



Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción

Fuentes Sísmicas

La Situación Tectónica en Chile - La Zona de Subducción Chilena - Estructura Térmica de una Zona de Subducción - Patrones de Sismicidad en Chile - Fallas Corticales en Chile - Fallas Sísmicas - Área de Ruptura - Magnitud de Richter - Magnitud de Superficie - Momento Sísmico - Magnitud de Momento - Preguntas Pendientes ...

Subduction zone models - <https://earthquake.usgs.gov/data/slab/>

IRIS - <https://www.iris.edu/hq/>

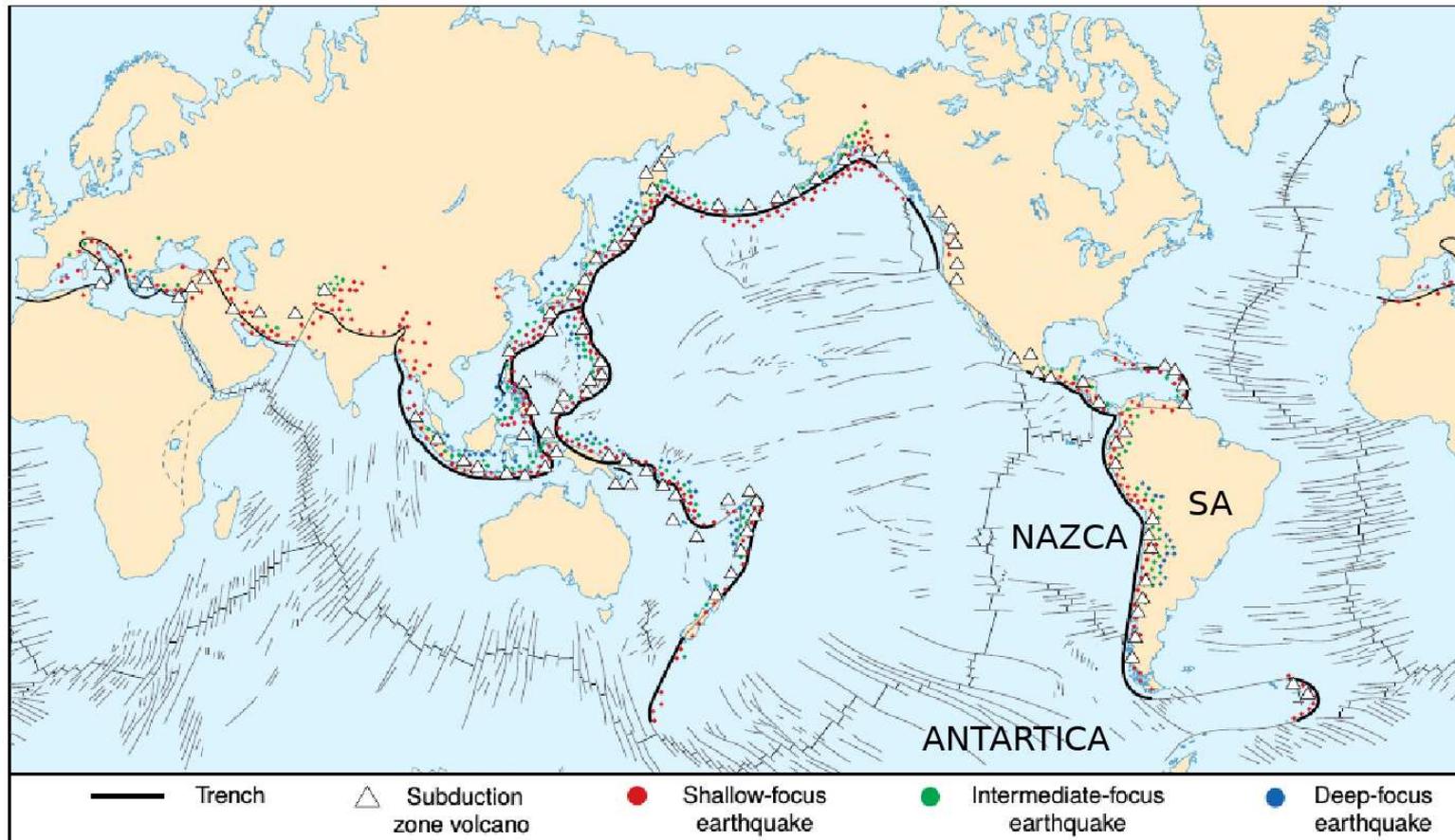
USGS- Earthquakes - <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>

