



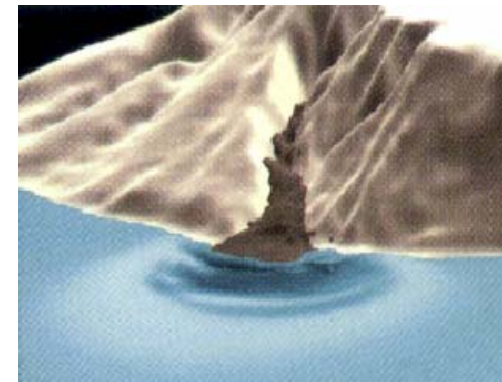
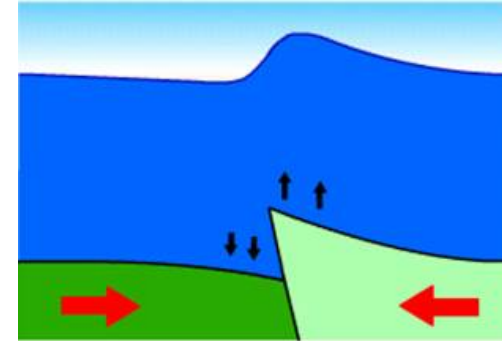
Vulnerabilitat per tsunamis. Un tema de sismologia

A. Roca, S. Figueras
Institut Geològic de Catalunya,(IGC)
Balmes 209-211, E-08006 Barcelona.
<http://www.igc.cat>

D. González
LIM - UPC

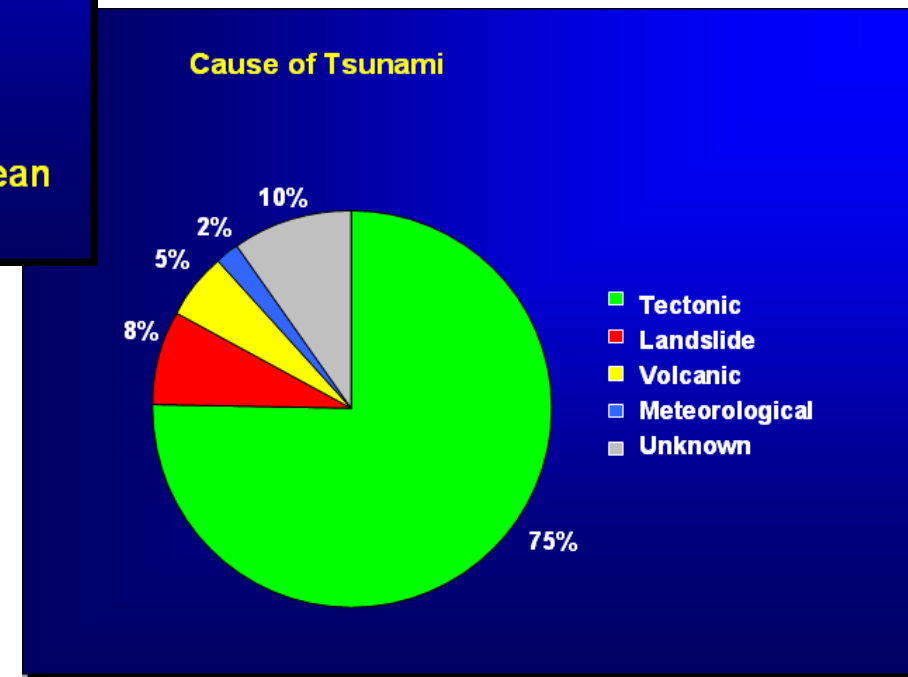
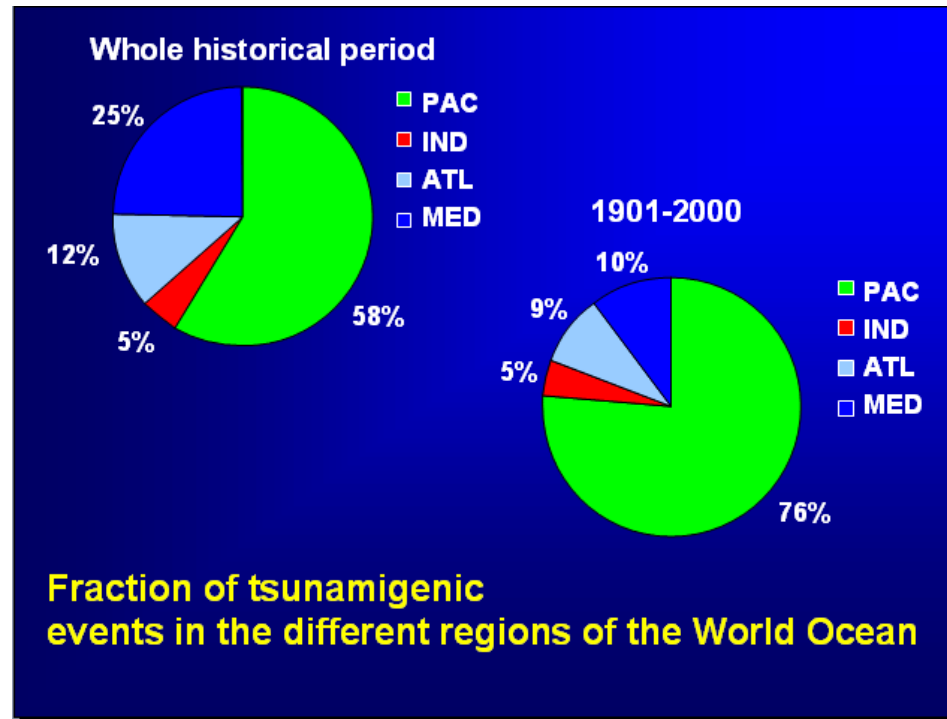
Que és un Tsunami?

