

Sismicidad en Chile y Peligro Sísmico

Felipe Leyton
Universidad Diego Portales, Banco Mundial

Por cubrir

- ▶ Motivación
- ▶ Tectónica de Placas
- ▶ Sismicidad en Chile
- ▶ Tipos de Terremotos
- ▶ Peligro Sísmico
- ▶ Conclusiones

Chile: un país de grandes terremotos

▶ Ejemplos:

- ▶ Chillán, 1939
- ▶ Valdivia, 1960
- ▶ Valparaíso, 1985
- ▶ Punitaqui, 1997
- ▶ Maule, 2010



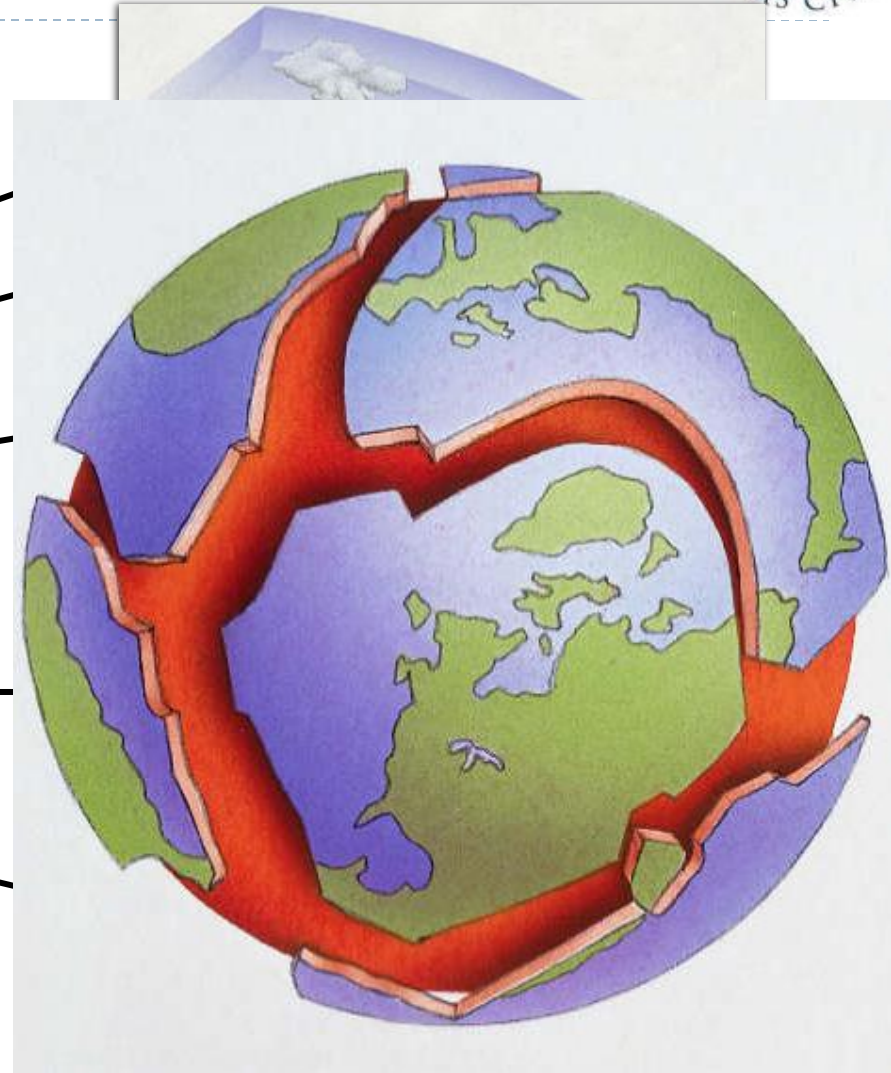
Los últimos grandes terremotos



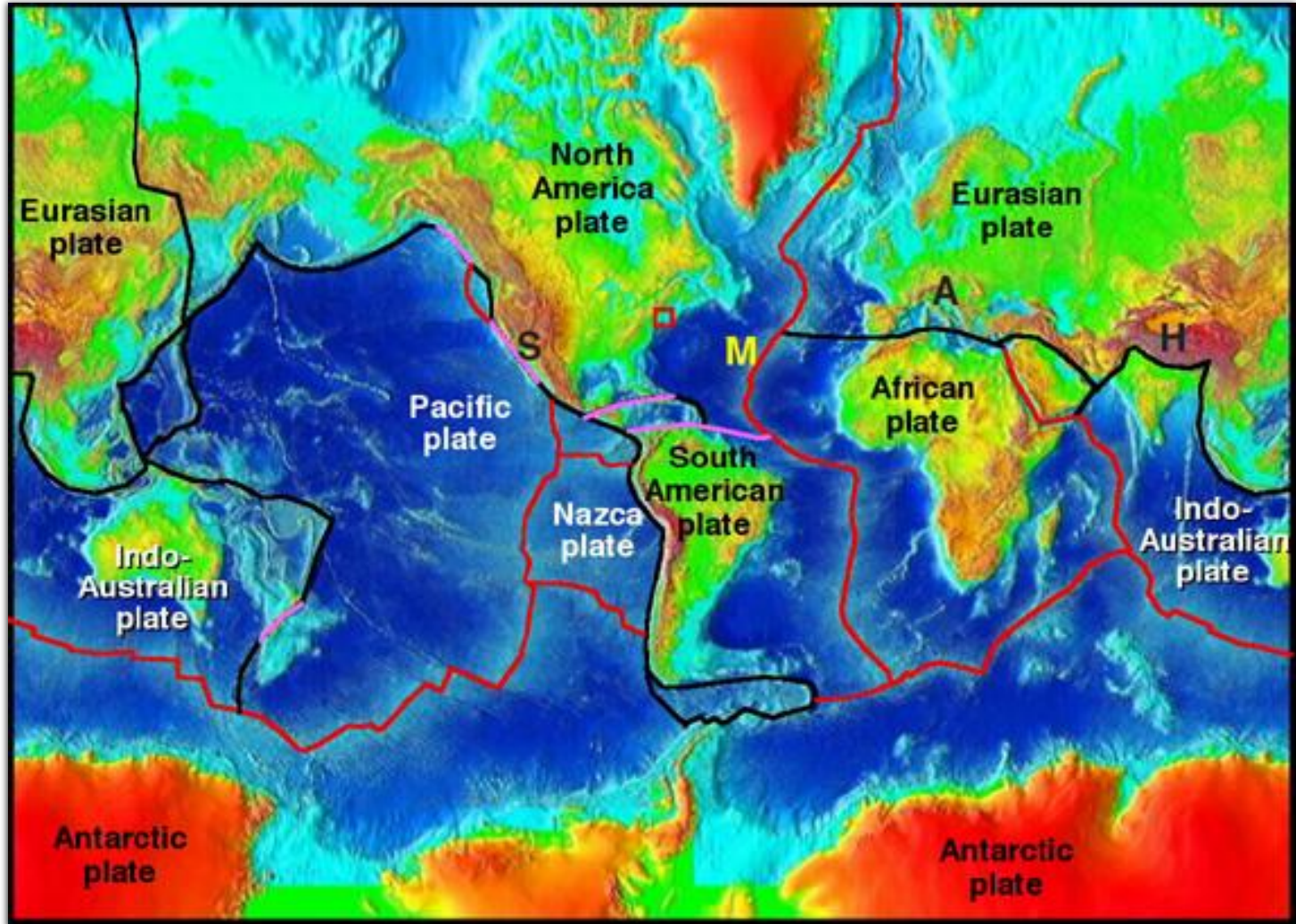
- Largos de ruptura y magnitudes de los últimos grandes terremotos
- En Chile, hay un gran terremoto cada 10 años
- Zonas en las que ha transcurrido más tiempo:
 - Arica-Iquique (1877)
 - ~~Constitución-Concepción~~ (1928)
 - Copiapó (1922)