CSN Chile - <http://www.sismologia.cl/>

OVDAS - <https://www.sernageomin.cl/red-nacional-de-vigilancia-volcanica/>

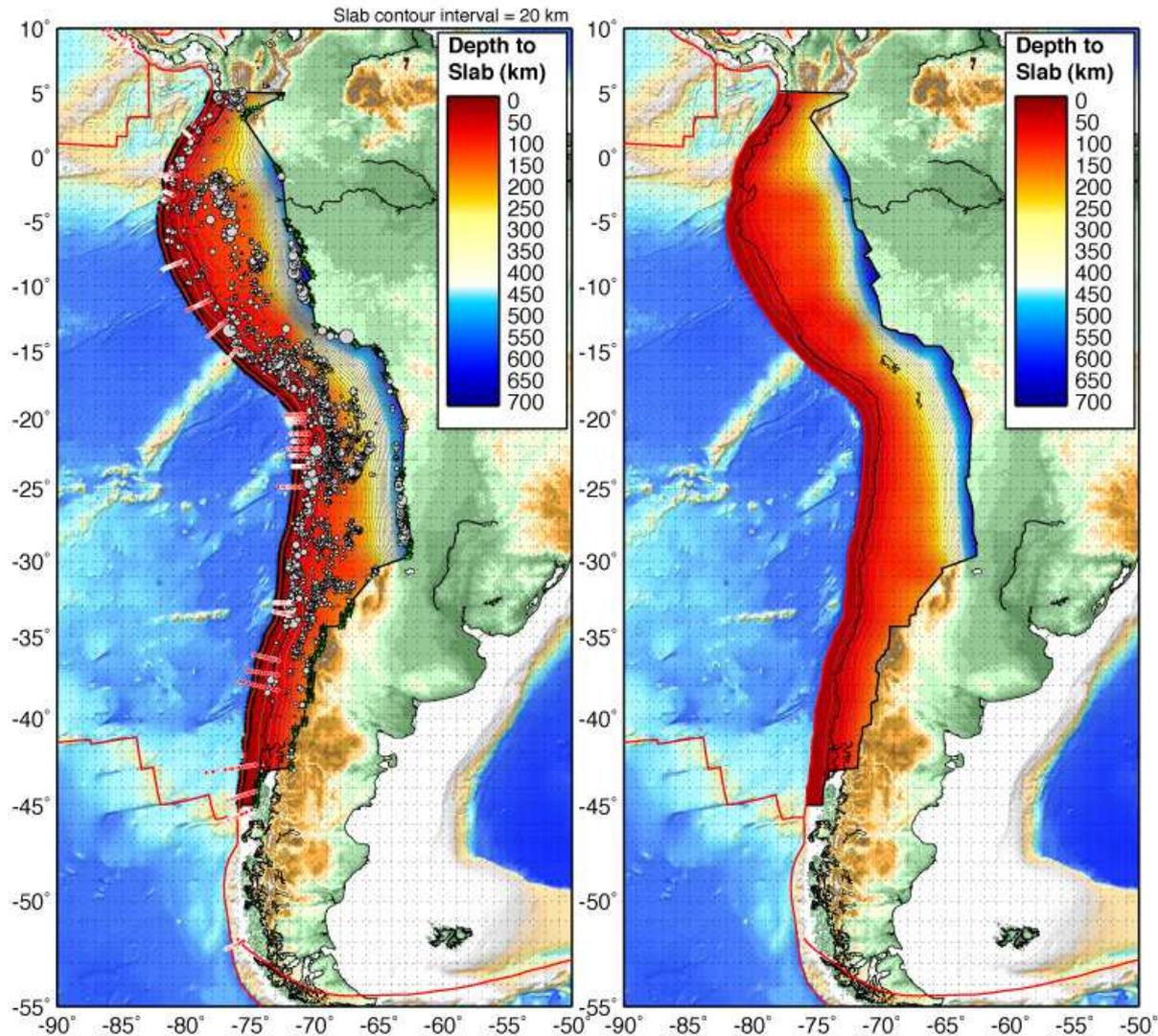
Pacific Tsunami Warning Centre - <https://ptwc.weather.gov/>

La Situación Tectónica en Chile



La Situación Tectónica en Chile

El modelo Slab1.0 indica la profundidad hacia la placa Nazca.

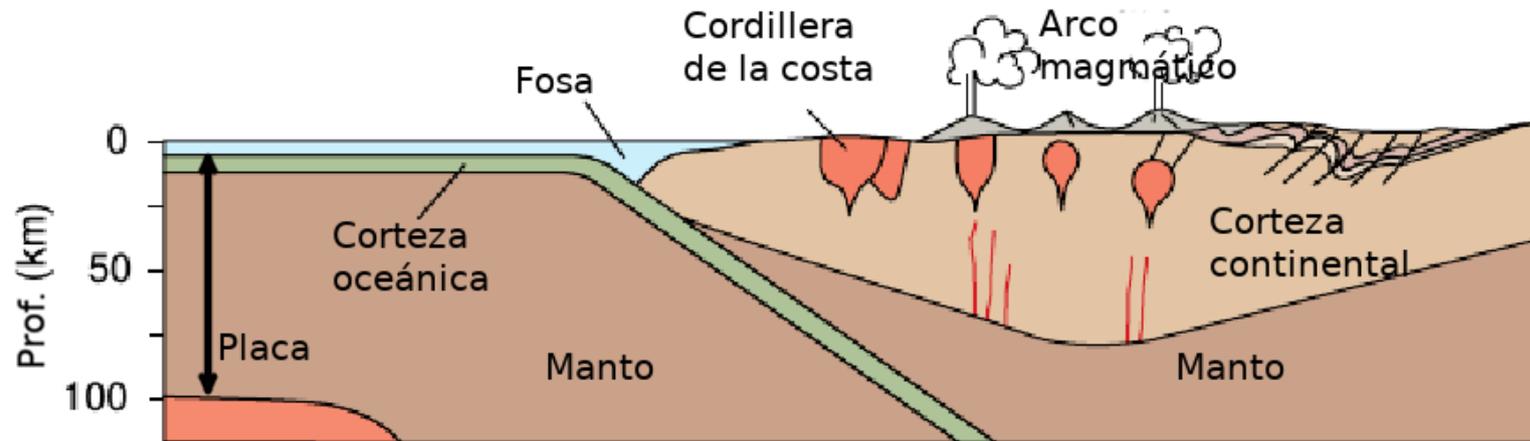


La Zona de Subducción Chilena

- El país de Chile es el mejor ejemplo de una zona de subducción en el mundo.
- Chile tiene el terremoto histórico con mayor magnitud. ¿Cuál?
- Chile tiene alta actividad sísmica, y es uno de los países con mayor cantidad de volcanes.



