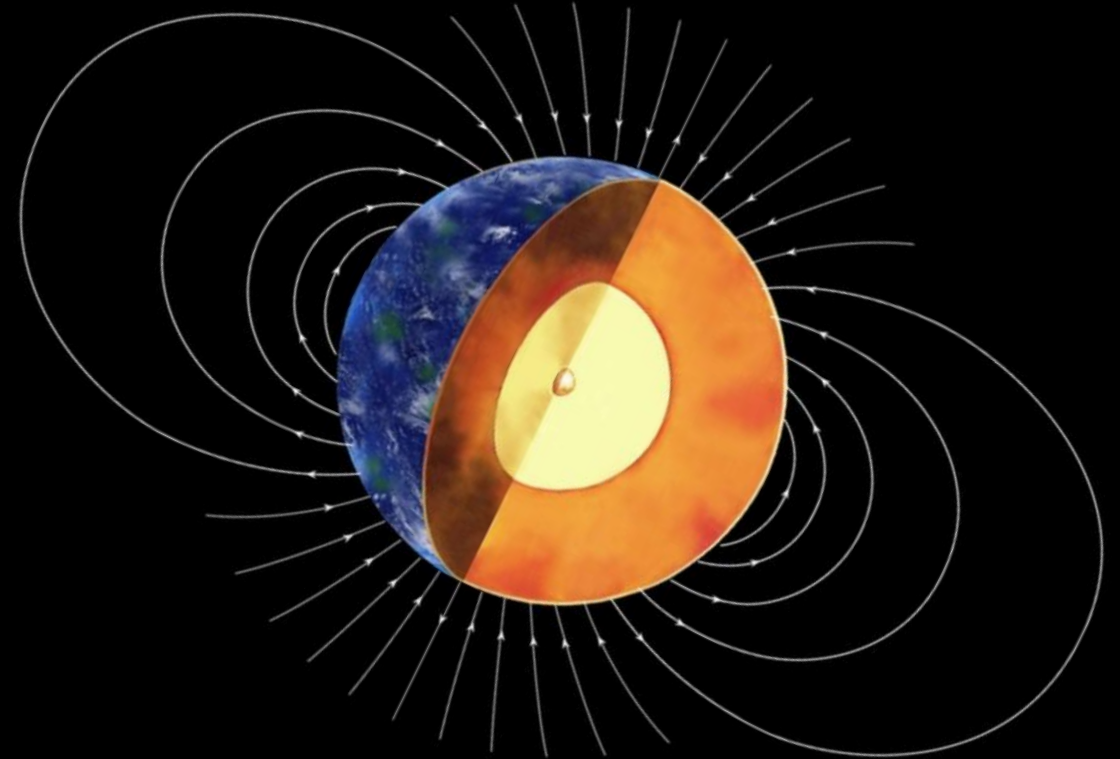


# Dinámica del núcleo externo



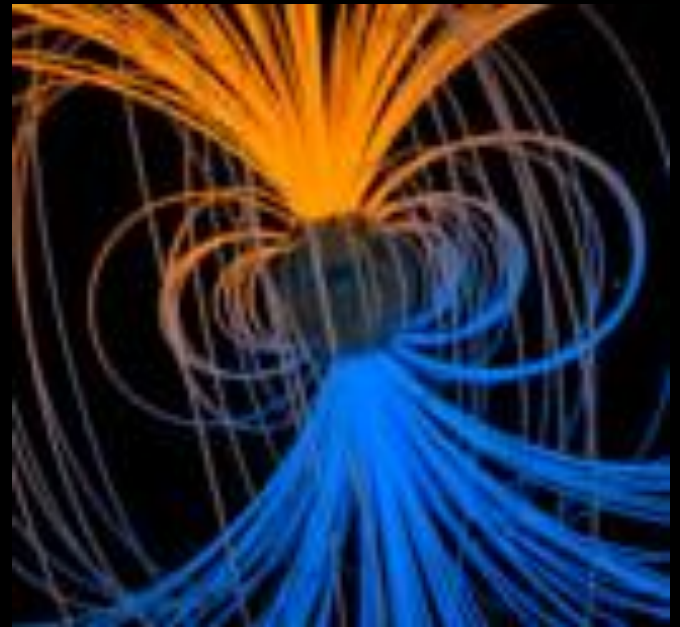
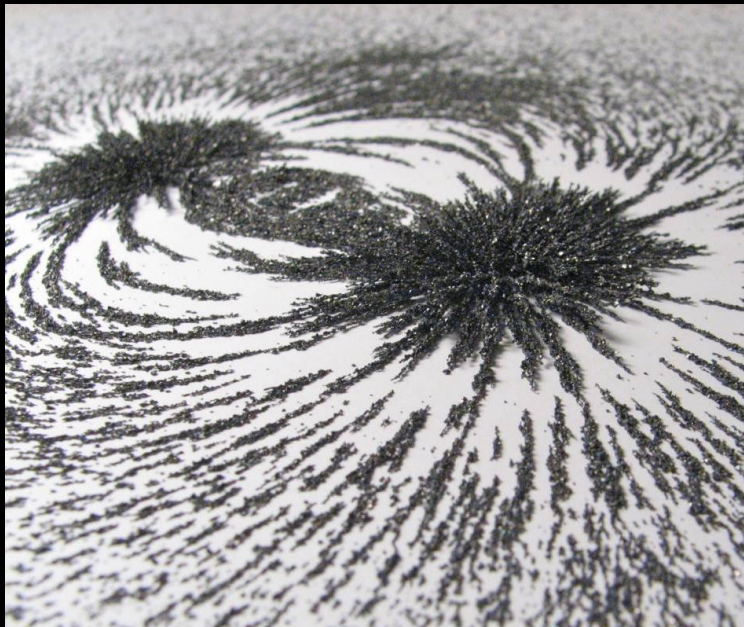
A medida que estas corrientes eléctricas se generan, crean un campo magnético (Ley de ampere).

**El resultado es la formación del campo geomagnético**



# ¿Que es un campo magnético?

Un **campo magnético** es una **región del espacio** donde se ejerce una fuerza sobre partículas cargadas eléctricamente. movimiento.



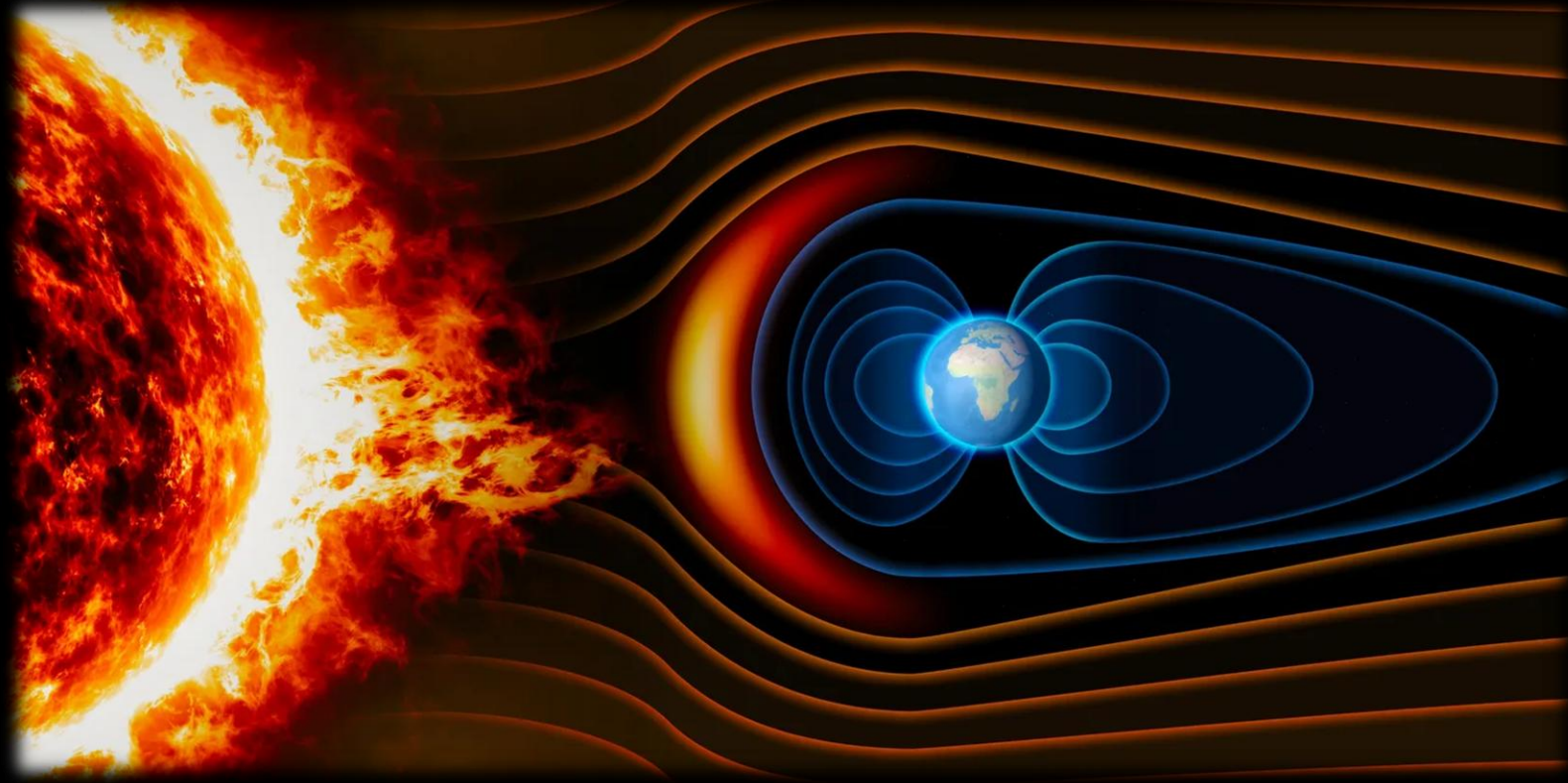
# Componentes del campo geomagnético

En resumen se requiere de...

1. Composición con elementos conductores (Ni y Fe).
2. Movimiento: rotación efecto Coriolis y celdas de convección.



# Importancia del campo geomagnético



El campo geomagnético actúa como un **escudo protector** que defiende a la Tierra de las **partículas cargadas** provenientes del viento solar y de las radiaciones cósmicas.

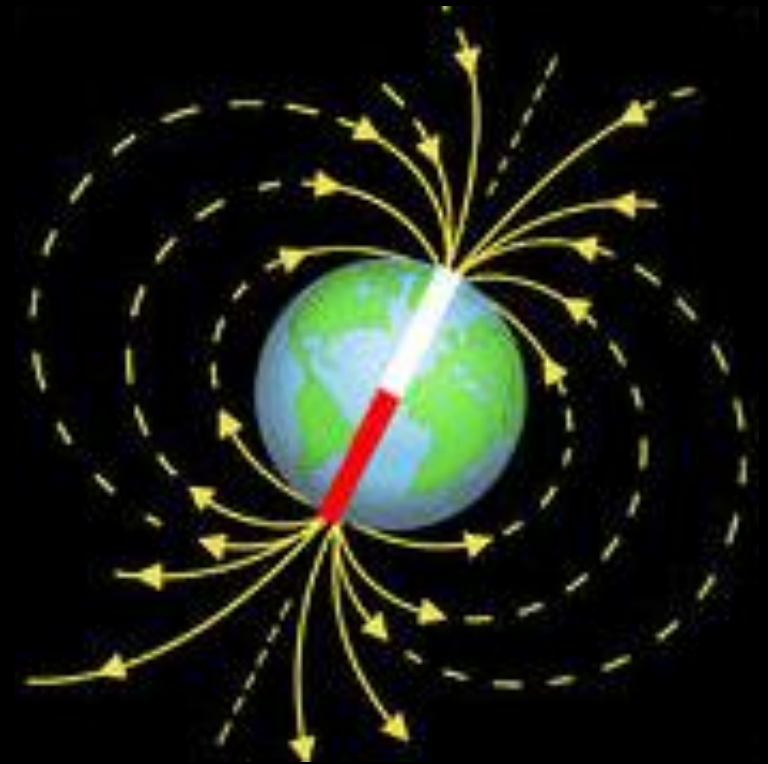
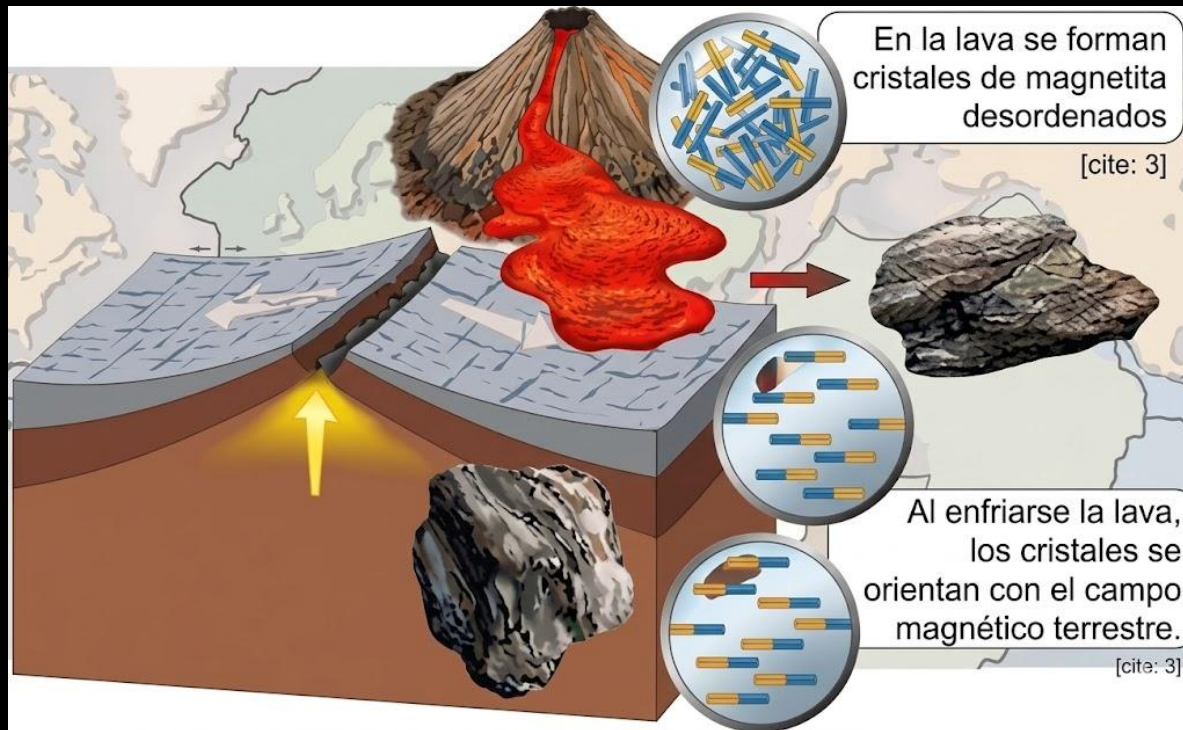
# Importancia del campo geomagnético

Muchos animales, como aves migratorias, tortugas marinas y algunas especies de mamíferos marinos, utilizan el campo magnético terrestre como una herramienta de **navegación** durante sus migraciones a largas distancias.



