

Terremotos. Su potencial destructor y cómo podemos protegernos.



Esquema de la presentación

Para hacer frente a los terremotos es necesario: **Conocer, prevenir y responder** ante estos fenómenos. Por ello, esta conferencia se ha estructurado en tres partes:

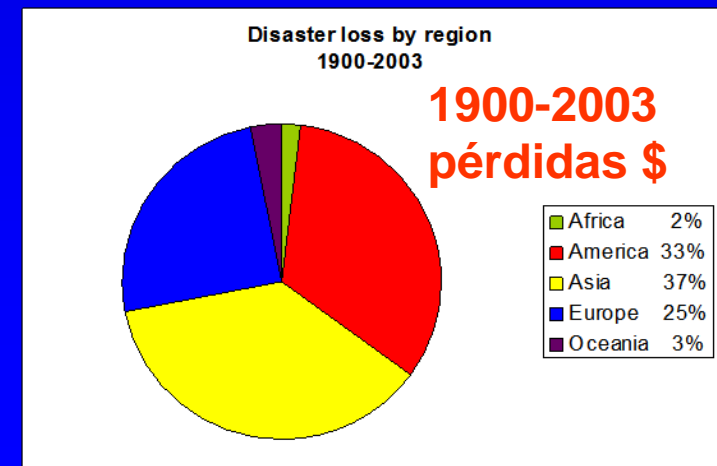
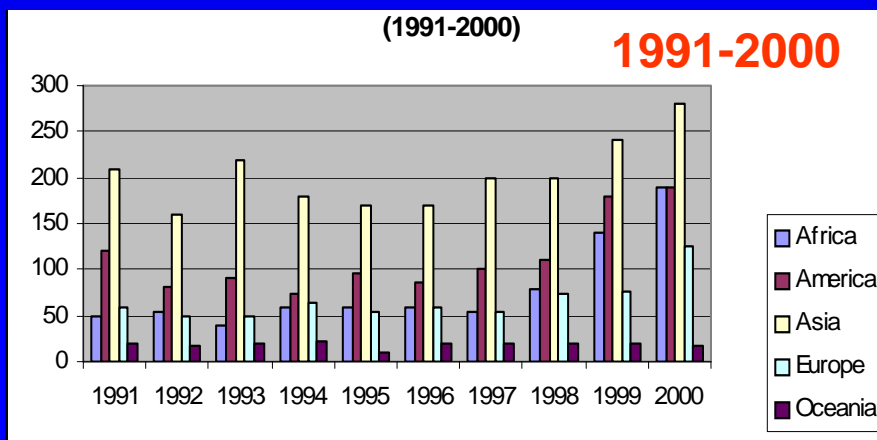
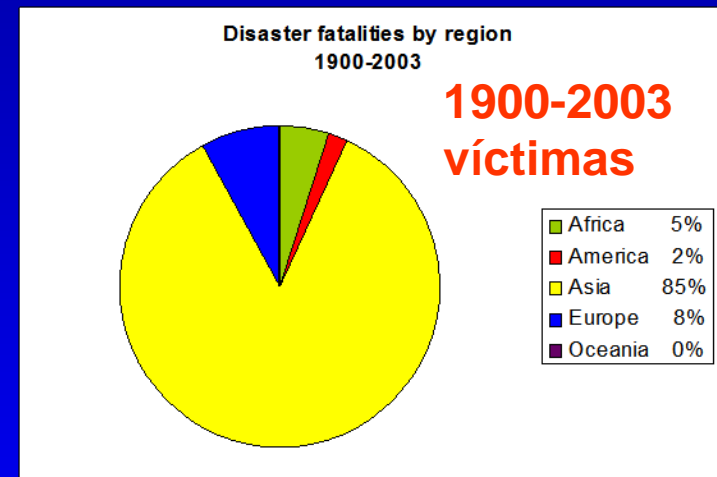
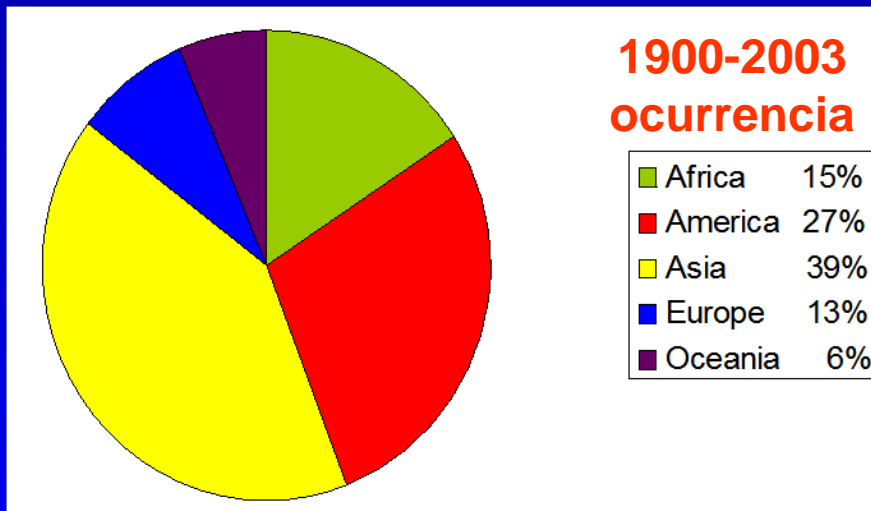
1. **Los terremotos y sus efectos**, relacionándolos con su poder destructor.
2. **La peligrosidad y el riesgo sísmicos**, indicando cómo los factores de amplificación debidos al terreno y la vulnerabilidad y exposición de los elementos afectables influyen decisivamente sobre el daño.
3. **La prevención y gestión del riesgo**, mostrando algunas medidas protectoras y de reducción del daño.

Introducción.

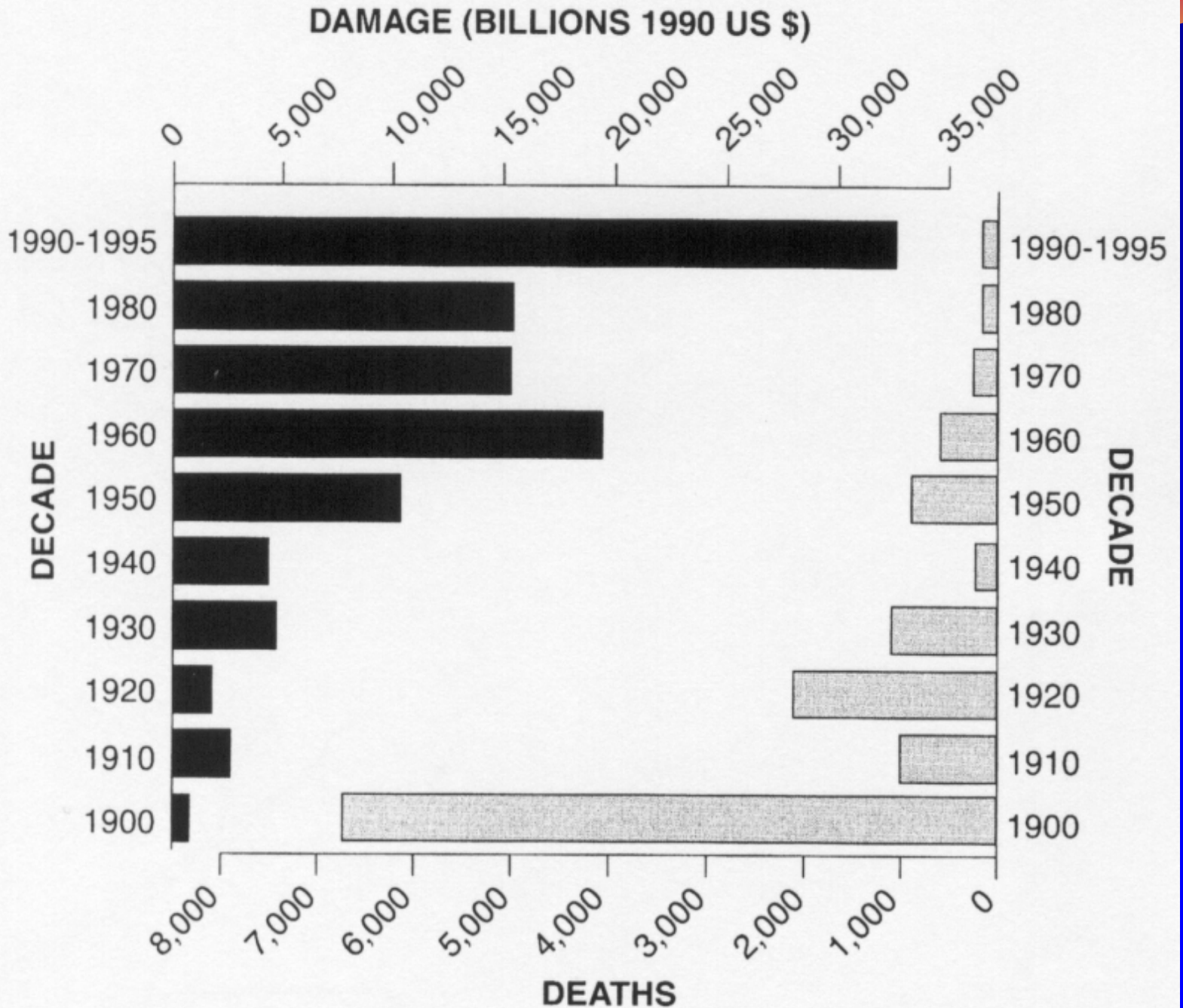
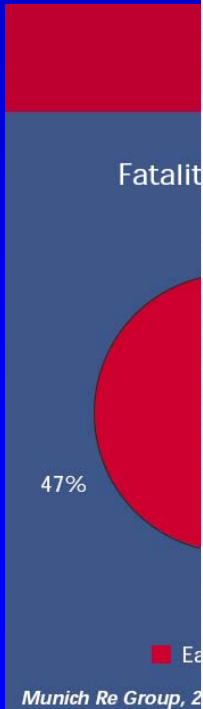
Desastres naturales en el mundo.

- La distribución de los desastres naturales en el mundo y sus efectos es desigual.
- El riesgo depende de la magnitud del evento y de la vulnerabilidad. Crece donde el incremento de la vulnerabilidad crece, sobre todo en regiones pobres y especialmente en zonas de rápido crecimiento poblacional.

Distribución de desastres naturales



- Globalmente el riesgo
- De 1950 pero oca
- Alreded



Introducción.

La recurrencia del fenómeno y su predicción

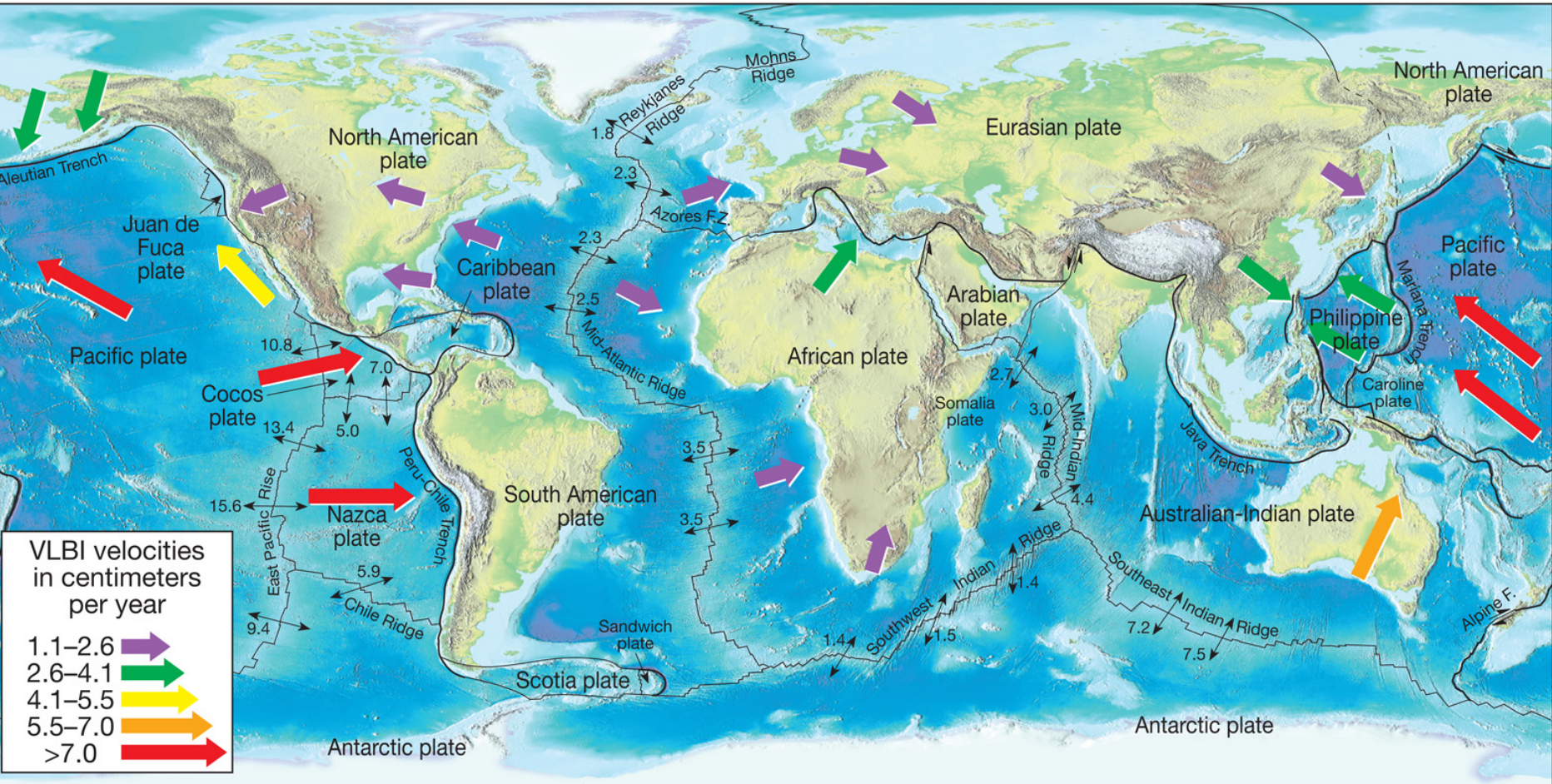
- Los terremotos son **fenómenos inevitables** que ocurren de forma repentina y que aún **no pueden predecirse**, pero sí estimar sus consecuencias. *Son fenómenos cíclicos pero su recurrencia no es periódica.*
- Estas se obtienen calculando el movimiento esperado del suelo o **peligrosidad sísmica** (a partir de la sismicidad de las zonas fuente, de las condiciones geológicas del medio de propagación y del lugar) y la **vulnerabilidad** (o dañabilidad) de las construcciones y de la **población expuesta** potencialmente afectables, determinando así el **riesgo sísmico**.