- Paraula d'origen Japonès: “Tsu”=port, “nami”=ona.
- Consisteix en una sèrie d'onades marines de període molt llarg (10 a 60 minuts) que es generen quan una gran massa d'aigua es troba ràpidament desplaçada de la seva posició d'equilibri.
- Els terratrèmols, les erupcions volcàniques i les esllavissades submarines tenen el potencial suficient per generar un tsunami. També la caiguda d'un meteorit a l'oceà.





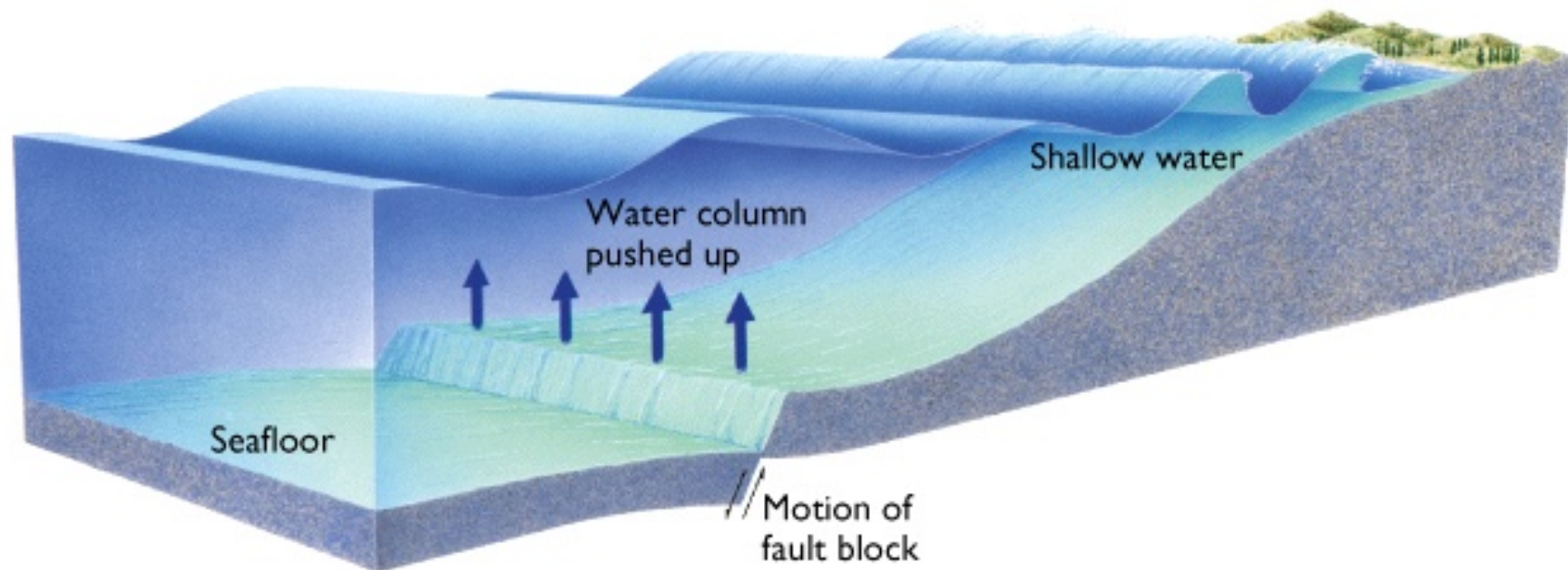
Ocurrència de tsunamis

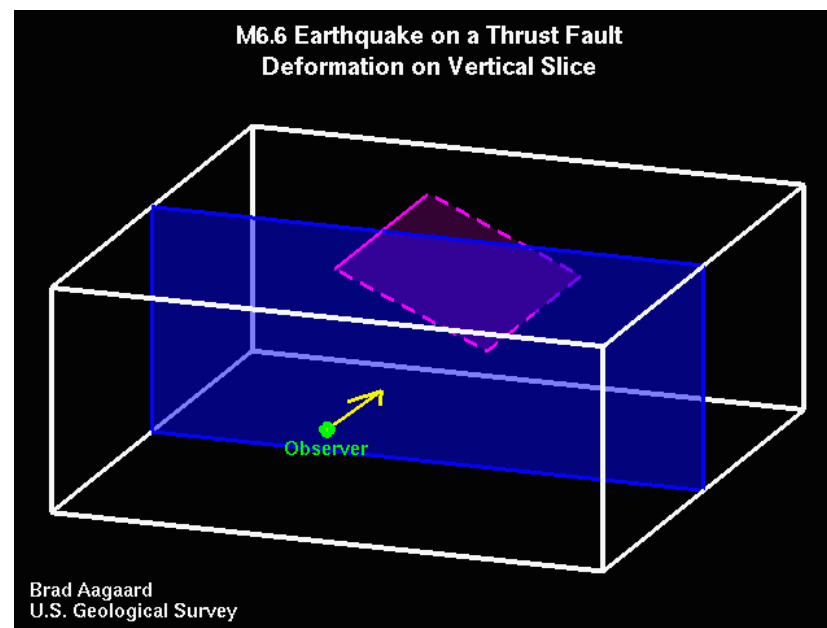
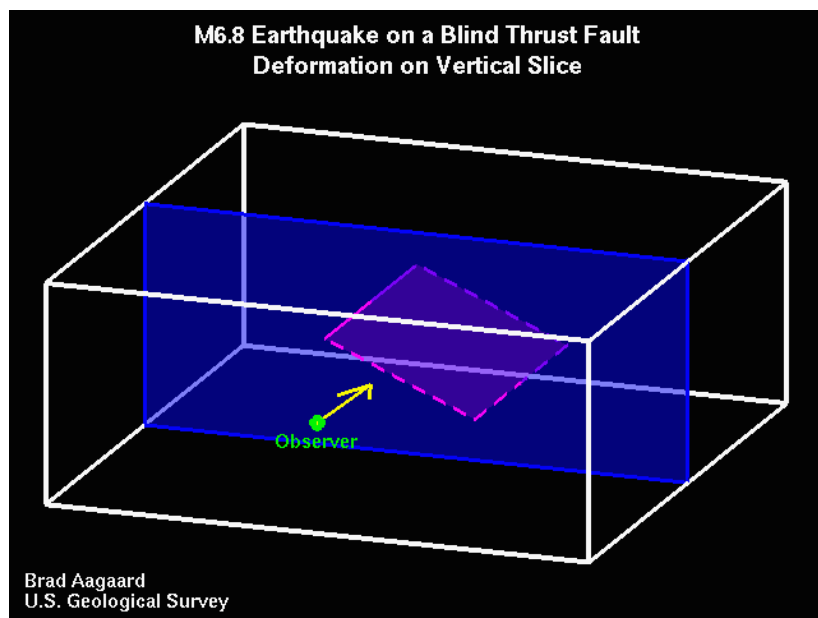


Tsunami generat per un sisme

Condicions:

- Sisme en general gran $M > 6.5 - 7$.
- Epicentre marí, mov. \uparrow molts i més destructius en zones de subducció.
- Hipocentre a fondària $< 50\text{km}$ de la superfície del fons marí.