La Zona de Subducción Chilena

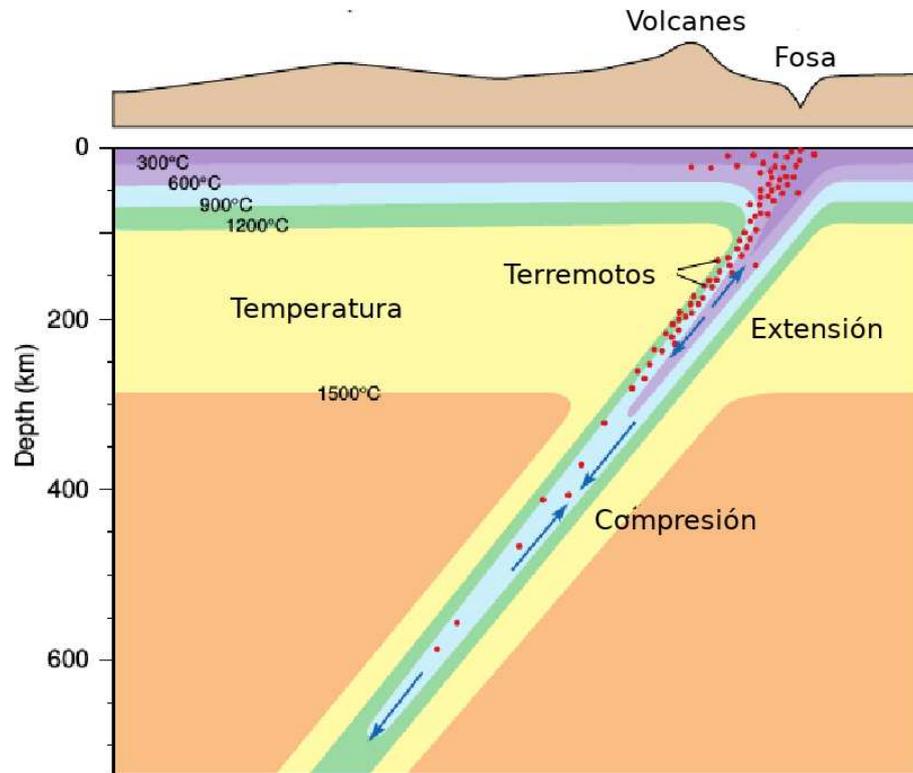


La figura muestra una esquemática de la subducción de la placa Nazca.

En la figura, asegure que se puede identificar la placa oceánica, la interfaz entre las placa oceánica y la placa continental, la zona que corresponde a la Cordillera de la Costa, la Cordillera de los Andes, y el arco magmático.

Estructura Térmica de Subducción

La temperatura a la cual el material del manto pierde su rigidez esta a $\sim 1200^{\circ}\text{C}$.



Mientras que subduce la placa oceánica, se calienta en el manto a través de conducción de calor. A una cierta profundidad se pierde su rigidez.

¿Cómo se define la rigidez? ¿Qué es un valor típico dentro de una placa?

