



Ingeniería Geotécnica y Geológica

Geodinámica interna y externa del planeta

Dr. Ing. Civil Gustavo Bogado
Mgter. Ing. Reinert Hugo Orlando
Ing. Gross Marcelo



La geodinámica explica cómo cambia el planeta

Geodinámica interna

Procesos impulsados por la energía del interior terrestre: tectónica de placas, magmatismo, vulcanismo, sismicidad y metamorfismo.

Geodinámica externa

Procesos que modelan la superficie mediante meteorización, erosión, transporte y sedimentación.

La interacción de ambos sistemas controla el relieve, los materiales geológicos y las condiciones del terreno.

Cuatro procesos transforman continuamente la superficie

Meteorización

1

Descompone la roca por acción física, química y biológica.

Erosión

2

Remueve los materiales alterados.

Transporte

3

Desplaza sedimentos por agua, viento, hielo o gravedad.

Sedimentación

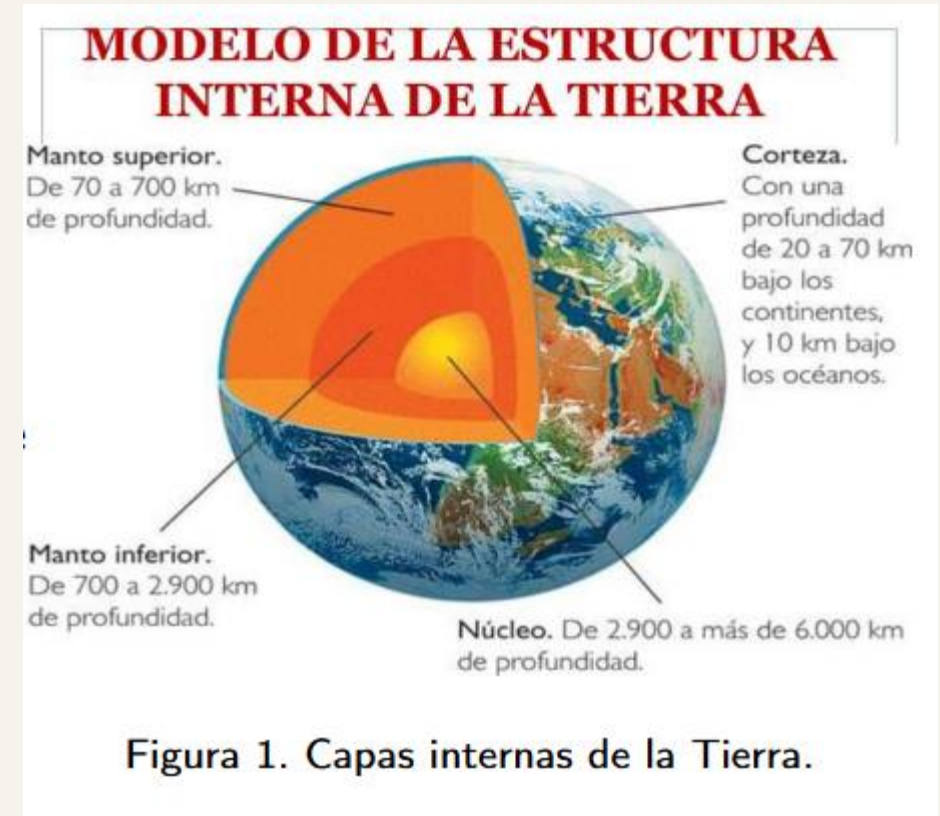
4

Deposita los materiales en nuevos ambientes.

La Tierra está organizada en capas con propiedades diferentes

La diferenciación gravitacional durante la formación del planeta produjo una estructura interna estratificada.

- Corteza: capa superficial
- Manto: mayor volumen del planeta
- Núcleo: región metálica interna



CORTEZA

La corteza es el ámbito directo de la ingeniería civil

La corteza es la capa más superficial y delgada de la Tierra. Es el medio donde se desarrollan todos los procesos geotécnicos y donde actúa la ingeniería civil

Se distinguen dos tipos principales:

- Corteza continental: mayor espesor (30–70 km), composición granítica.
- Corteza oceánica: menor espesor (5–10 km), composición basáltica.

Su heterogeneidad y evolución geológica condicionan el comportamiento de los suelos y las rocas.

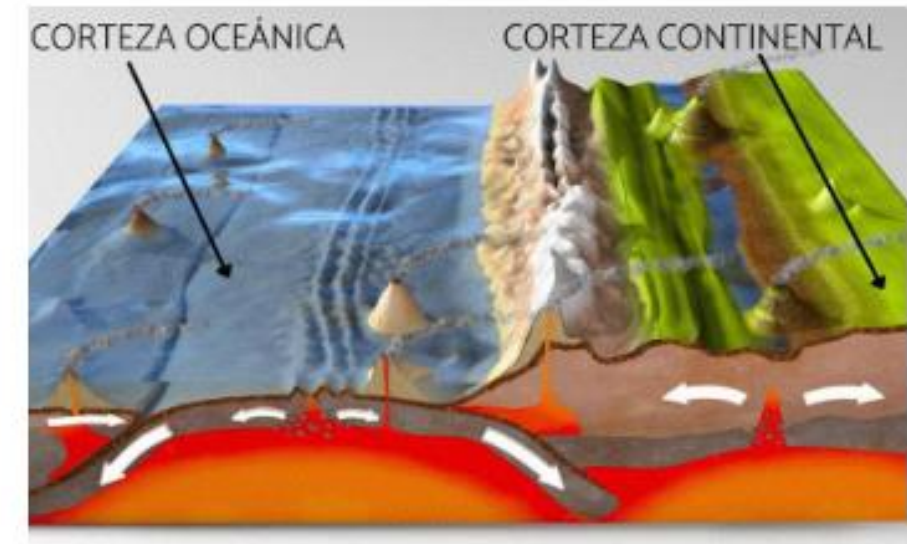


Figura 2. Corteza continental y oceánica.