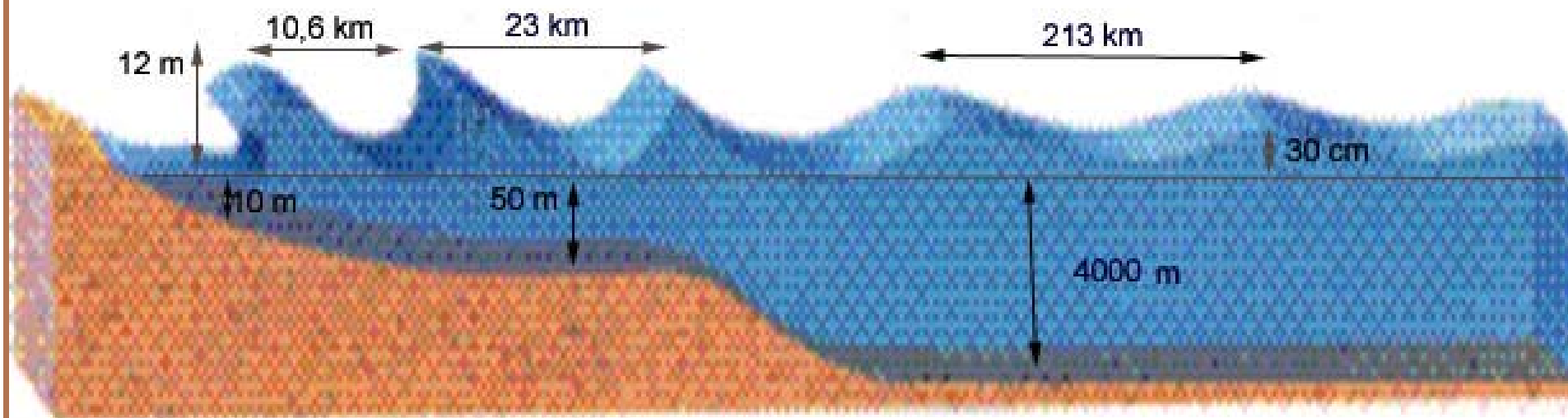


Propagació del Tsunami

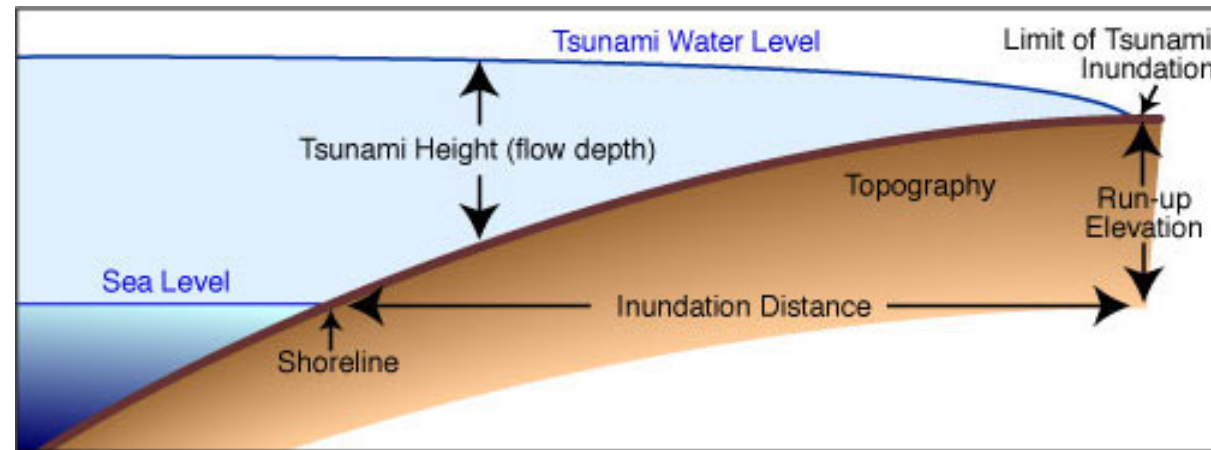
Ona que es propaga conservant l'energia

$$c = \sqrt{g \cdot h}$$

Fondària (m)	Velocitat (km/h)	Longitud d'ona (km)
7000	942,9	282
4000	712,7	213
2000	504,2	151
200	159,0	47,7
50	79,0	23,0
10	35,6	10,6



Efectes a les costes



- Els efectes del tsunami depenen de la combinació de la topografia submarina i terrestre de la zona i de la orientació amb que les ones arriben a la línia de costa.
- Si el mar és profund prop de la costa l'ascens del nivell de l'aigua serà menys violent que en una costa poc profunda.
- Sèrie d'onades: en un mateix lloc de la costa les característiques de les ones poden variar d'una ona a la següent.