Patrones de Sismicidad en Chile

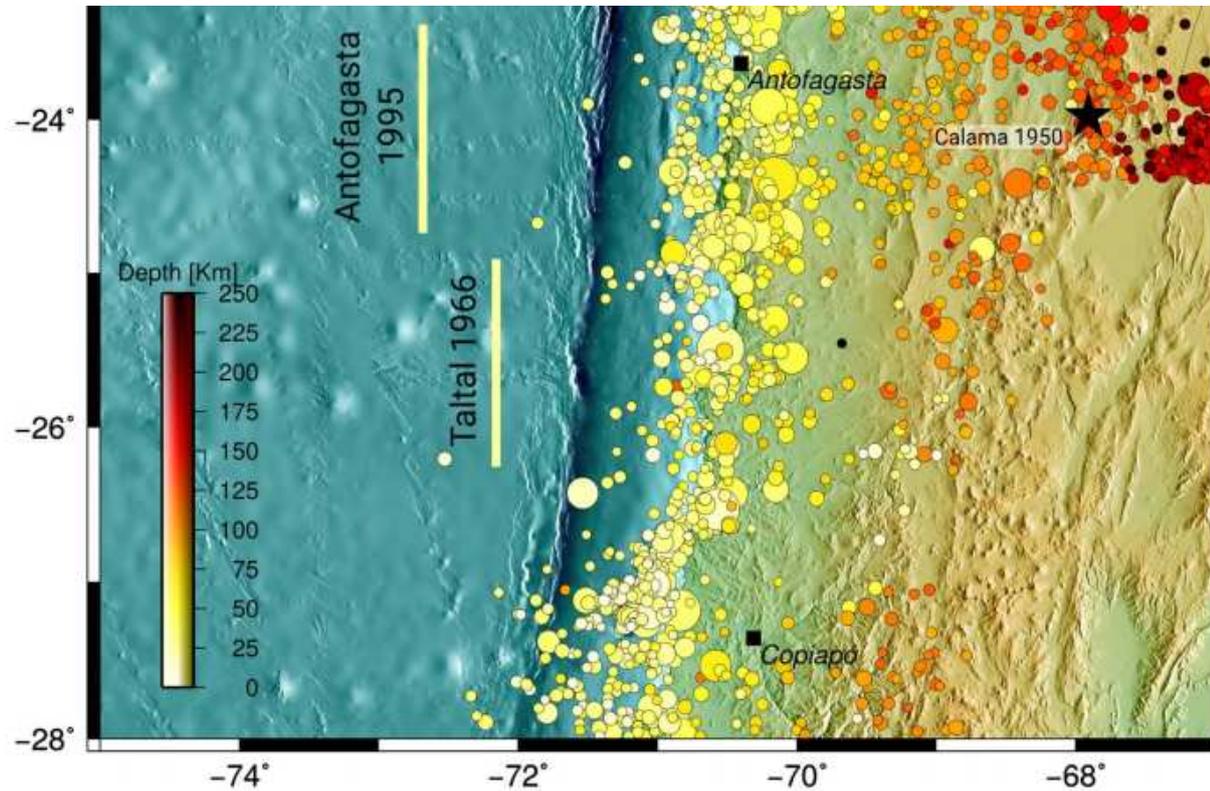
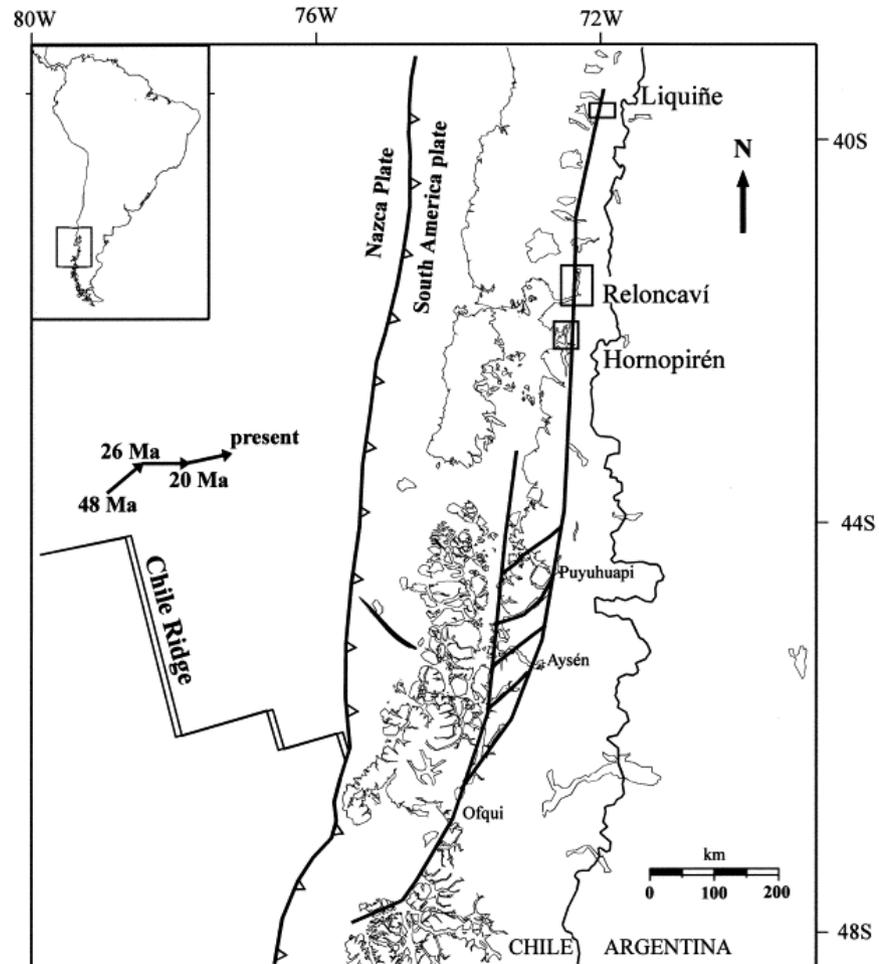


Imagen tomado de "Historical and recent large megathrust earthquakes in Chile". Ruiz, S. y Madariaga, R., Tectonophysics, 2018.