MANTO

El manto transmite la energía que mueve las placas

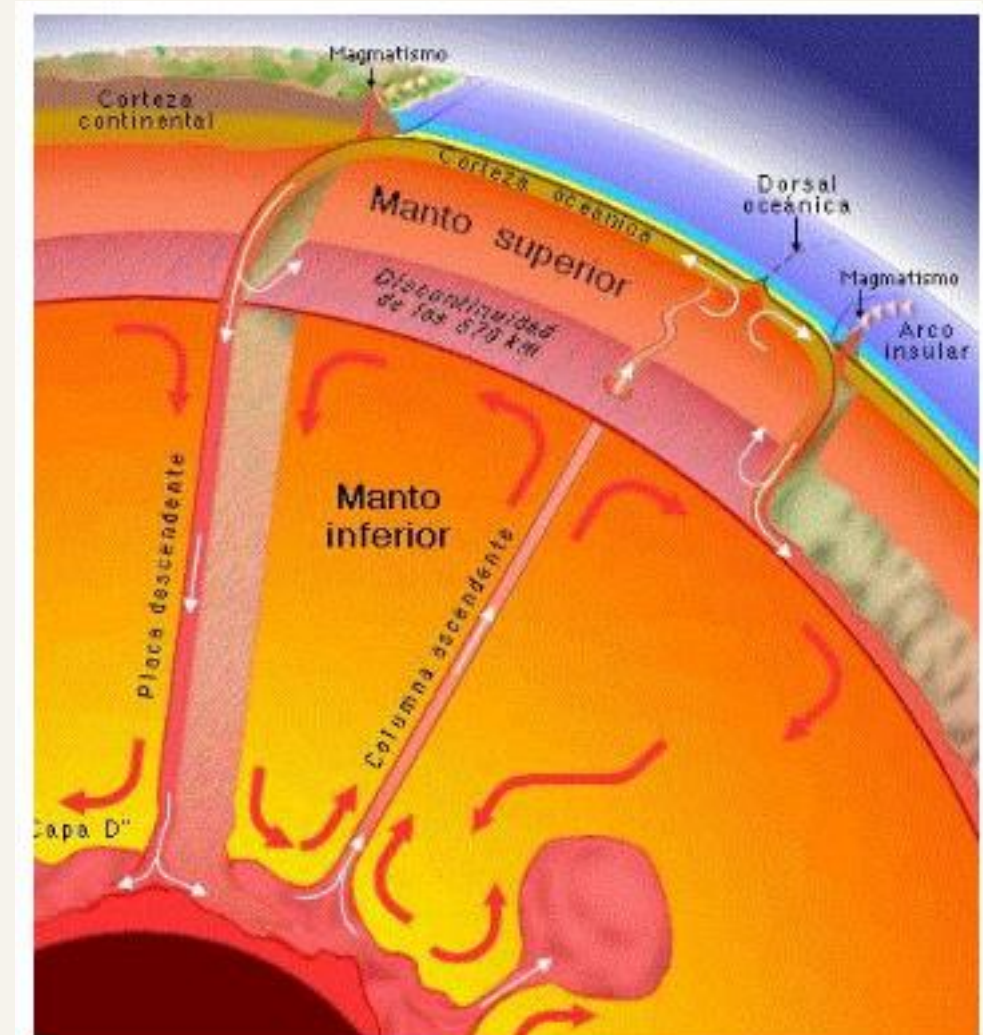
El manto es la capa más extensa de la Tierra, alcanzando aproximadamente 2900 km de profundidad.

Está compuesto por silicatos ricos en hierro y magnesio y presenta un comportamiento sólido con capacidad de deformación plástica a largo plazo.

En el manto se desarrollan corrientes de convección que controlan el movimiento de las placas tectónicas.