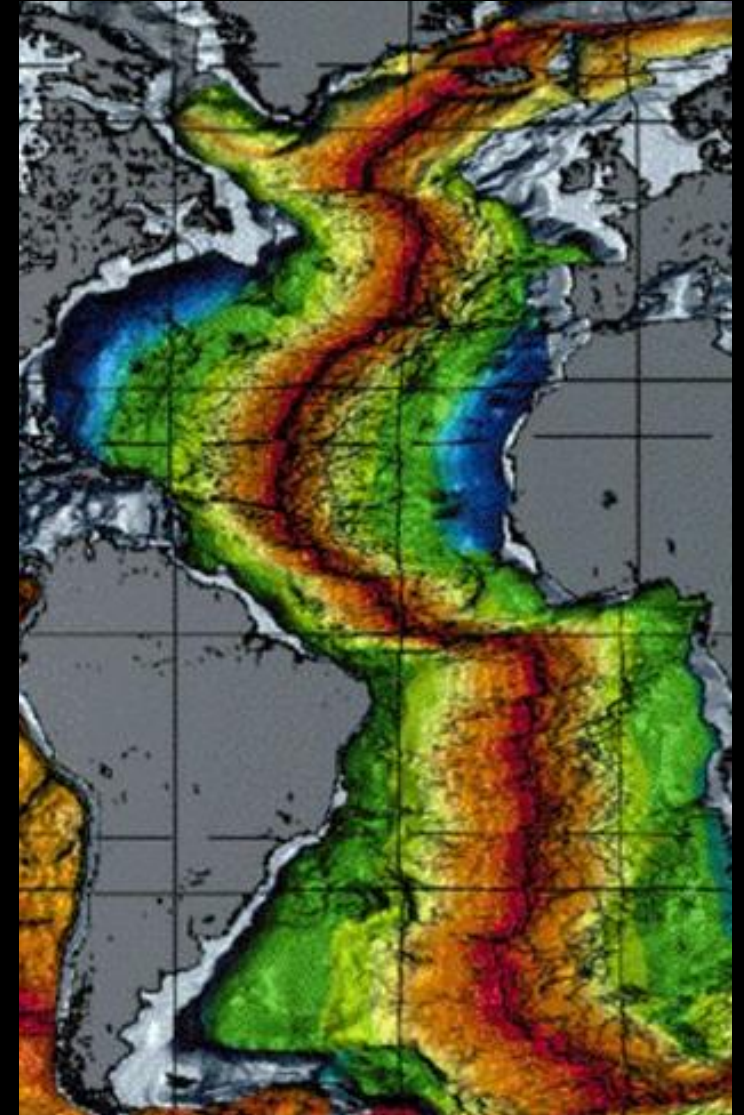
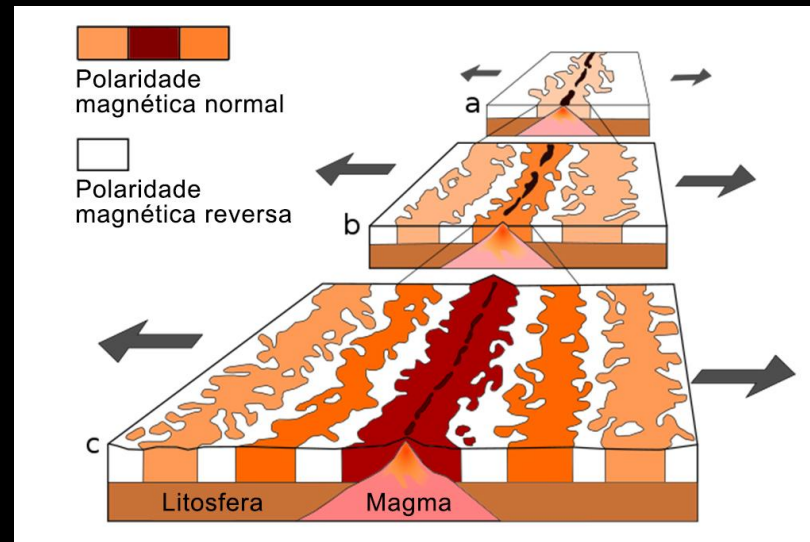
# Efectos del campo magnético en las rocas

Durante el proceso de formación de la roca, los minerales magnéticos pueden **alinearse** con las líneas del campo magnético terrestre.



# Inversiones geomagnéticas

Son eventos que han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra. En promedio, ocurren aproximadamente **cada 200,000 a 300,000 años.**



# El manto terrestre

# El manto terrestre

El manto terrestre es la capa intermedia de la Tierra, situada entre el núcleo y la corteza terrestre.



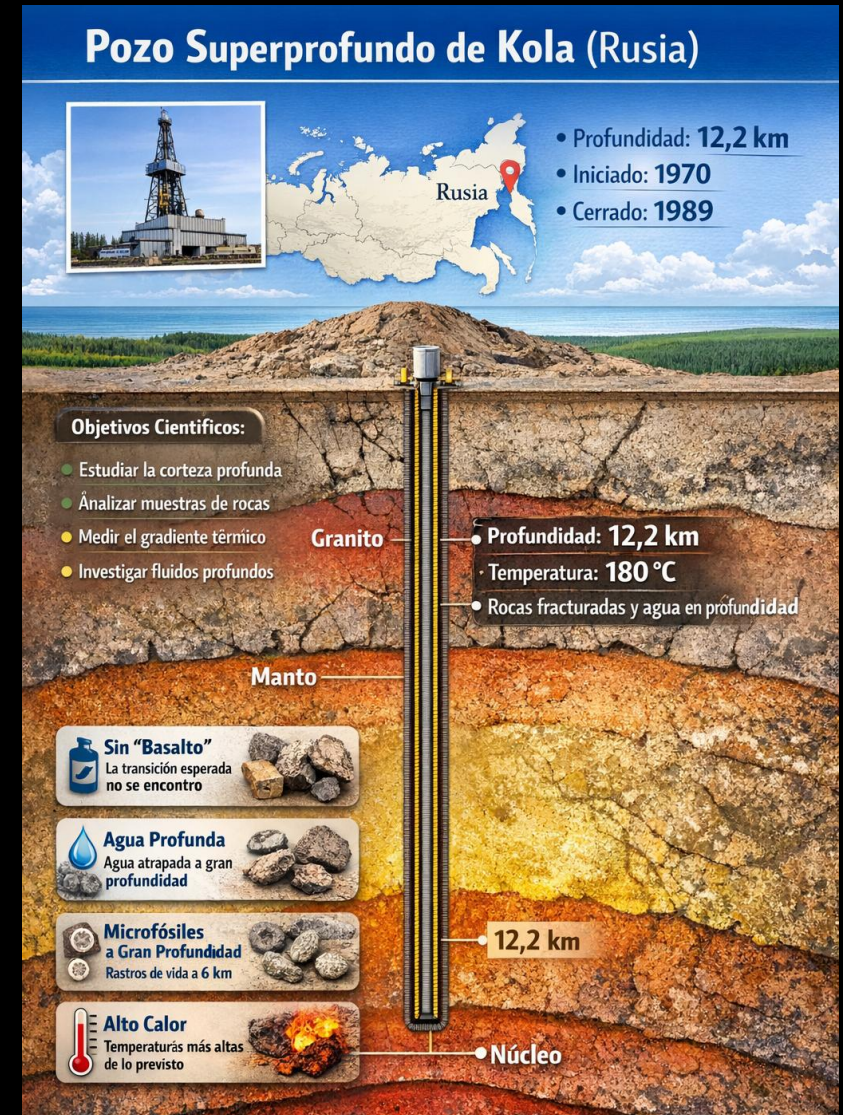
El manto tiene un espesor de unos 2,900 kilómetros y constituye el 84% del volumen total de la Tierra.

# El manto terrestre

La porción más superficial del manto se encuentra a unos 30 km de profundidad.