Fallas Corticales en Chile



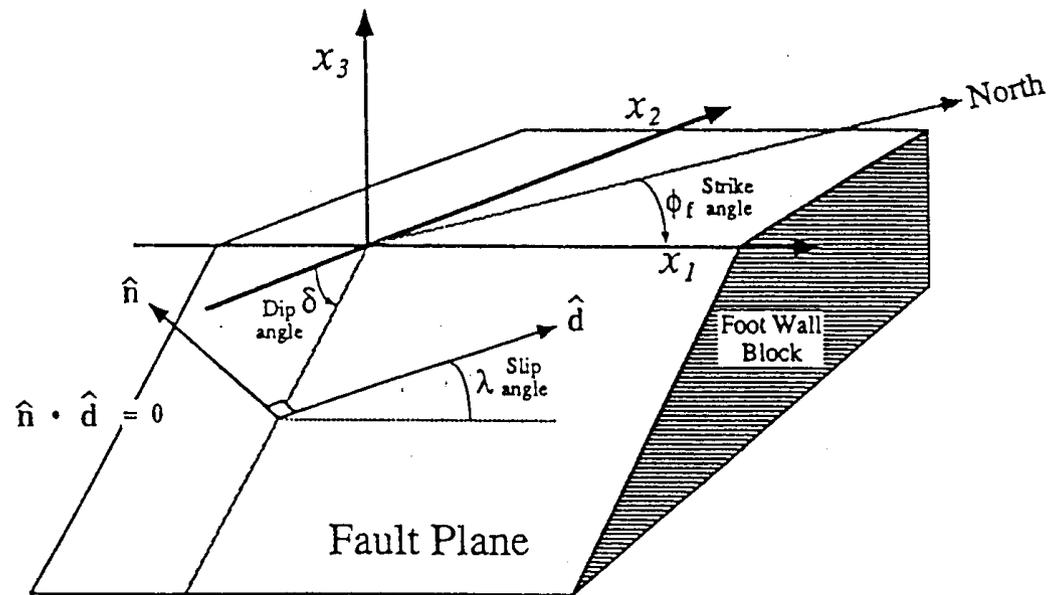
La Zona de Fallas de Liquiñe Ofqui existe por la subducción oblicua entre las placas Nazca y Sudamérica en estas latitudes.

Fallas Corticales en Chile



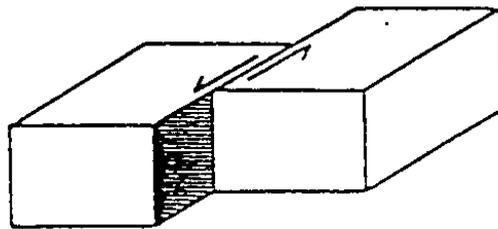
La Falla San Ramón tiene evidencia de deslizamientos del orden de 1 a 4 metros durante los últimos 10 ka.

Fallas Sísmicas

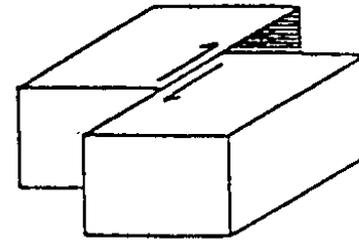


- \hat{n} - el vector normal al plano de la falla
- \hat{d} - el vector de deslizamiento
- ϕ_f - el rumbo (strike) de la falla que se mide en sentido horario desde el Norte ($0 - 360^\circ$)
- δ - el manteo/buzamiento (dip)
- λ - el ángulo de deslizamiento (rake), entre el eje x_1 y \hat{d} en el plano de la falla ($0 - 360^\circ$)