Se divide en:

- Manto superior
- Manto inferior



NÚCLEO

El núcleo combina un exterior líquido y un interior sólido

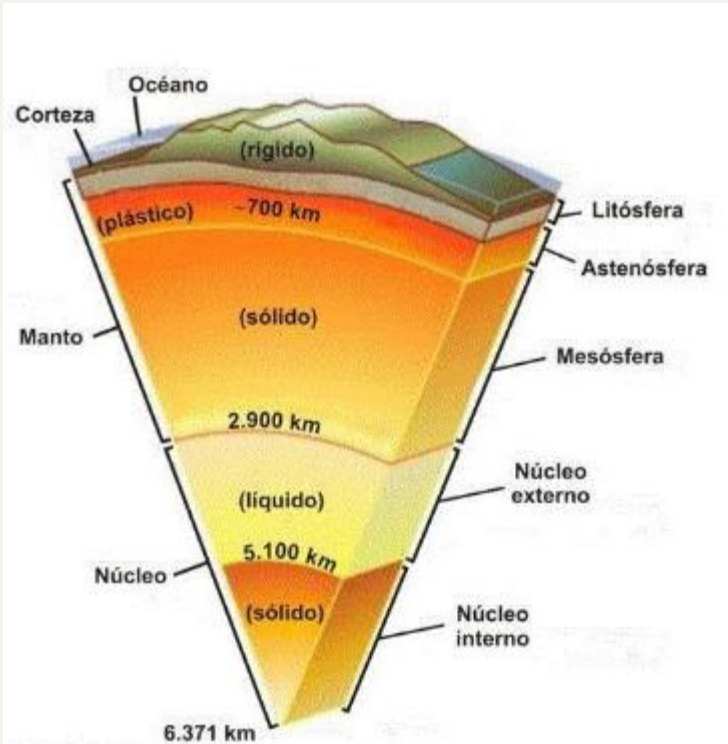


Figura 4. Núcleo interno y externo.

Núcleo externo

Estado líquido. Su movimiento participa en la generación del campo magnético terrestre.

Núcleo interno

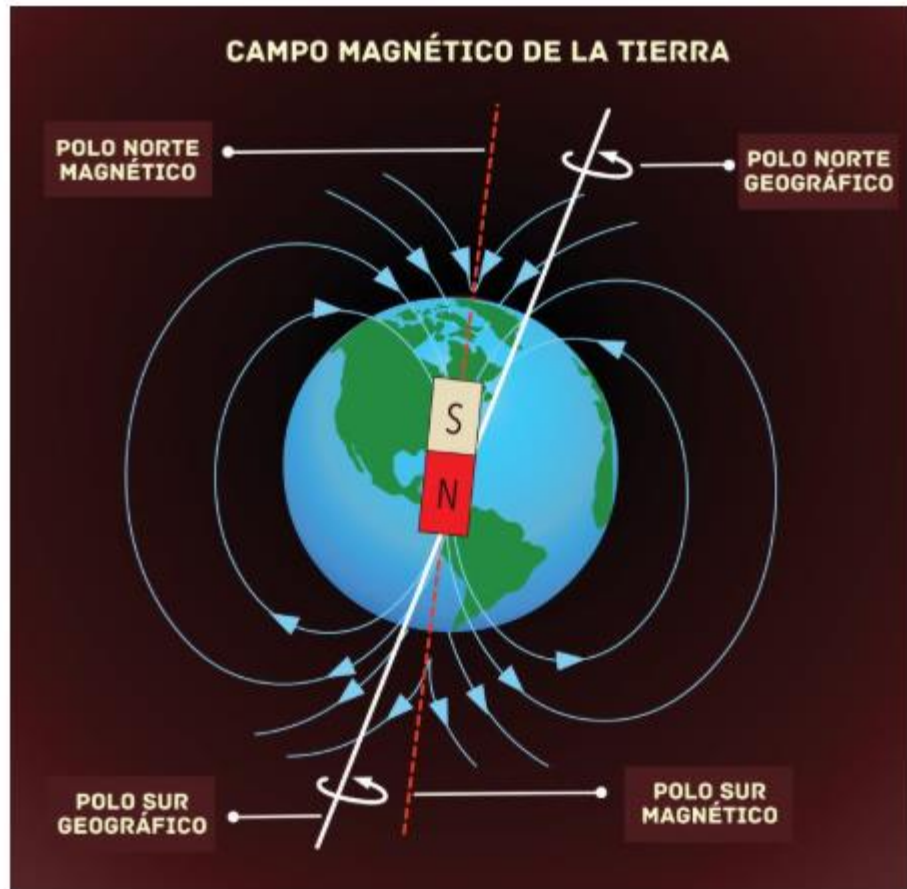
Estado sólido debido a las enormes presiones, aun bajo temperaturas extremas.

El movimiento del núcleo externo está asociado a la generación del campo magnético terrestre.

Las condiciones extremas de presión y temperatura controlan su comportamiento.

CAMPO MAGNETICO TERRESTE

El campo magnético terrestre o campo geomagnético se genera en el interior la Tierra y se extiende hacia el espacio exterior



El movimiento del núcleo externo está asociado a la generación del campo magnético terrestre.

¿Cómo se genera?

El movimiento del hierro líquido en el núcleo externo produce corrientes eléctricas que originan el campo magnético.

¿Qué función cumple?

Desvía gran parte del viento solar y ayuda a proteger la atmósfera y la vida en la Tierra.

Polos magnéticos

Los polos magnéticos no coinciden exactamente con los polos geográficos y cambian lentamente de posición con el tiempo.