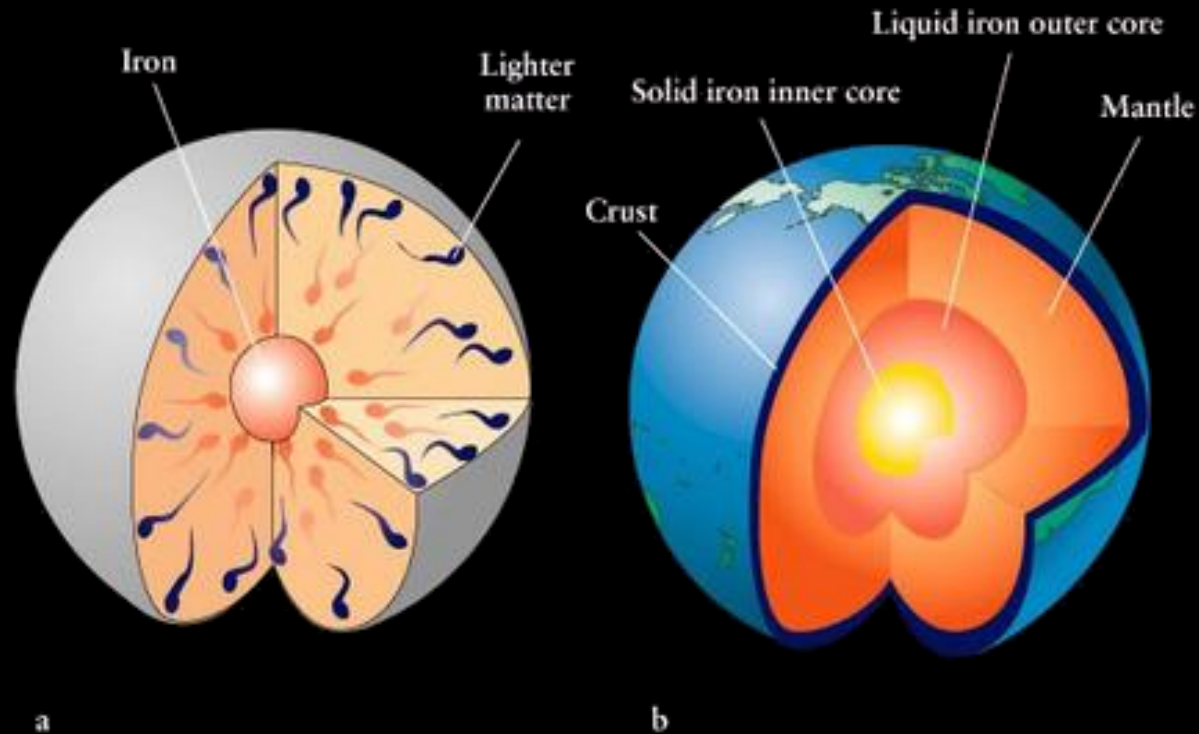
## Pozo más profundo

Pozo superprofundo de Kola (Rusia)  
12.2 km



# El manto primitivo

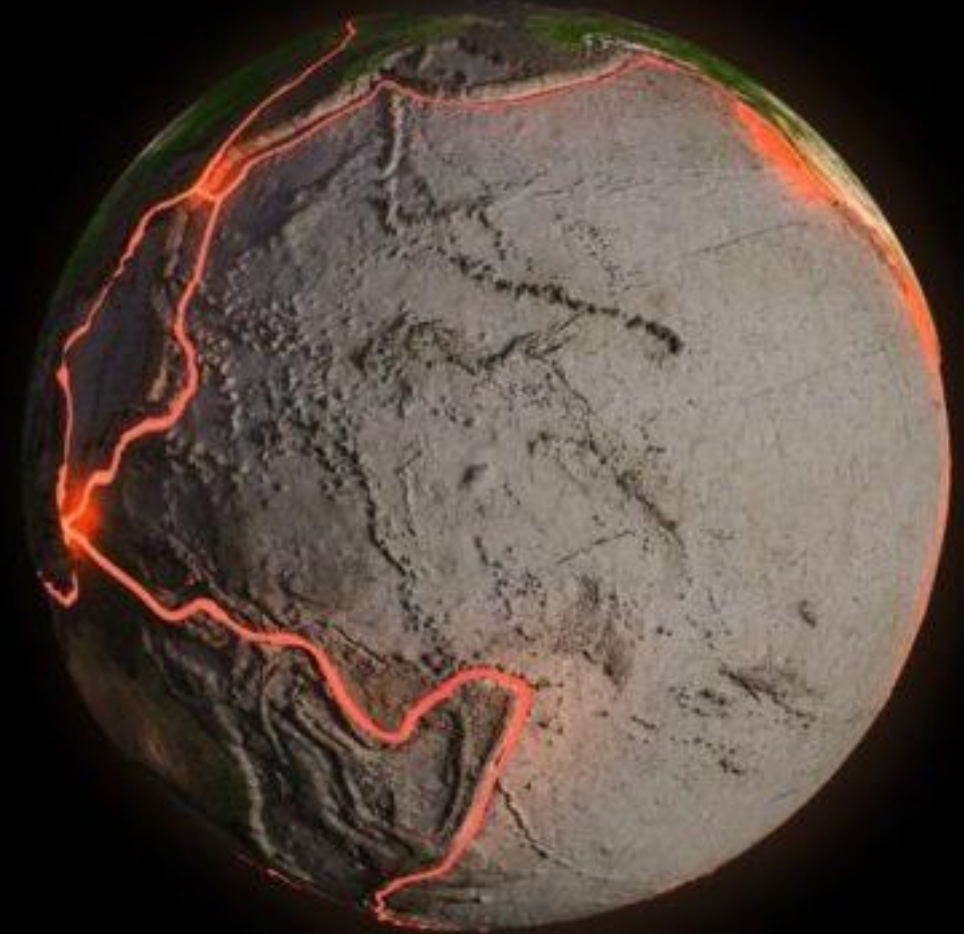
Cuando la Tierra comenzó a tomar forma el hierro y el níquel se separaron rápidamente para formar el núcleo del nuevo planeta.



El material fundido que rodeaba el núcleo era el manto primitivo.

# Evolución del manto

- A lo largo de millones de años, el manto se **enfrió**.
- El agua atrapada en el interior de los minerales escapó, un proceso llamado "**desgasificación**".
- A medida que se desgasificaba más agua, parte del manto se **solidificó**.

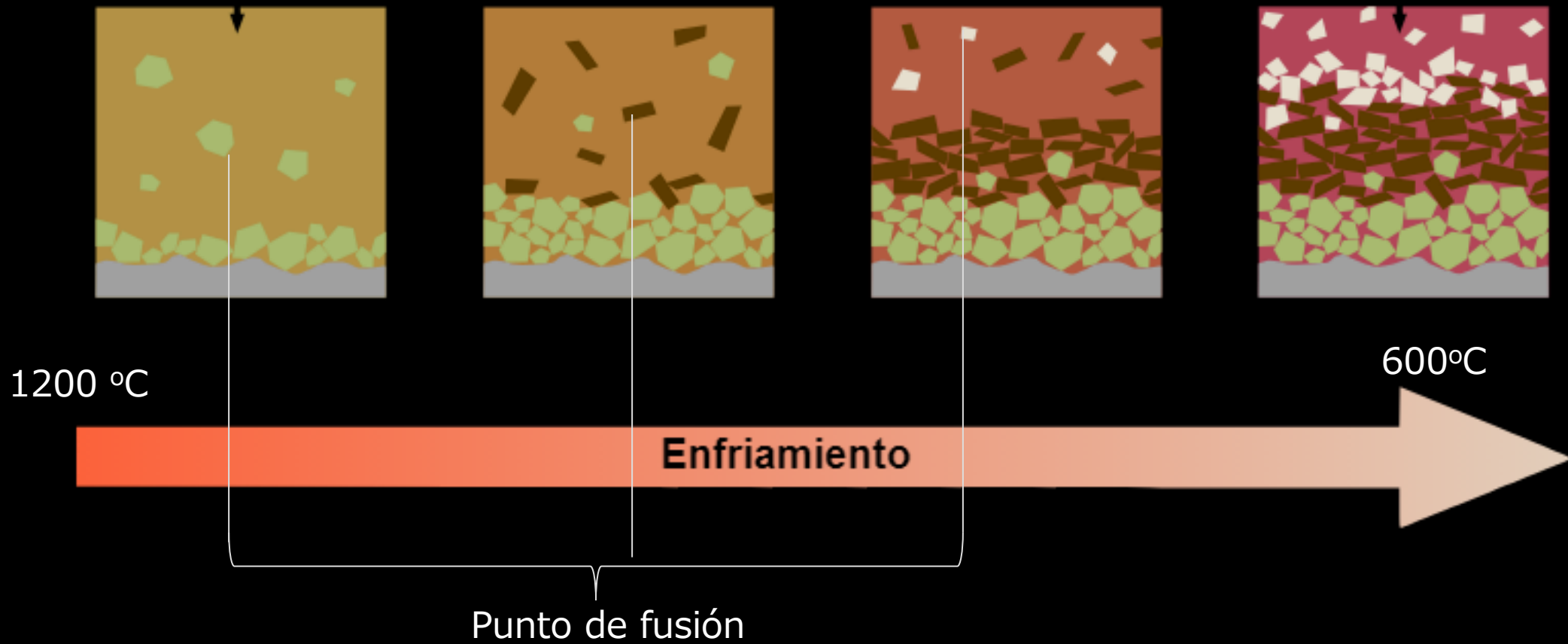


# Evolución del manto

## El proceso de cristalización

Magma de composición A

Magma de composición B



# Evolución del manto

## Punto de fusión

El punto de fusión es la temperatura a la cual un material **sólido cambia** a su estado **líquido** al ser calentado, manteniendo una presión constante.

### Ejemplos

agua: 0°C.

Hierro: 1,538°C.

Oro: 1,064°C.

Plomo: 327°C.

Diamante: >3,500°C.



# Evolución del manto

## Factores que afecta en punto de fusión

### Presión

A medida que la **presión aumenta**, el **punto de fusión** de una sustancia generalmente **aumenta**.



# Evolución del manto

Factores que afecta en punto de fusión

Composición química



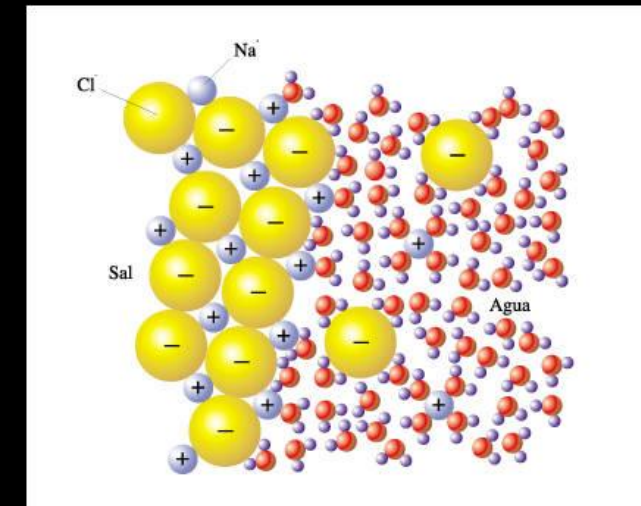
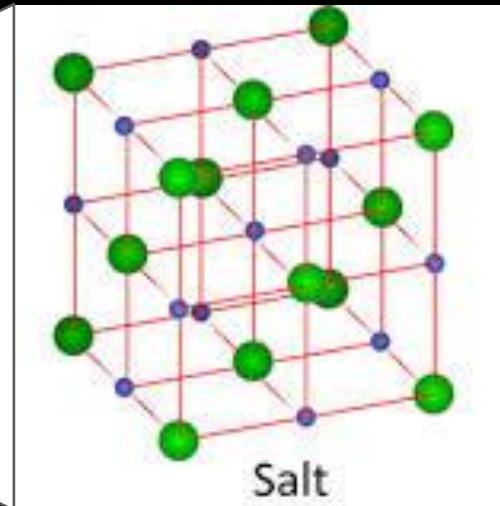
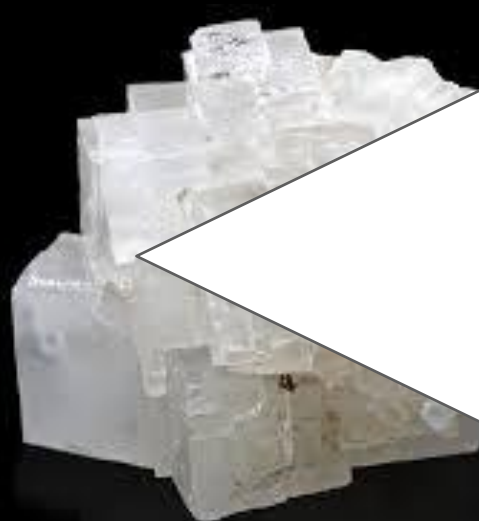
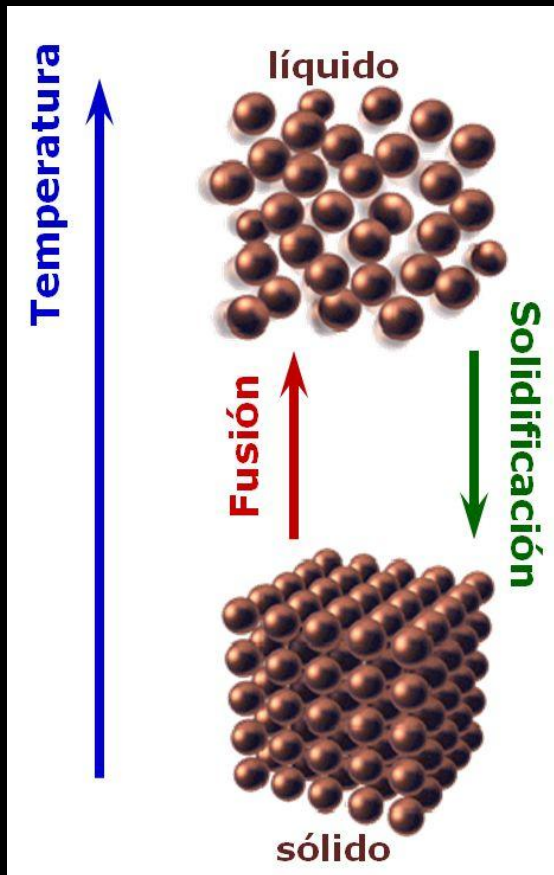
Las mezclas de sustancias pueden tener un punto de fusión diferente al de los componentes puros.

# Evolución del manto

## Factores que afectan en punto de fusión

### Contenido de agua

El agua actúa como un **fluido volátil** que interfiere en la estructura cristalina de los minerales, haciendo que las rocas se fundan a temperaturas más bajas de lo que normalmente ocurriría en su ausencia.



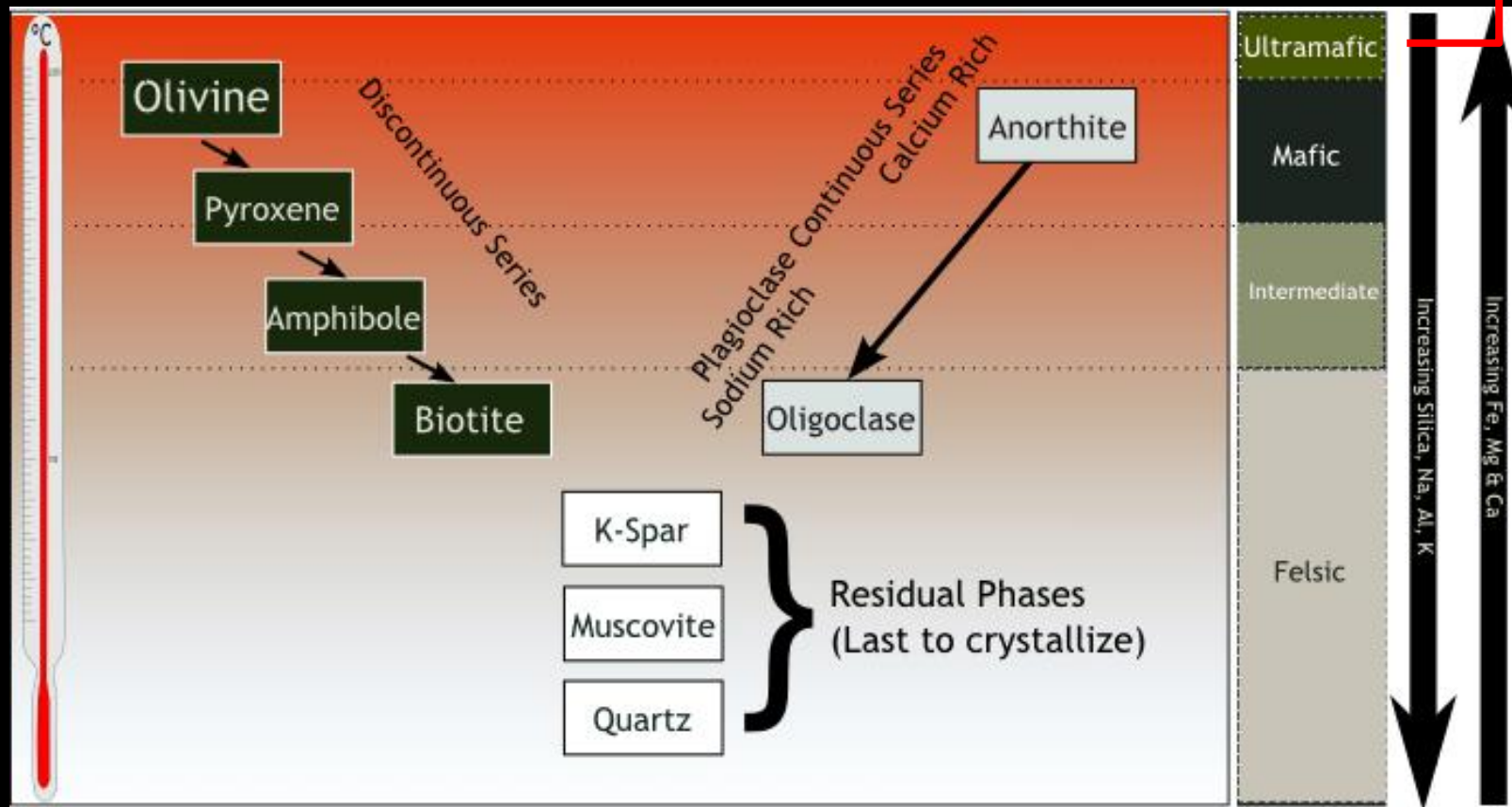
# Composición química del manto

Las rocas que forman el manto de la Tierra son principalmente olivino y piroxenos.