Un poco de contexto

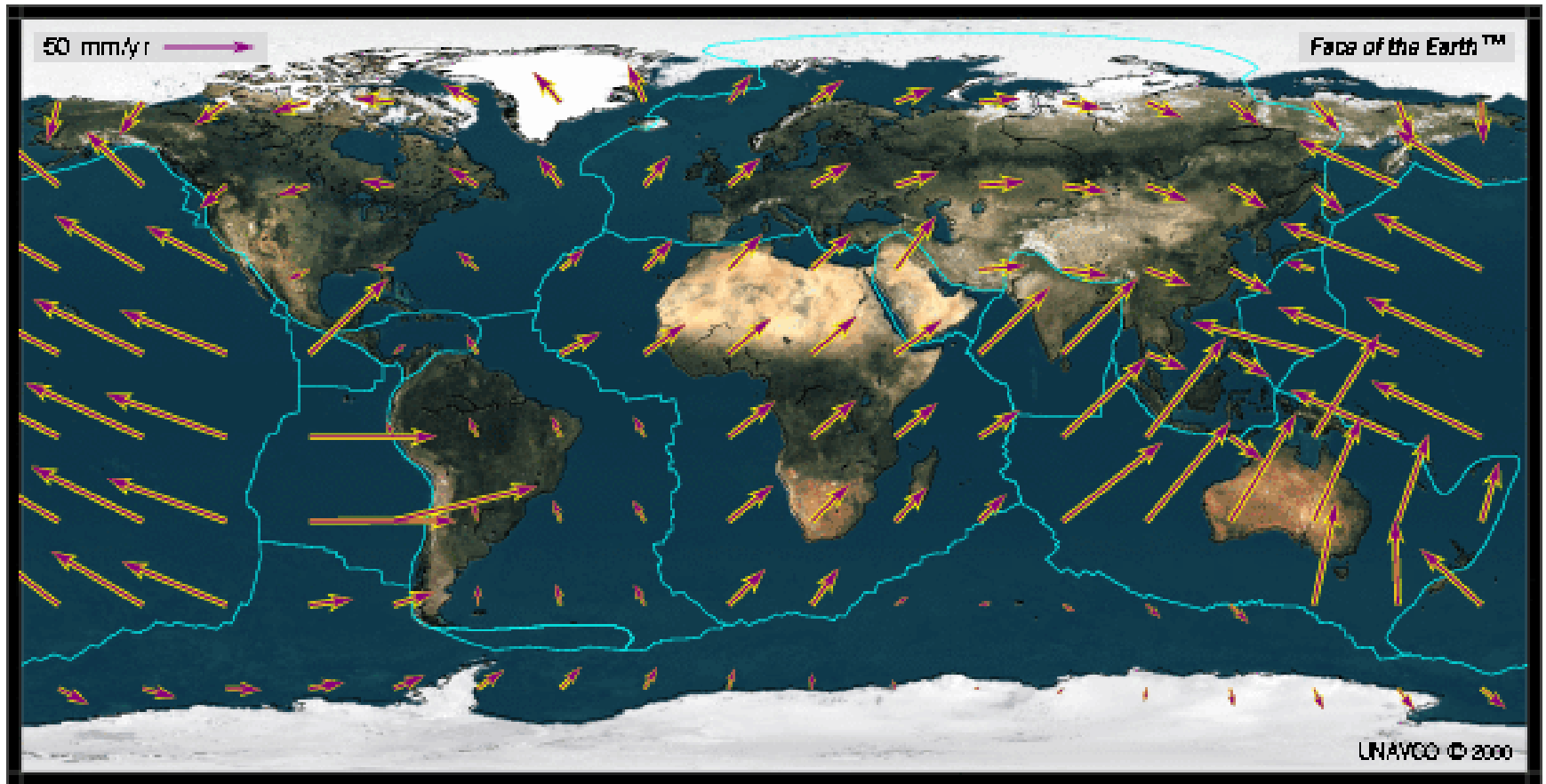
- La Tierra como una cebolla
- Principales capas:
 - Atmósfera
 - Corteza
 - Manto
 - Núcleo:
 - Externo
 - Interno
- Corteza: pelota de fútbol



Tectónica de Placas

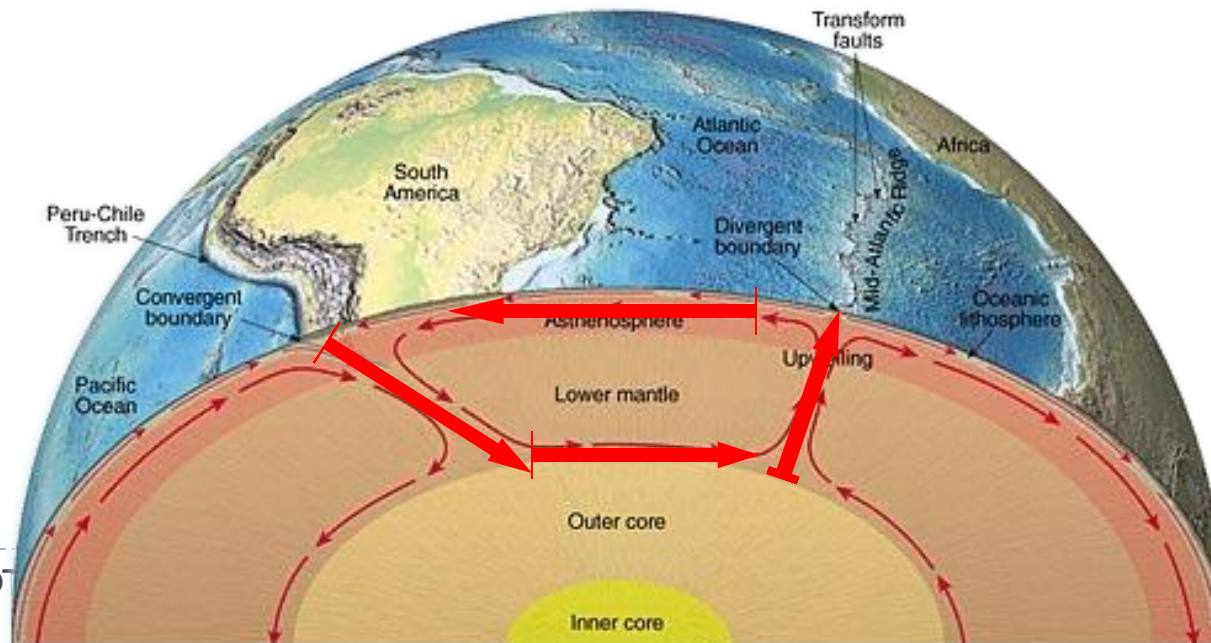


Las placas en acción

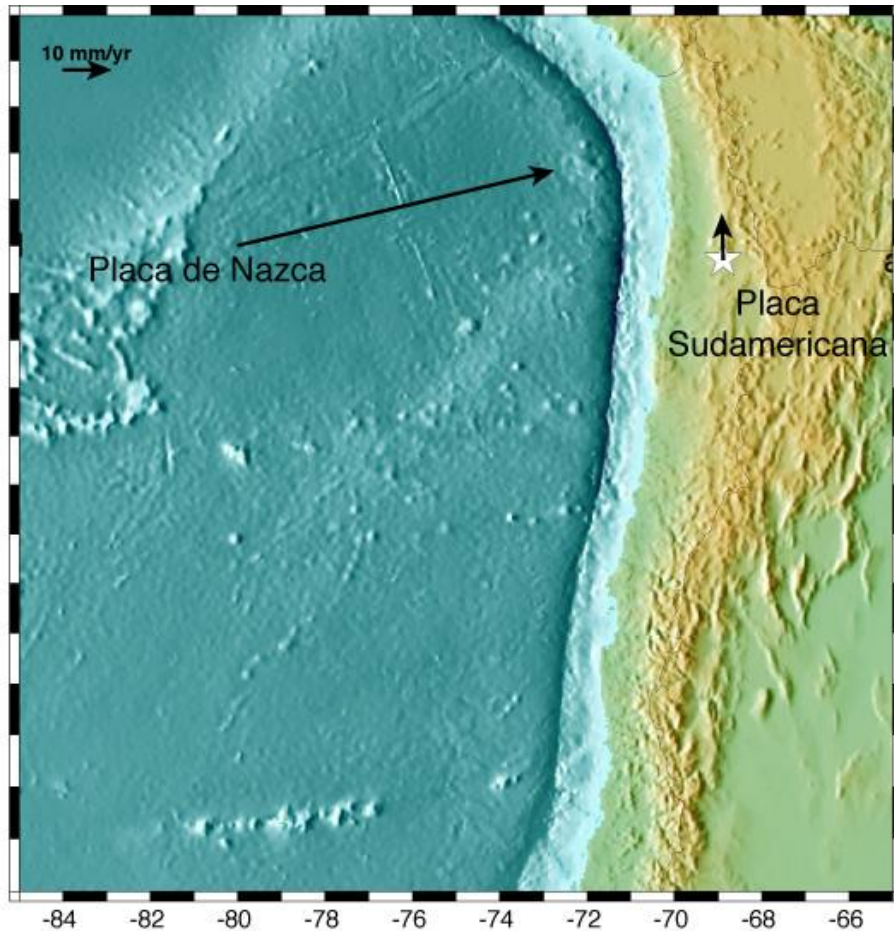


¿Cómo funciona?