COMPORTAMIENTO MECÁNICO

La estructura mecánica describe cómo se deforman las capas

Litosfera

Rígida: corteza + parte del manto superior

Astenosfera

Plástica: permite el movimiento de las placas

Mesosfera

Manto profundo con mayor rigidez

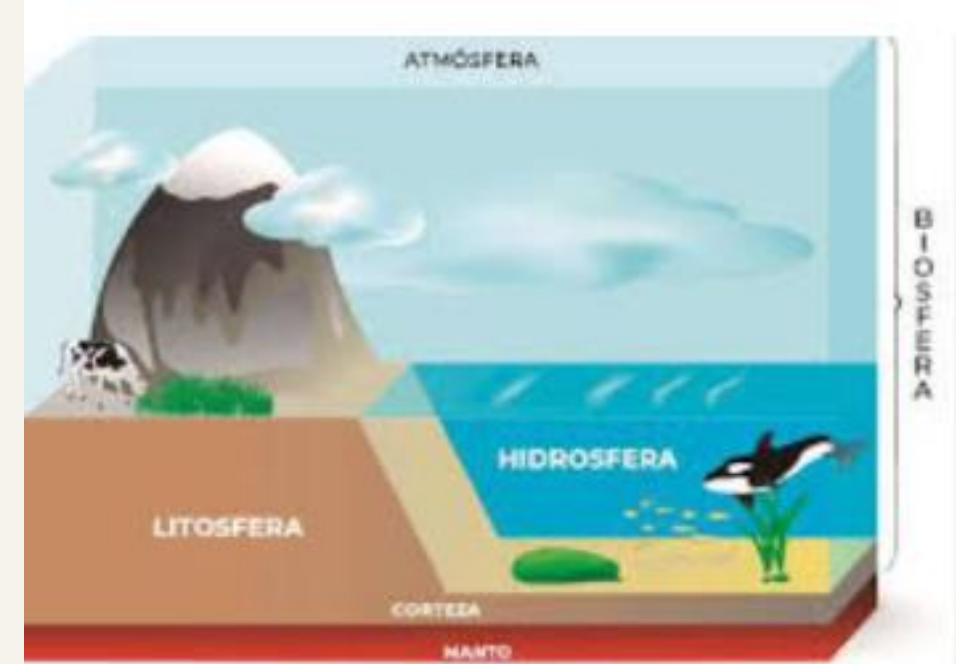


Figura 5. División mecánica de la Tierra.

Esta división es la base para comprender la tectónica de placas.

El vulcanismo libera material y energía desde el interior

El magma, los gases y los fragmentos sólidos ascienden y pueden alcanzar la superficie terrestre.

Definición El vulcanismo es el conjunto de procesos mediante los cuales el material rocoso fundido (magma), los gases y fragmentos sólidos son expulsados desde el interior de la Tierra hacia la superficie.

Importancia

- Manifestación directa de la energía interna del planeta
- Principal mecanismo de formación de la corteza terrestre

Energía interna

Es una manifestación directa del calor del planeta.

Nueva corteza

Contribuye a formar y renovar materiales corticales.

CICLO DEL MAGMA

El magma se genera por tres mecanismos principales

Descompresión

Disminuye la presión, especialmente en dorsales oceánicas.

Aumento térmico

Las plumas mantélicas aportan calor desde zonas profundas.

Ingreso de volátiles

El agua y otros volátiles favorecen la fusión en zonas de subducción.

El magma contiene roca fundida, cristales en suspensión y gases como H_2O , CO_2 y compuestos de azufre.



EVOLUCIÓN DEL MAGMA

El magma cambia mientras asciende hacia la superficie

- 
- La flotabilidad impulsa el ascenso
 - Las fracturas funcionan como vías de circulación
 - La cámara magmática modifica la composición
 - La diferenciación continúa antes de la erupción

Composición del magma

- Roca fundida
- Cristales en suspensión
- Gases (H₂O, CO₂, azufre)

ASCENSO



Los límites de placas concentran la mayor parte del vulcanismo

95 % del vulcanismo ocurre en límites de placas



Límites divergentes

Ascenso de magma y creación de corteza oceánica.