1400 °C



400 °C

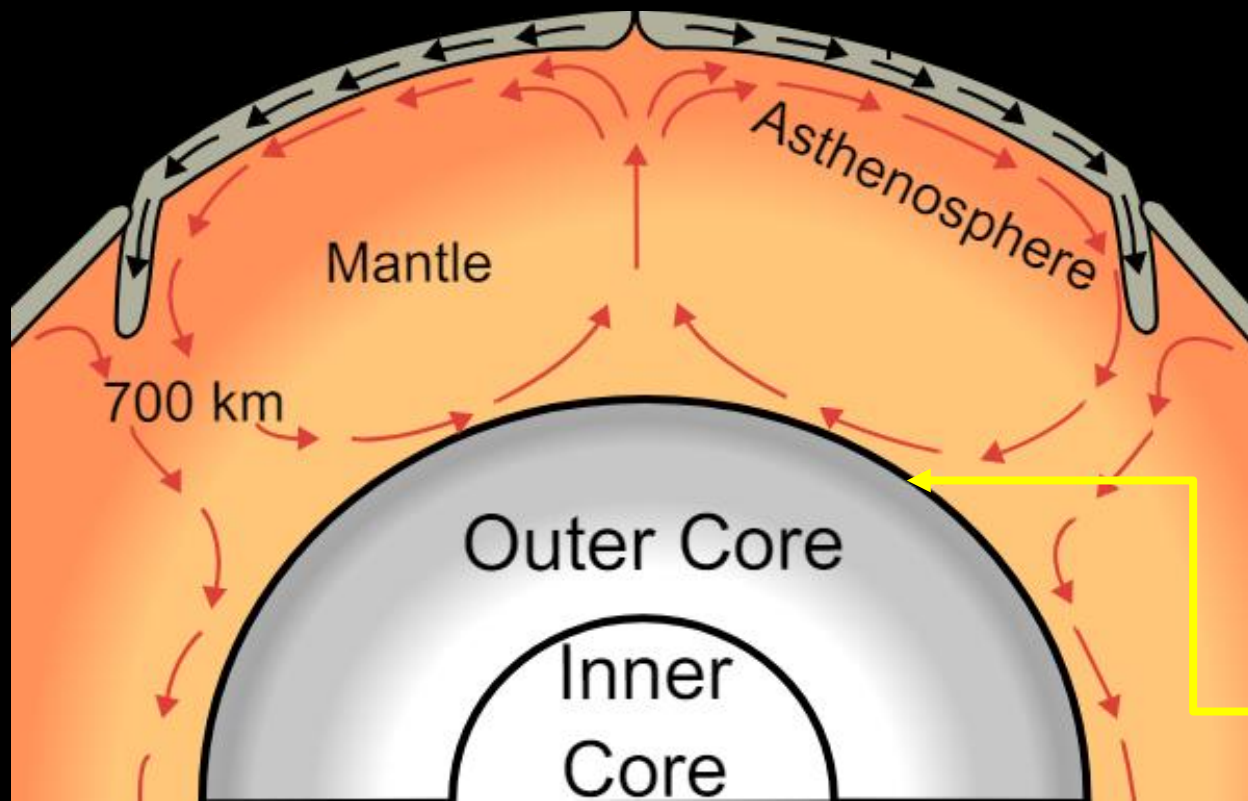


El magma ultramáfico es un tipo de magma caracterizado por una baja concentración de  $\text{SiO}_2$  y un alto contenido de Mg y Fe.



# Dinámica del manto terrestre

El manto está en constante movimiento debido a la **convección térmica**, donde las zonas calientes ascienden y las frías descienden.



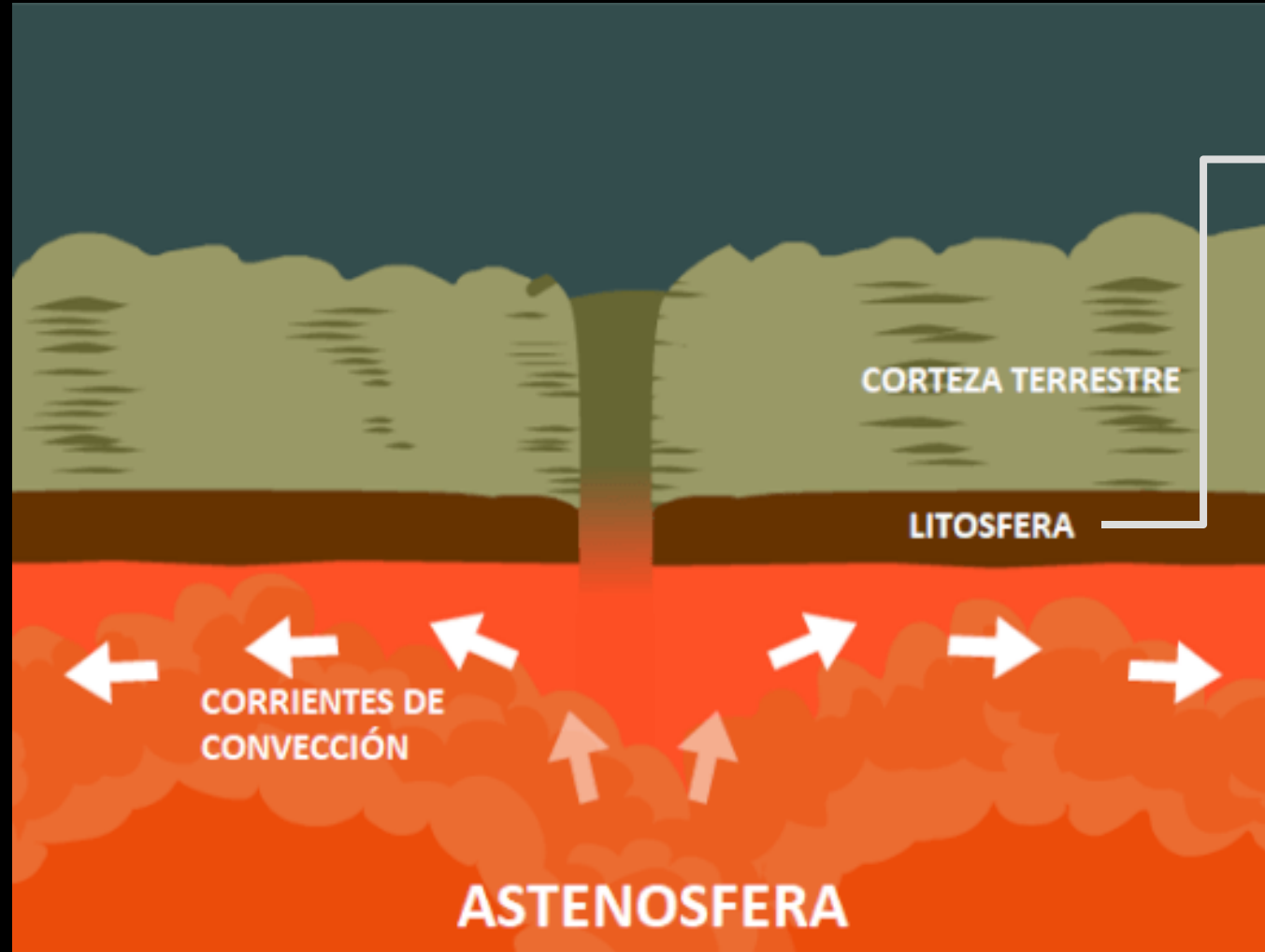
**Este proceso es crucial para el movimiento de las placas tectónicas y la actividad volcánica.**

Discontinuidad de Gutenberg

# Estructura del manto

## Astenosfera:

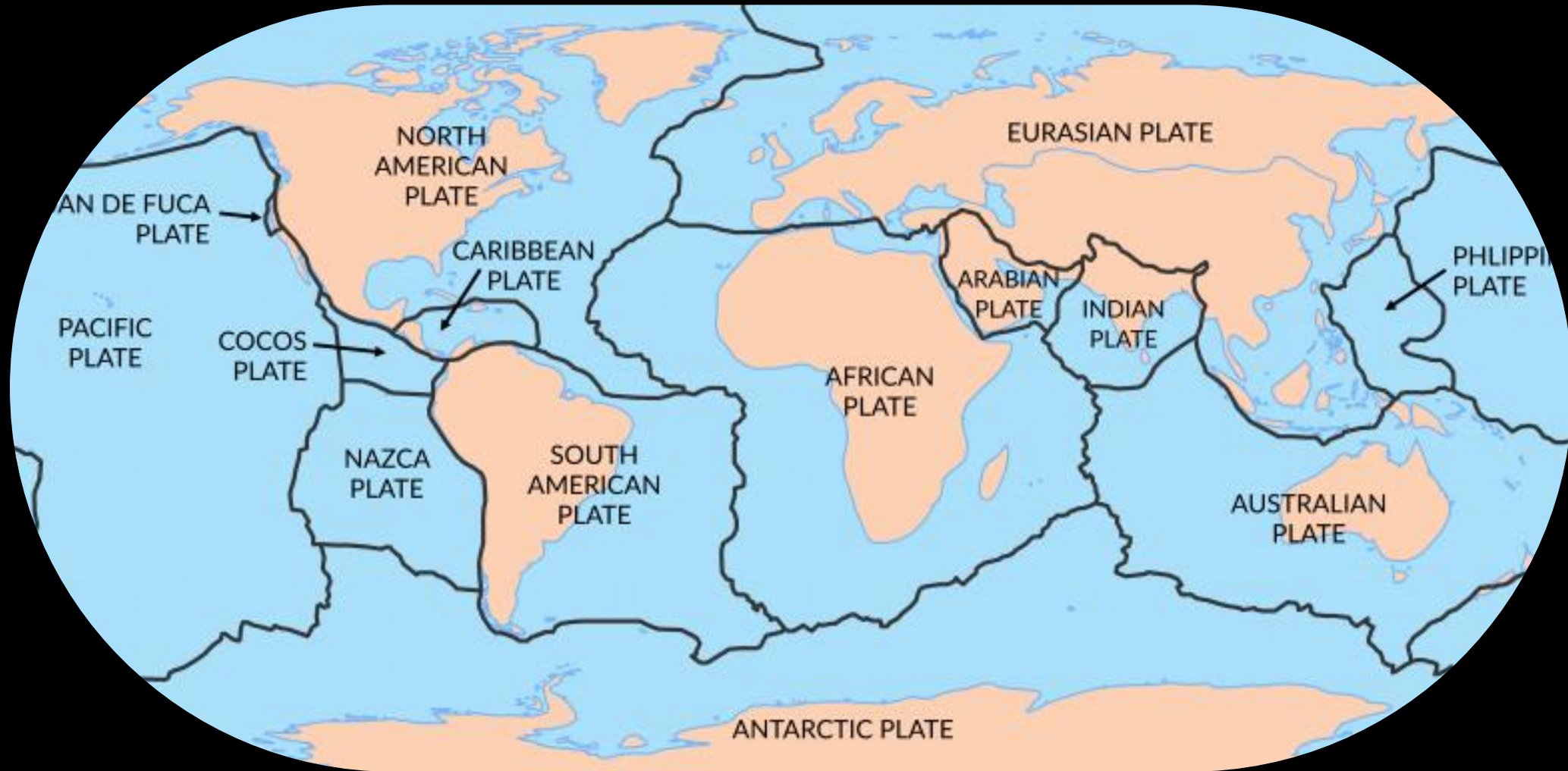
Es una zona de material parcialmente fundido o plástico, lo que le permite deformarse lentamente.