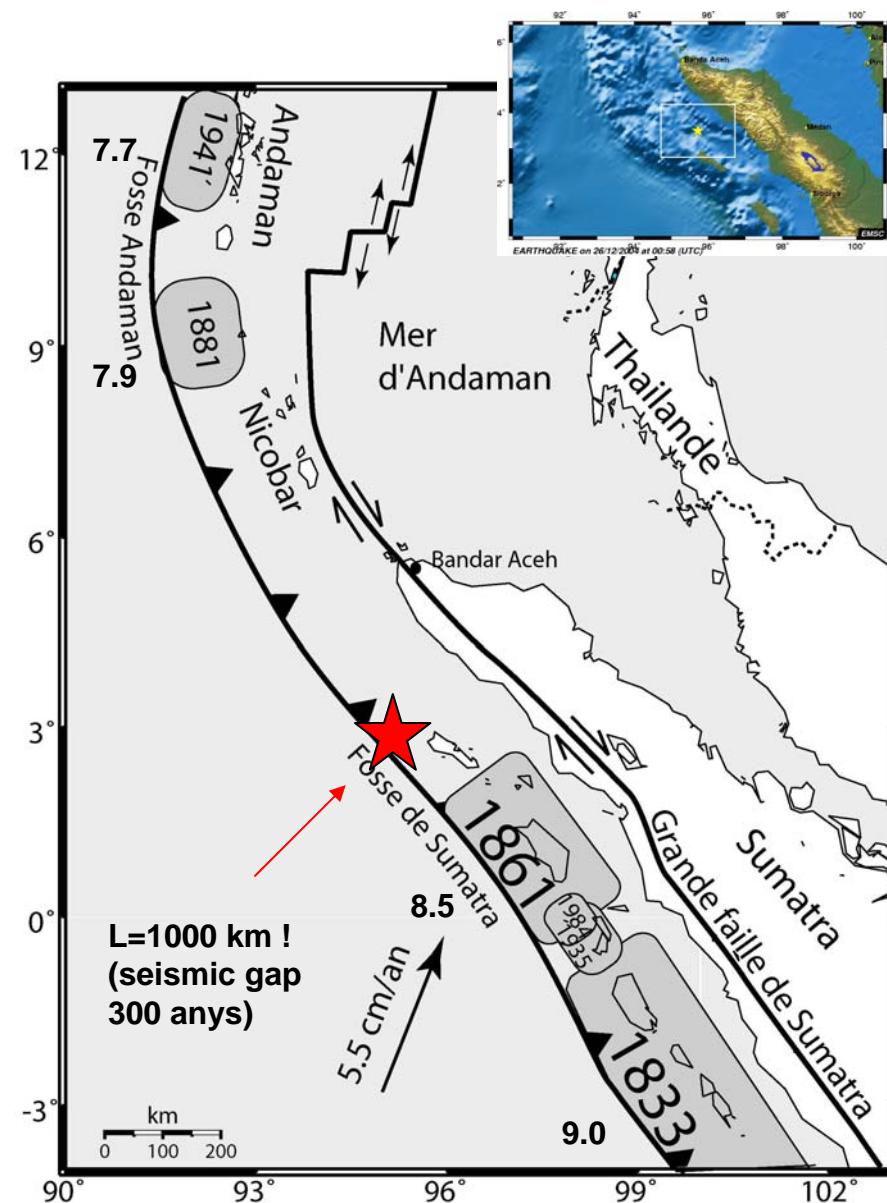
Impacte del tsunami

- La destrucció prové principalment de l'impacte de les ones i de la inundació i erosió dels fonaments d'edificis, ponts i camins.
- El dany s'incrementa amb els objectes flotants, les barques i cotxes que xoquen contra els edificis, així com també les fortes corrents que lliberen grans troncs i embarcacions anclades.
- Danys addicionals: incendis, vessaments de combustible, productes químics i aigües de clavegueres que contaminen el medi.