- La Tierra está constantemente perdiendo calor
- Eso entrega la energía al sistema, generando las *celdas convectivas*
- Material caliente sube y material frío baja



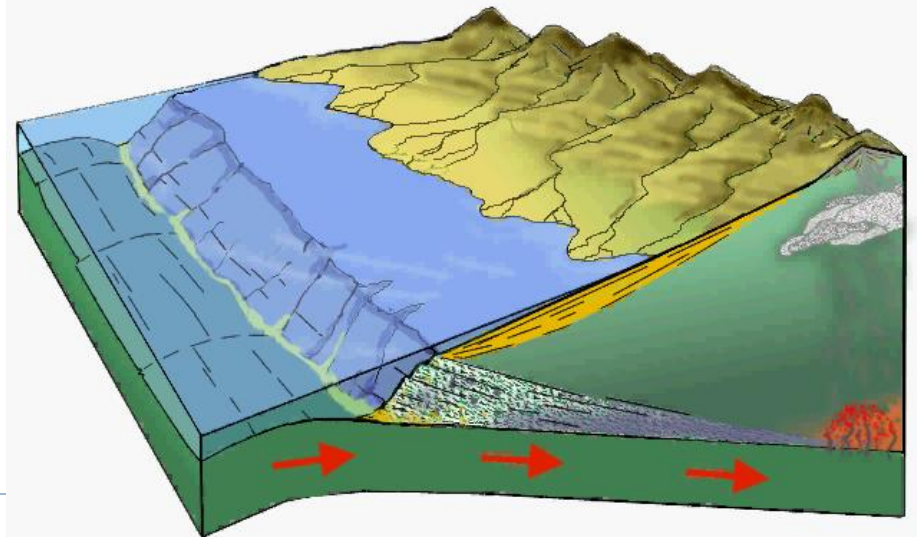
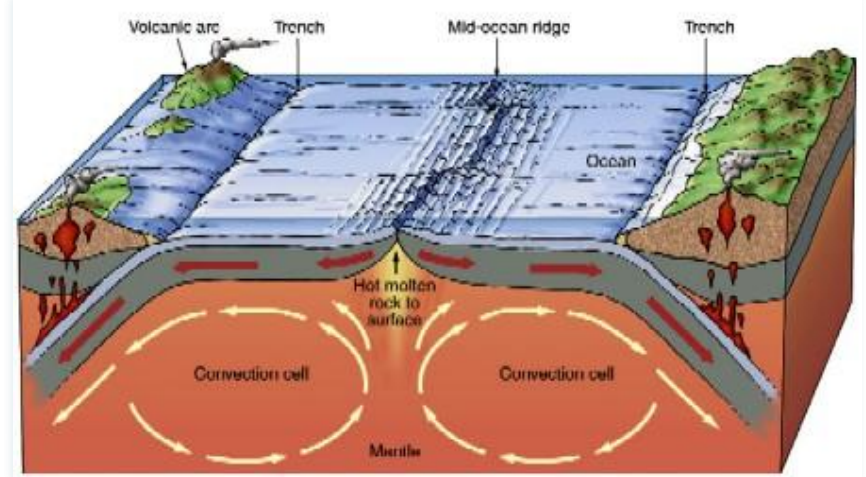
En Chile tenemos ...



- ▶ Contacto entre placas de Nazca (oceánica) y Sudamericana (continental)
- ▶ Según mediciones recientes, existe una convergencia de 6-7 cm/año

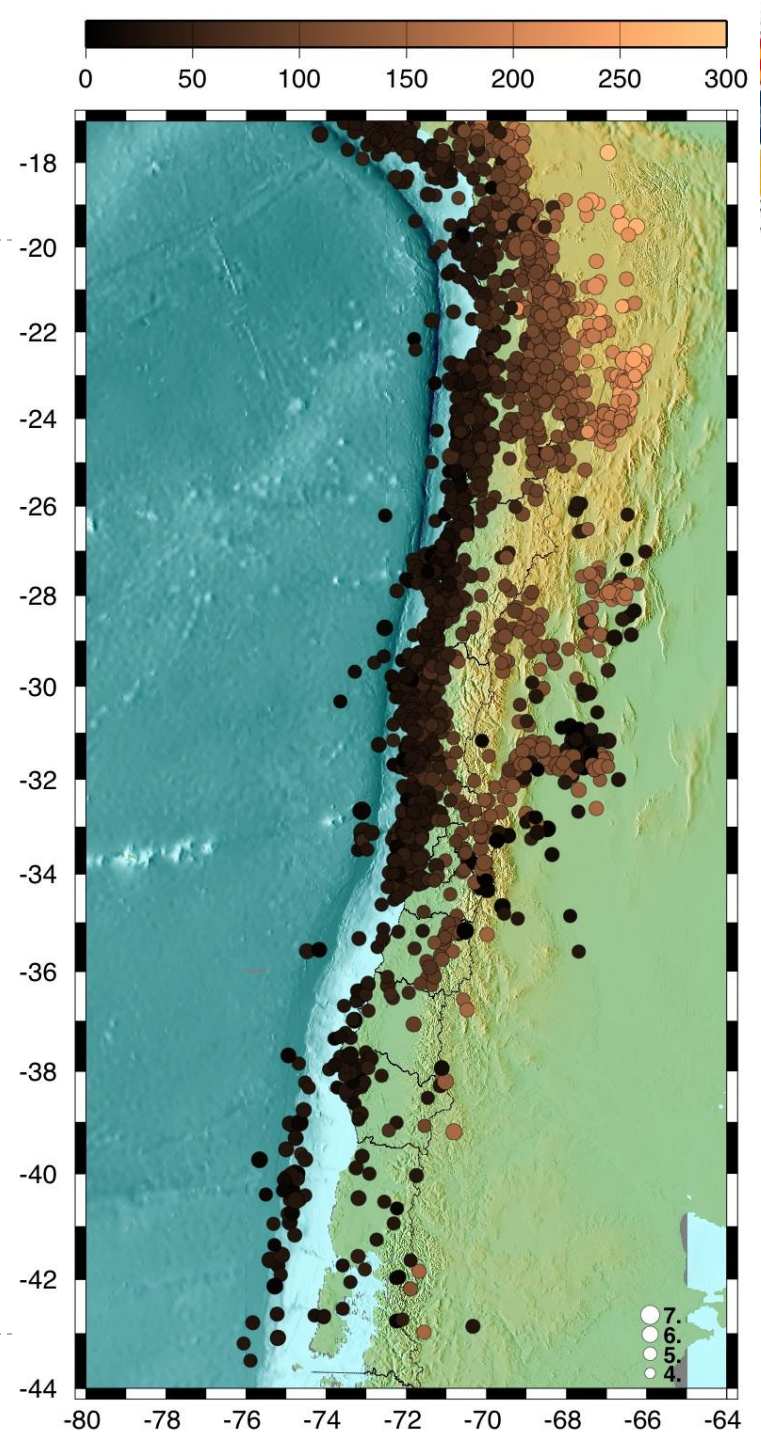
Con eso, tenemos ...

- En medio del Pacífico, material caliente sube (dorsal)
- Eso provoca el movimiento de las placas
- Hasta que choca con la placa continental (Sudamericana) => generación de terremotos

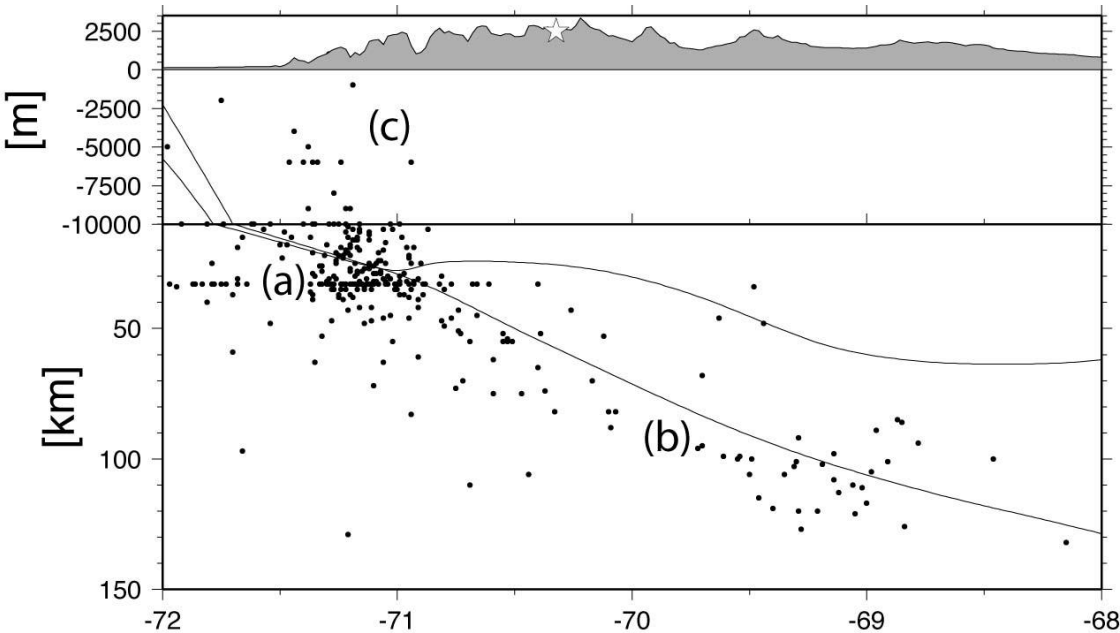


Sismicidad

- ▶ Terremotos de magnitud superior a 5.0 desde 1974 a 2008
- ▶ Tamaño proporcional a magnitud (escala abajo)
- ▶ Color proporcional a profundidad (escala en borde superior)
- ▶ Los terremotos se vuelven más profundos de Oeste hacia el Este



En detalle ...