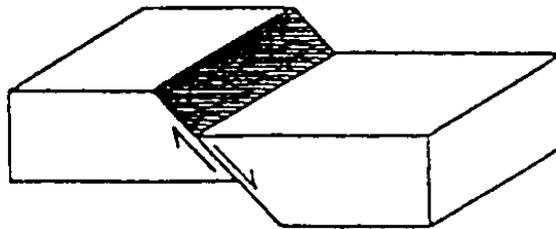
Fallas Sísmicas



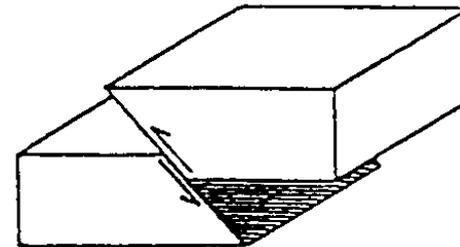
Left-lateral strike-slip fault



Right-lateral strike-slip fault



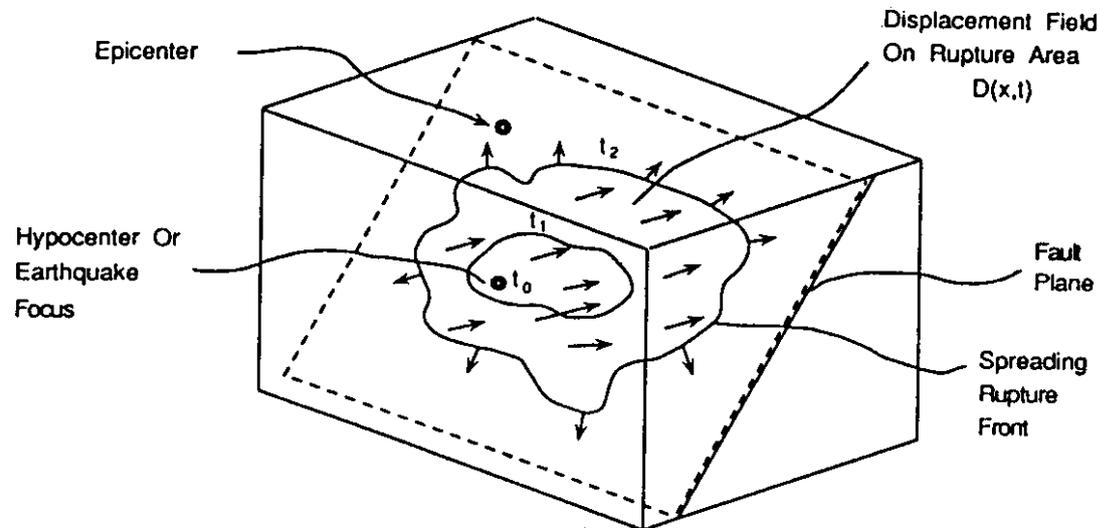
Normal dip-slip fault



Reverse dip-slip fault

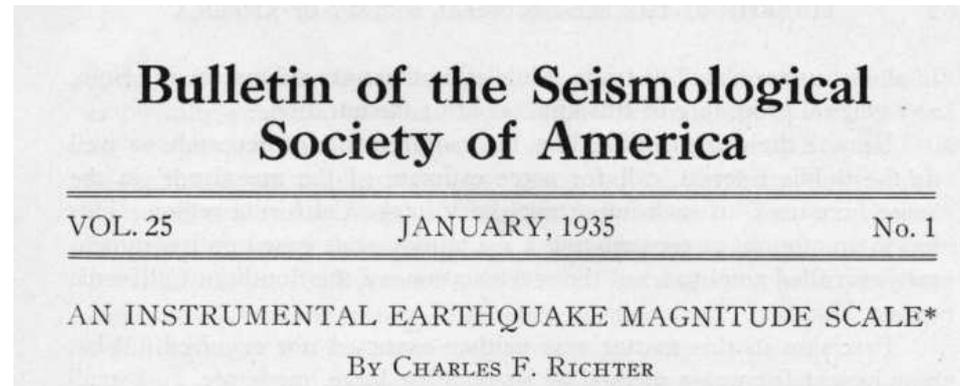
- Falla de desgarre (strike-slip). $\lambda = 0^\circ$: lateral-izquierda; $\lambda = 180^\circ$: lateral-derecha.
- Falla normal $\lambda = 270^\circ$ (extensión).
- Falla inversa $\lambda = 90^\circ$ (compresión).

Área de Ruptura



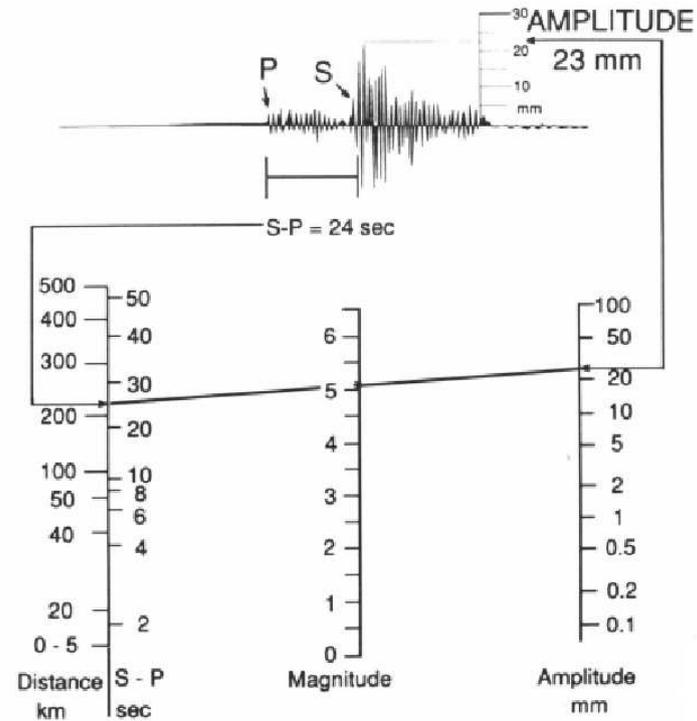
- En terremotos, el movimiento en la falla ocurre dentro de una área. Esta área puede estar miles de km^2 en el caso de terremotos grandes.
- El hipocentro es la posición, y el tiempo, donde ocurre el primer movimiento.
- El deslizamiento es la cantidad que mueve una placa con respecto a la otra. En terremotos muy grandes, el deslizamiento máximo puede estar hasta ~ 50 metros.
- La ruptura en un terremoto grande puede demorar minutos en ocurrir.

Magnitud de Richter



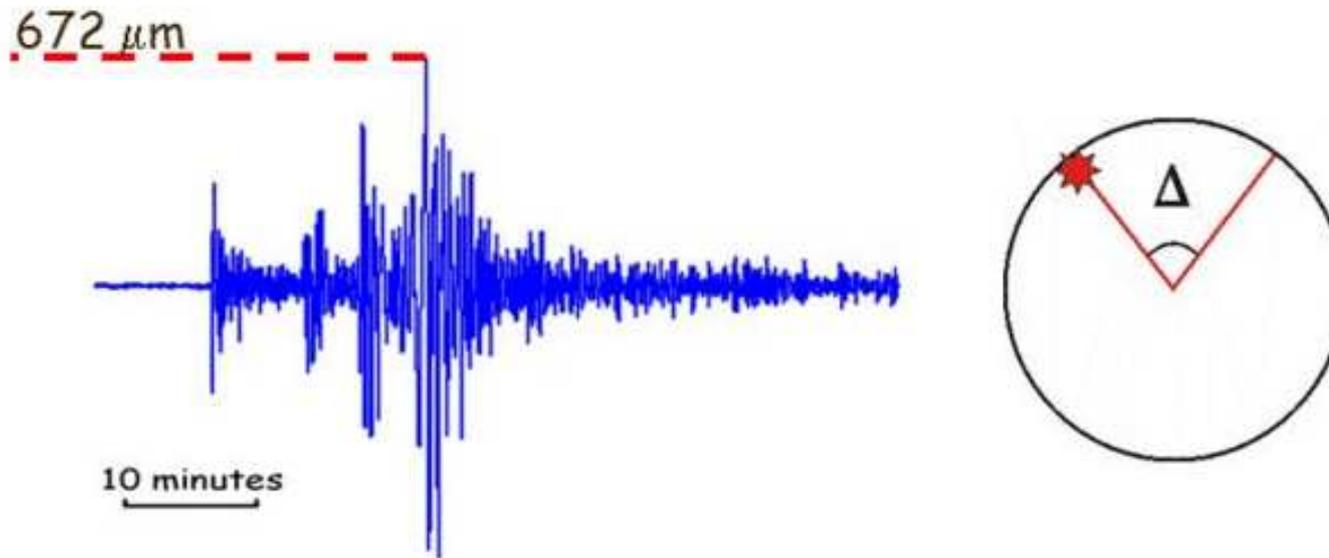
- La magnitud de Richter (1935) se determina por la amplitud de la onda S recibido por un sismómetro Wood-Anderson, y la distancia entre el epicentro y la estación.
- Es una escala logarítmica, es decir que la magnitud aumenta linealmente mientras que las distancias y amplitudes aumentan por factores de 10.
- Magnitud local (M_L) es una equivalente moderna.
- $M_L = \log A + 2.56 \log D - 1.67$ donde A es la amplitud de la oscilación en μm y D es la distancia epicentral en km.
- La magnitud de Richter/local se empieza saturar a una magnitud de ~ 4.5 .
- Entonces, en adición, la magnitud de onda de cuerpo (M_b), que usa la amplitud de la onda P a distancias mas grandes, se usa siempre hoy en día. (M_b) se empieza saturar a una magnitud de ~ 6.0 .