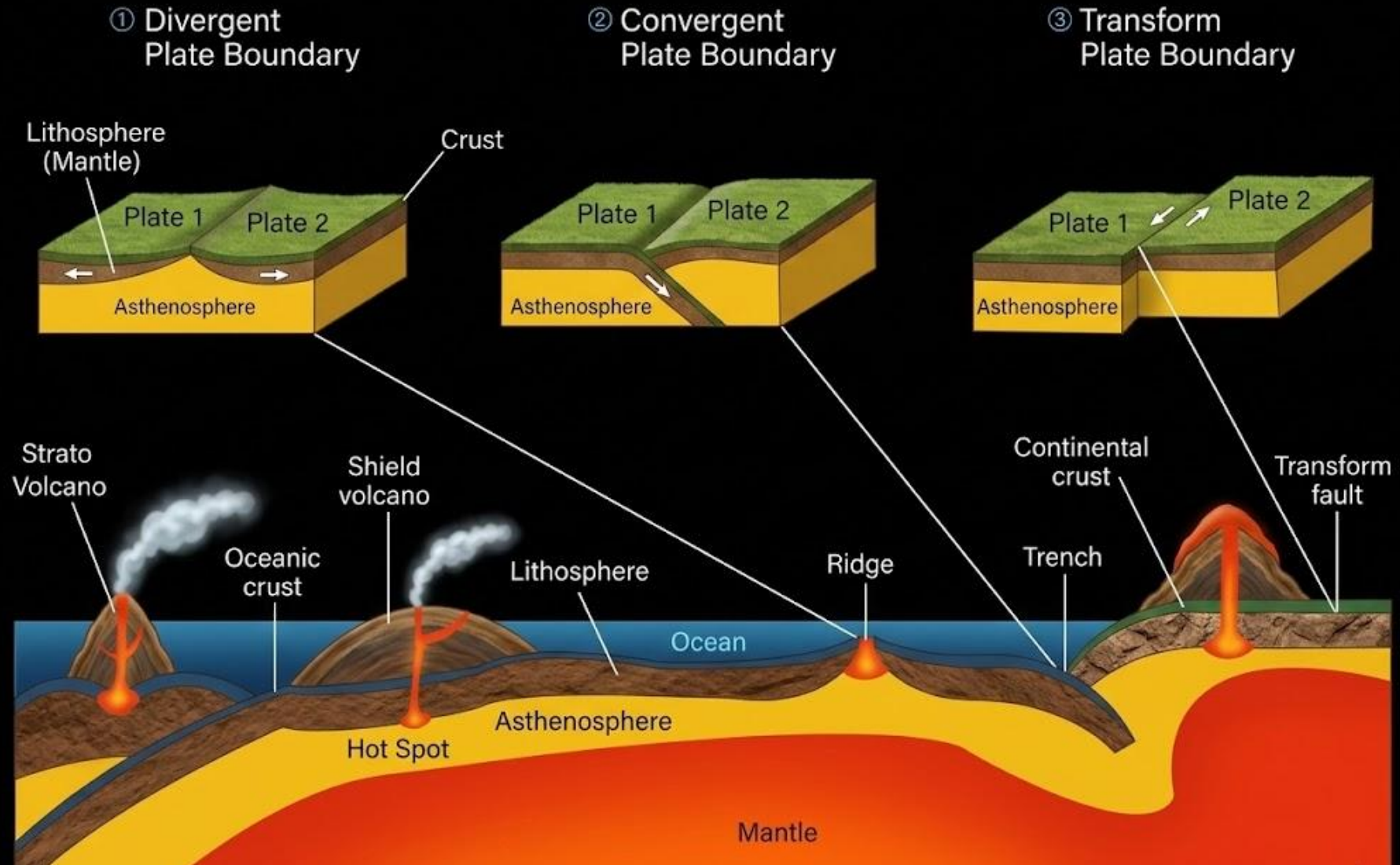
## Litosfera:

Es rígida y sólida, y se encuentra dividida en varias placas tectónicas.

# Placas tectónicas

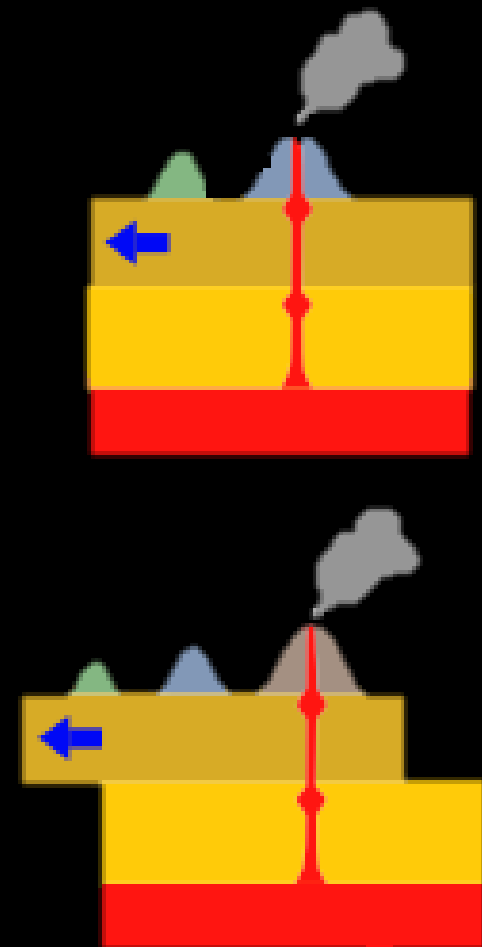
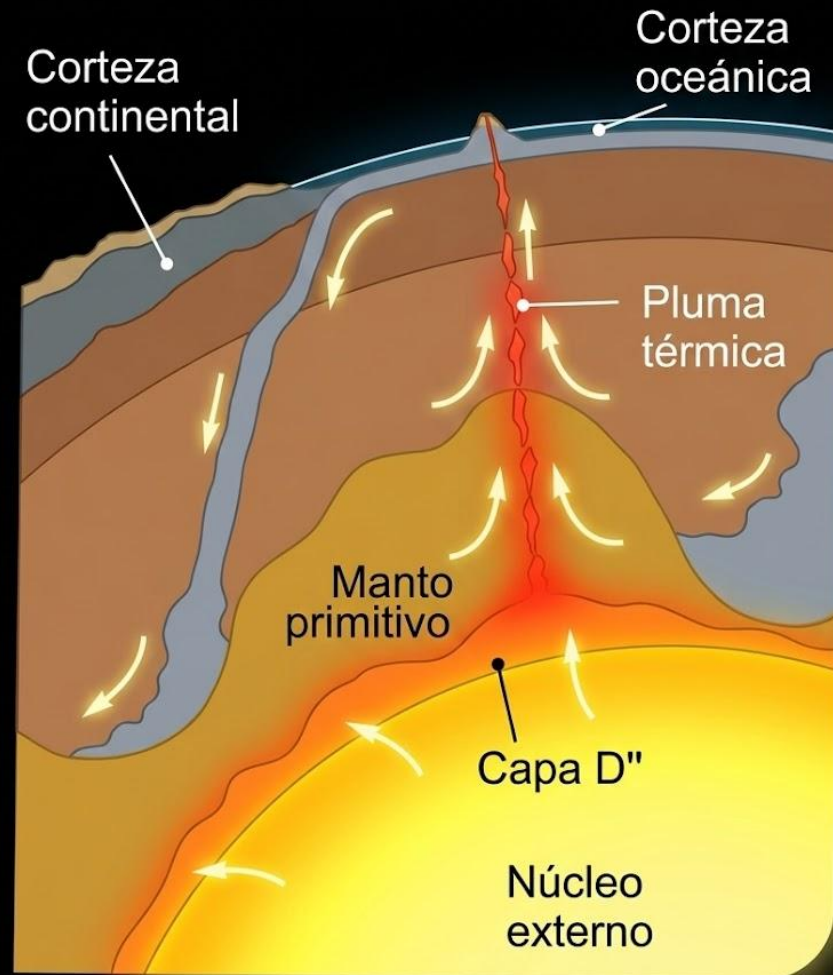


# Límites en la tectónica de placas



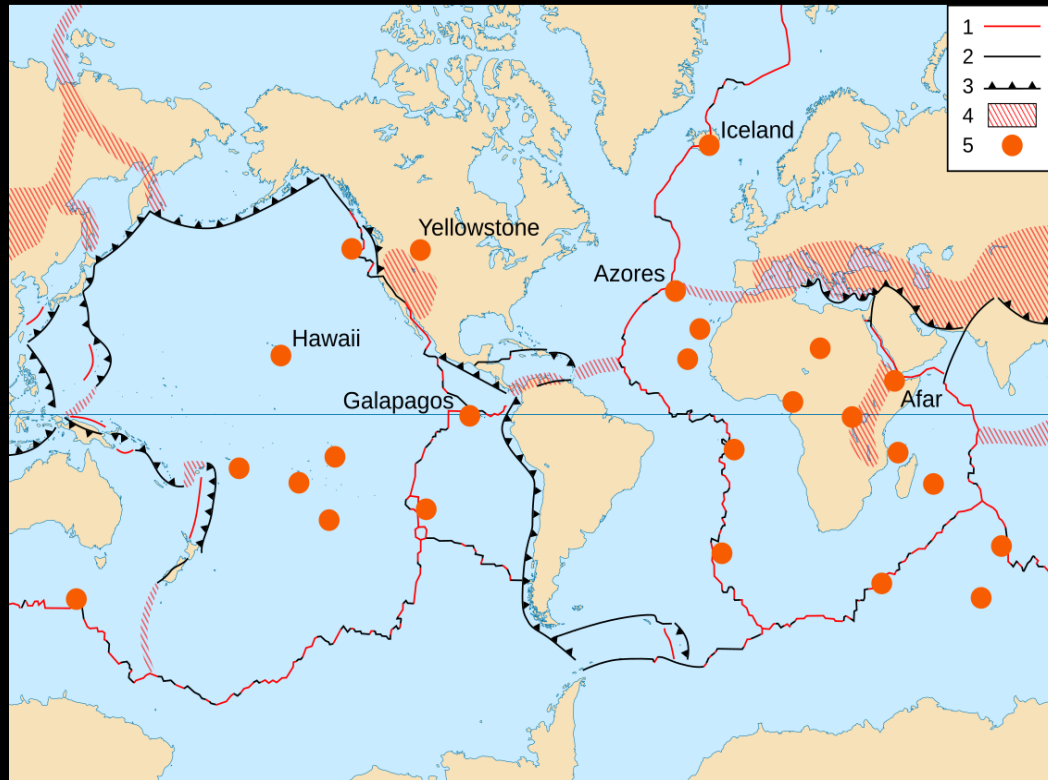
# Plumas del manto

Las plumas mantélicas son corrientes de **material caliente** y **menos denso** que ascienden desde las profundidades del manto terrestre hacia la superficie.



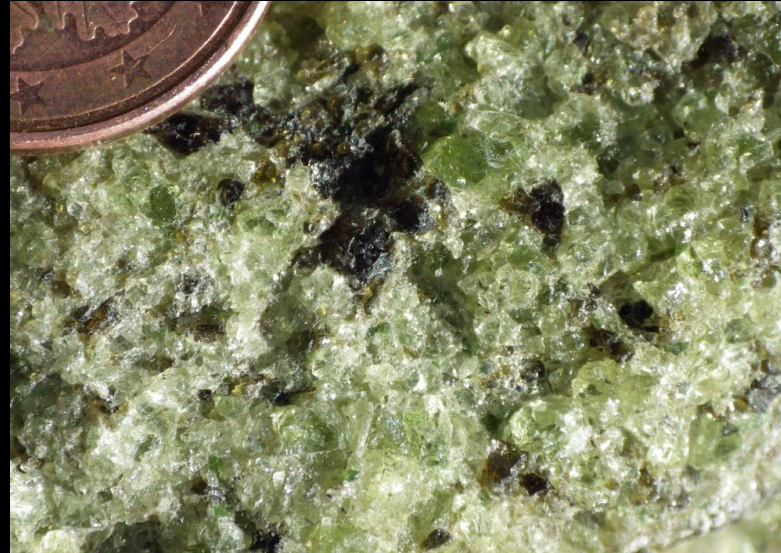
# Puntos calientes

Los *hot spots* son las manifestaciones superficiales de las plumas mantélicas.