Leyton y otros (2010)

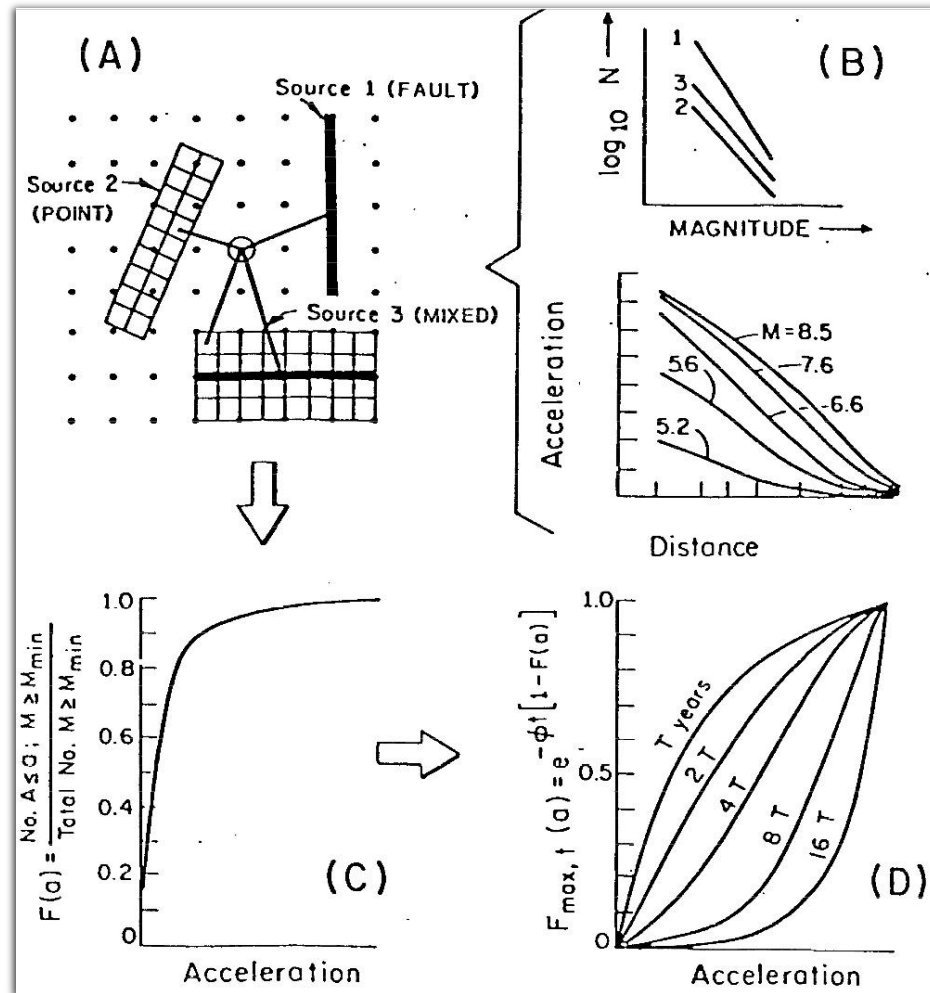
- ▶ Subducción de la placa de Nazca (azul) bajo la placa Sudamericana (verde)
- ▶ Principales tipos de terremotos (fuentes sismogénicas):
 - a) Interplaca tipo thrust
 - b) Intraplaca de profundidad intermedia
 - c) Corticales
 - d) Outer-rise

Metodología Probabilística para cálculo del Peligro Sísmico

- ▶ Propuesta por Algermissen & Perkins (1976) basada en el trabajo de Esteva (1967) y Cornell (1968)

- ▶ Pasos:

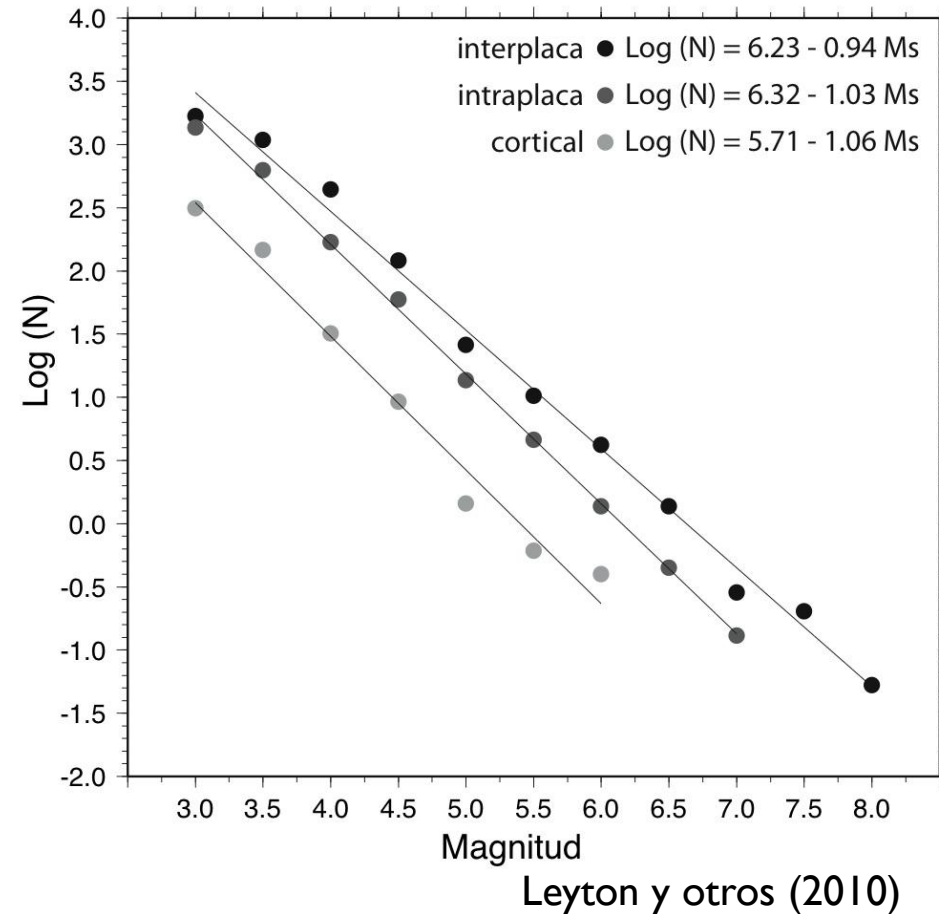
- Definir fuentes sismogénicas
- Caracterización: productividad & atenuación
- Prob de exceder cierto parámetro
- Resultados para cierto período de retorno



Algermissen & Perkins (1976)

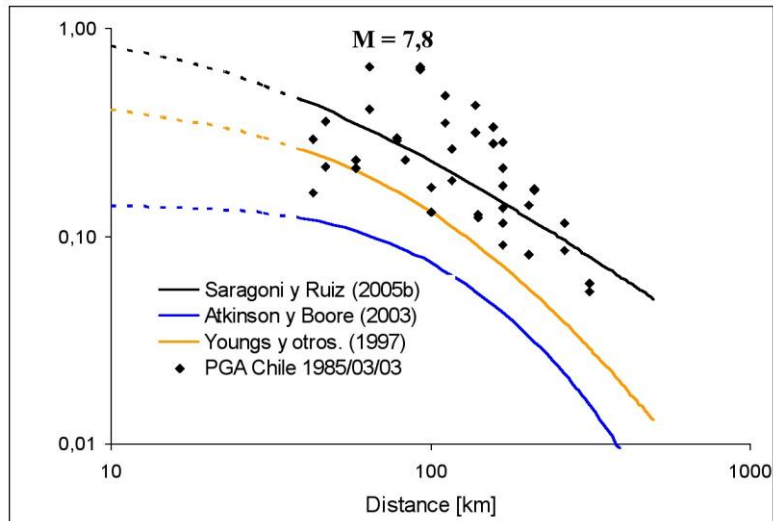
Productividad Sísmica

- ▶ Descrita a través de la ley de potencia definida por Gutenberg & Richter (1944)
- ▶ Relaciona el número de terremotos (N) de magnitud igual o menor que M_s
- ▶ Vemos la fuente interplaca como la más activa, seguida por la interplaca de profundidad intermedia, y luego la cortical
- ▶ Obtenida mediante mínimos cuadrados