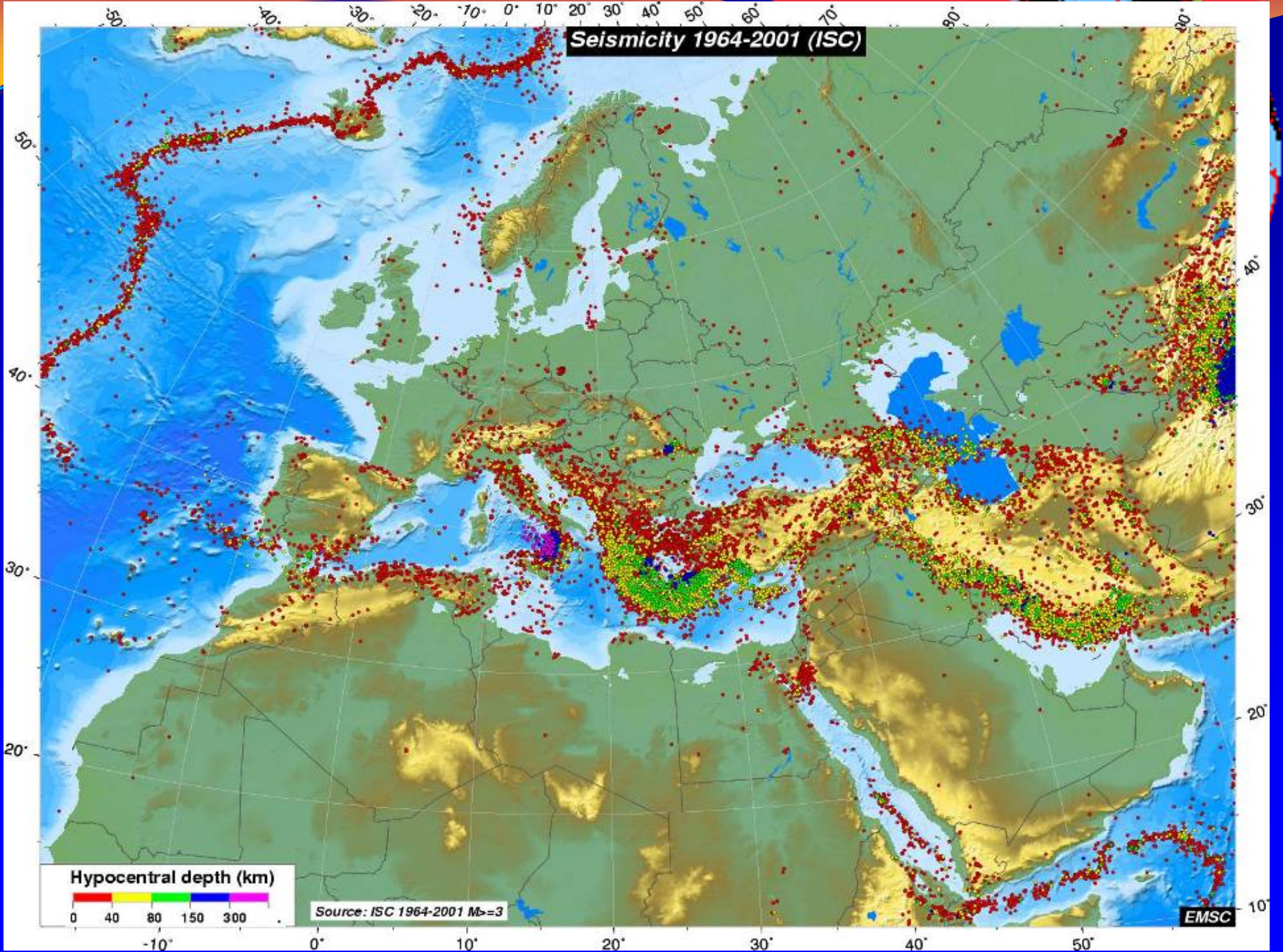
- La **predicción de terremotos** está aún muy lejana pero la prevención y la reducción de sus efectos es una posibilidad actual.

Prevención del riesgo sísmico: Es la prevención, reducción y reparación de cualquier amenaza potencial y daño a la vida, propiedades, a la sociedad y al entorno debido a terremotos.

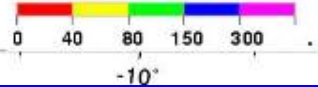
Generación de terremotos. Tectónica de Placas



Seismicity 1964-2001 (ISC)



Hypocentral depth (km)



Source: ISC 1964-2001 M>=3

EMSC

GFZ

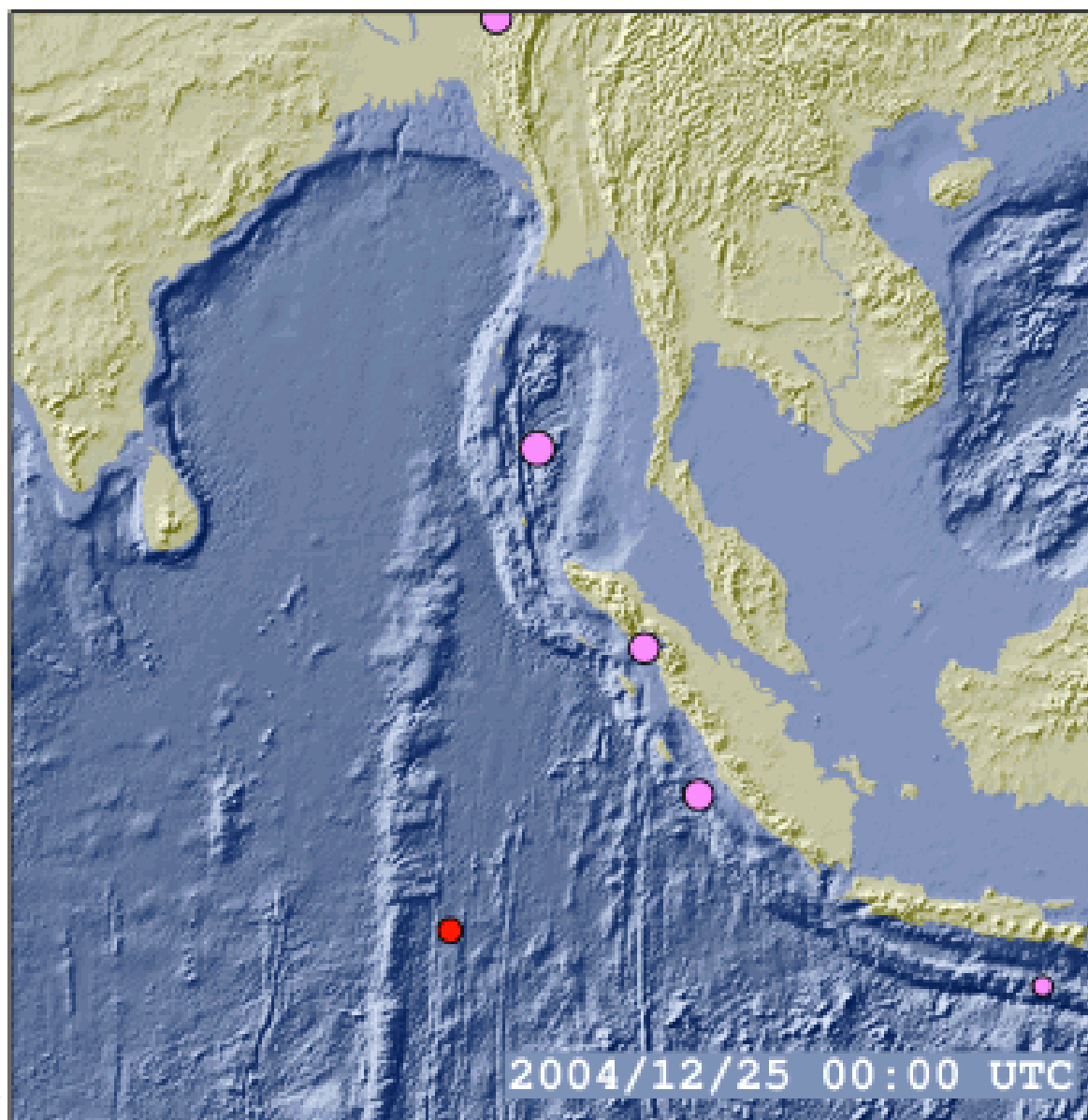
POTS DAM

20°N

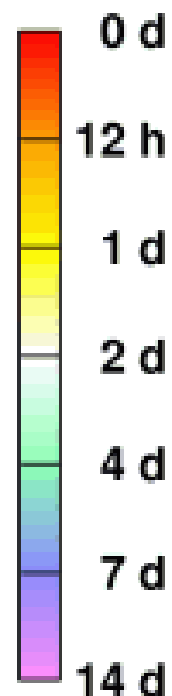
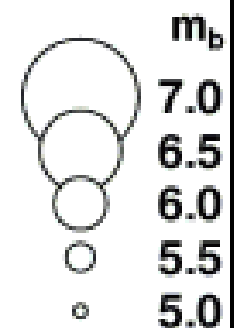
10°N

0°

10°S



Body wave
magnitude



80°E

90°E

100°E

110°E

2004/12/25 00:00 UTC



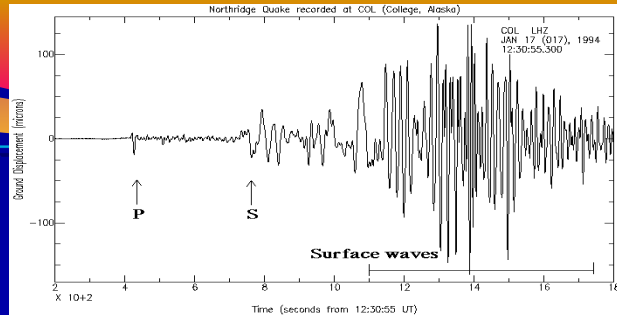
INGV

Réplicas del terremoto de Sumatra. (25 D 2004- 10 E 2005)

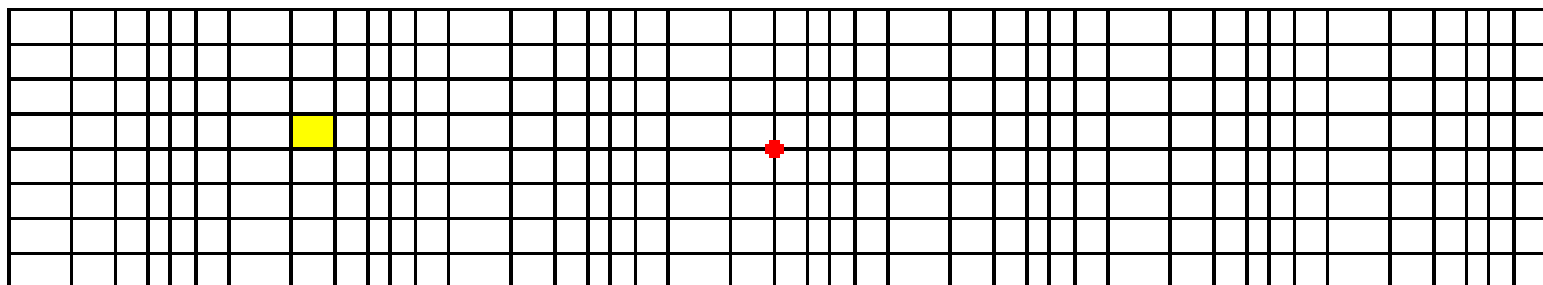
Ondas y Sacudidas sísmicas.

La energía elástica liberada en el foco se transmite en todas las direcciones mediante **ondas sísmicas**.

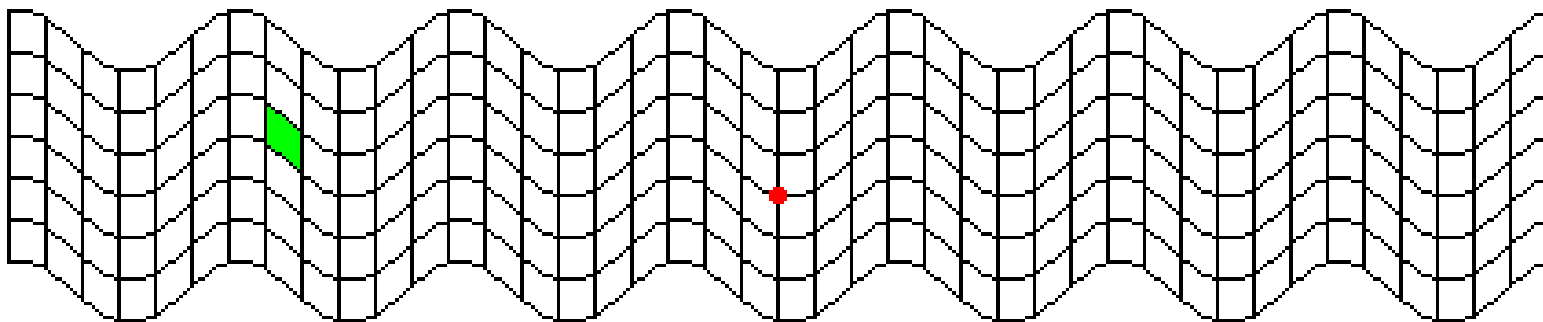
En el foco se generan las **ondas internas** (P y S) y



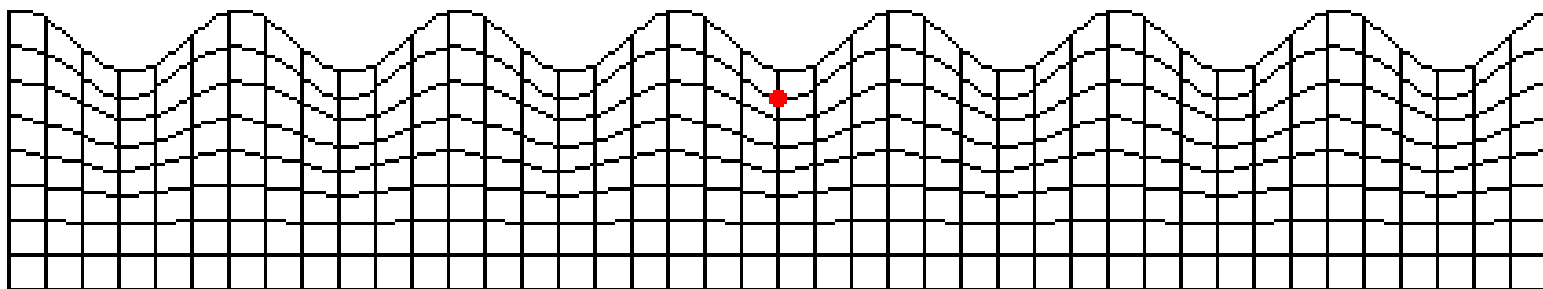
P-Wave



S-Wave



Surface Wave



Movimientos producidos por diferentes tipos de ondas

Magnitud e intensidad

La **magnitud** es una medida del tamaño del terremoto.

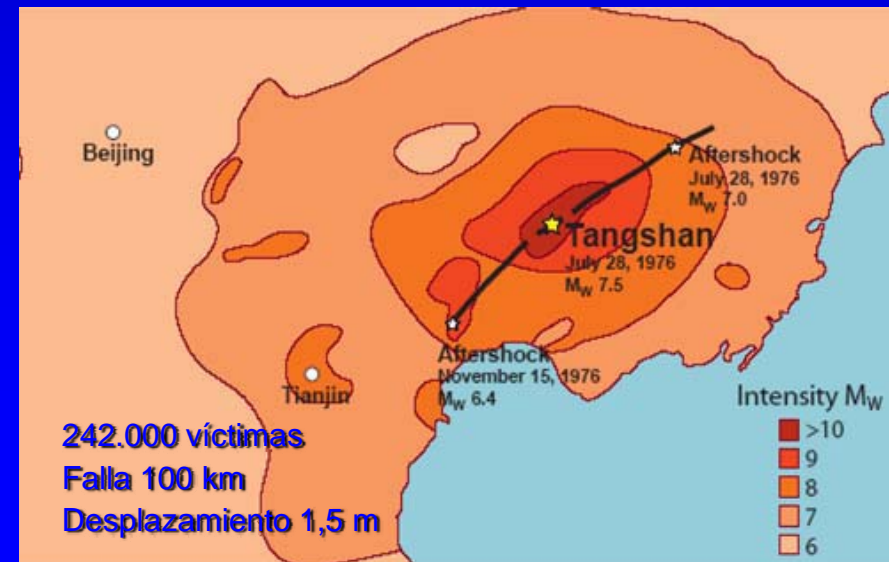
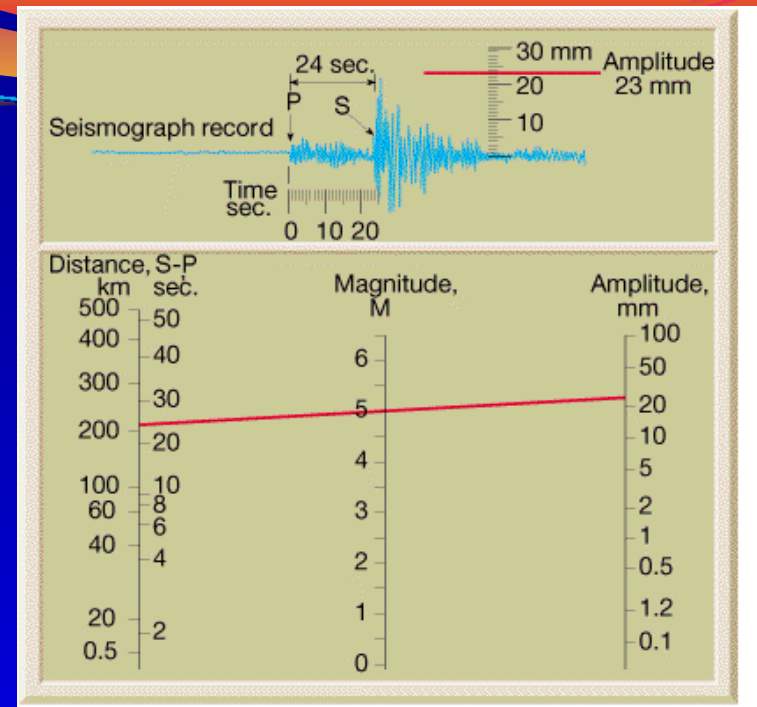
Es un indicador de la energía que se ha liberado.