Límites convergentes

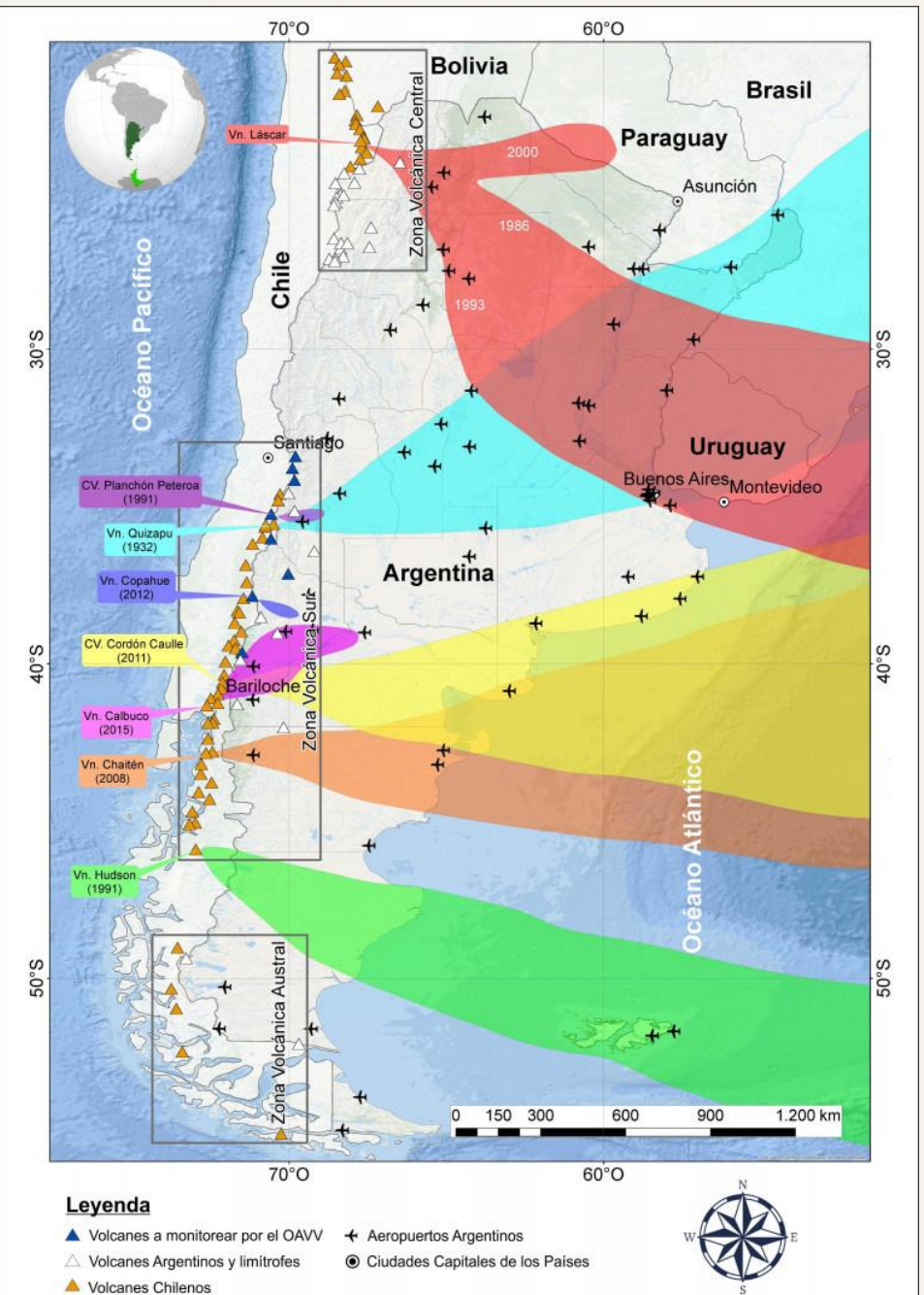
Subducción y volcanes frecuentemente explosivos.

Ambientes intraplaca

Puntos calientes asociados con plumas mantélicas.

Vulcanismos en Argentina

El vulcanismo en Argentina se concentra principalmente a lo largo de la cordillera de los Andes, producto de la subducción de la placa de Nazca. El país alberga más de 30 volcanes del Holoceno (con actividad en los últimos 10.000 años), destacando por zonas de alta concentración y peligrosidad



CLASIFICACIÓN DE ERUPCIONES

La viscosidad y los gases controlan el estilo eruptivo

Hawaiana	Lava muy fluida · tranquila
Estromboliana	Explosiones moderadas
Vulcaniana	Explosiva · abundante ceniza
Pliniana	Extremadamente violenta

Menor explosividad

Mayor
explosividad

Los peligros volcánicos actúan a distintas escalas

Flujos piroclásticos

Muy rápidos y altamente destructivos

Lahares

Flujos de lodo que siguen valles y cauces

Ceniza

Daños regionales en salud, infraestructura y transporte

Clima

Grandes erupciones pueden producir enfriamiento temporal

La sismicidad refleja la liberación súbita de energía

Un sismo se produce cuando las tensiones acumuladas superan la resistencia de las rocas y generan una ruptura.

- Hipocentro: punto donde se inicia la ruptura.
- Epicentro: proyección del hipocentro sobre la superficie.
- Ondas sísmicas: transportan la energía liberada.