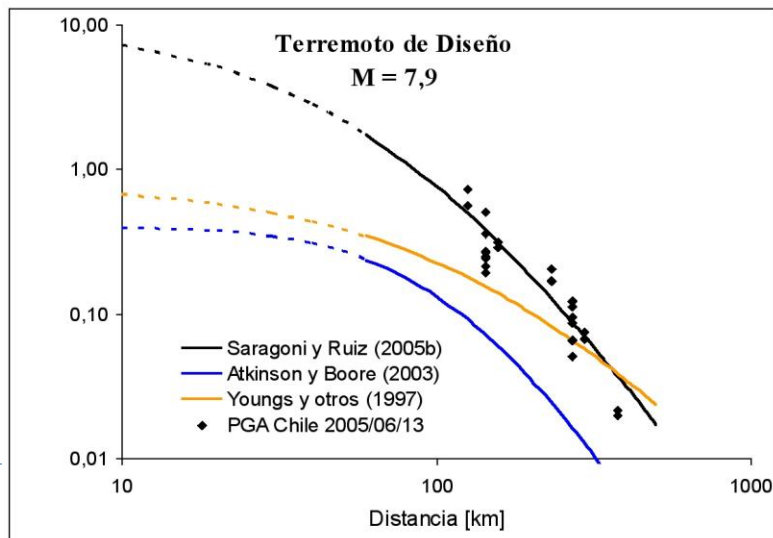


Leyes de Atenuación: PGA

Fuente interplaca

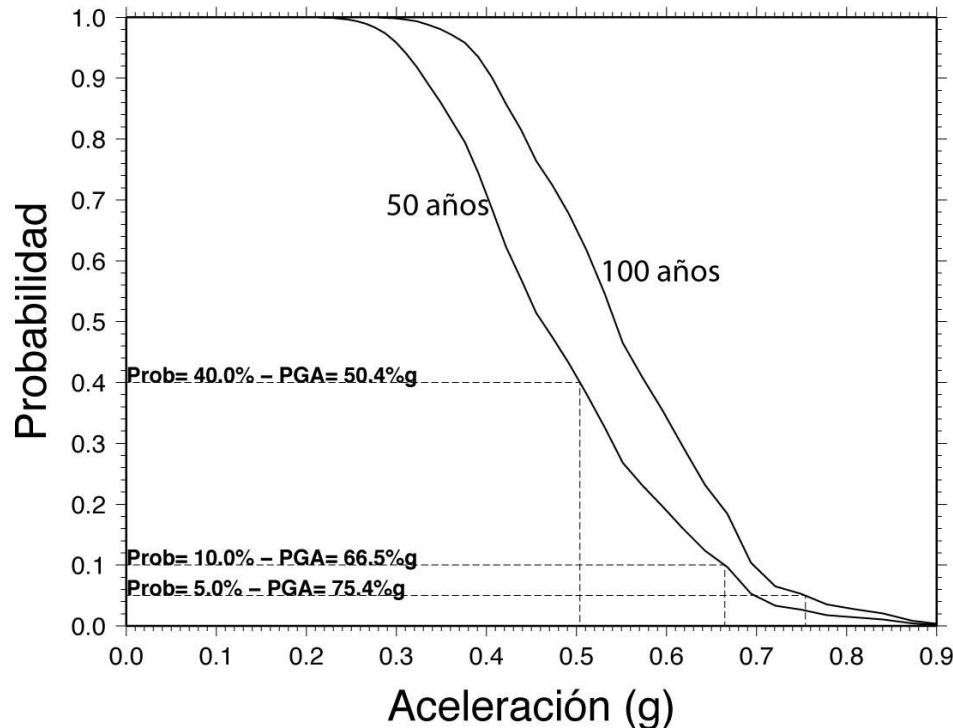


Fuente intraplaca de profundidad intermedia



- ▶ Pérdida de energía con la distancia
- ▶ Se muestran las leyes de atenuación en aceleración horizontal máxima (PGA) en términos de g
- ▶ Se comparan las obtenidas con datos Chilenos (Saragoni y Ruiz, 2005), con aquellas obtenidas con datos mundiales (Atkinson y Boore, 2003 y Youngs y otros, 1997)

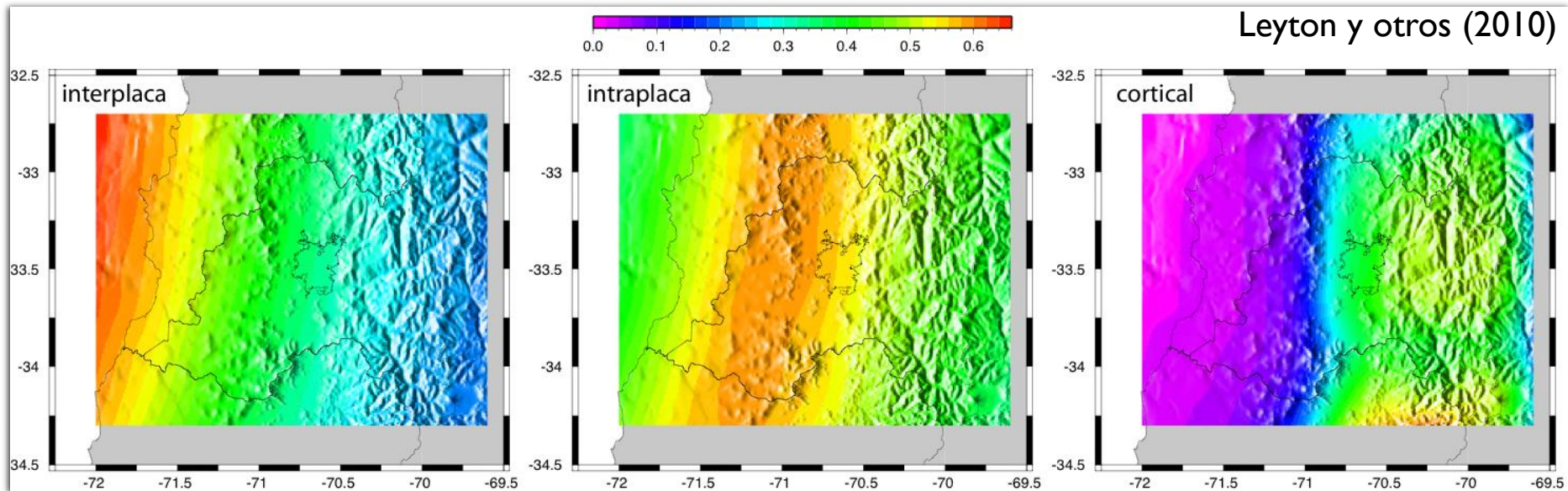
Resultados en Copiapó



- ▶ Resultados para los periodos de vida útil de 50 y 100 años
- ▶ Se marcan el 50%, 10% y 5%, respectivamente
- ▶ Equivale a períodos de retorno de 100, 475 y 1950 años, respectivamente

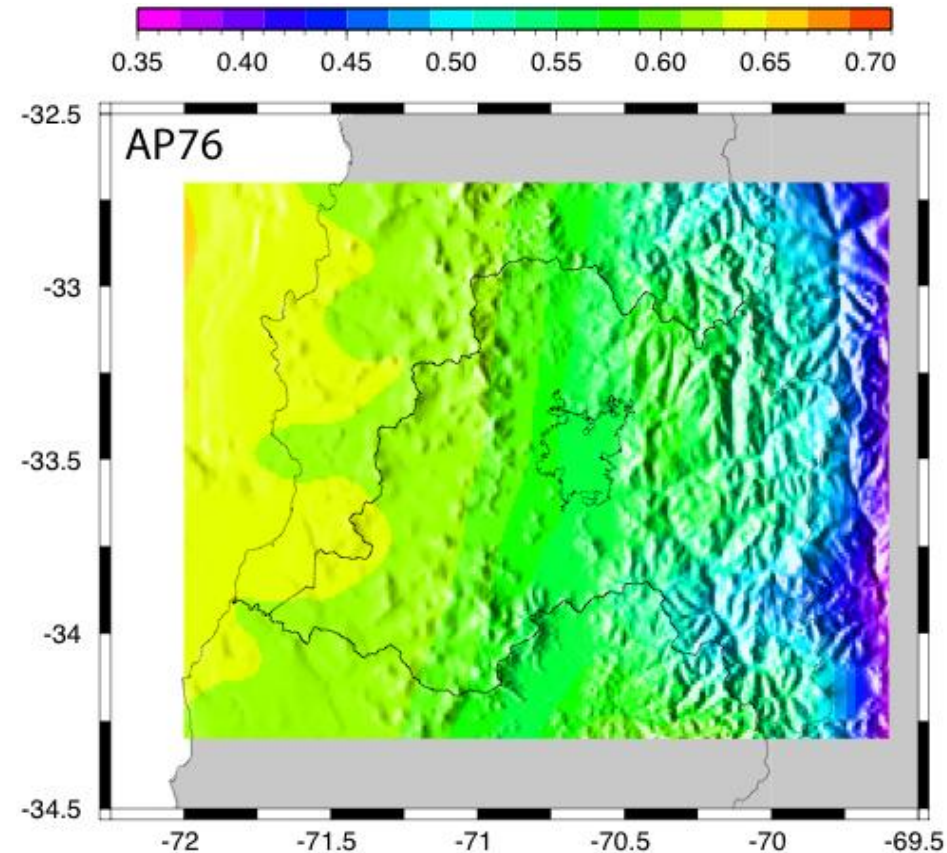
Resultados en Santiago, por fuente

- ▶ Para 50 años de vida útil, con 10% probabilidad de excedencia => equivale a un período de retorno de 475 años
- ▶ Interplaca manda en la costa pero interplaca y cortical poseen gran influencia en Santiago