Su valor es independiente del procedimiento y del punto empleado para medirla.

La **intensidad** es una estimación de la severidad del movimiento del suelo. *Se mide con acelerógrafos o a través de sus efectos sobre las personas, las construcciones y el terreno.*

La intensidad es distinta en cada lugar, ya que varía con la distancia al foco y la influencia del lugar.

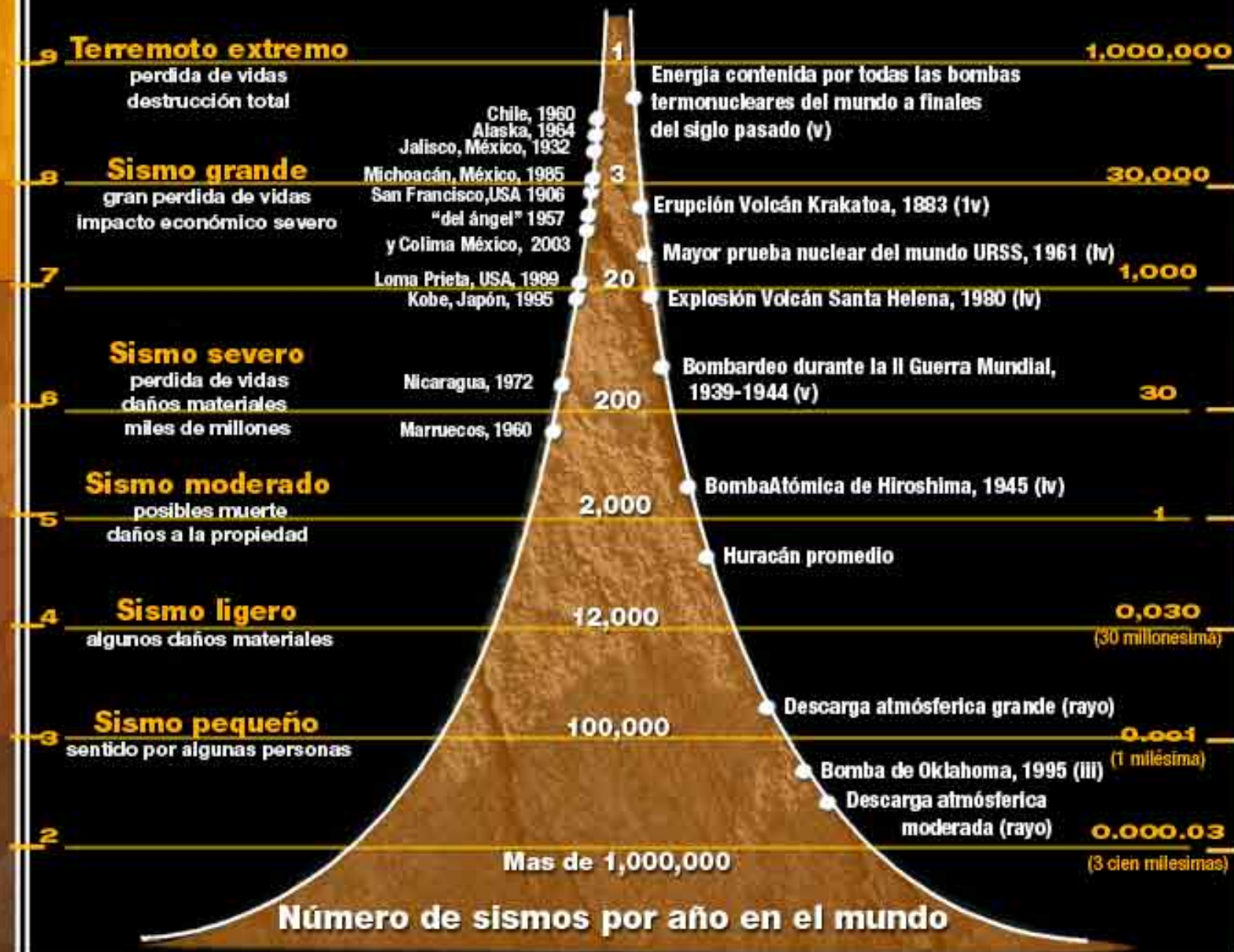
Los mapas de igual intensidad, se denominan **mapas de isosistas**.



Grado	DEFINICIÓN	Escala de intensidad EMS 98.	DESCRIPCIÓN
1	NO SENTIDO		No sentido, incluso en las circunstancias más favorables.
2	RARO SENTIDO		La vibración se siente solo por algunas personas dentro de las casas, especialmente en los pisos superiores.
3	DÉBIL		La vibración es débil y se siente solo por pocas personas dentro de las casas. Las personas en reposo sienten un balanceo o ligero temblor.
4	NOTADO AMPLIAMENTE		El terremoto se siente por muchas personas dentro de las casas y por pocas fuera de estas. Unos pocos se despiertan. El nivel de la vibración no es alarmante. Suenan ventanas, puertas y platos. Los objetos colgados se balancean.
5	FUERTE		El terremoto es sentido por la mayoría de las personas dentro de las casas y por pocas fuera. Muchos de los que duermen se despiertan. Algunos corren hacia la calle. Los edificios tiemblan por completo. Los objetos colgados se balancean considerablemente. Figuritas y vasos tintinean con estrépito. La vibración es fuerte. Se vuelcan objetos pesados. Se abren y cierran puertas y ventanas.
6	LIGERAMENTE DAÑINO		El terremoto se siente por la mayoría de las personas dentro de las casas y por muchas fuera. Muchos se asustan y corren hacia la calle. Caen objetos pequeños. Daños ligeros en muchos edificios ordinarios p.e. fisuras en revestimientos y caída de trozos pequeños de revestimiento.
7	DAÑINO		Es sentido por la mayoría de las personas dentro de las casas y por muchas fuera. Muchos se asustan y corren hacia la calle. Los muebles son desplazados y muchos objetos caen de los estantes. Muchos edificios ordinarios sufren daños moderados: pequeñas grietas en muros; colapso parcial de chimeneas.
8	MUY DAÑINO		Los muebles pueden volcarse. Muchos edificios sufren daños: caen chimeneas; aparecen grandes grietas en muros y unos pocos edificios colapsan parcialmente.
9	DESTRUCTOR		Monumentos y columnas se derrumban o se retuercen. Muchos edificios colapsan parcialmente y unos pocos colapsan completamente.
10	MUY DESTRUCT.		Muchos edificios colapsan.
11	DEVASTADOR		La mayoría de los edificios colapsan.
12	COMPLETAMEN DEVASTADOR		Prácticamente todas las estructuras sobre y bajo el suelo son severamente dañadas o destruidas.

Magnitud (ii)

Energía liberada (ii) en términos de la bomba de Hiroshima



Ingeniería

Sismología

Los 13 mayores terremotos del mundo período (1900-2009)

1. Chile 1960/ 05/ 22 9.5

2. Sumatra 2004-12-26 9.3

3. Alaska 1964 -03-28 9.2

4. Alleutian I. 1957-03- 09 9.1

5. Kamchatka 1952-11-04 9.0

6. Ecuador 1906-01-31 8.8

7. Alleutian I. 1965-02-04 8.7

8. Sumatra 2005-03-28 8.7

9. China 1920-12-16 8.6

10 Tibet 1950-08/15 8.6

11 Kamchatka 1923-02-03 8.5

12 Indonesia 1938-02-01 8.5

13 Kuril Islas 1963-10-13 8.5

38.24 S 73.05 W

3.298 N 95.78 E

61.02 N 147.65 W

51.56 N 175.39 W

52.76 N 160.06 E

1.000 N 081.50 W

51.21 N 178.50 E

2.08 N 97.01 E

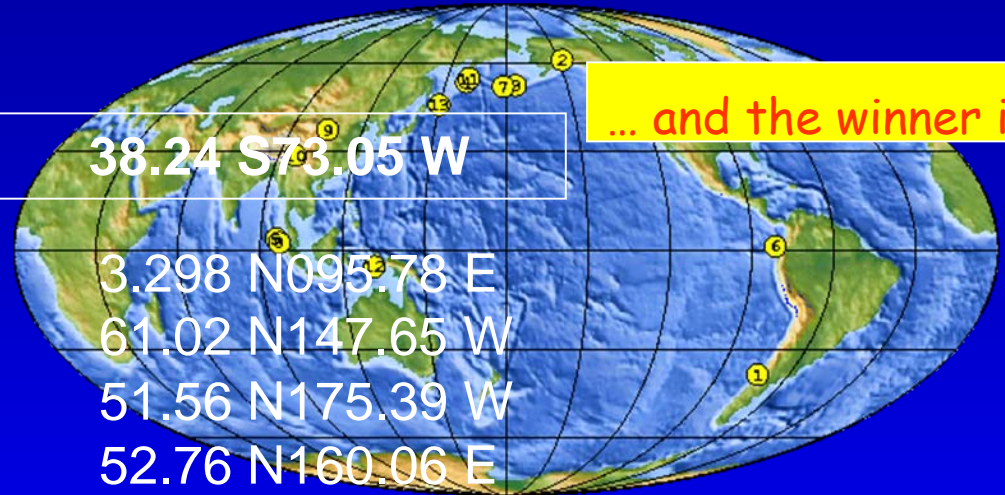
36.60 N 105.32 E

28.50 N 96.50 E

54.0 N 161.00 E

5.05 S 131.62 E

44.9 N 149.6 E



... and the winner is ...

USGS National Earthquake Information Center

TERREMOTOS

DEL MUNDO

CON

MÁS DE

100.000

VÍCTIMAS

MORTALES

Fecha	Localización	Nº muert.	Magn.	Comentarios
Enero 23, 1556	China, Shansi	830,000	~8	
Julio 27, 1976	China, Tangshan	255,000	7.5	
Diciem. 26, 2004	Sumatra, Indonesia	<283,100	9.3	Gran tsunami
Agosto 9, 1138	Siria, Aleppo	230,000		
Mayo 22, 1927	China, Xining	200,000	7.9	Grandes fracturas.
Diciem. 22, 856+	Iran, Damghan	200,000		
Diciem. 16, 1920	China, Gansu	200,000	7.8	Grandes fracturas desliz
Marzo 23, 893+	Iran, Ardabil	150,000		
Sept .1, 1923	Japón, Kwanto	143,000	7.9	Gran fuego enTokyo.
Octubre 5, 1948	Turkmenistán	110,000	7.3	
Diciem. 28, 1908	Italia, Messina	~100,000	7.2	+ por sismo y tsunami
Septiembre, 1290	China, Chihli	100,000		

TERREMOTOS

DEL MUNDO

CON

MÁS DE

50.000

VÍCTIMAS

MORTALES

Mayo 12, 2008	China, Sichuan	87,587	7.9	
Octub. 08, 2005	Pakistan	80,361	7,6	
Noviembre , 1667	Caucasia,	80,000		
Nov. 18, 1727	Iran, Tabriz	77,000		
Nov. 1, 1755	Portugal, Lisboa	70,000	8.7	Gran tsunami.
Dic. 28, 1908	Italia, Messina	70,000	7.2	
Diciem. 25, 1932	China, Gansu	70,000	7.6	
Mayo 31, 1970	Peru, Chimbote	66,000	7.9	gran deslizam. Huascarán
1268	Asia Minor, Silicia	60,000		
Enero 11, 1693	Italia, Sicilia	60,000		
Mayo 30, 1935	Pakistan, Quetta	60,000	7.5	Quetta casi destruida
Feb. 4, 1783	Italia, Calabria	50,000		
Junio 20, 1990	Iran	50,000	7.7	deslizamientos



Tsunami



Efectos sobre el terreno. Fallas



Efectos sobre el terreno. Fallas





Sichuan, 2008

La licuefacción.



Tsunamis

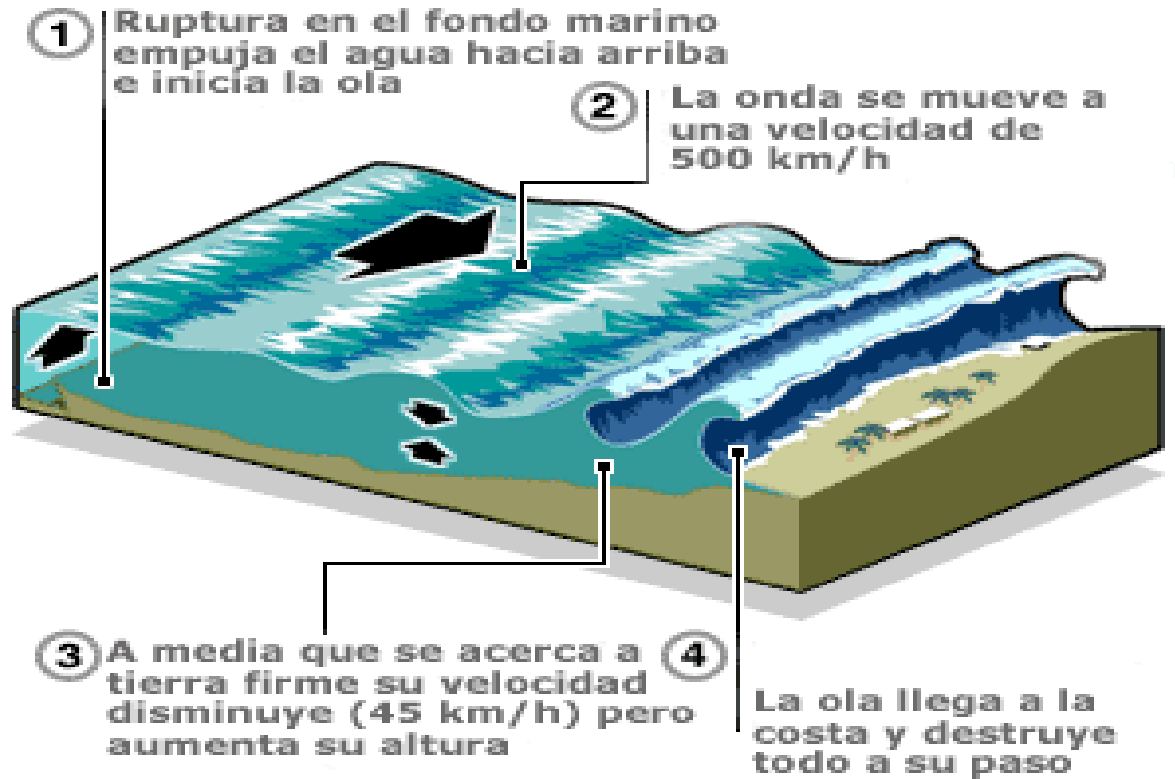
Propagación y altura de la ola:

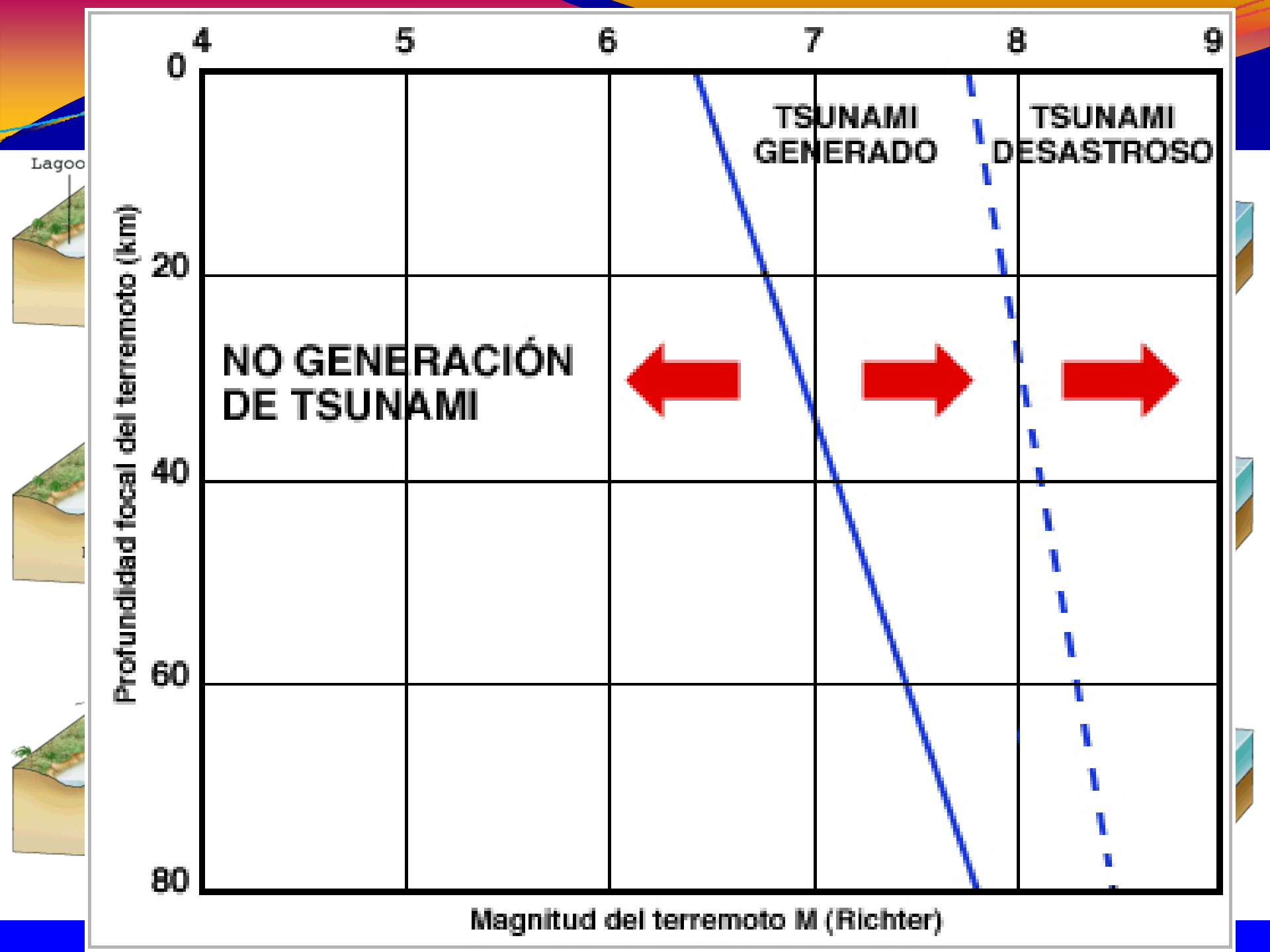
Su **velocidad** aumenta con la profundidad marina.
Va desde 900 km/h hasta 50 km/h (en la costa).

Su **longitud de onda** aumenta con la profundidad.

Va desde más 400 km hasta 25 km.

Su **altura** aumenta mucho





4 5 6 7 8 9

0

20

40

60

80

Profundidad focal del terremoto (km)

NO GENERACIÓN DE TSUNAMI

TSUNAMI GENERADO

TSUNAMI DESASTROSO

Magnitud del terremoto M (Richter)

Lagoo



Diferencia entre olas producidas por el viento y los tsunamis



TSUNAMI HAZARD ZONE

A blue rectangular sign with rounded corners. At the top, the text "TSUNAMI HAZARD ZONE" is written in white, bold, uppercase letters. Below the text is a white silhouette of a large tsunami wave. To the right of the wave, a white silhouette of a person is shown running up a hill. At the bottom of the sign, the text "IN CASE OF EARTHQUAKE, GO TO HIGH GROUND OR INLAND" is written in white, bold, uppercase letters.

IN CASE OF EARTHQUAKE, GO TO HIGH GROUND OR INLAND

A circular sign with a white background and a blue border. Inside the circle, there is a blue silhouette of a tsunami wave. Below the wave, the text "TSUNAMI EVACUATION ROUTE" is written in blue, bold, uppercase letters.

TSUNAMI EVACUATION ROUTE

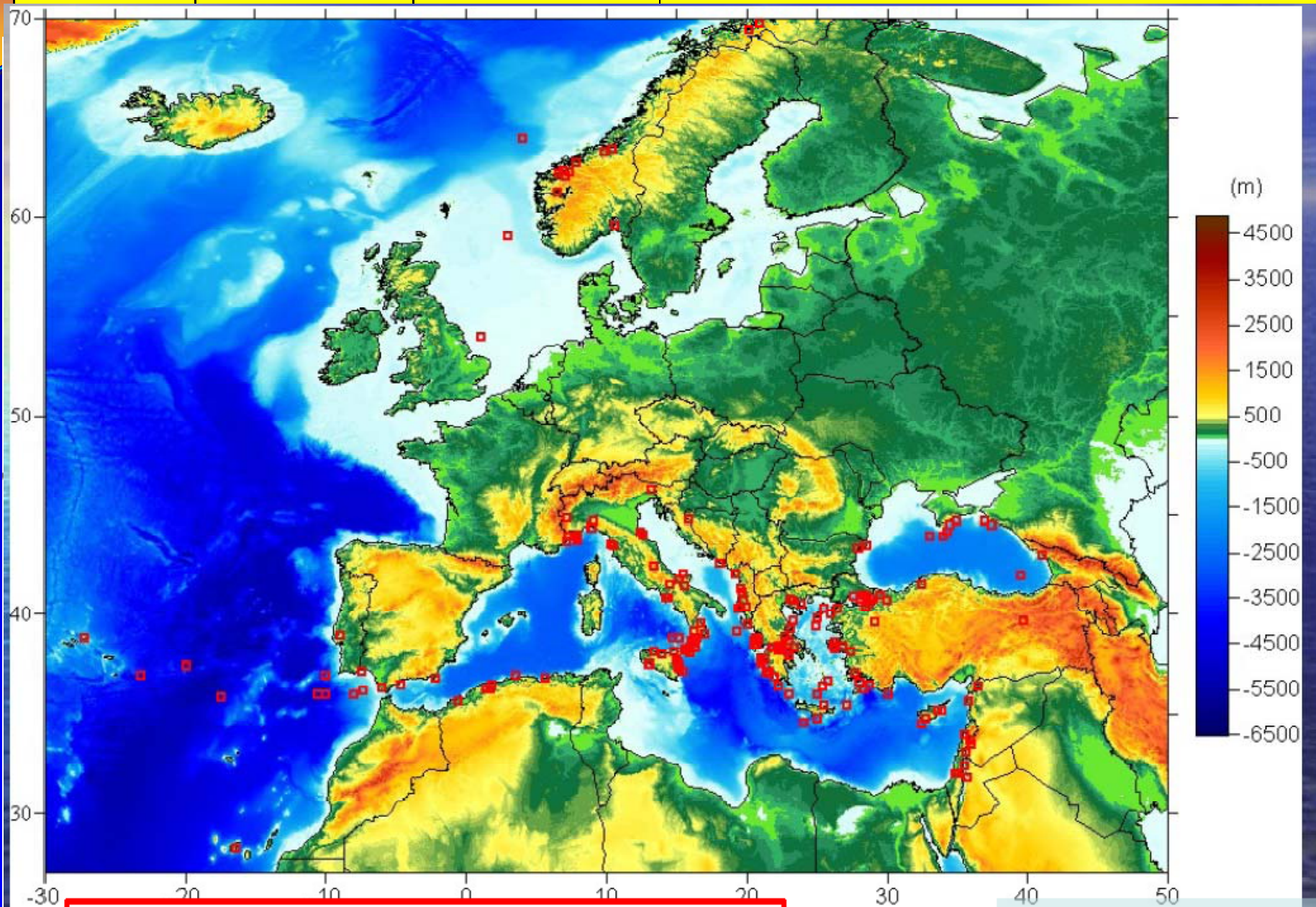


Terremoto de Sumatra 26 Diciembre 2004



SIMULACIÓN DEL TSUNAMI (Titov, 2004) NOAA

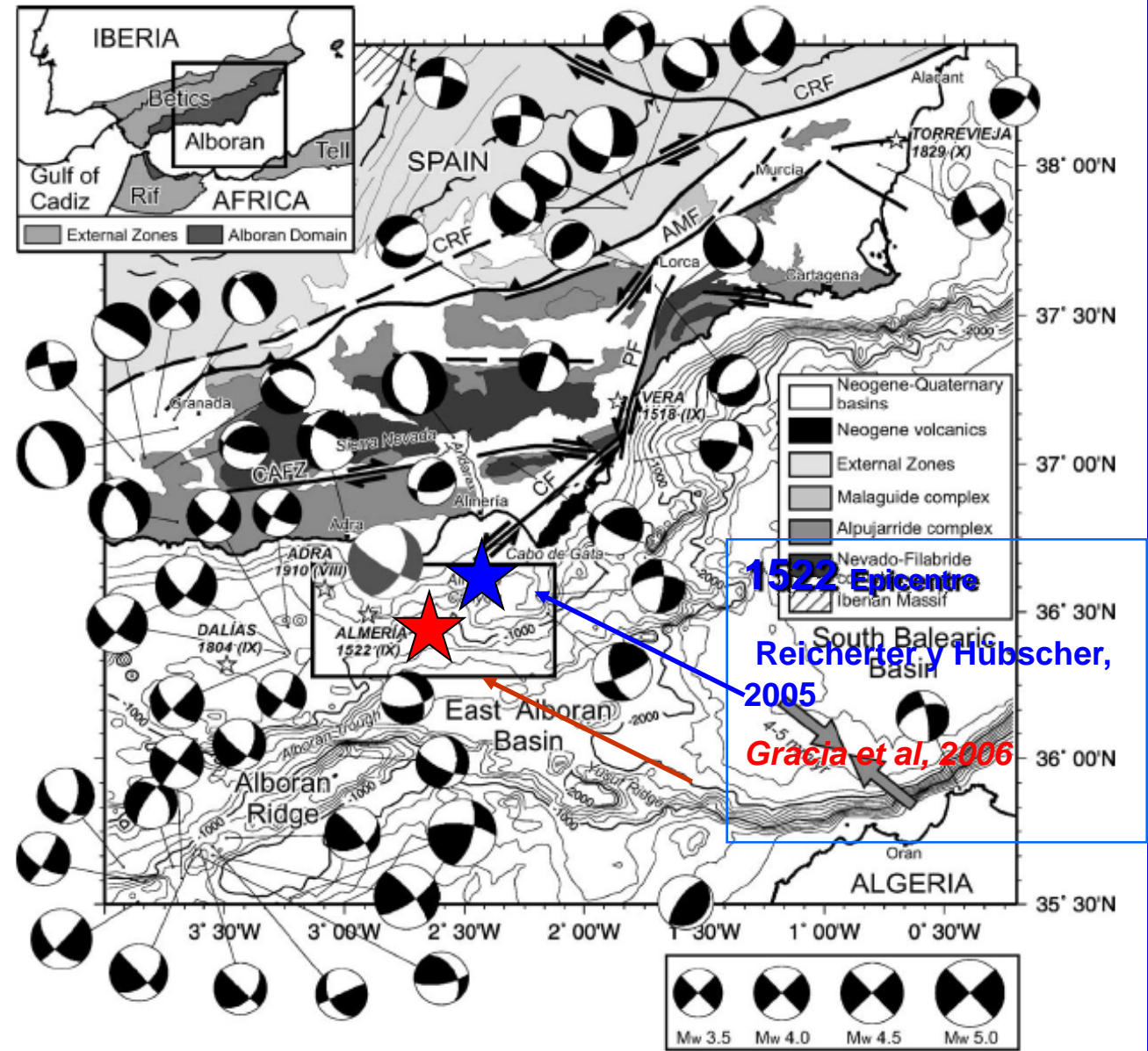
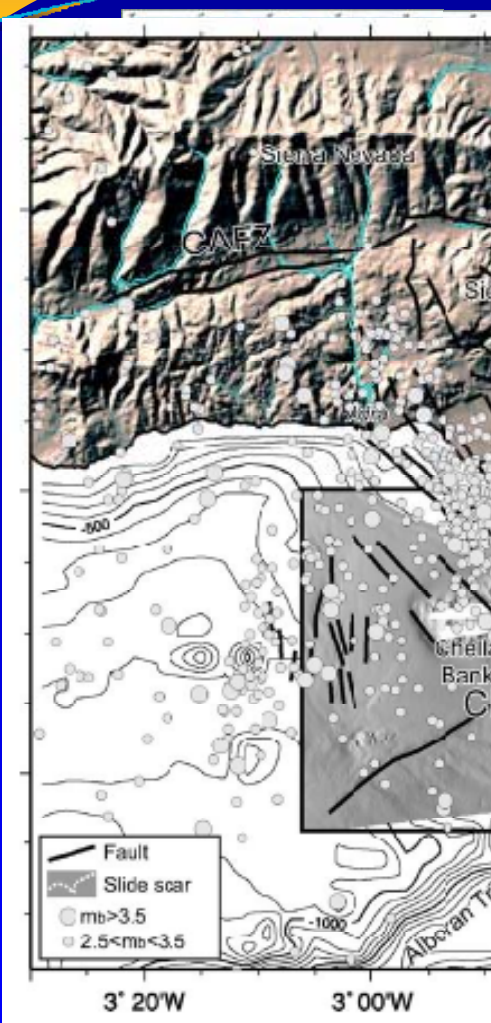
Fecha	Intensidad (MSK)	Localidad	observaciones
-------	------------------	-----------	---------------



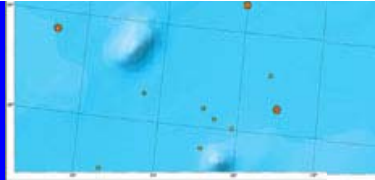
Tsunamis in the NEAM zone

Stefano Tinti

Sismicidad histórica.



1522 Epicentre
 Reichert y Hubscher,
 2005
 Gracia et al, 2006



Terr



THE EARTHQUAKE AT LISBON IN 1755.

J. SEE

Terremoto de Alhama, 1884



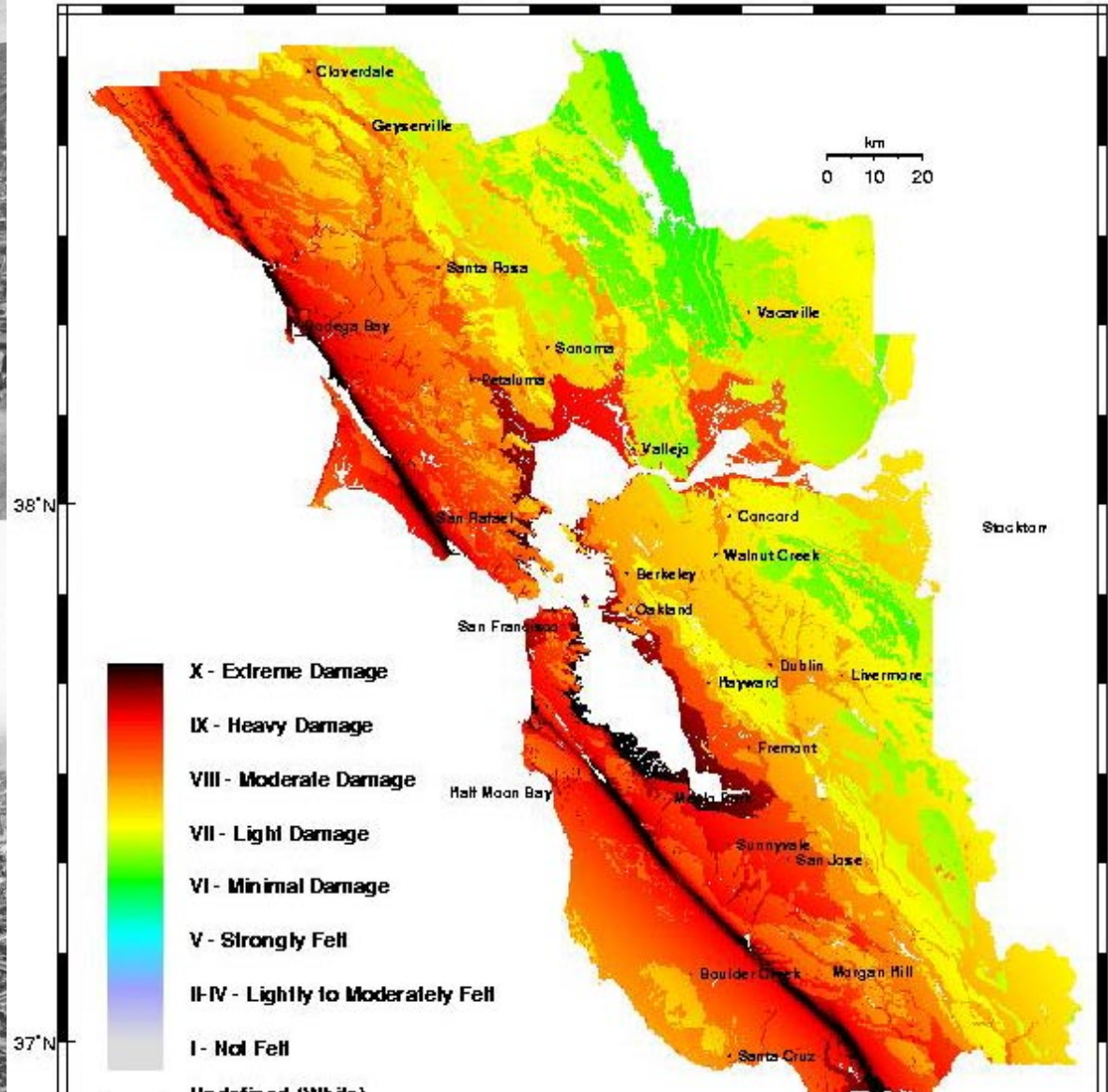
L'AMBULANCE DE SANTA CRUZ, par V. A. POINSON.