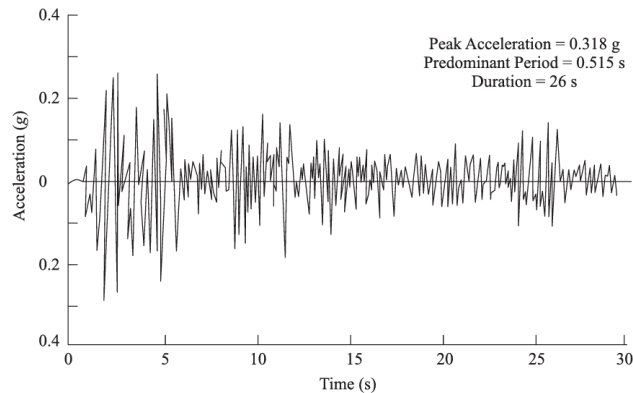
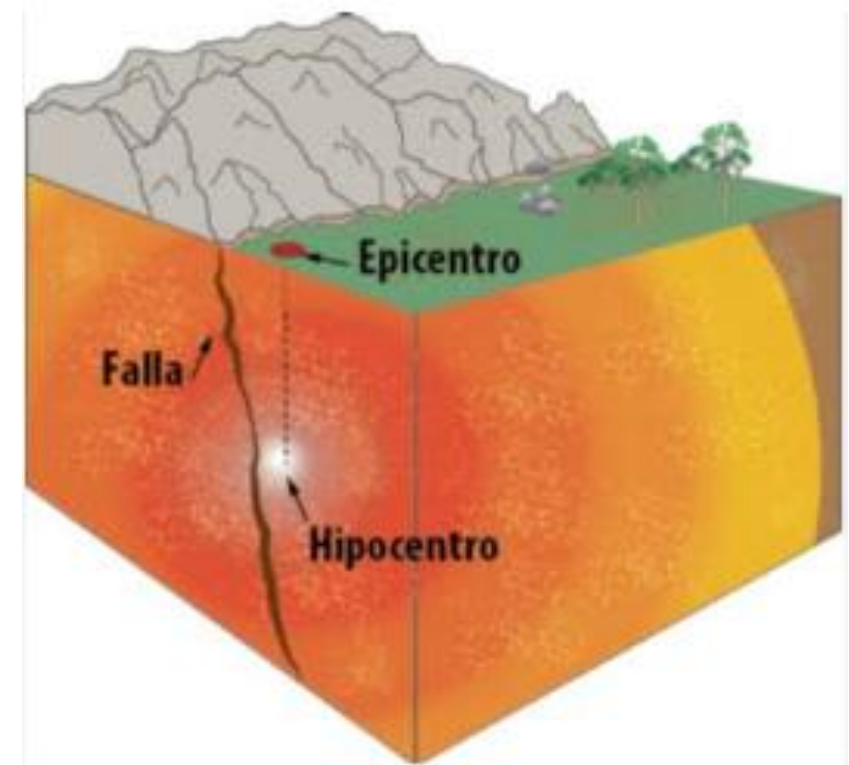


Figure 1.3 Accelerogram of El Centro, California, earthquake of May 18, 1940 (N-S component)



La distribución espacial y temporal de los sismos define la sismicidad de una región.

La sismicidad refleja la liberación súbita de energía



Daños.

FALLAS GEOLOGICAS

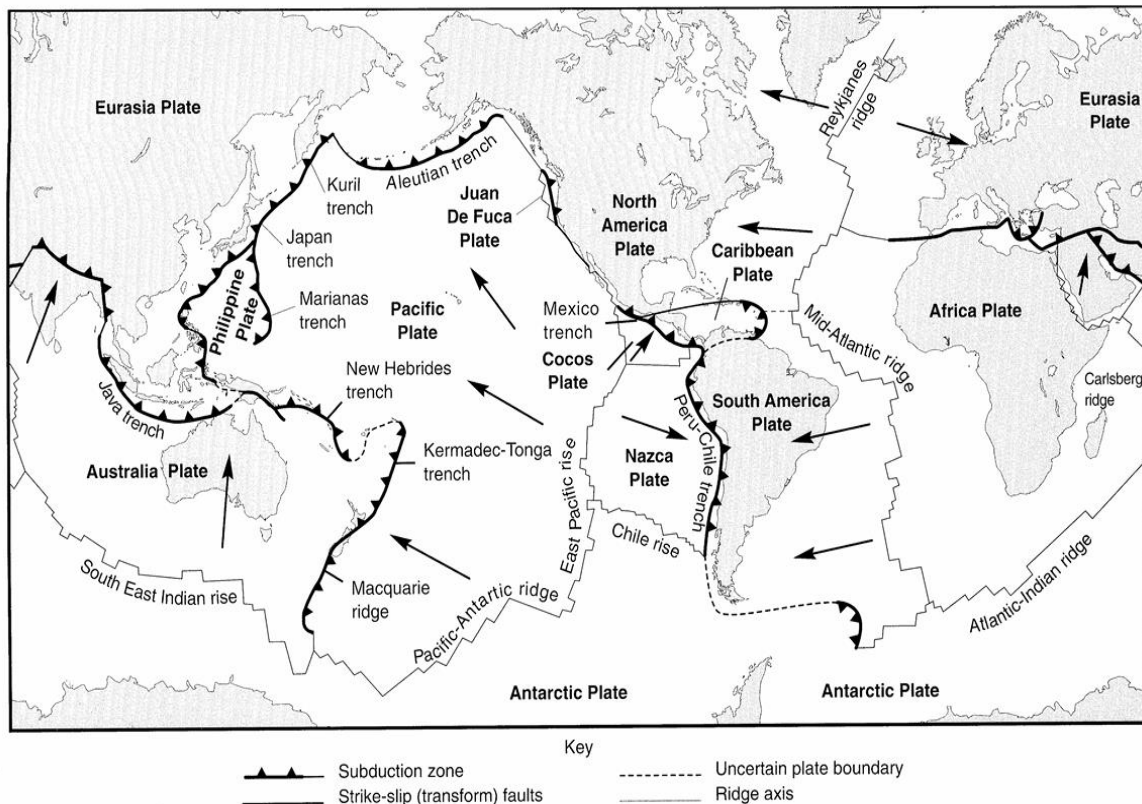


Figure 2.9 The major tectonic plates, mid-oceanic ridges, trenches, and transform faults of the earth. Arrows indicate directions of plate movement. (After Fowler, 1990.)