Resultados en Santiago, combinados

- ▶ En PGA, para un período de vida útil de 50 años con un 10% de probabilidad de excedencia (equivale a un período de retorno de 475 años)
- ▶ Se utilizó la metodología clásica de Algermissen & Perkins (1976)
- ▶ En Santiago, $PGA \sim 56\%g$

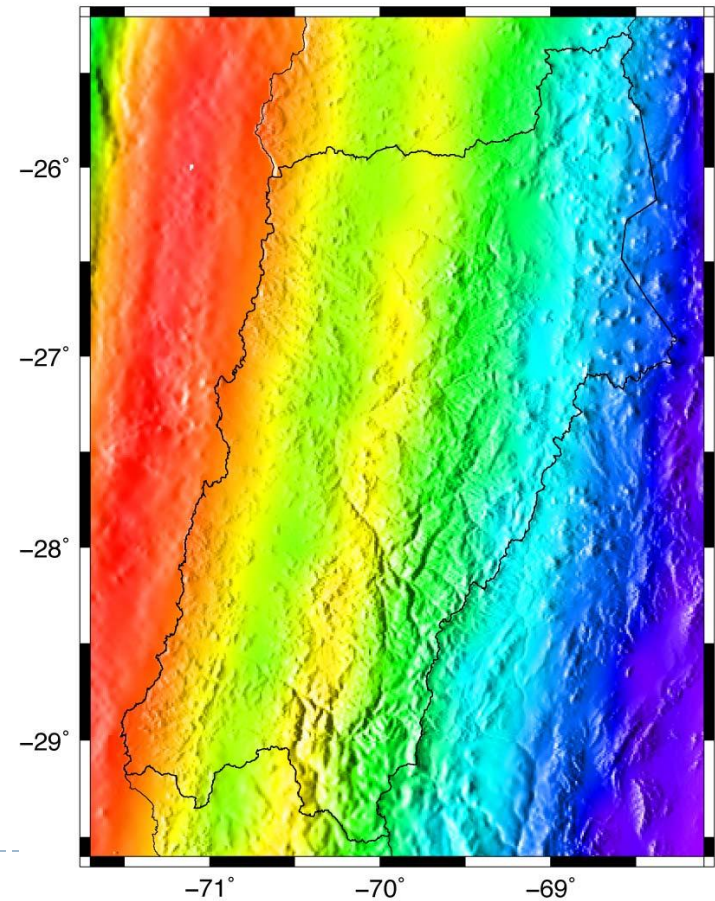
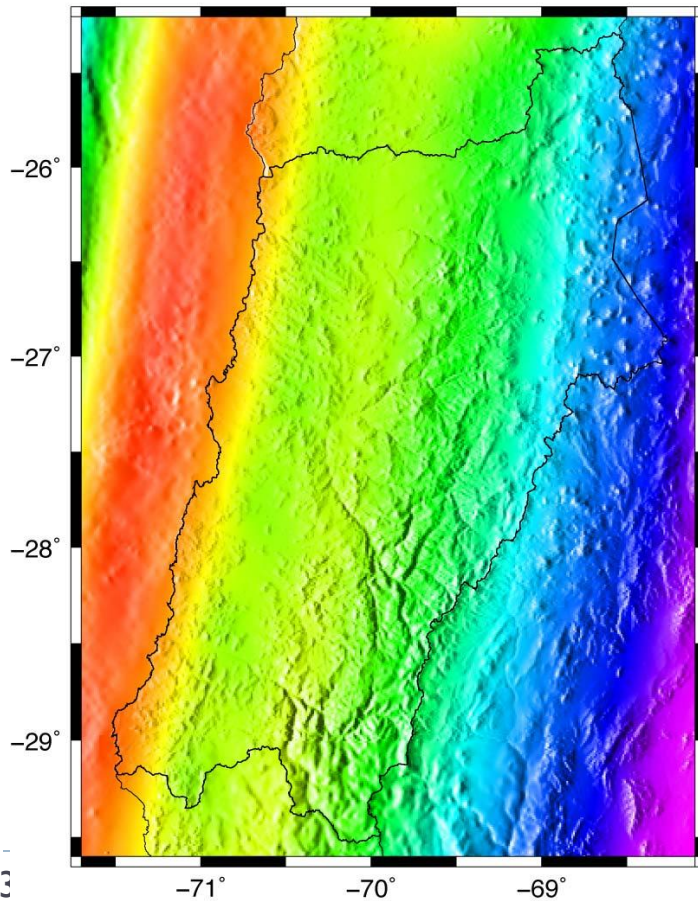
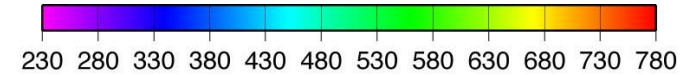
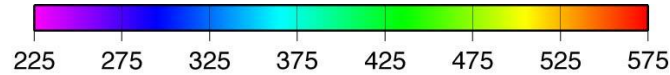


Leyton y otros (2010)