Terremoto de San Francisco , 1906

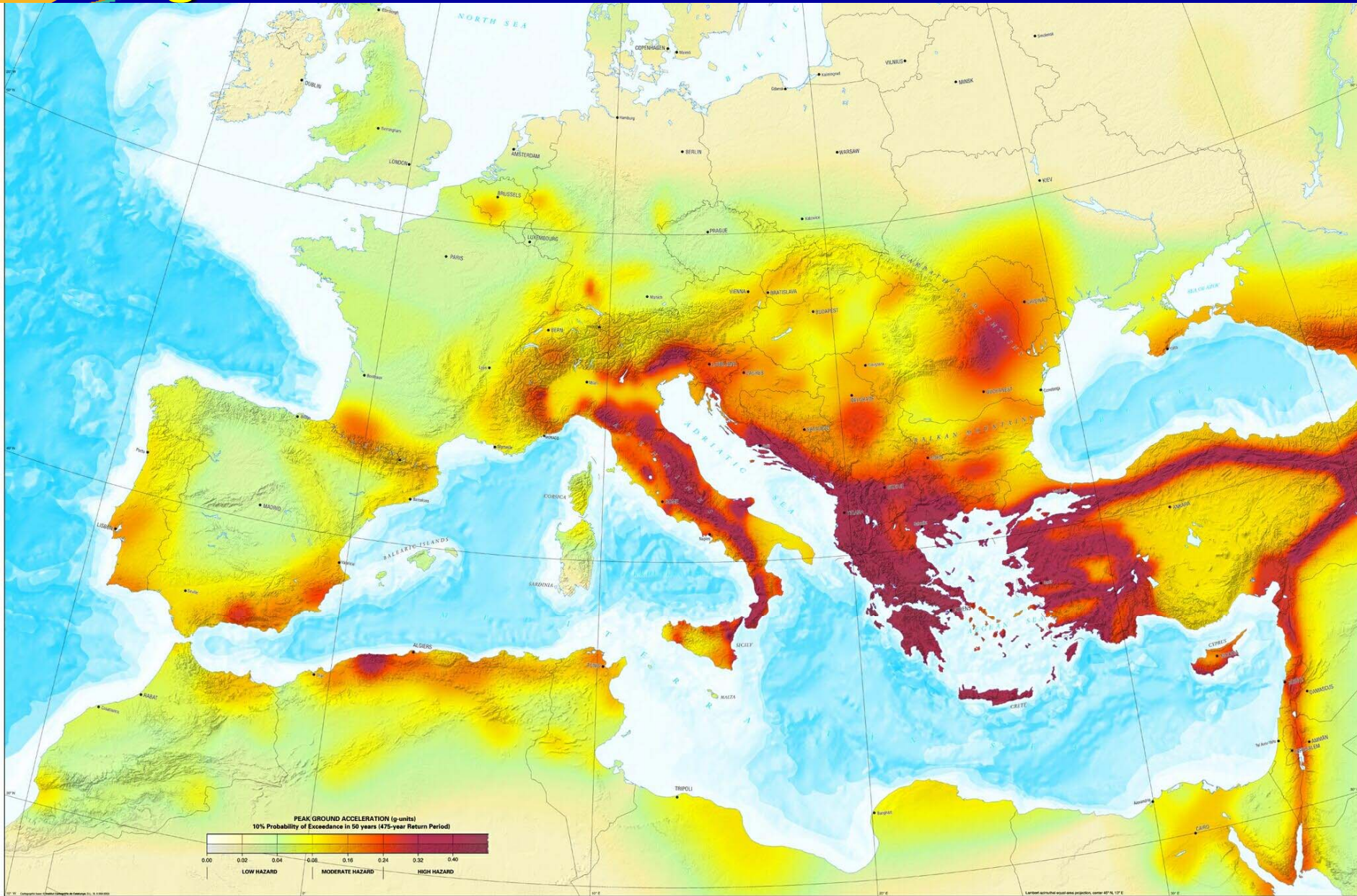


U.S.G.S. Estimated Intensity Map
1906 Earthquake on San Andreas Fault

GMT Dec 17 09:52



Peligrosidad sísmica



Peligrosidad sísmica y zonación

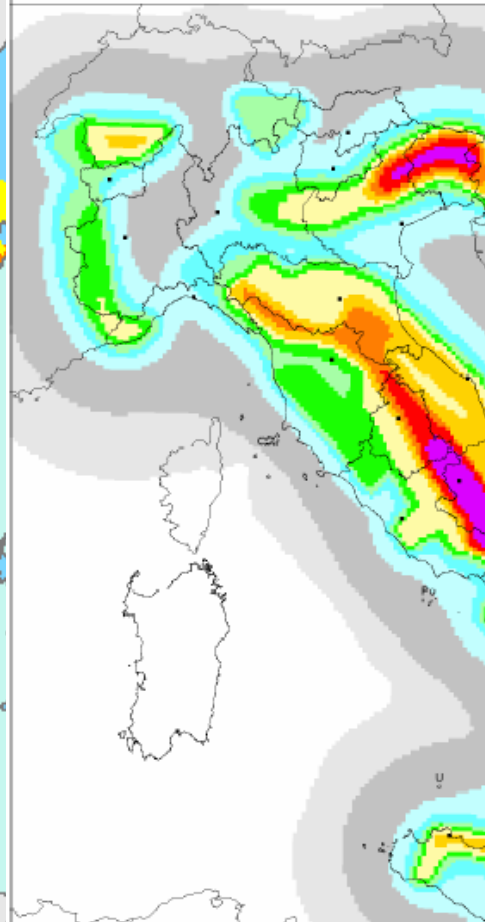
GNDT
ING
SSN



ISTITUTO NAZIONALE DI GE

Mapa di pericolosità sismica
con probabilità di ecced

(riferimento: Ordinanza PCM de

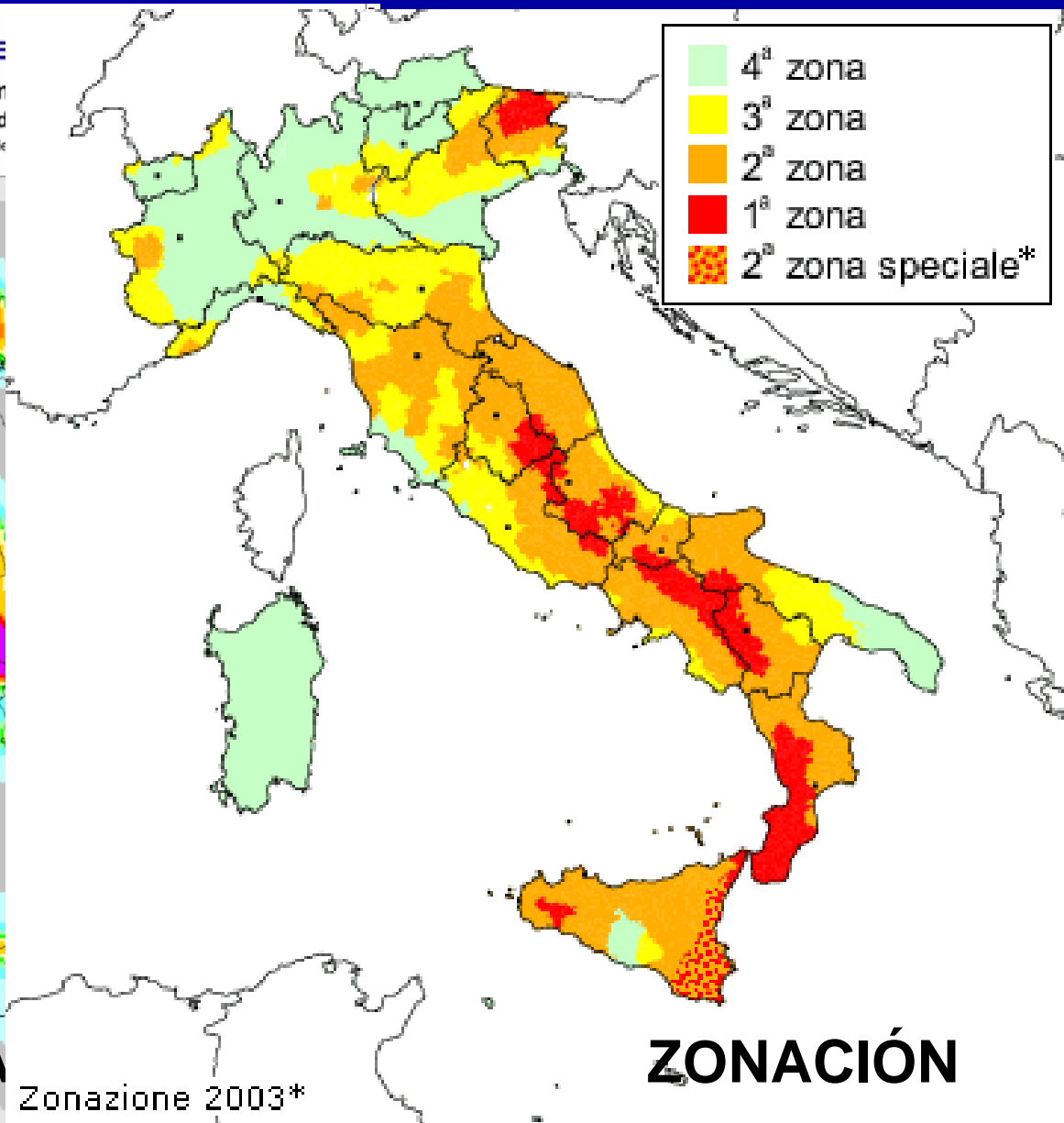


PELIGROSIDA

Zonazione 2003*

Elaborazione: aprile 2004

- 4^a zona
- 3^a zona
- 2^a zona
- 1^a zona
- 2^a zona speciale*



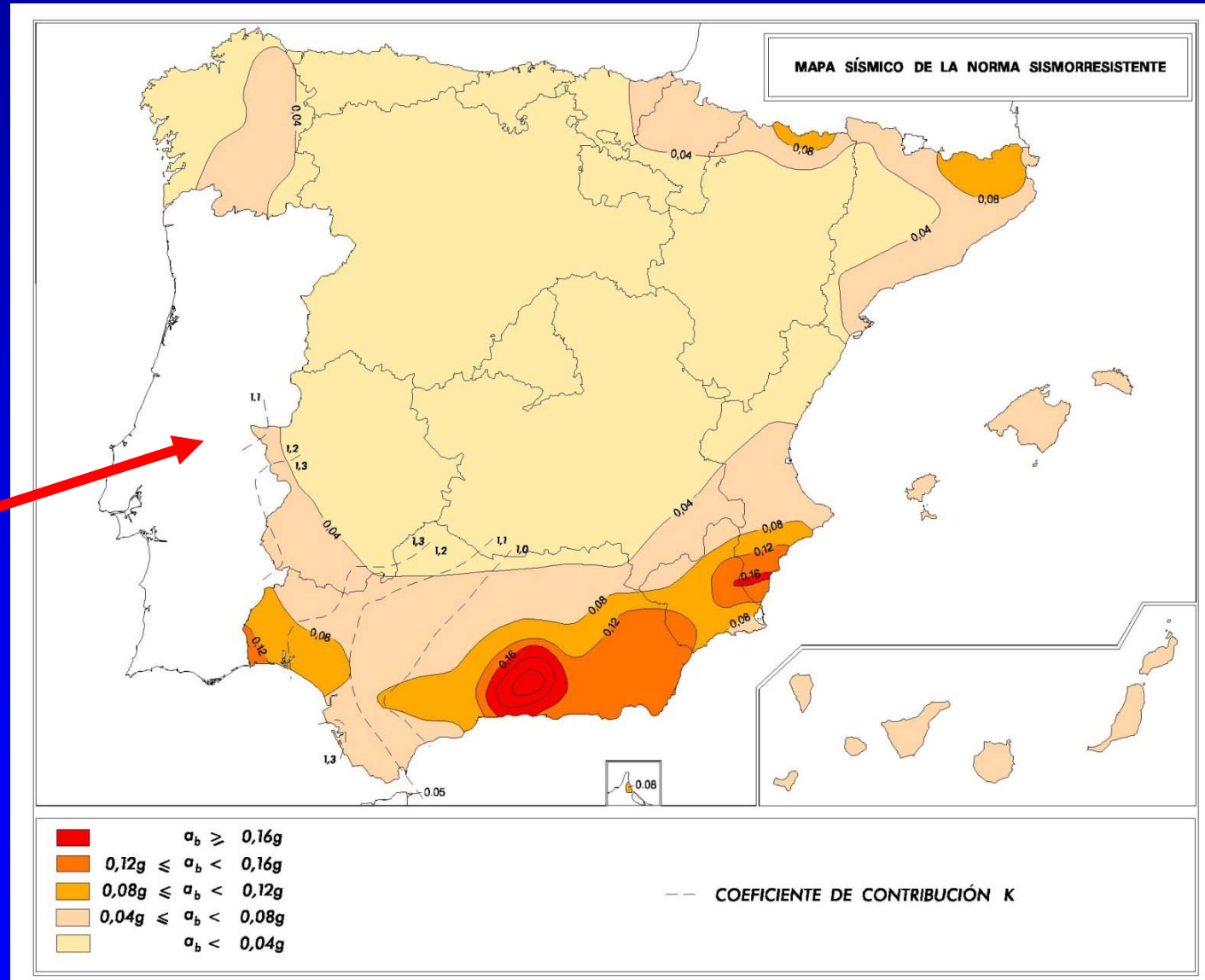
ZONACIÓN

Probabilidad de excedencia, de un 10%, en 50 años, Utilizada en determinación probabilística de la peligrosidad.

Probabilidad anual de ser superada de 0.002,

período de retorno de 500 años

Mapa de la NCSE-02



Amplificac

La geología superficial
movimiento del suelo.