Magnitud de Richter



El gráfico muestra la cálculo de una magnitud Richter pre-computador. La amplitud medida es de la lápiz que se oscila en el sismómetro Wood-Anderson, que genera una traza en un tambor de papel.

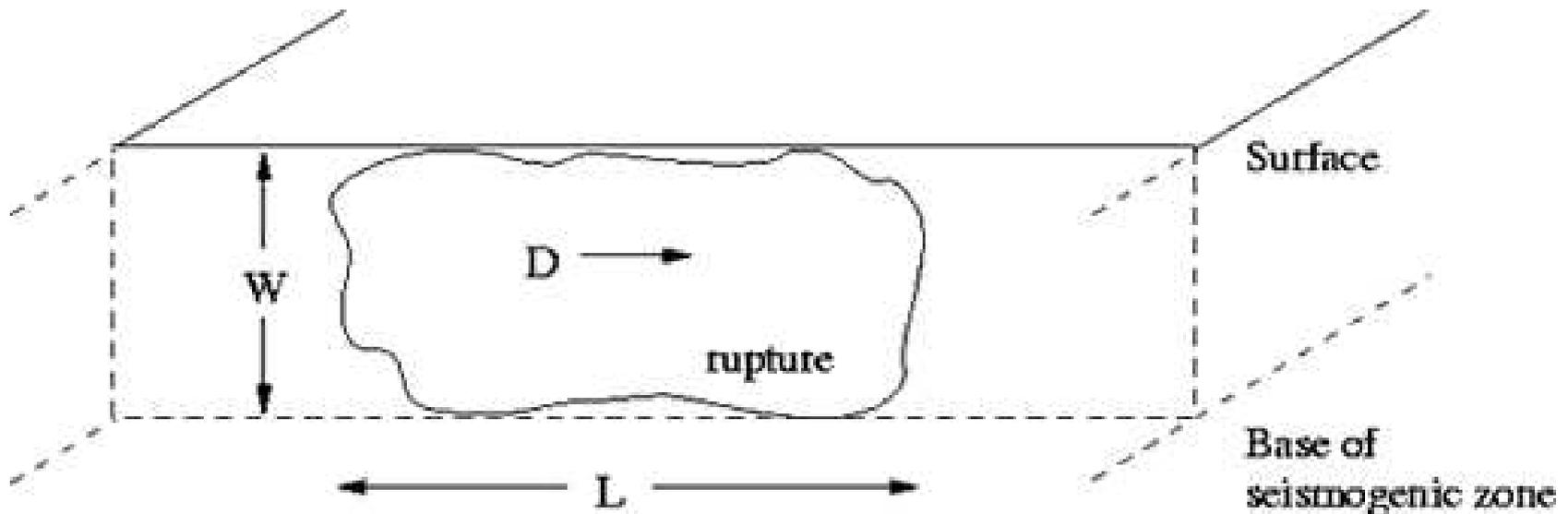
Magnitud de Superficie



- La magnitud de superficie para terremotos suficientemente grandes para que generan ondas de superficie.
- $M_S = \log A + 1.656 \log \Delta + 1.818$ donde A es la amplitud de la oscilación en μm y Δ es la distancia epicentral en grados.
- Esta escala de magnitud se empieza saturar a una magnitud de ~ 8.0 .