FALLAS GEOLOGICAS EN EL MUNDO

Una **falla geológica** es una fractura o zona de rupturas en las rocas de la corteza terrestre, a lo largo de la cual se ha producido el desplazamiento de uno de los bloques respecto al otro.

Características Principales

- **Origen de terremotos:** El movimiento brusco y repentino de estos bloques libera energía acumulada en forma de ondas sísmicas.
- **Fricción constante:** Las placas tectónicas ejercen presión continuamente, pero la fricción mantiene los bloques trabados hasta que la roca cede y se desplaza.
- **Plano de falla:** Es la superficie real de la rotura sobre la cual se deslizan los bloques de roca afectados.

SISMOS REGISTRADOS

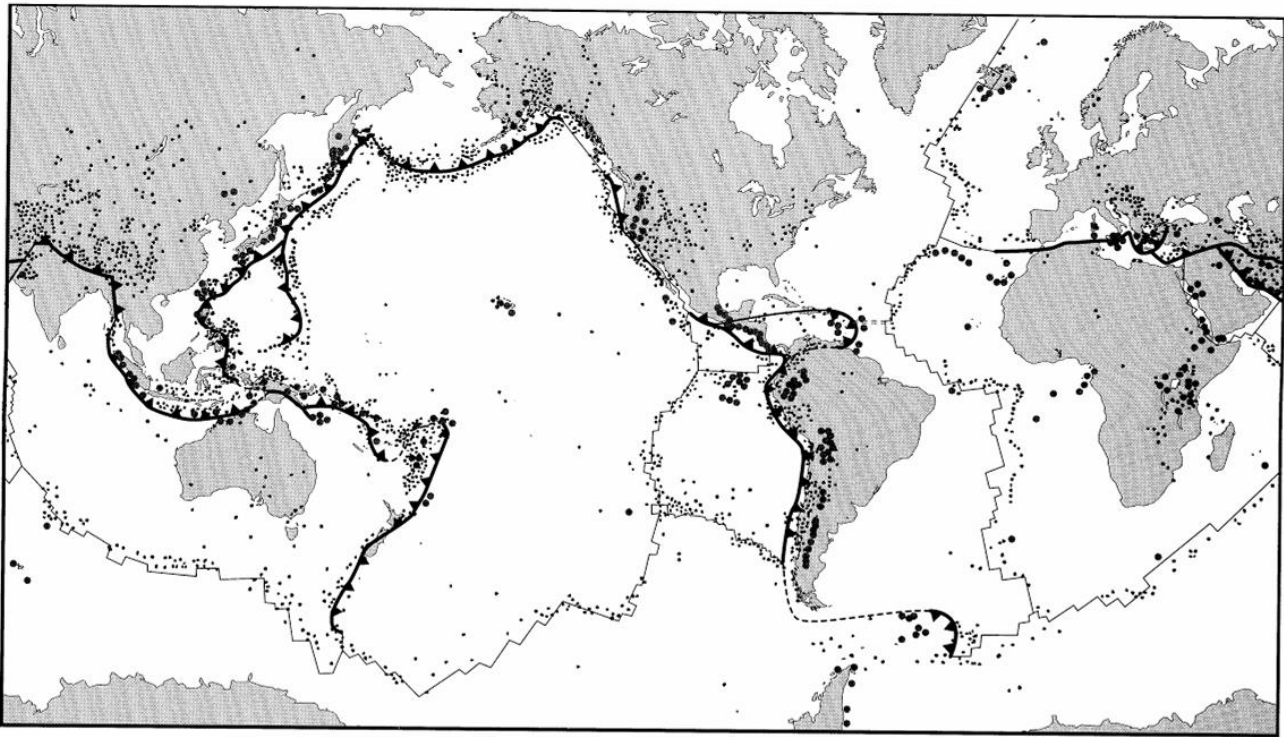
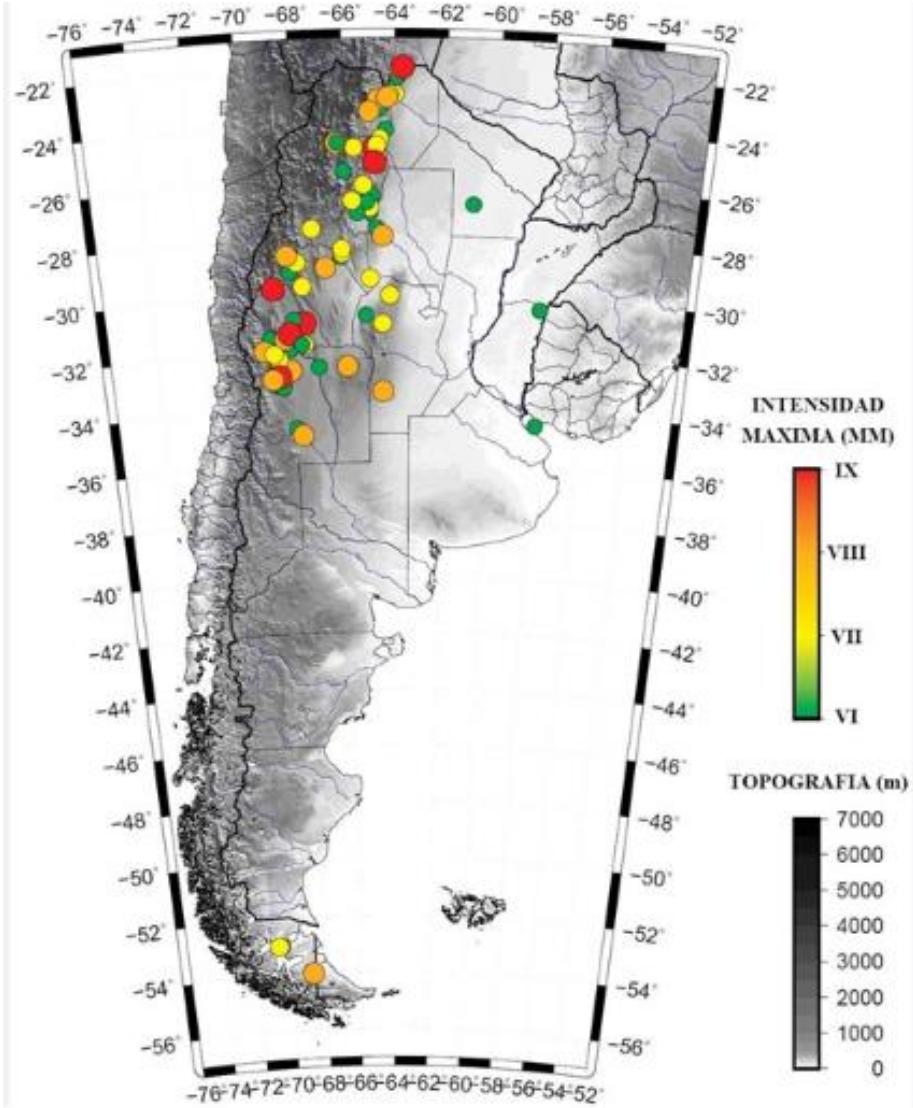