La existencia de suelos
amplificar el movimien
notable) en un rango d
que influye en los dañ

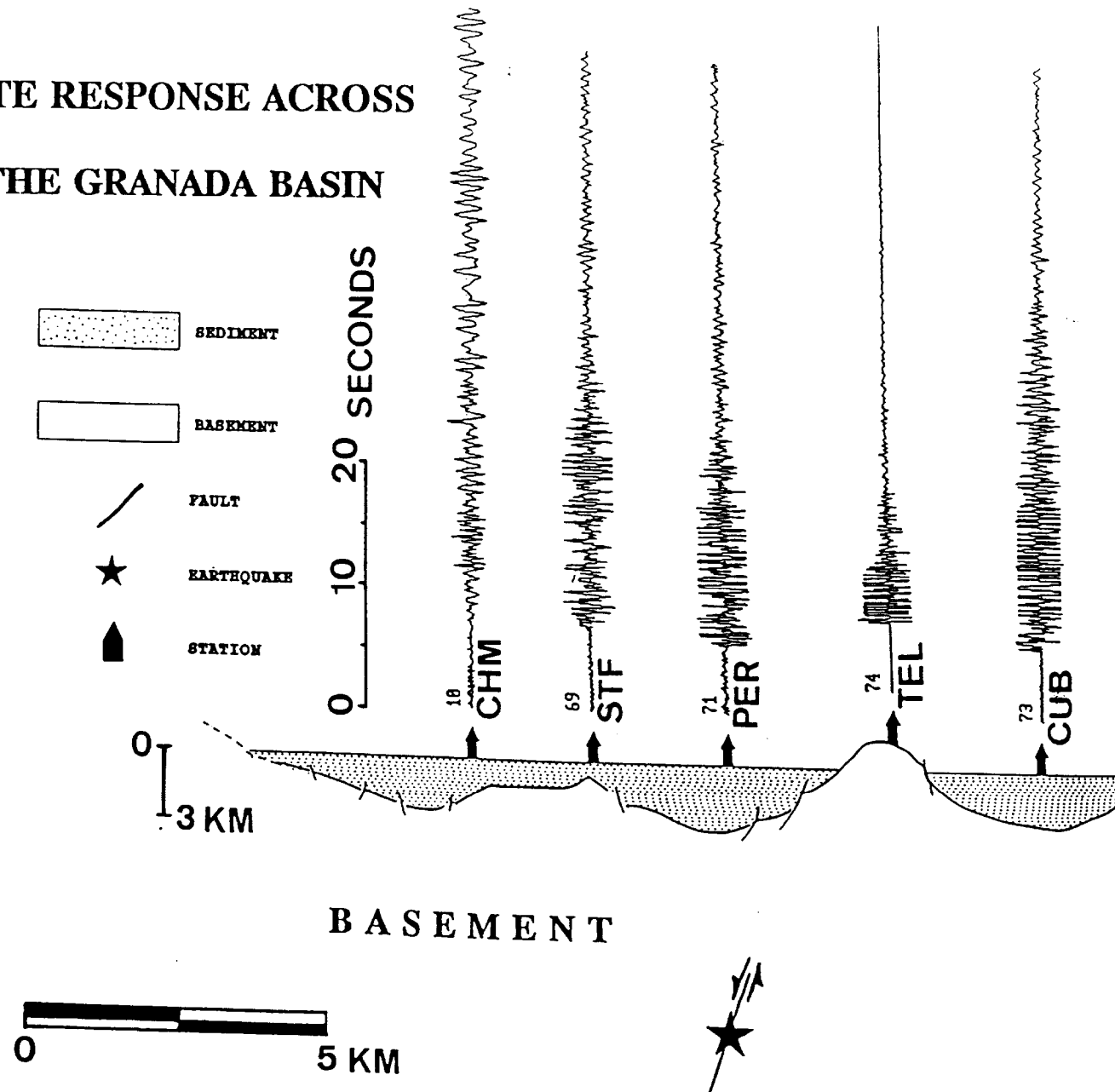
El fenómeno respons
amplificación del mo
terreno en suelos bla
atrapamiento de la
debido al contraste
impedancia entre el
el basamento sobre
apoya dicho sedimen

Las interferencias en
atrapadas generan **f**
de resonancia del s

La forma de onda y
de resonancia está r
con las propiedades
del sedimento y con
la estructura.

SITE RESPONSE ACROSS

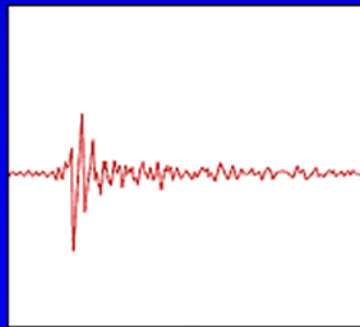
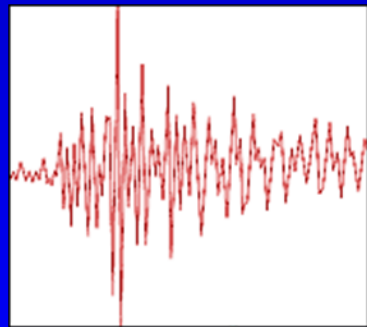
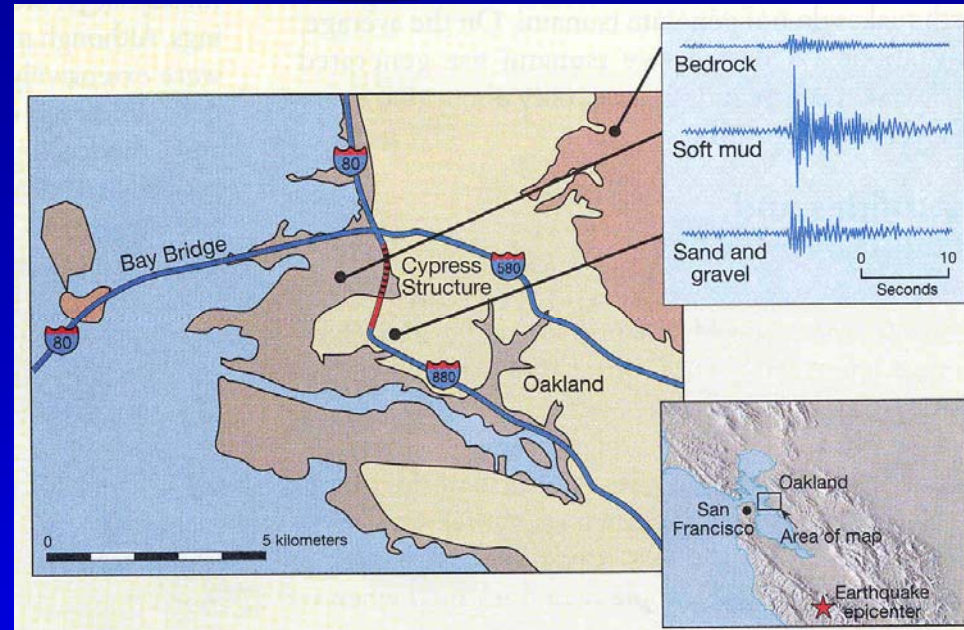
THE GRANADA BASIN



Amplificación sísmica



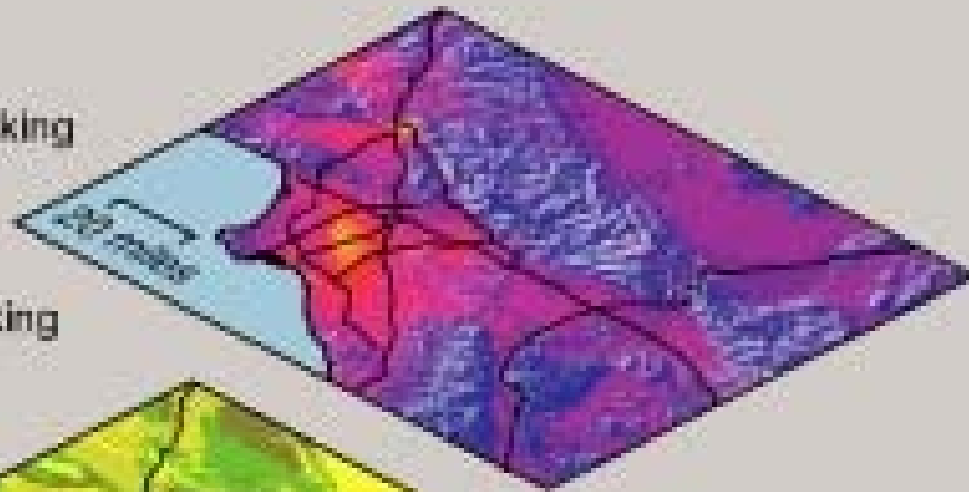
Terremoto de Loma Prieta, 1989



more shaking



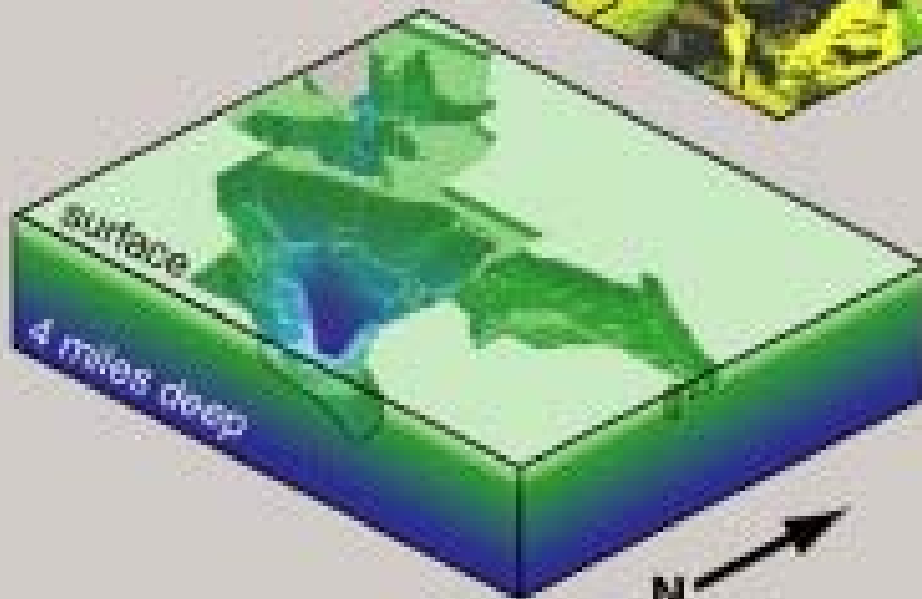
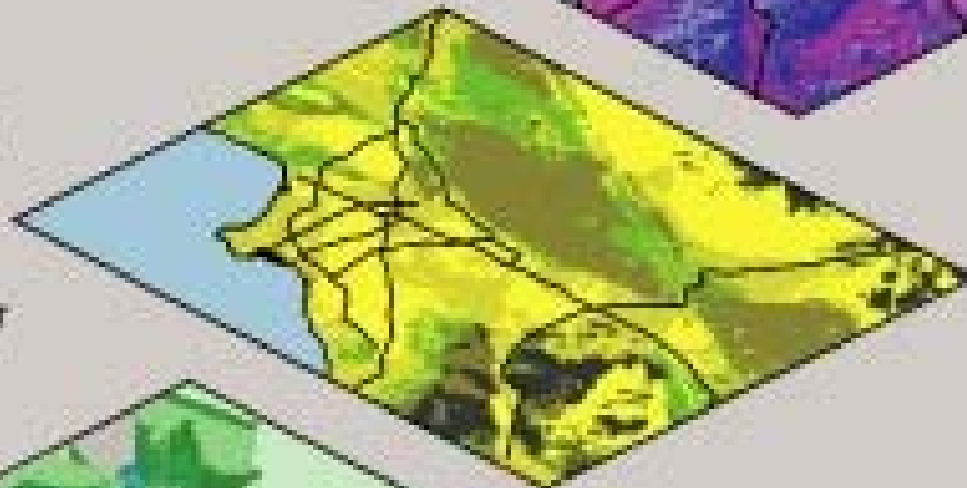
less shaking



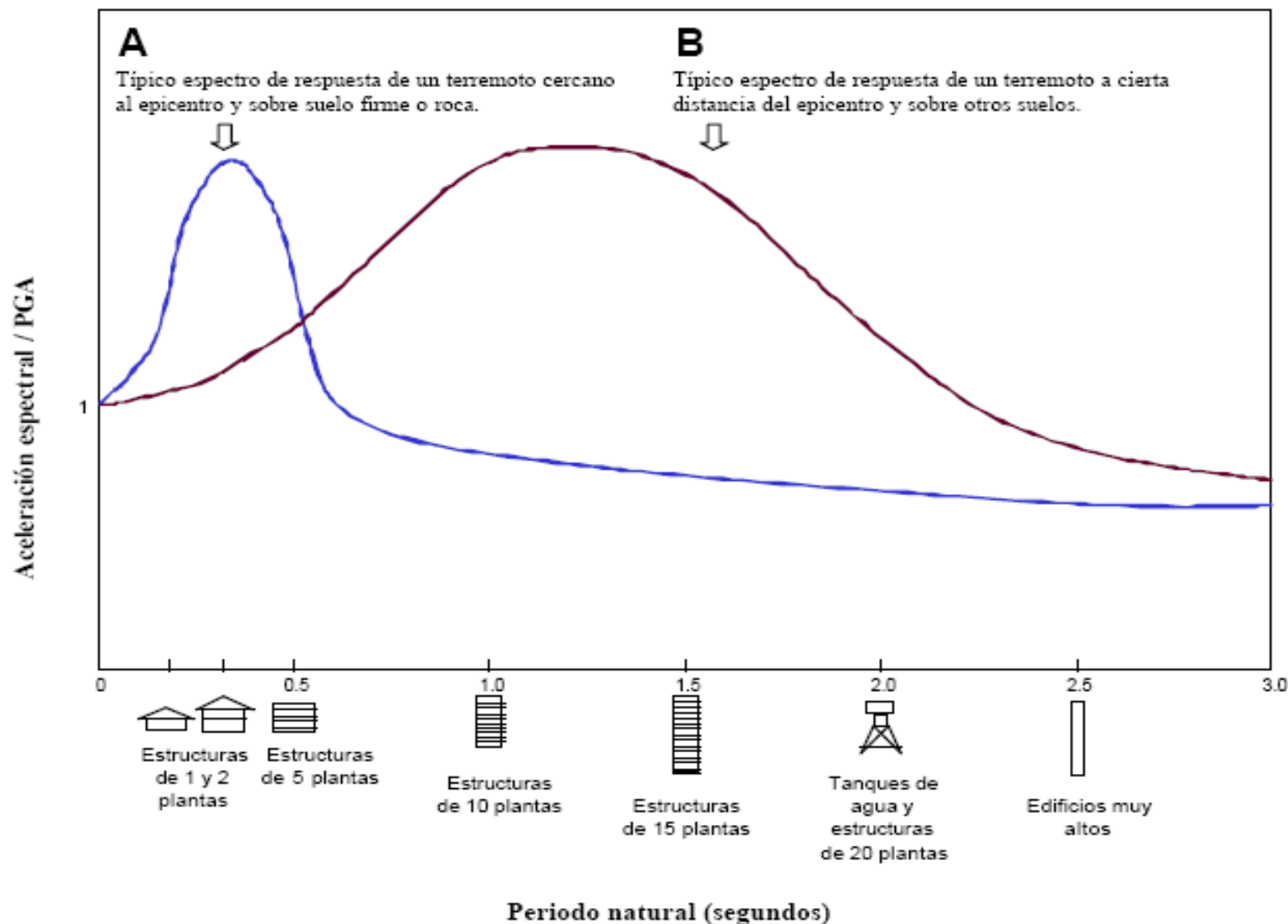
softer



harder



Amplificación sísmica. Influencia del sitio en las características del movimiento



Amplificación sísmica

Efectos de la Topografía Superficial

Se deben a:



tenedajas a lo largo de la superficie topográfica.