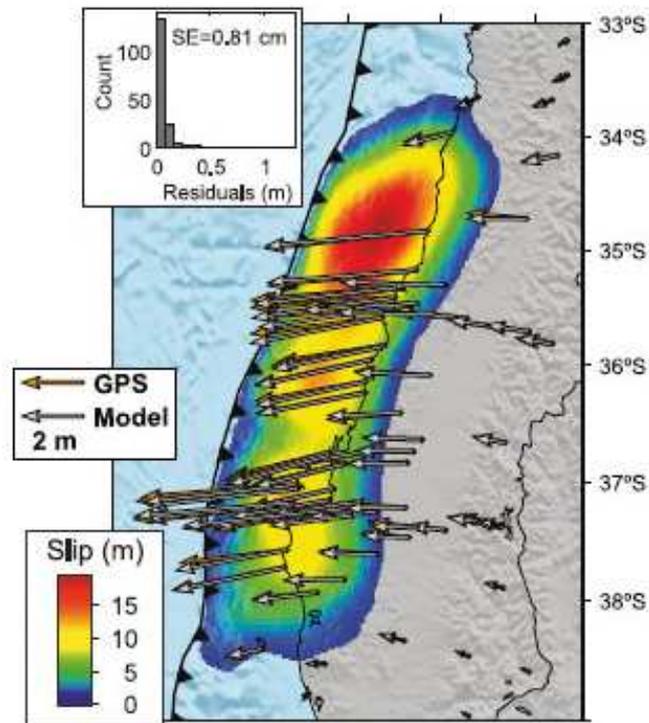
Momento Sísmico

- El momento sísmico se define por $M_0 = \mu A \bar{D}$.
- μ es la rigidez en la superficie de la falla, $\mu \sim 30$ GPa.
- A es la área de ruptura en m^2
- \bar{D} es el deslizamiento en promedio en la área A .
- M_0 tiene unidades de energía [J]. Es una estimación de la energía total liberada durante un terremoto.



Magnitud de Momento

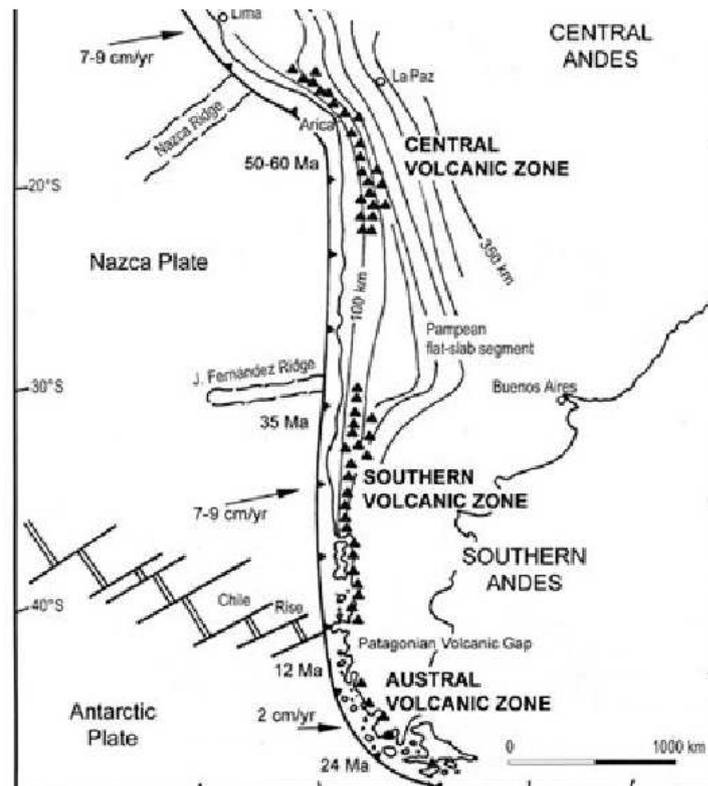
- $M_W = \frac{2}{3} \log M_0 - 6.06$.
- La magnitud de momento es la escala usada para grandes terremotos.



La imagen muestra un modelo del deslizamiento de 2010 usando datos GPS (Moreno et al.).

Preguntas Pendientes ...

1. ¿Por qué la placa oceánica subduce debajo de la placa continental?
2. ¿Por qué la placa de Nazca tiene mayor sismicidad, y sismicidad más profunda, que la placa de Antártica?
3. ¿Por qué el arco volcánico en Chile esta separado en distintas zonas?



Preguntas Pendientes ...

4. ¿Por qué las fosas son tan profundas?
5. ¿Por qué las volcanes en margines convergentes son tan explosivas?
6. ¿Por qué la corteza continental tiene mayor espesor debajo de la Cordillera de los Andes?
7. ¿Es la Zona de Fallas Liquiñe-Ofqui lateral-izquierda o lateral-derecha?
8. ¿Terremotos en la zona de subducción son típicamente tipo normal o inverso?
9. ¿Una distancia de $\Delta = 1^\circ$ en la Tierra equivale a cuantos kilómetros?

Preguntas Pendientes ...

10. ¿Para un terremoto con $M_L = 8.0$, a una distancia de 10 km que es la amplitud de la oscilación de la Tierra en metros? ¿Es posible este valor? ¿Qué está pasando?
11. Estime los valores de A y \bar{D} para el terremoto del 2010 usando el modelo de Moreno et al. ¿Que valor de M_W representan?
12. Algunas personas dicen que la magnitud real del terremoto del 2010 fue 9.0. Estime el largo de la ruptura en kilómetros en este caso?
13. Para un terremoto devastador en una zona de subducción, con deslizamientos del orden de 50 metros, estime el largo de la ruptura necesaria para lograr un terremoto magnitud $M_W = 10.0$. ¿Es posible eso?
14. En la falla San Ramón, mediciones de deslizamientos antiguos dan valores entre 1 y 4 metros. Suponiendo que la falla tiene un espesor de ~ 15 km, ¿esta falla puede producir terremotos hasta que magnitud?

Preguntas Pendientes ...

15. ¿Qué problema tiene este texto?