Figure 2.10 Worldwide seismic activity. The dots represent the epicenters of significant earthquakes. It is apparent that the locations of the great majority of earthquakes correspond to the boundaries between plates. (After Bolt, 1988.)

SISMOS EN EL MUNDO



SISMOS EN ARGENTINA

Tabla actualizada de sismos basada en datos del USGS.

Puesto	Fecha	Lugar	Magnitud (Mw)
1	22/05/1960	Valdivia–Biobío, Chile	9,5
2	28/03/1964	Prince William Sound, Alaska, EE. UU.	9,2
3	26/12/2004	Sumatra–Andamán, Indonesia	9,1
4	11/03/2011	Tōhoku, Japón	9,1
5	04/11/1952	Kamchatka, Rusia	9,0
6	29/07/2025	Kamchatka, Rusia	8,8
7	27/02/2010	Maule–Biobío, Chile	8,8
8	31/01/1906	Ecuador–Colombia	8,8
9	04/02/1965	Islas Rat, Alaska, EE. UU.	8,7
10	15/08/1950	Assam–Tíbet, India–China	8,6

https://www.usgs.gov/media/images/10-largest-earthquakes-ever-recorded-updated-2025?utm_source=chatgpt.com

Diez mayores sismos registrados en Argentina

Puesto	Fecha	Región afectada o epicentral	Magnitud reportada	Intensidad máxima
1	17/12/1949	Tierra del Fuego, zona fronteriza argentino-chilena	7,7	VIII
2	17/12/1949	Tierra del Fuego, segundo sismo del mismo día	7,6	VIII
3	27/10/1894	Noroeste de San Juan	7,5	IX
4	15/01/1944	San Juan	7,4 aprox.	IX
5	23/11/1977	Caucete, San Juan	7,4	IX
6	28/05/1955	Villa Giardino, Córdoba	7,3	VI
7	20/03/1861	Mendoza	7,2	IX–X
8	14/04/1927	Mendoza	7,1	VIII
9	25/08/1948	Salta	7,0	IX
10	11/06/1952	San Juan	7,0	VIII

<https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/5080>

<https://www.argentina.gob.ar/inpres/docentes-y-alumnos/terremotos-historicos-ocurridos-en-la-republica-argentina>

La magnitud mide la energía liberada por el sismo

Magnitud de momento (Mw)

Escala más utilizada para sismos moderados y grandes. Se calcula a partir del momento sísmico y no se satura fácilmente.

Magnitud local (ML)

Escala original de Richter. Se basa en la amplitud registrada y es útil principalmente para sismos locales.

Otras magnitudes

mb utiliza ondas internas y Ms ondas superficiales. Pueden saturarse en eventos grandes.

La escala es logarítmica

+1 unidad de magnitud $\approx$ 10 veces mayor amplitud y aproximadamente 32 veces más energía liberada.



Magnitud e intensidad describen aspectos diferentes

Magnitud

Valor único para cada sismo. Representa la energía liberada en la fuente y se obtiene mediante registros instrumentales.

Intensidad

Varía según el lugar. Describe los efectos observados sobre personas, construcciones y terreno.

Escala de Mercalli Modificada (MMI)

I–III

Débil

IV–VI

Moderada

VII–IX

Fuerte

X–XII

Extrema

Para la ingeniería, la intensidad ayuda a relacionar el movimiento sísmico con daños reales y condiciones locales del terreno.