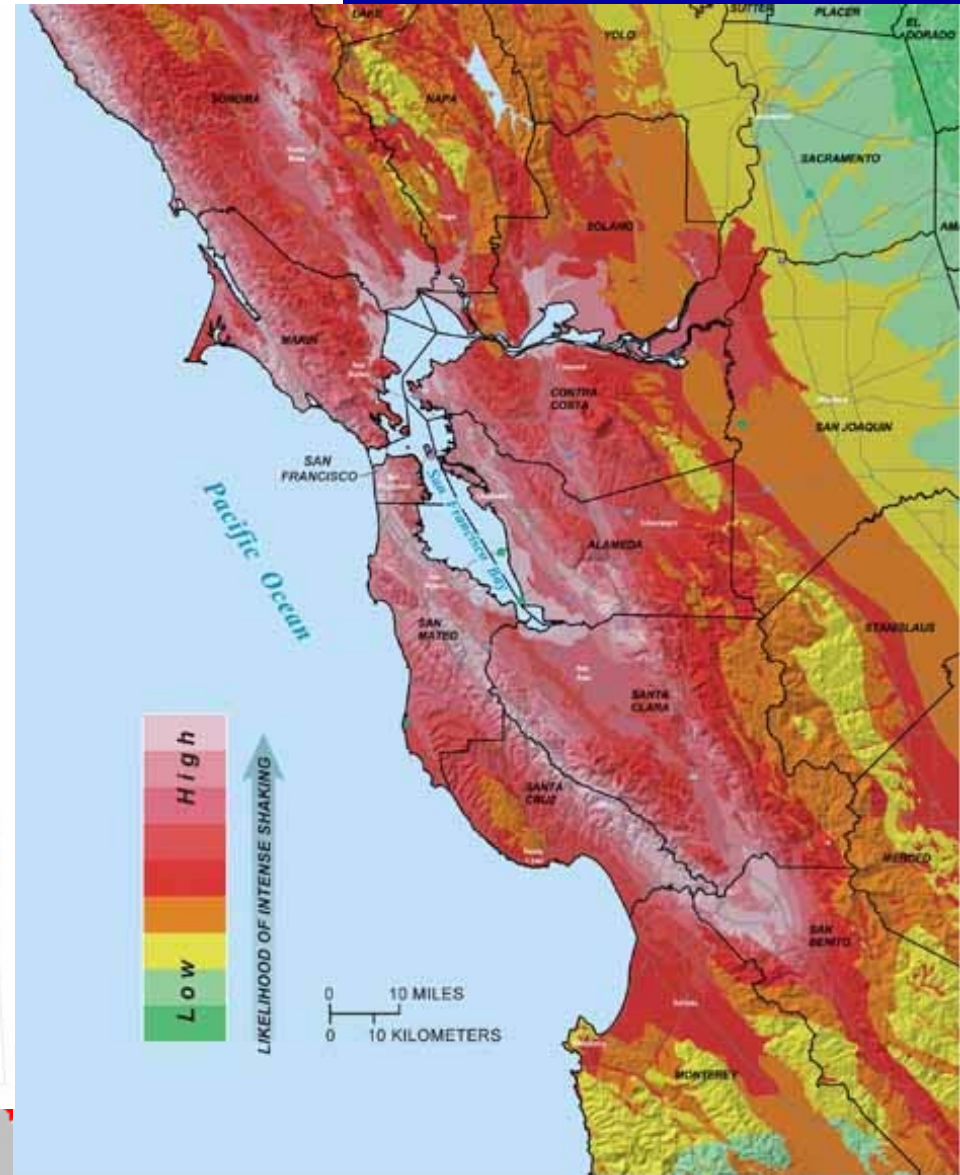
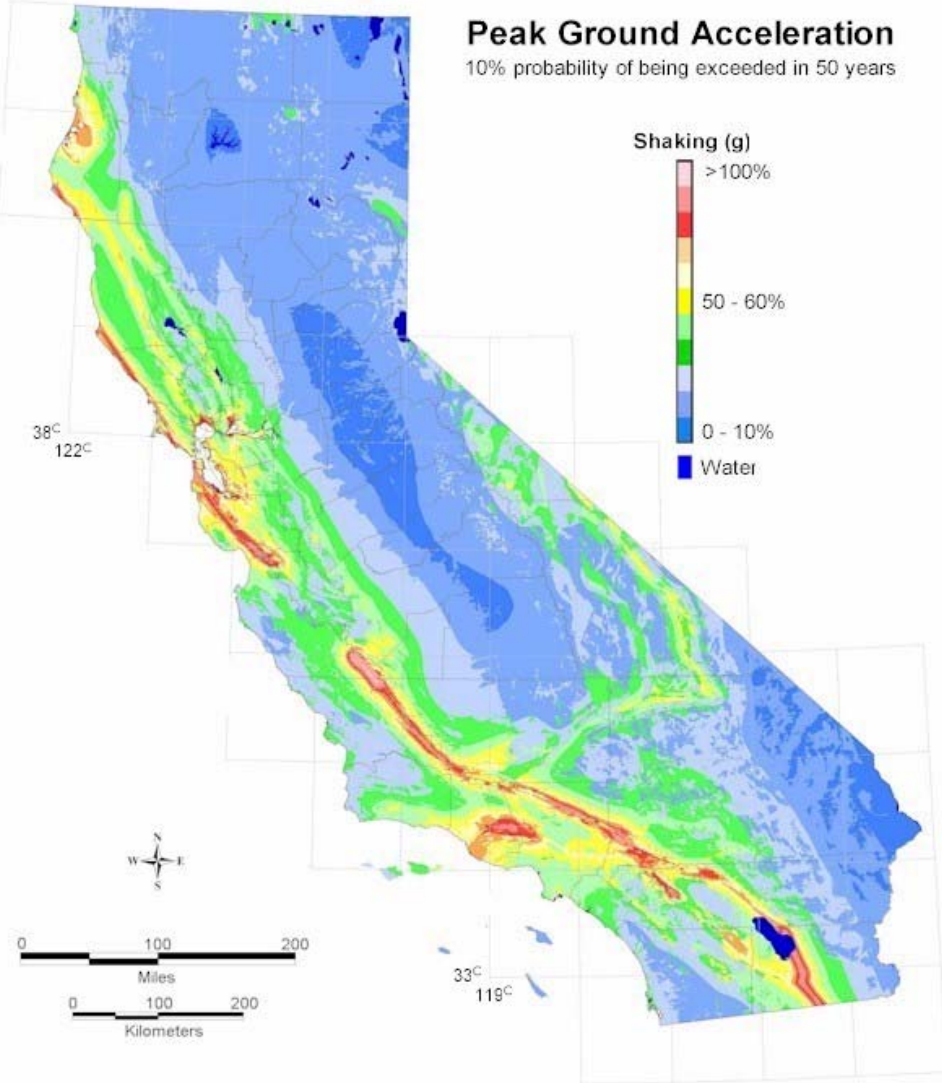
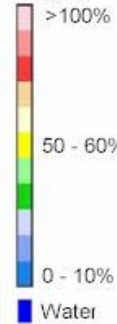
Variaciones del movimiento en función de la pendiente de la topografía, debido a la sensibilidad del mismo, respecto del ángulo de incidencia.

Microzonación sísmica.

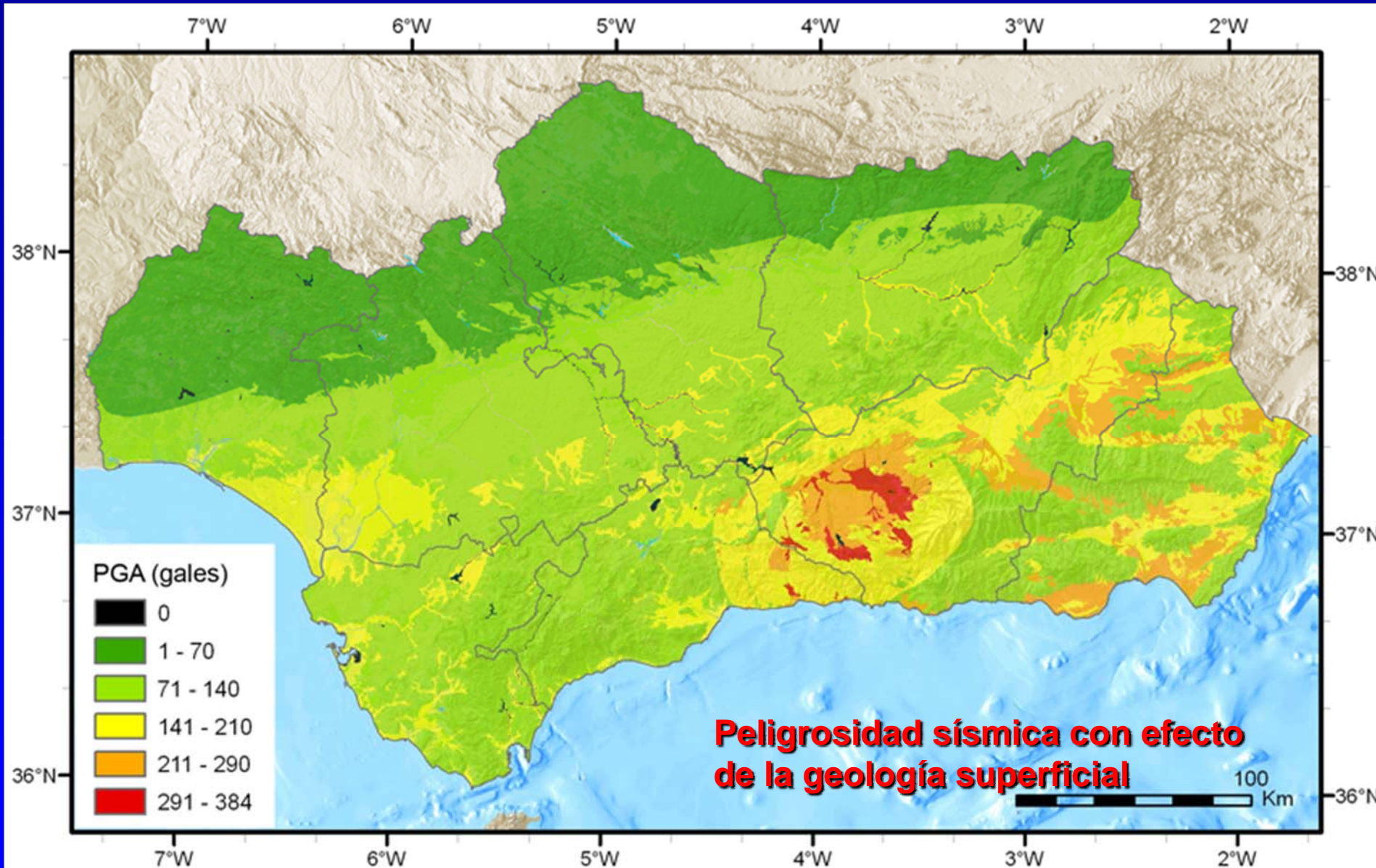
Peak Ground Acceleration

10% probability of being exceeded in 50 years

Shaking (g)



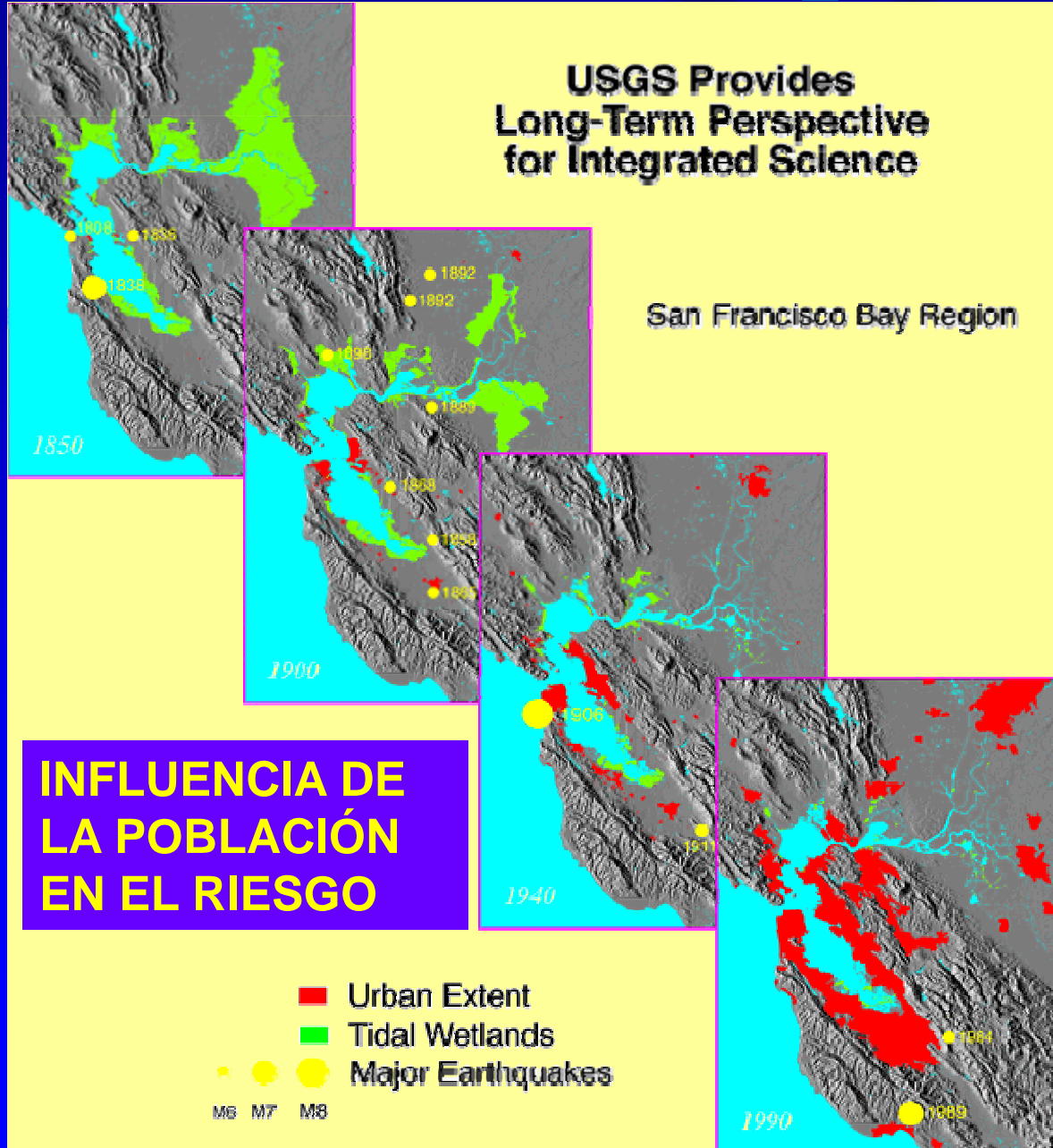
Factores de amplificación para la PGA y SA (w)



Riesgo sísmico (*Earthquake Risk*)

USGS Provides
Long-Term Perspective
for Integrated Science

San Francisco Bay Region



Riesgo sísmico (*Earthquake Risk*)

Peligrosidad
(*Hazard*)

Probabilidad del
movimiento del terreno

×

Efectos locales
(*Site Effects*)

Amplificación debida a:

- Suelos
- Topografía
- Peligros (licuefacción, deslizam.)