# Rocas ultramáficas

## Peridotitas



# Xenolitos

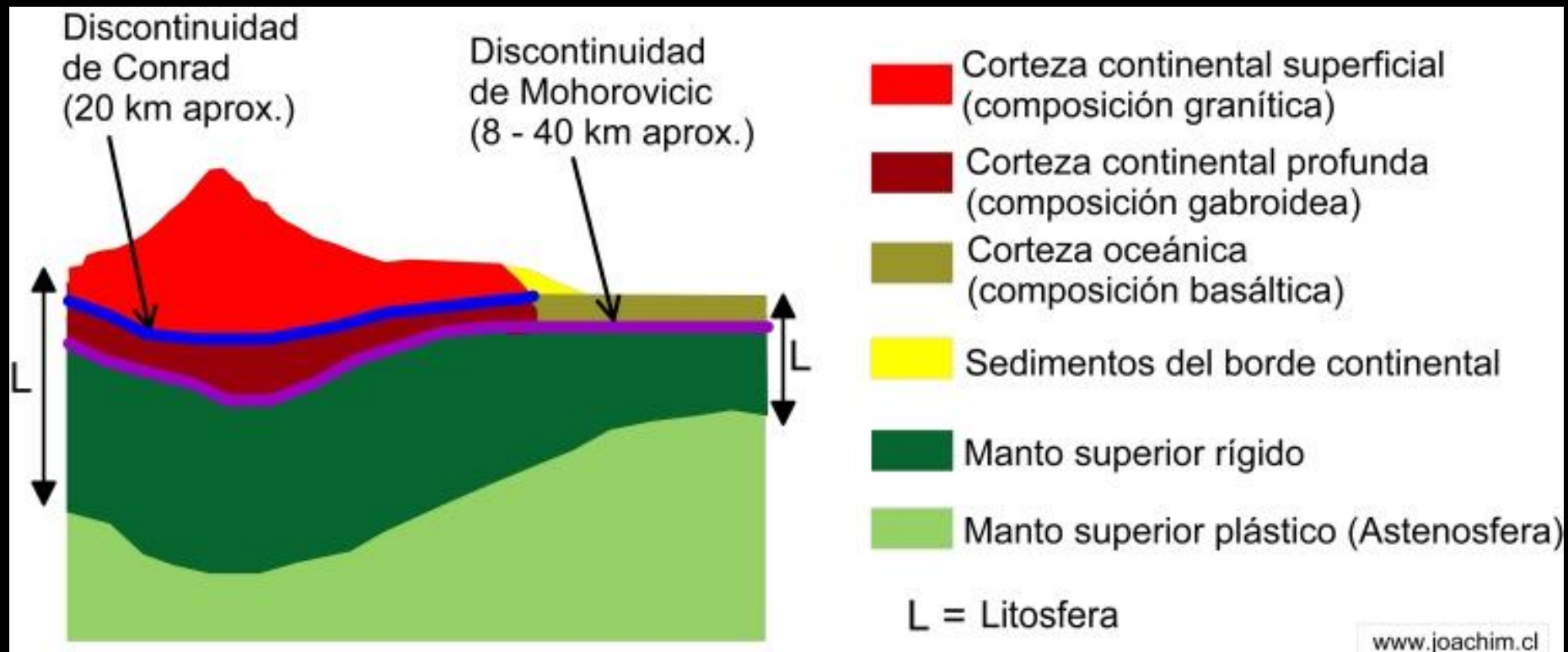
Los xenolitos son **fragmentos de rocas** que se encuentran dentro de una roca más joven. Estos fragmentos provienen de capas más profundas de la Tierra son incorporados al magma cuando asciende hacia la superficie, sin fundirse completamente.



# La corteza terrestre

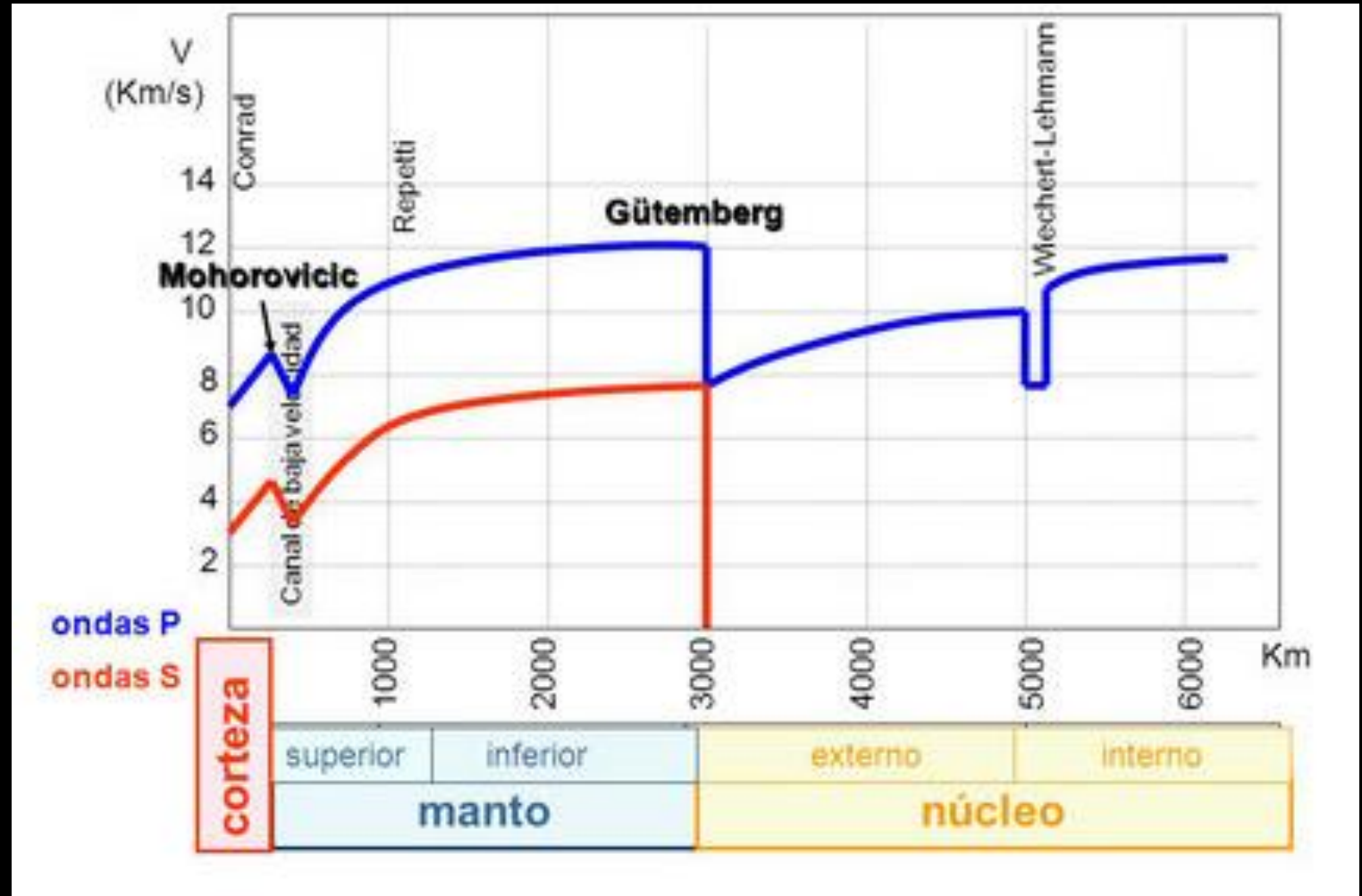
# La corteza terrestre

El término “corteza” describe la capa más externa del planeta. La delgada corteza de nuestro planeta , de aprox. 40 km de profundidad (1 % de la masa de la Tierra ), contiene toda la vida conocida en el universo.



# Discontinuidad de Mohorovicic

Su nombre proviene del geofísico **Andrija Mohorovičić**, quien la descubrió en 1909 al estudiar la propagación de las ondas sísmicas.



# Formación de la corteza terrestre primitiva

1. El Fe y Ni migraron hasta el centro del nuevo planeta y se convirtió en su núcleo.
2. El material fundido que rodeaba núcleo comenzó a enfriarse y formó el manto primitivo.
3. Los materiales que inicialmente permanecieron en su fase líquida durante este proceso, llamados **elementos incompatibles**, finalmente se convirtieron en la frágil corteza terrestre.

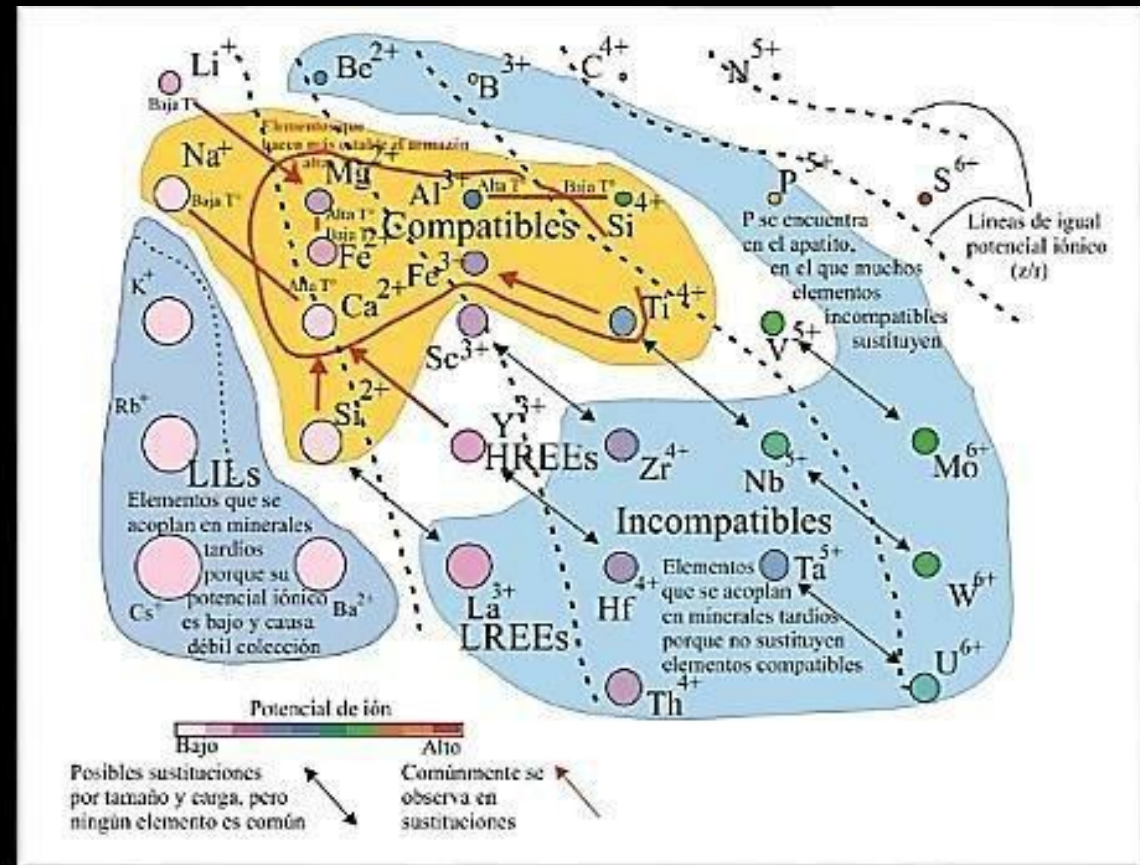


# Elementos incompatibles

Cuando un magma se solidifica, tienden a concentrarse en el líquido (magma) en lugar de incorporarse en los cristales de la roca sólida.

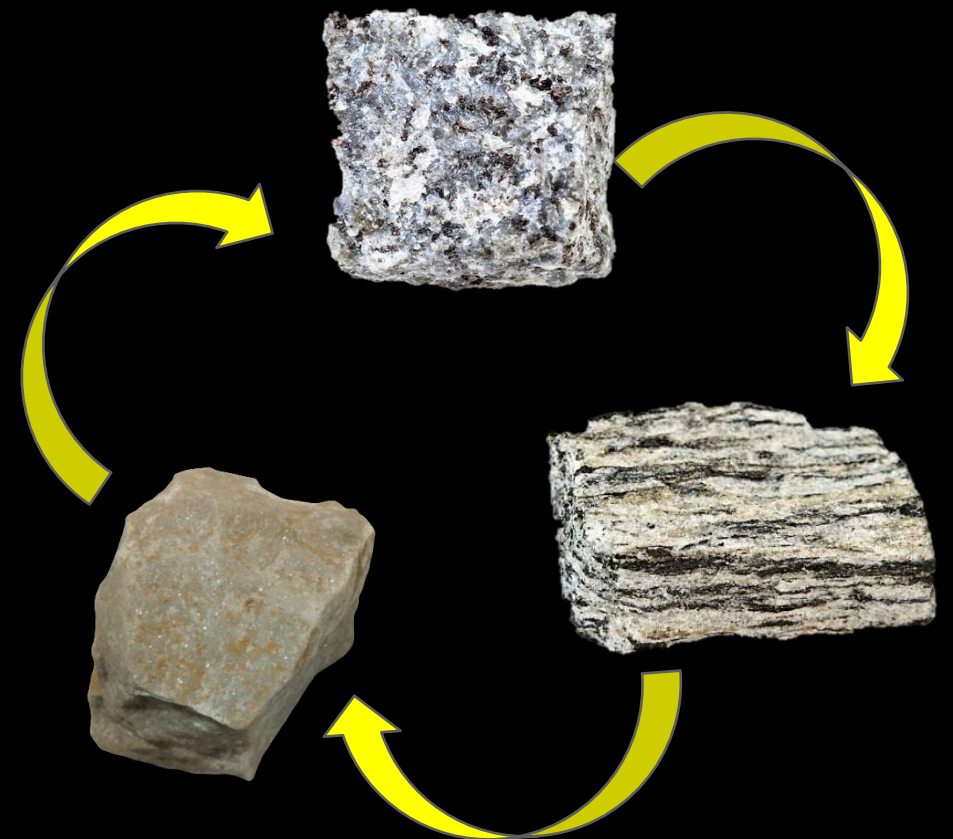
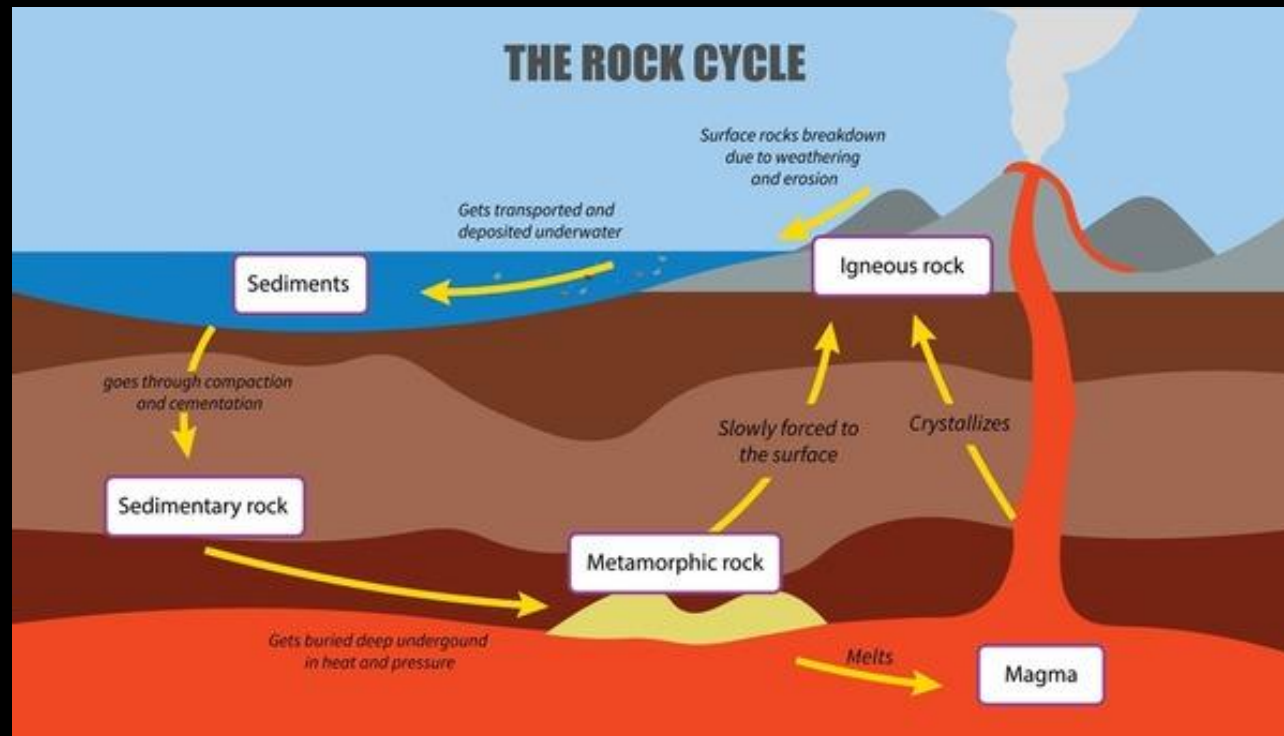
La naturaleza “no compatible” es debido a:

1. Tamaño y carga.
2. Afinidad química.



# El ciclo de las rocas

La corteza terrestre está compuesta de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, que se forman a partir de un proceso dinámico denominado ciclo de las rocas.



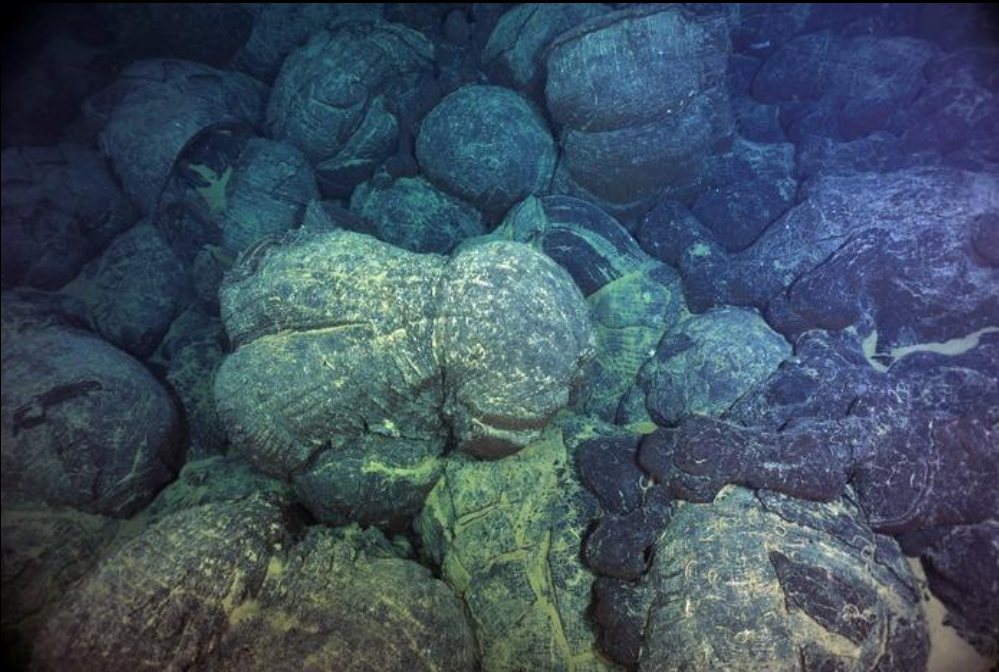
# Corteza continental

Es más rica en **silicatos alcalinos** y tiene un contenido relativamente más alto de elementos como **aluminio** y **potasio**.



# Corteza oceánica

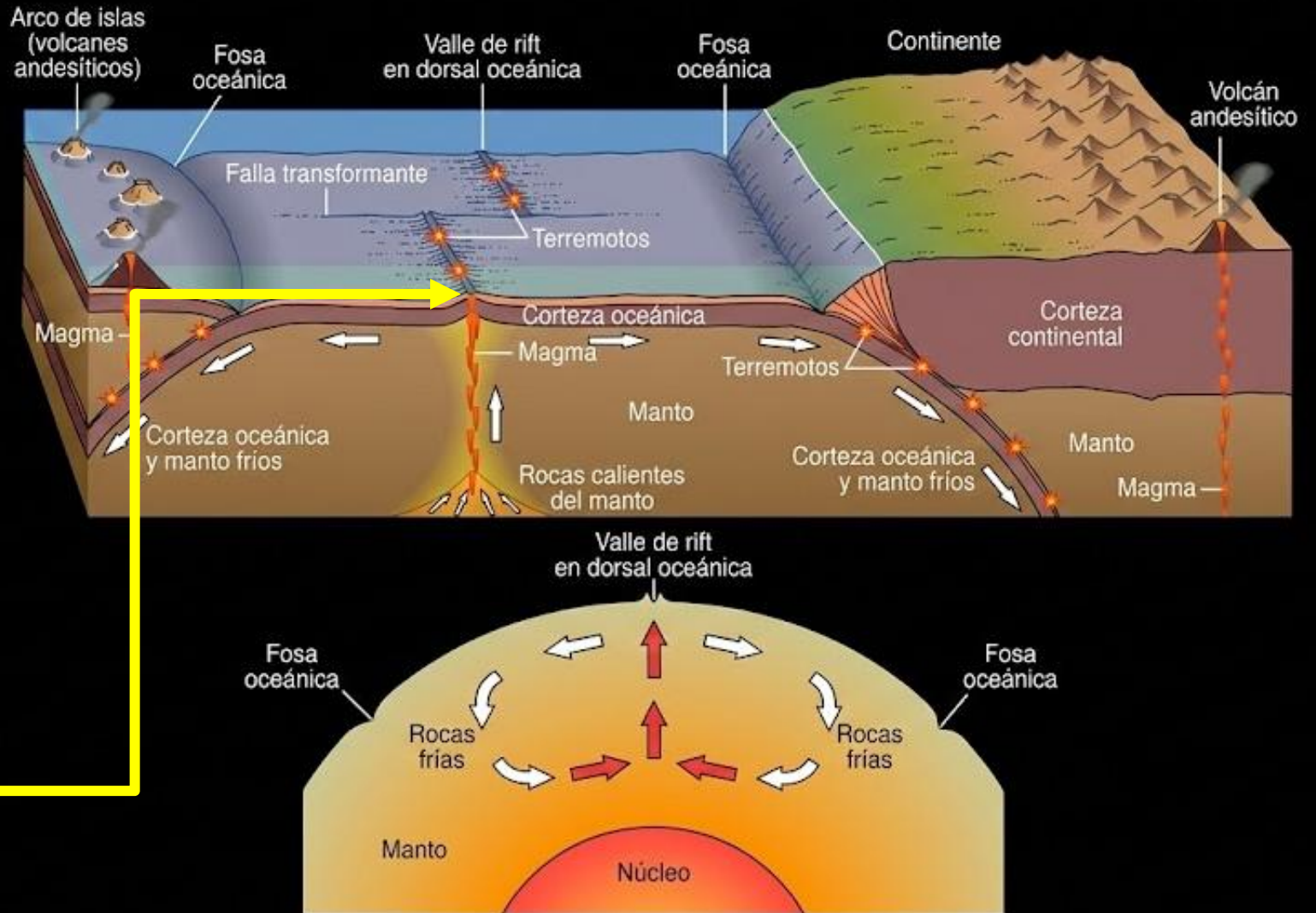
Es más rica en **basalto**, que contiene minerales como **olivino**, **piroxeno** y **plagioclasa**. Tiene un mayor contenido de **magnesio** y **hierro**, y es más densa en comparación con la corteza continental.



# Formación de la corteza oceánica

La actividad tectónica genera muchos de los materiales de la corteza (zonas de rift).