Para Atacama, considerando fuentes interplaca e intraplaca de prof intermedia

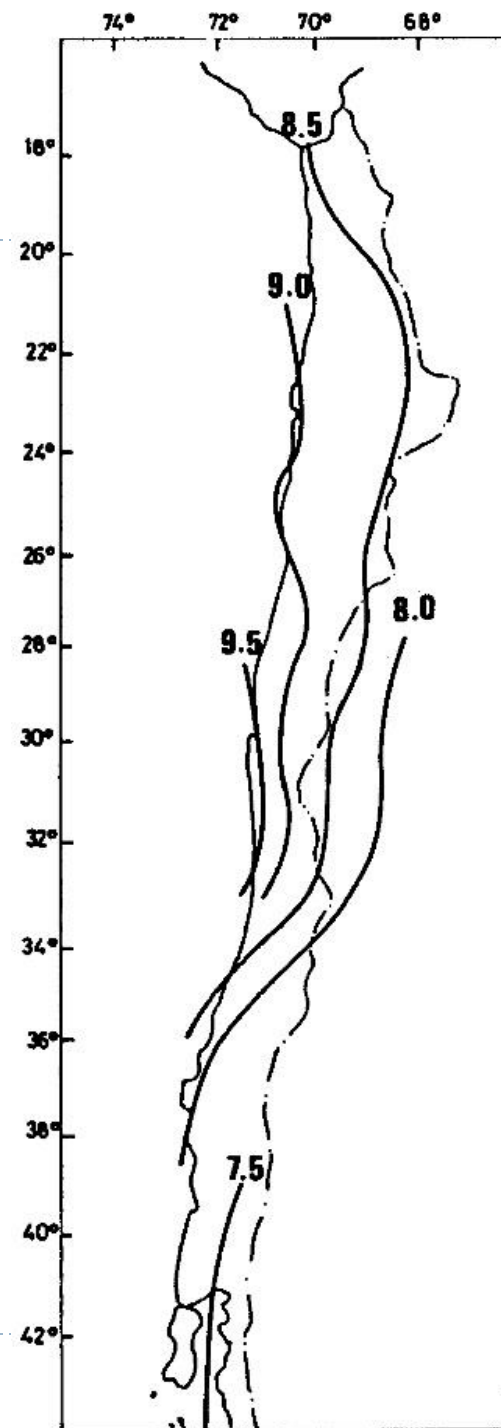
Periodo de Retorno de 100 años

Periodo de Retorno de 500 años



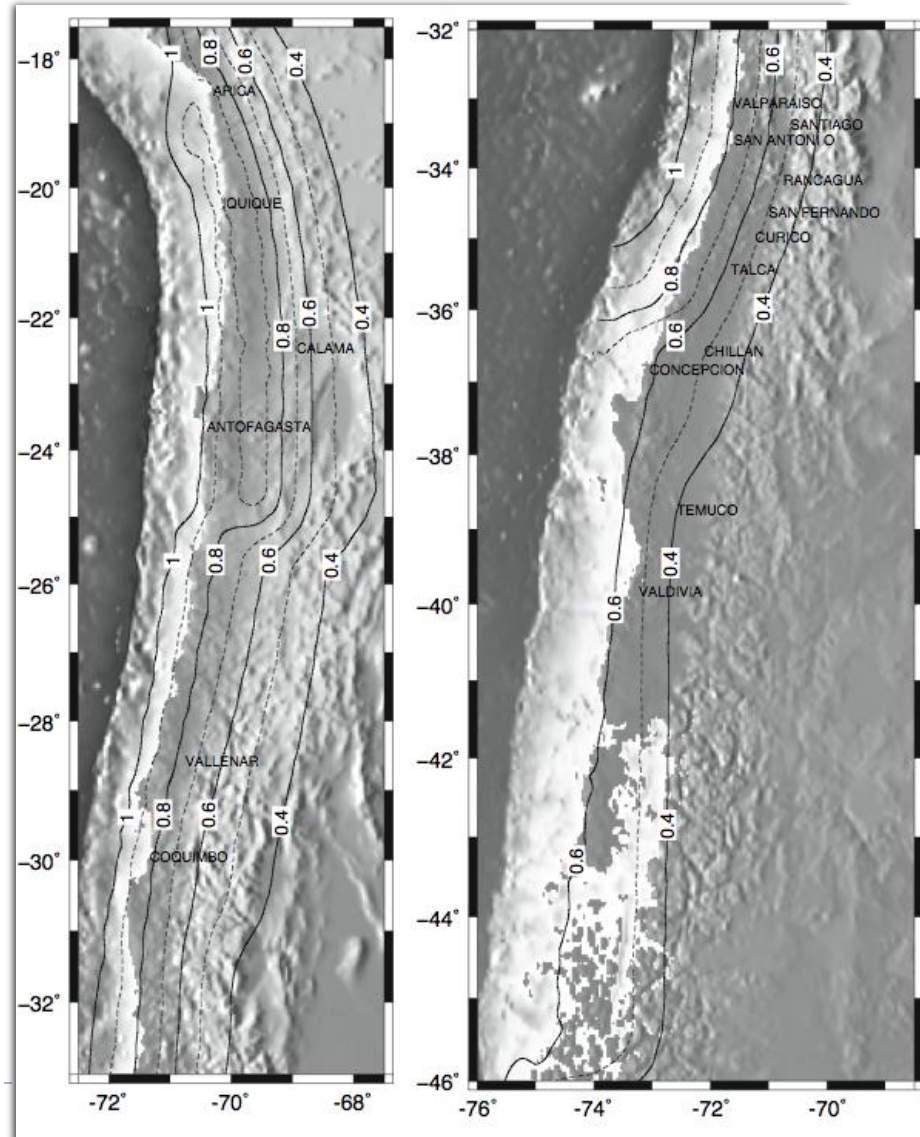
Para todo Chile

- ▶ Resultados de Barrientos (1980)
- ▶ Considera IMM
- ▶ Se utiliza la fuente intraplaca de profundidad intermedia por 1era vez
- ▶ Utiliza sólo 1 ley de atenuación
- ▶ Disminuye de Oeste a Este
- ▶ Copiapó alcanza valores IMM ~ 9,0



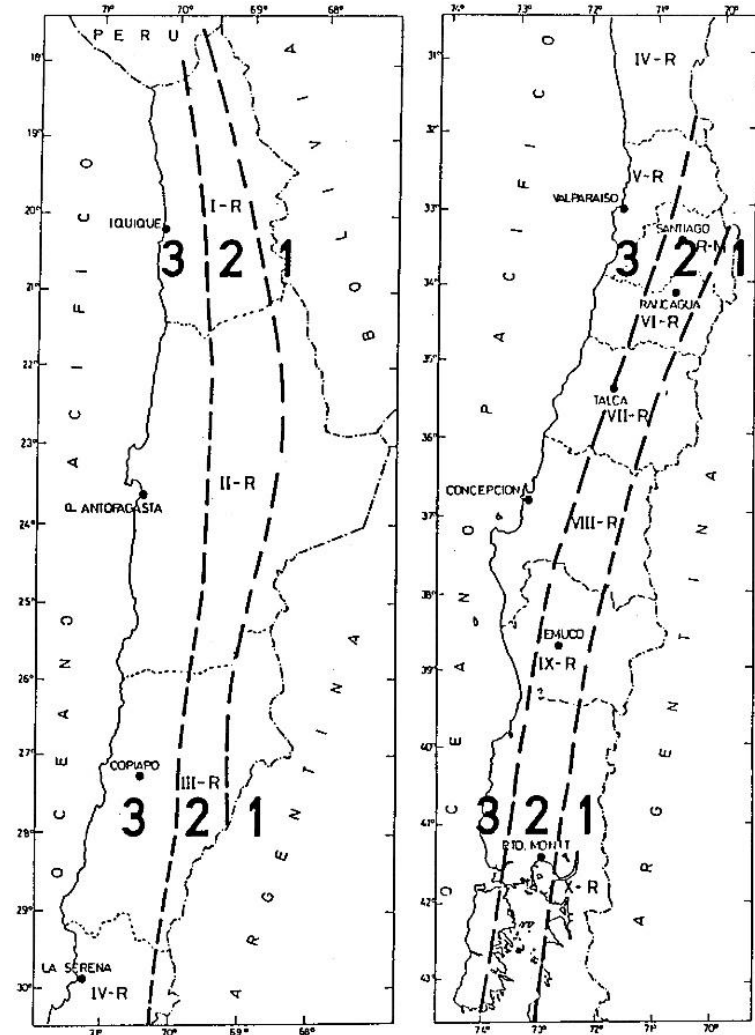
Otros autores

- ▶ Resultados de Algermissen et al (1992)
- ▶ Poseen la misma tendencia: paralela a la costa, disminuyendo de Oeste a Este
- ▶ En Copiapó ~ 60%g
- ▶ Cálculos más recientes, Copiapó ~ 70%g (Leyton y otros, 2009)



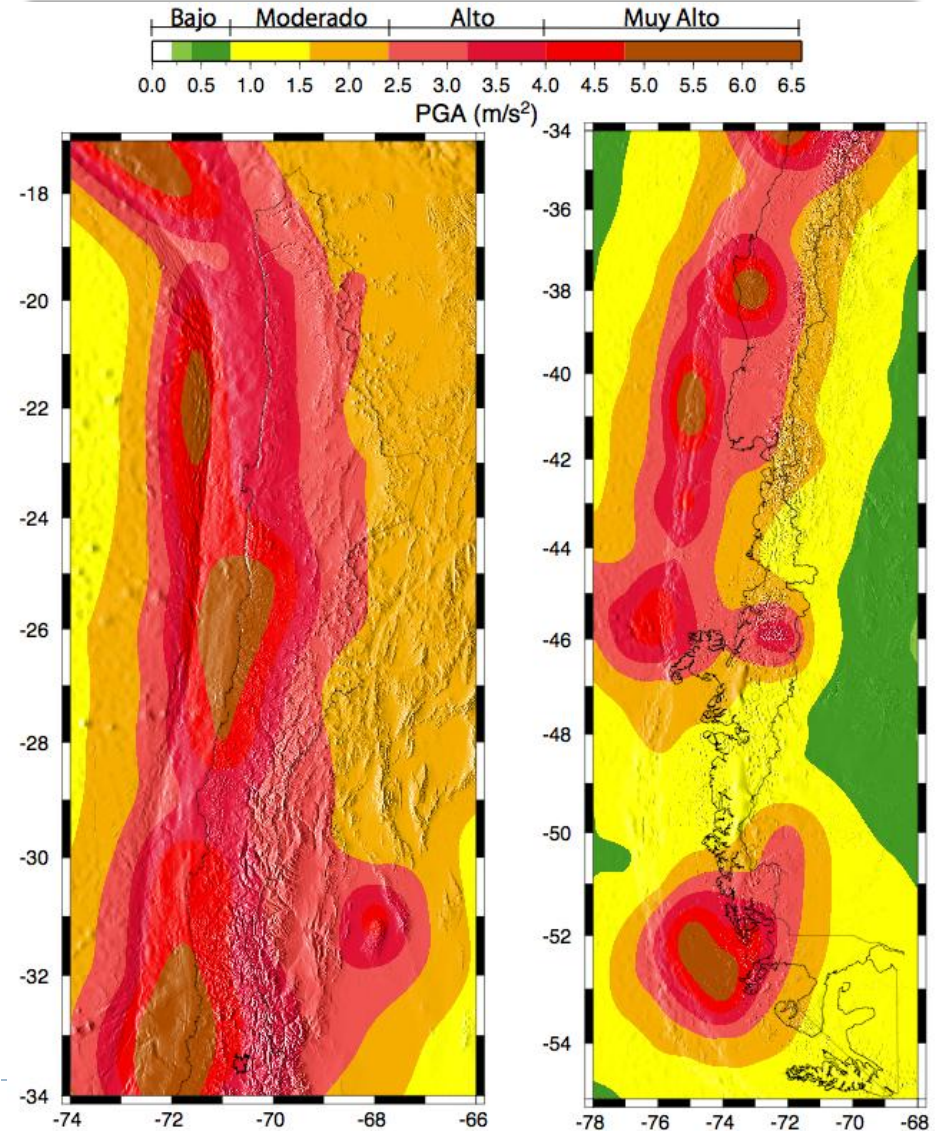
Otros autores

- ▶ Zonificación Sísmica de la norma Nch 433
- ▶ Líneas paralelas a la costa, disminuyendo de Oeste a Este
- ▶ Se tiene alto peligro en la costa y bajo en la cordillera
- ▶ Típico de considerar la fuente interplaca