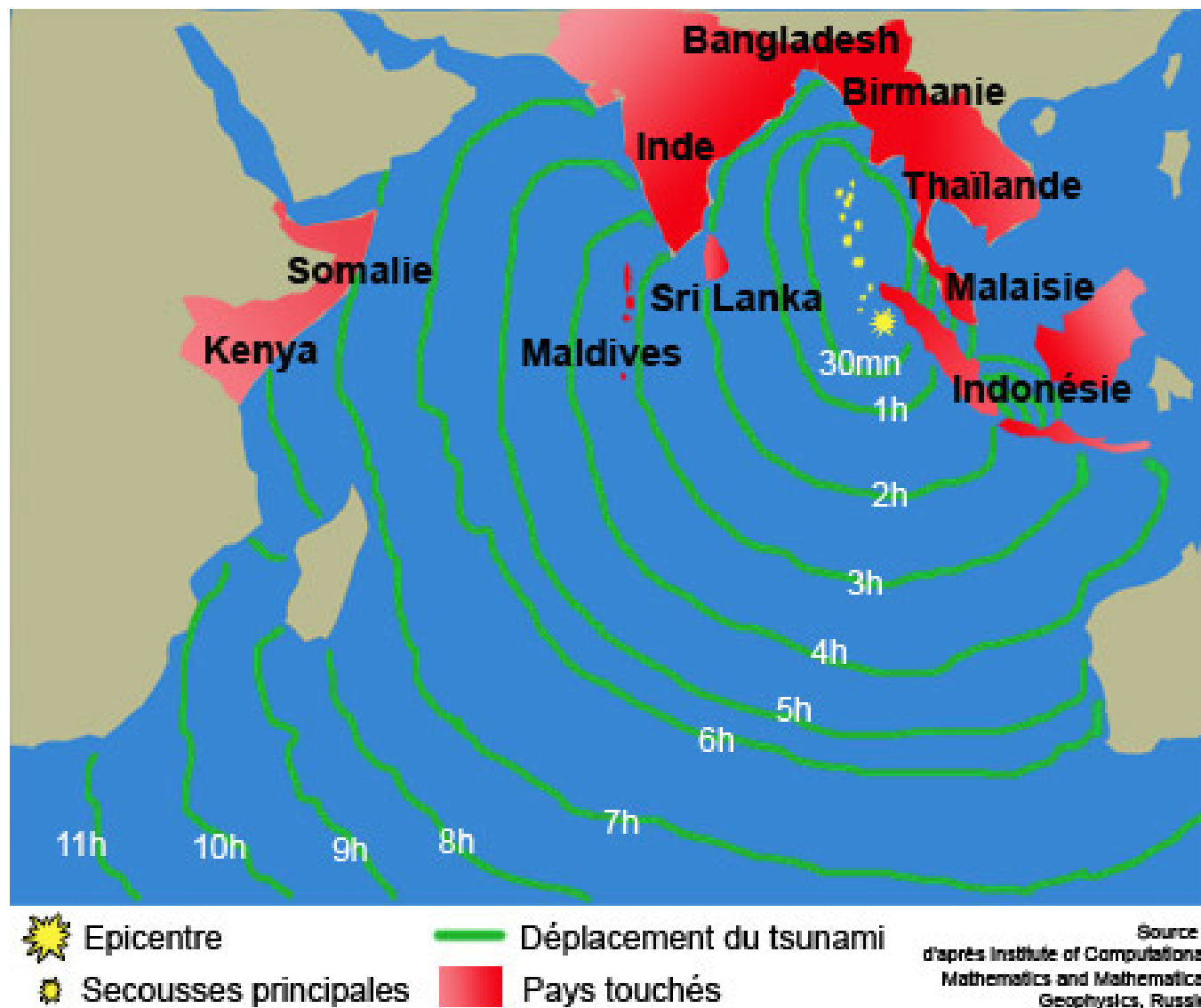
El sisme de Sumatra

- **Data:** 26 /12/2004 a les 00:58:53 UTC, hora local 7:58:53 AM, hora espanyola 01:58:53 AM.
- **Magnitud:** 9.3 (23.000 bombes Hiroshima). Àrea de 2×10^5 Km².
- Durada de la ruptura:** 3 a 4 minuts.
- **Situació:** Costa Oest del Nord de Sumatra (3.316°N, 95.854°E) a 30 Km de profunditat.
- **Distàncies:** 250 km SSE de Banda Aceh, 310 km W de Medan, (Sumatra, Indonesia); 1260 km SSW de Bangkok, (Thailand); 1605 km NW de Jakarta, (Java, Indonesia).