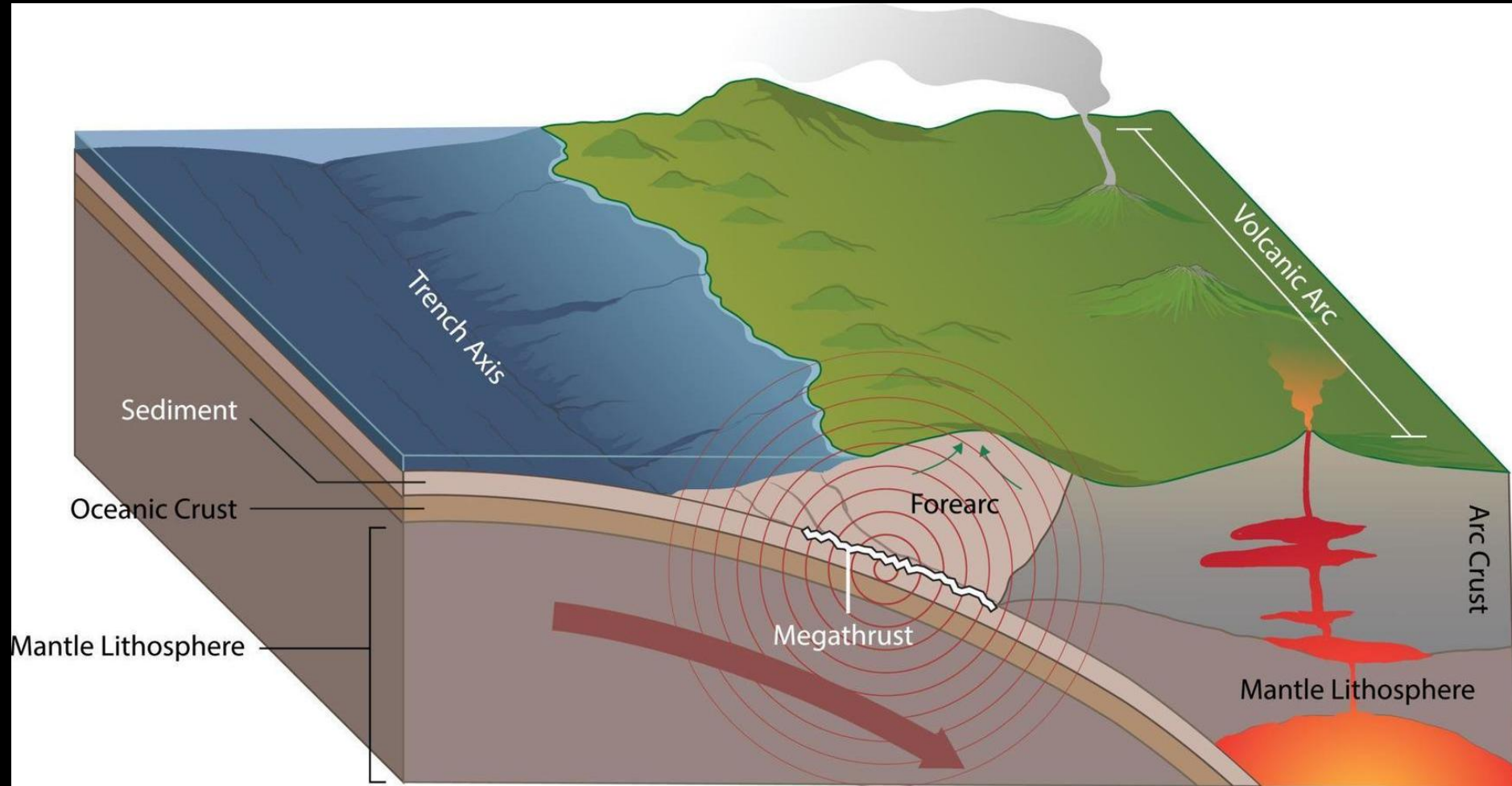
**Nueva corteza oceánica**



# Formación de corteza continental

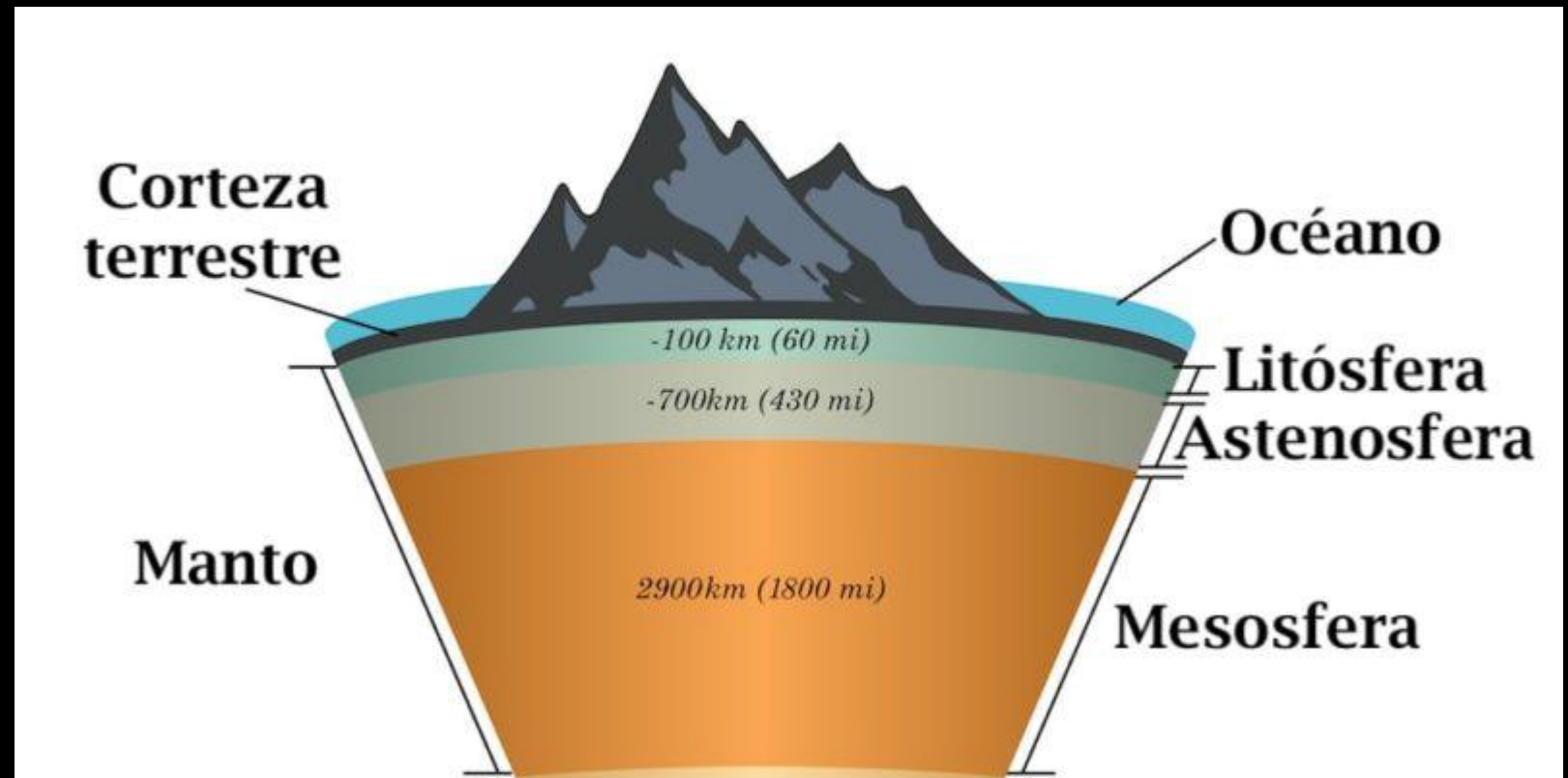
## Destrucción de la corteza oceánica

Rocas más densas se desplazan hacia abajo.



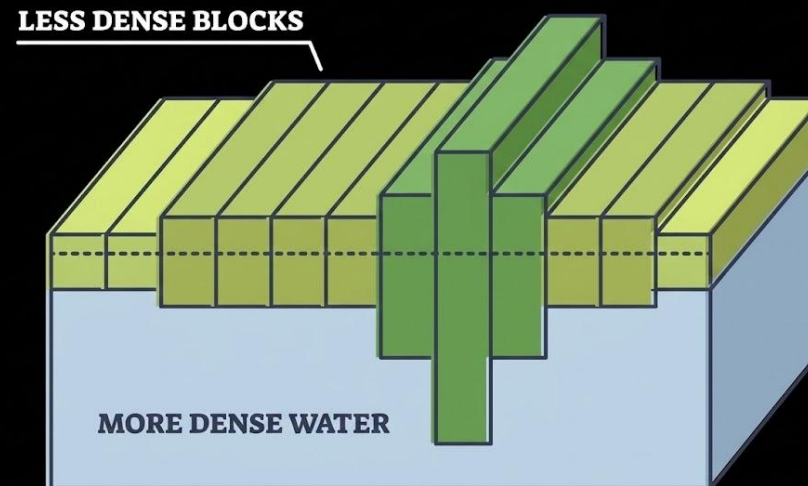
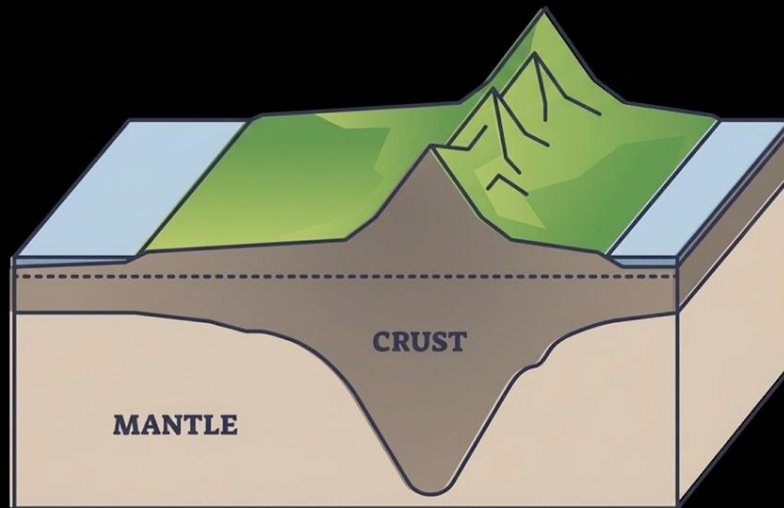
# Características de la corteza terrestre

La corteza terrestre exhibe propiedades físicas distintas al manto. Estas diferencias permiten que la corteza **'flote'** sobre el manto, que es más **maleable** y menos **denso**.



# Teoría de isostasia

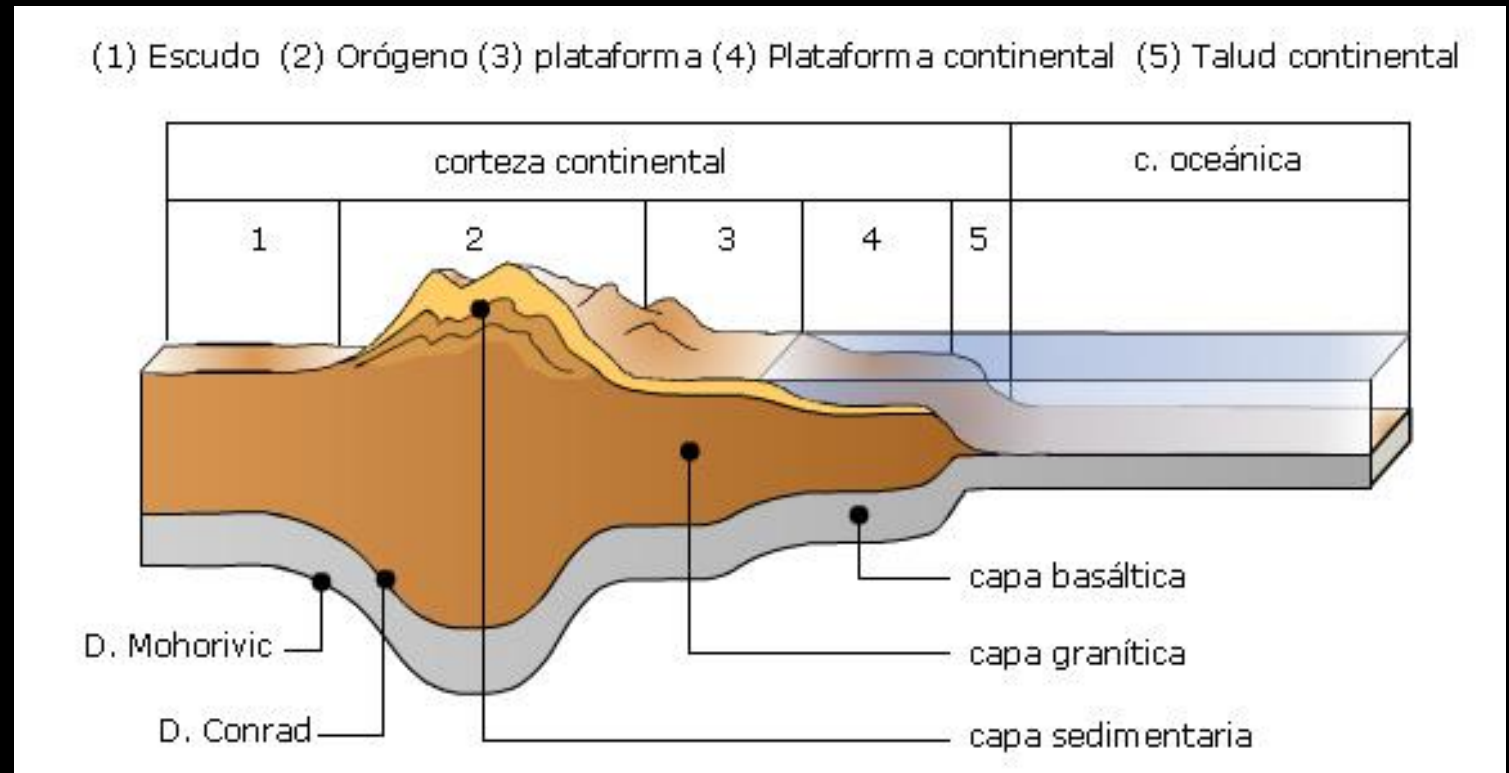
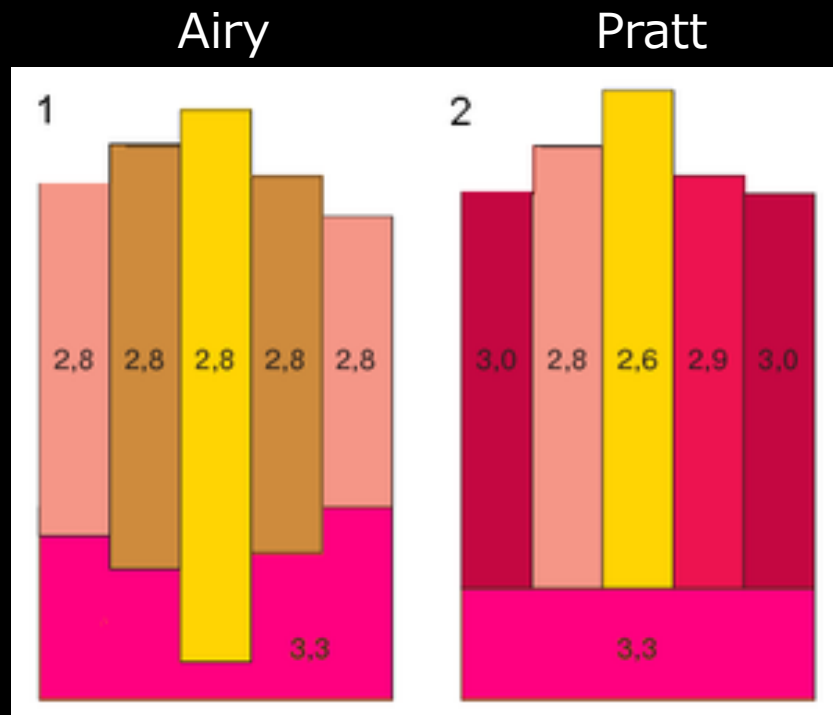
Se refiere al equilibrio de la corteza terrestre flotando sobre el manto terrestre.



Según esta teoría, la corteza terrestre se encuentra en un estado de **equilibrio isostático**, lo que significa que se comporta de manera similar a una **balsa flotante** sobre un líquido denso.

# Teoría de isostasia

La isostasia determina la elevación de la superficie terrestre en los continentes y la profundidad de las cuencas oceánicas.



# Rocas de la corteza terrestre



# Rocas de la corteza terrestre



# Bibliografía

- Anderson, D. L. (2007). *New theory of the Earth*. Cambridge University Press.
- Fowler, C. M. R. (2005). *The solid Earth: An introduction to global geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Kearey, P., Klepeis, K. A., & Vine, F. J. (2009). *Global tectonics* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.
- Lowrie, W. (2007). *Fundamentals of geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Marshak, S. (2019). *Earth: Portrait of a planet* (6th ed.). W. W. Norton & Company.
- Press, F., & Siever, R. (2001). *Understanding Earth* (3rd ed.). W. H. Freeman.
- Skinner, B. J., Porter, S. C., & Park, J. (2004). *Dynamic Earth: An introduction to physical geology* (5th ed.). Wiley.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2020). *Earth: An introduction to physical geology* (13th ed.). Pearson.
- Turcotte, D. L., & Schubert, G. (2014). *Geodynamics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Watts, A. B. (2001). *Isostasy and flexure of the lithosphere*. Cambridge University Press.