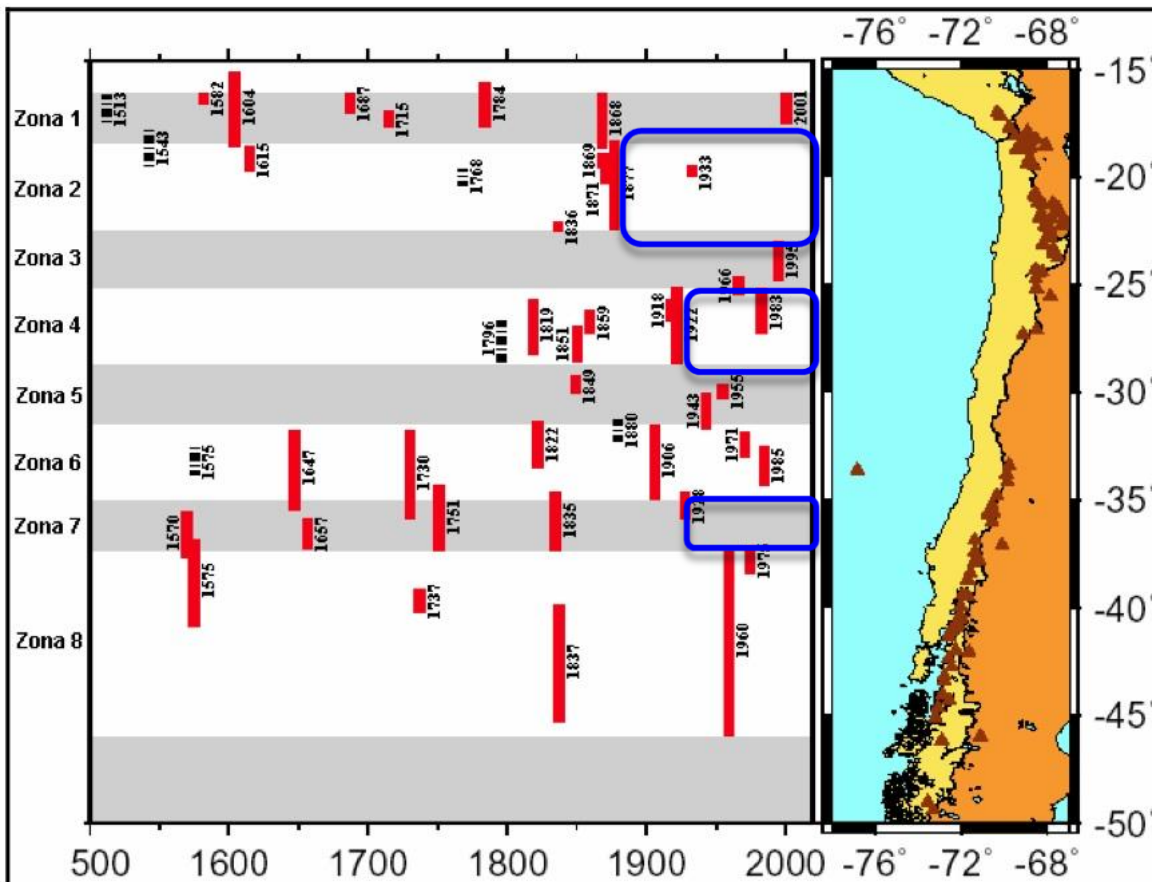


Más autores

- ▶ Global Seismic Hazard Program
- ▶ Considera un período de retorno de 475 años
- ▶ Valores hasta casi 70% g
- ▶ Según criterios usuales... en Chile hay Peligro Alto y Muy Alto, poco con Moderado



Otra forma de verlo

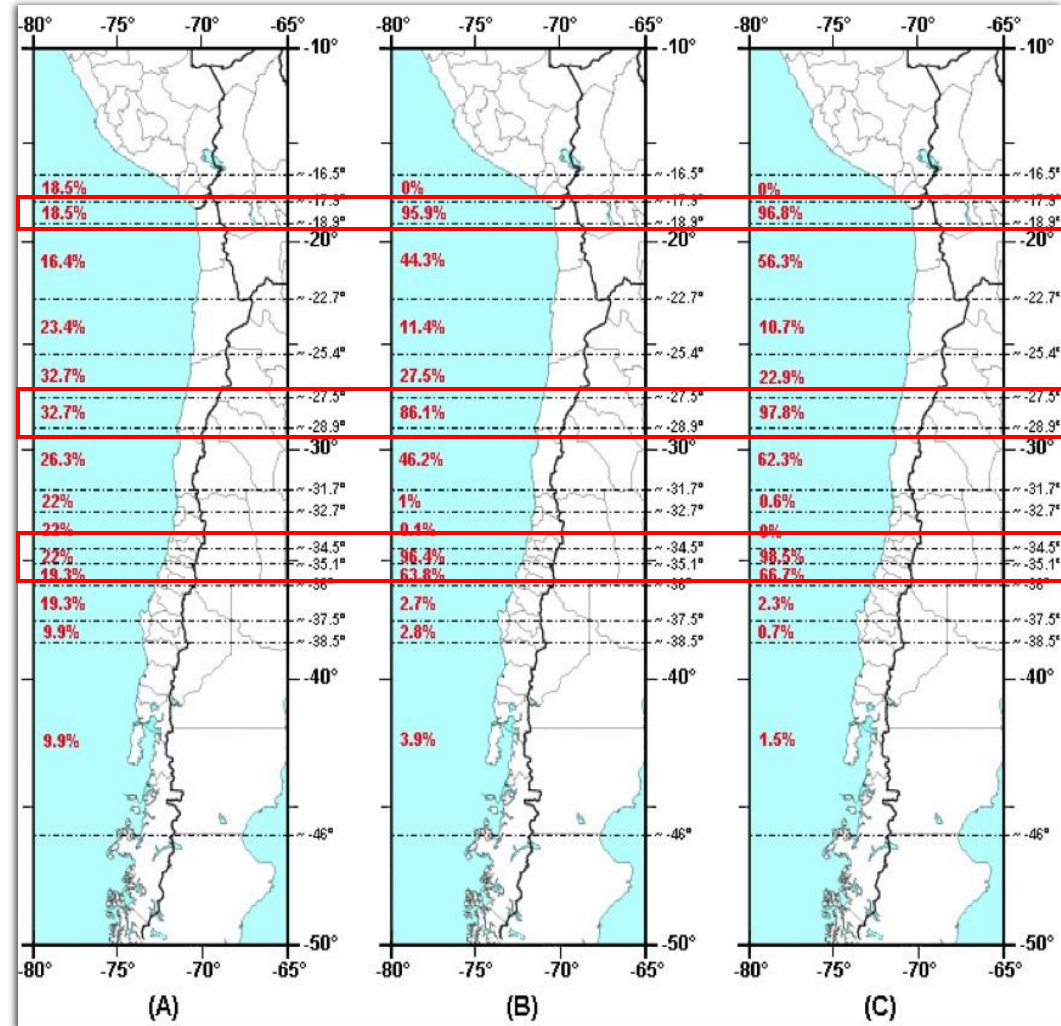


Fuente: Susa (2004)

- ▶ Grandes terremotos, a lo largo de la historia, en todo Chile
- ▶ Zonas con poca información
- ▶ Gaps:
 - ▶ Norte de Chile (Arica - Iquique)
 - ▶ ~~Centro sur~~ (Constitución – Concepción)
 - ▶ Copiapó

Lo que nos lleva a ...

- Susa (2004) realizó los cálculos para todo Chile
- Estimó la probabilidad de un gran evento entre 2004 y 2024
- Cada una de los mapas considera la función de probabilidad:
 - A. Poisson (sin memoria)
 - B. Weibull, mínimos cuadrados
 - C. Weibull, máxima verosimilitud



Comentarios finales

- Chile es el país más sísmico del mundo
- Se encuentra en el contacto de las placas de Nazca y Sudamericana (6-7 cm/año)
- Para el cálculo del Peligro Sísmico se necesita:
 - Localizar las fuentes sismogénicas
 - Describir las fuentes
 - Considerar probabilidades
- Tenemos 4 tipos de terremotos principales, pero sólo 3 influyen fuertemente en el Peligro
 - a) Interplaca tipo thrust
 - b) Intraplaca de profundidad intermedia
 - c) Corticales o intraplaca superficiales
- Para Copiapó, en 50 años existe un 10% de probabilidad de exceder PGA ~ 67% g
- Siempre hay que estar preparados para el próximo gran terremoto

¿Preguntas?