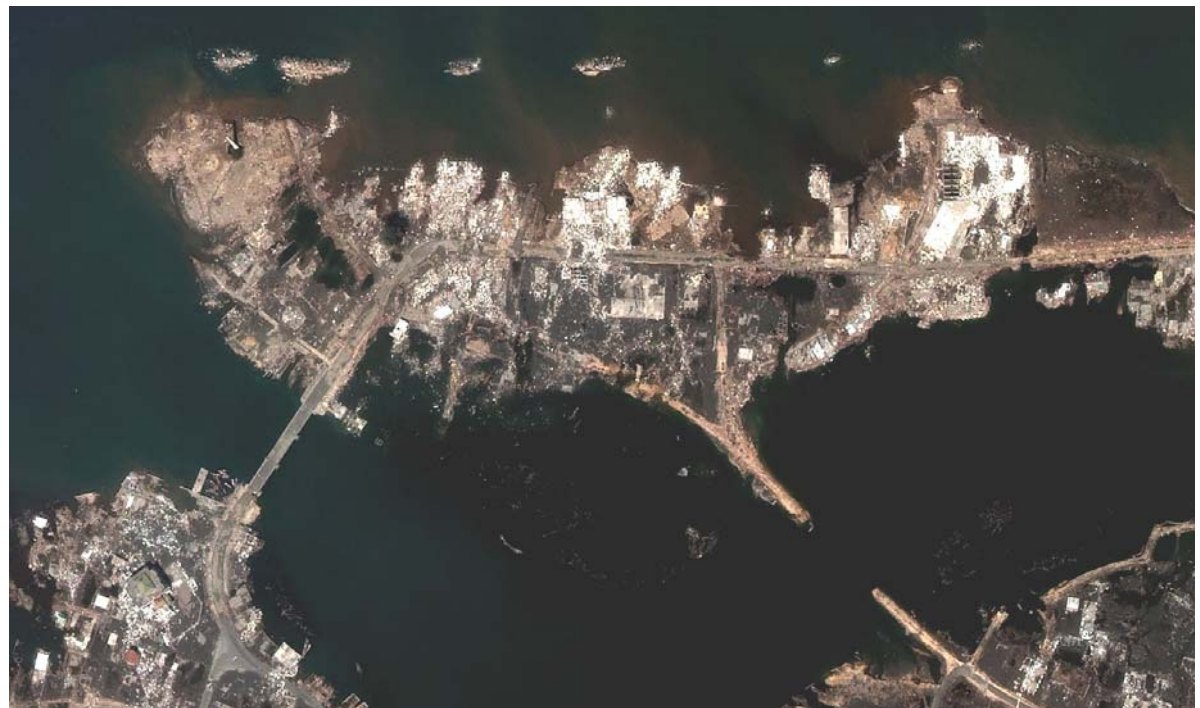




Temps de propagació del tsunami



Banda Aceh
abans i després
del pas del
tsunami



Platja de Kalutara (Sri Lanka)