×

Vulnerability
(*Vulnerability*)

Efectos sobre estructuras por:

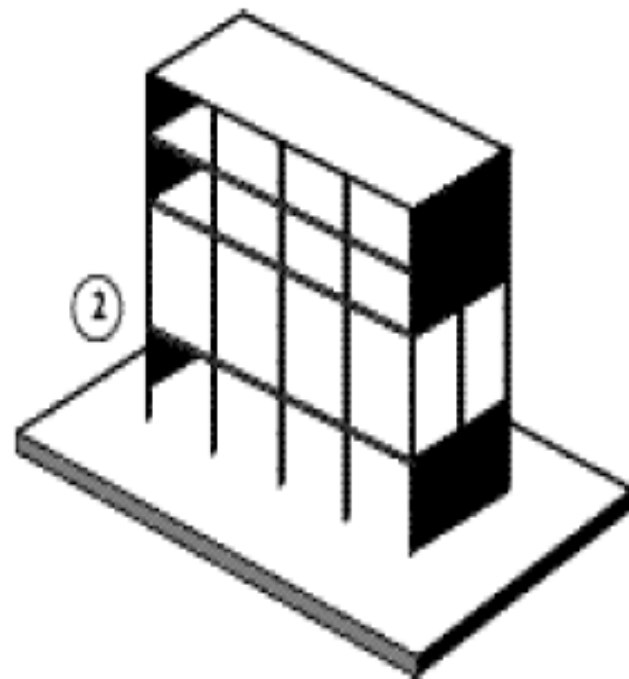
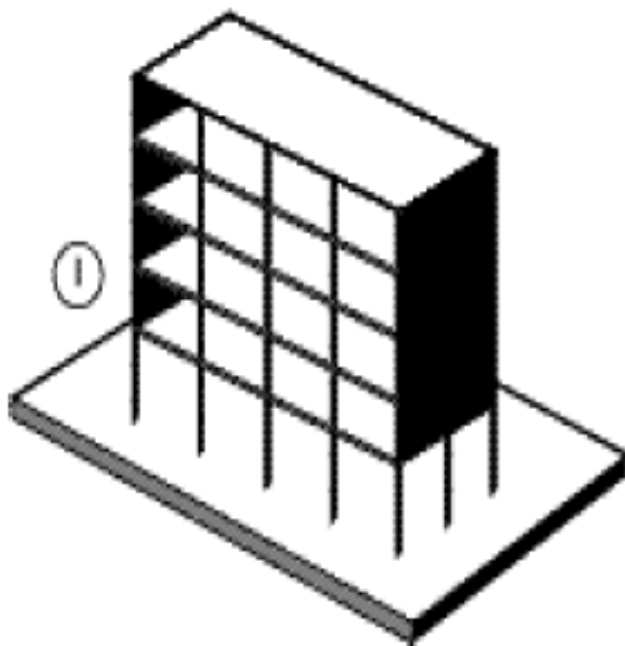
- Tipo y edad del edificio
- Densidad de población
- Uso del suelo
- Mes y hora de ocurrencia

||

Riesgo
(*Risk*)

Probabilidad de daños y pérdidas

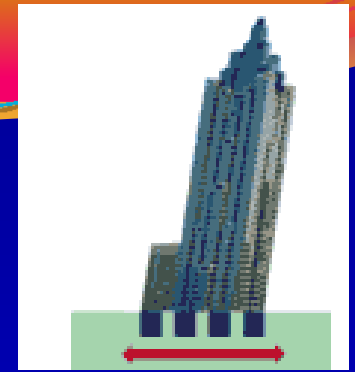
Vulnerabilidad y daños



1. Planta baja libre
2. Piso flexible en niveles intermedios

Los daños

El daño que sufre una estructura es ocasionado por las **fuerzas de inercia** (creada por la tendencia del edificio a permanecer en su posición original) que la estructura opone al movimiento sísmico del terreno.



←-----→
Acceleración del suelo

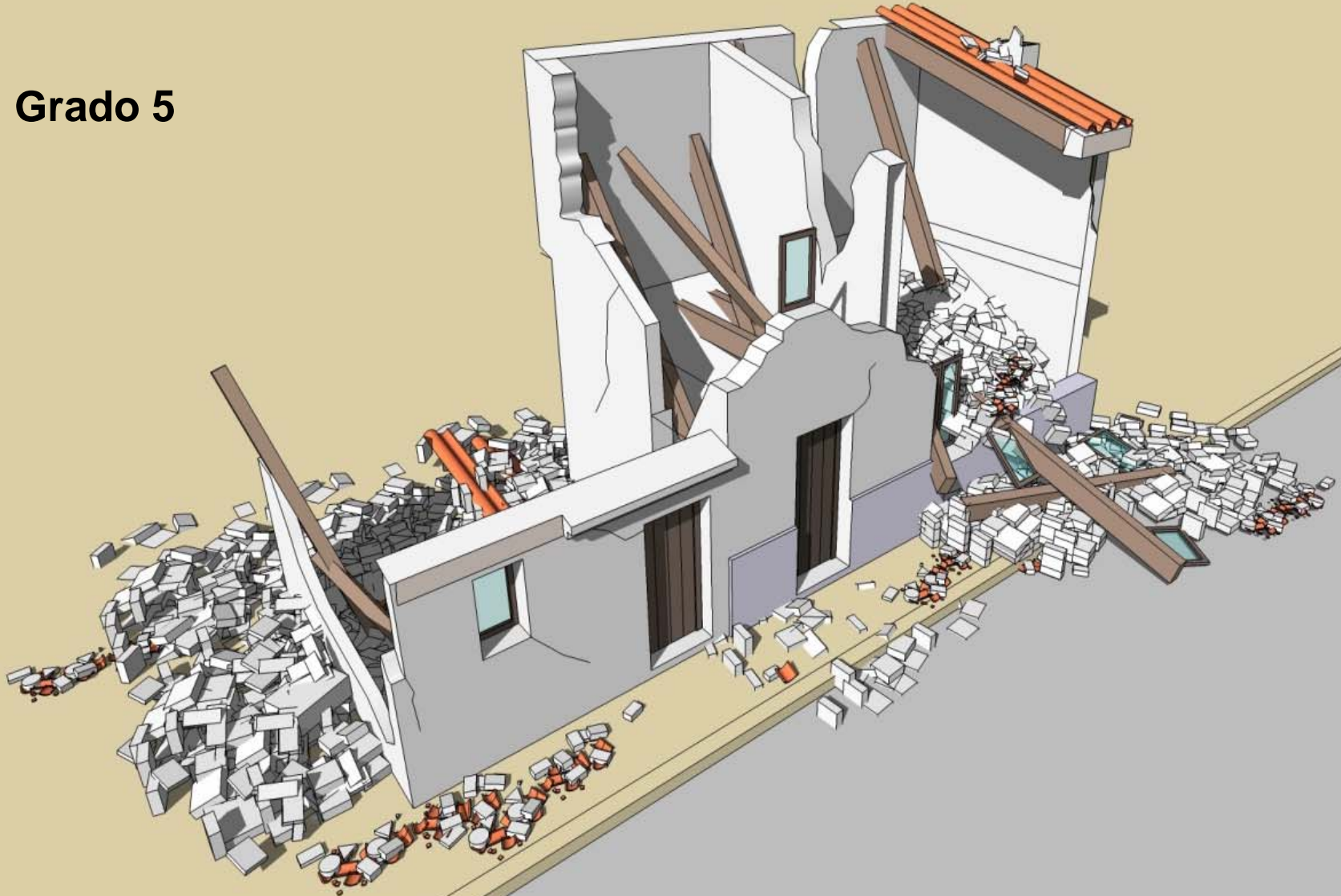
Los daños dependen de:



- **Intensidad** y duración de las sacudidas
- **Naturaleza del terreno** sobre el que está la estructura
- **Diseño de la estructura**
- Realización de la **obra**
- Relación con **edificios colindantes**

Grados de daño EMS

Grado 5



Clases de vulnerabilidad: EMS-98

La **vulnerabilidad** depende de:

Tipología (*material constructivo*),
diseño (*forma*),
calidad de obra (*ejecución*),
estado (*degradación*).

Factores modificadores:

Ubicación (relieve, suelos,...),
situación respecto colindantes,
 etc.

Vulnerabilidad
decrece de:

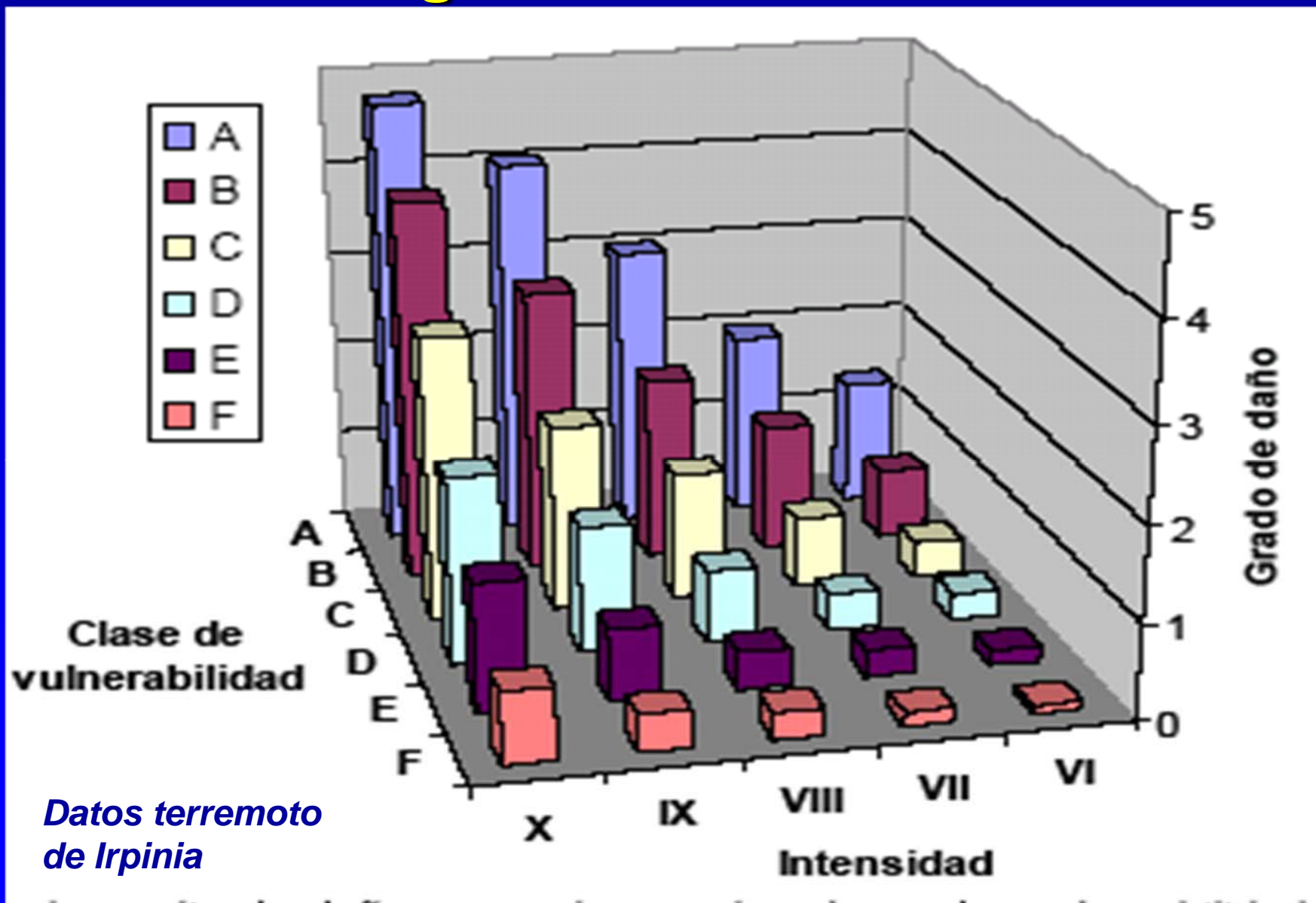
A B C D E F

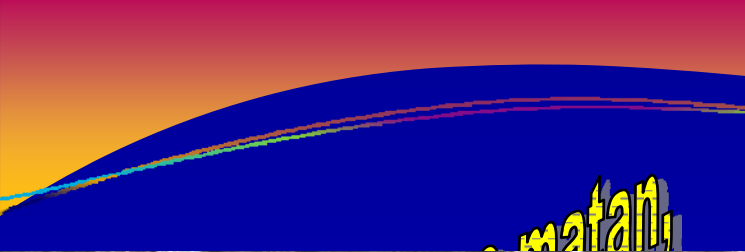


	Tipo de estructura	Clase de vulnerabilidad					
		A	B	C	D	E	F
Fábrica	piedra suelta o canto rodado	○					
	adobe (ladrillos de tierra)	○	—				
	mampostería	○	—				
	sillería			○	—		
	sin armar, de ladrillos o bloques	○	—				
	sin armar, con forjados de HA			○	—		
	armada o confinada				○	—	
Hormigón Armado (HA)	estructura sin diseño sismorresistente (DSR)			○	—		
	estructura con nivel medio de DSR			○	—		
	estructura con nivel alto de DSR				○	—	
	muros sin DSR			○	—		
	muros con nivel medio de DSR				○	—	
	muros con nivel alto de DSR					○	—
Acero	estructuras de acero				○	—	
	estructuras de madera			○	—		

○ clase de vulnerabilidad más probable — rango probable
 - - - - - rango de casos menos probables, excepcionales

Relación entre intensidad, vulnerabilidad y grados de daño







Daños no estructurales.



Daños estructurales





Daños a personas



CAUSAS DE DAÑOS

TERREMOTOS

CASOS HISTÓRICOS

Factores causantes de daños en las construcciones

INADECUADA RESISTENCIA AL MOVIMIENTO HORIZONTAL

AMPLIFICACIÓN DEL SUELO Y DURACIÓN DE LA SACUDIDA

DESPLAZAMIENTO PERMANENTE (FALLAS & FALLO DEL TERRENO)

IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN O EN PLANTA

INUNDACIÓN TSUNAMI

FALLOS EN DISEÑO Y EN CONSTRUCCIÓN

INATENCIÓN A ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

¿Qué puede hacerse para reducir el riesgo sísmico?



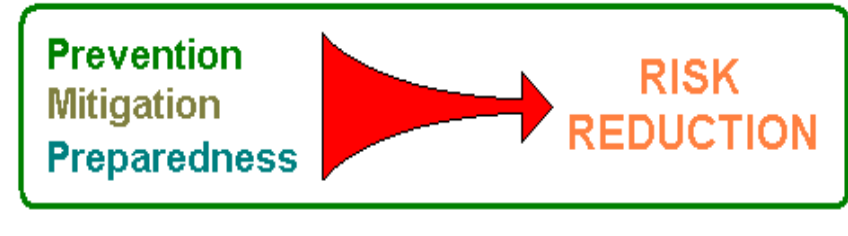
Prevención y reducción del riesgo sísmico

OBJETIVO: Reducción del riesgo sísmico

OBSERVACIÓN: *Prácticamente todas las pérdidas humanas y materiales son causadas por fallos estructurales*

➤ **EL OBJETIVO SE ALCANZA :**

- 1. CONOCIENDO el riesgo :** *Educación. Información a la población. Formación de técnicos. Apoyo a la investigación.*
- 2. INCREMENTANDO** la seguridad sísmica de las estructuras futuras y existentes: *Zonación y microzonación sísmicas. Ordenación territorial. Códigos sísmicos. Control de calidad. Refuerzo de estructuras existentes. Medidas correctoras e incentivos.*
- 3. PREPARACIÓN PRE-DESASTRE** para planificar las emergencias y mejorar la respuesta en desastres sísmicos.



SISTEMAS SOCIALES

SOCIAL ¿Son las personas conscientes de lo que necesitan?

TÉCNICO ¿Se aplica el estado de conocimiento y de la práctica?

ADMINISTRATIVO ¿Quién es responsable y rinde cuentas?

POLÍTICO ¿Son relevantes las políticas en relación a la amenaza?

LEGAL ¿Se aplican los mandatos legales en vigor?

ECONÓMICOS ¿Hay disposición y capacidad para pagar seguridad?

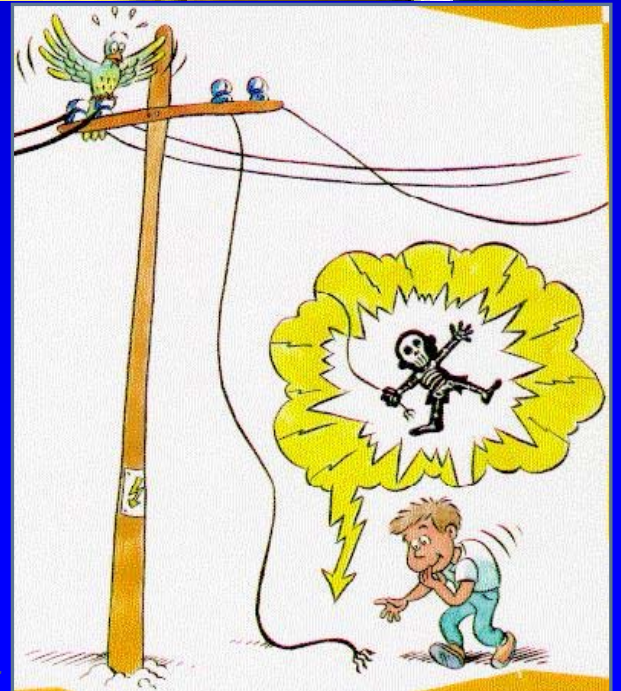
OBJETIVO: RESILIENCIA AL DESASTRE

COMUNIDAD

FACTORES PRINCIPALES

Factores clave para la reducción de desastres sísmicos en una comunidad

Autoprotección en terremotos



egernos.

Gracias



Terremotos. Su potencial destructor y cómo protegernos.