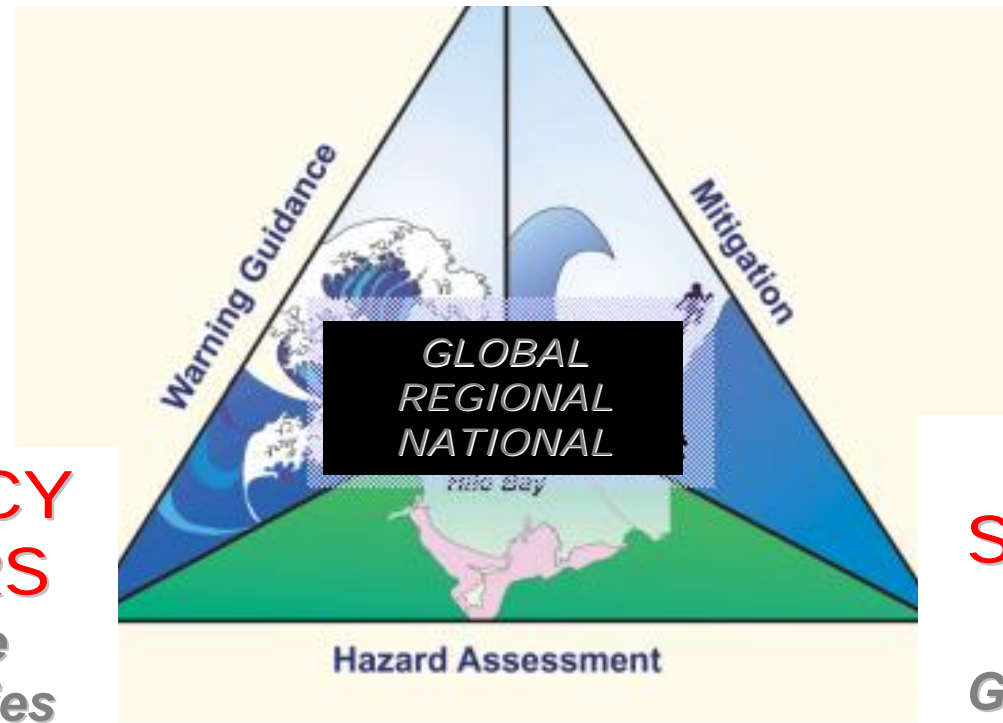


INTERNATIONAL TSUNAMI HAZARD MITIGATION

WARNING CENTER OPERATORS

Pacific, Indian Ocean, Caribbean, Mediterranean

Tsunami Warning Centers



EMERGENCY MANAGERS

*Civil Defense
Local Authorities*

TSUNAMI SCIENTISTS

*University and
Govt Researchers*

**Comprehensive Tsunami Risk Reduction
Stakeholders build Tsunami Resilient Community**

Mitigació del risc de Tsunamis

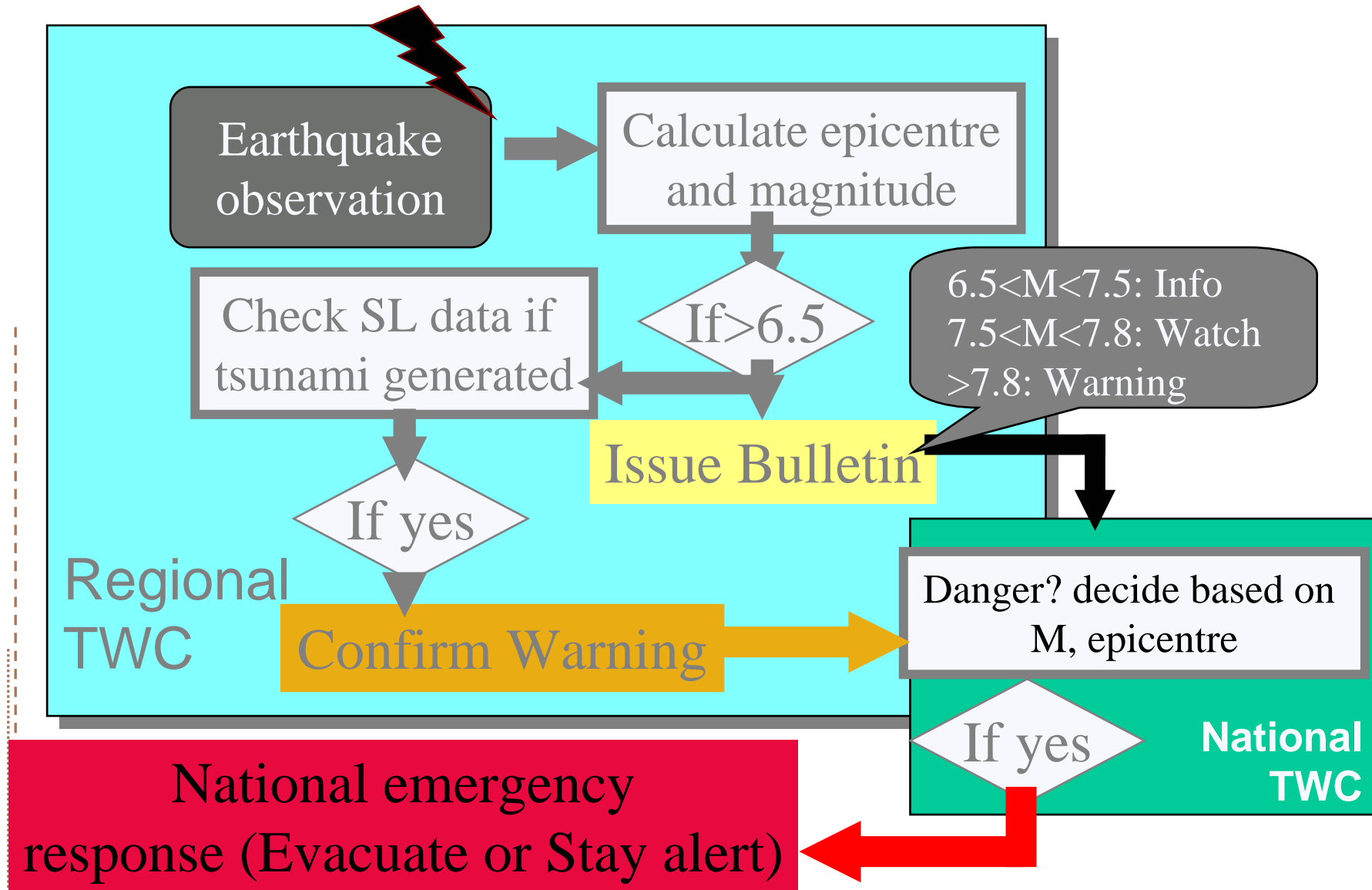
Cal dur a terme una política de reducció de riscos que inclogui:

- **Predicció:** estudis de perillositat sísmica i d'ocurrència de tsunamis.
- **Previsió:** xarxes de vigilància sísmica i de tsunamis, sistemes d'alerta ràpida, mapes d'inundació, de temps de propagació de les onades, avaluació de la exposició de persones, edificis, infraestructures, etc, al fenomen, així com de la vulnerabilitat o el grau de dany que poden patir.
- **Prevenió:** normatives de construcció, plans d'emergència, planificació racional del territori, informació i educació de la població.

Els sistemes d'alerta es basen en xarxes d'aparells de mesura terrestres, marins i submarins (sismòmetres terrestres i OBS, tsunamòmetres (DART) - sensors de pressió, mareògrafs).

Hi han nous avenços en el domini de les tècniques espacials i de detecció ionosfèrica (les ones sísmiques i oceàniques de marea engendren ones gravito-acústiques a l'atmosfera que poden ser detectades per receptors GPS ionosfèrics).

Warning Path



Sistemes d'alerta i prevenció

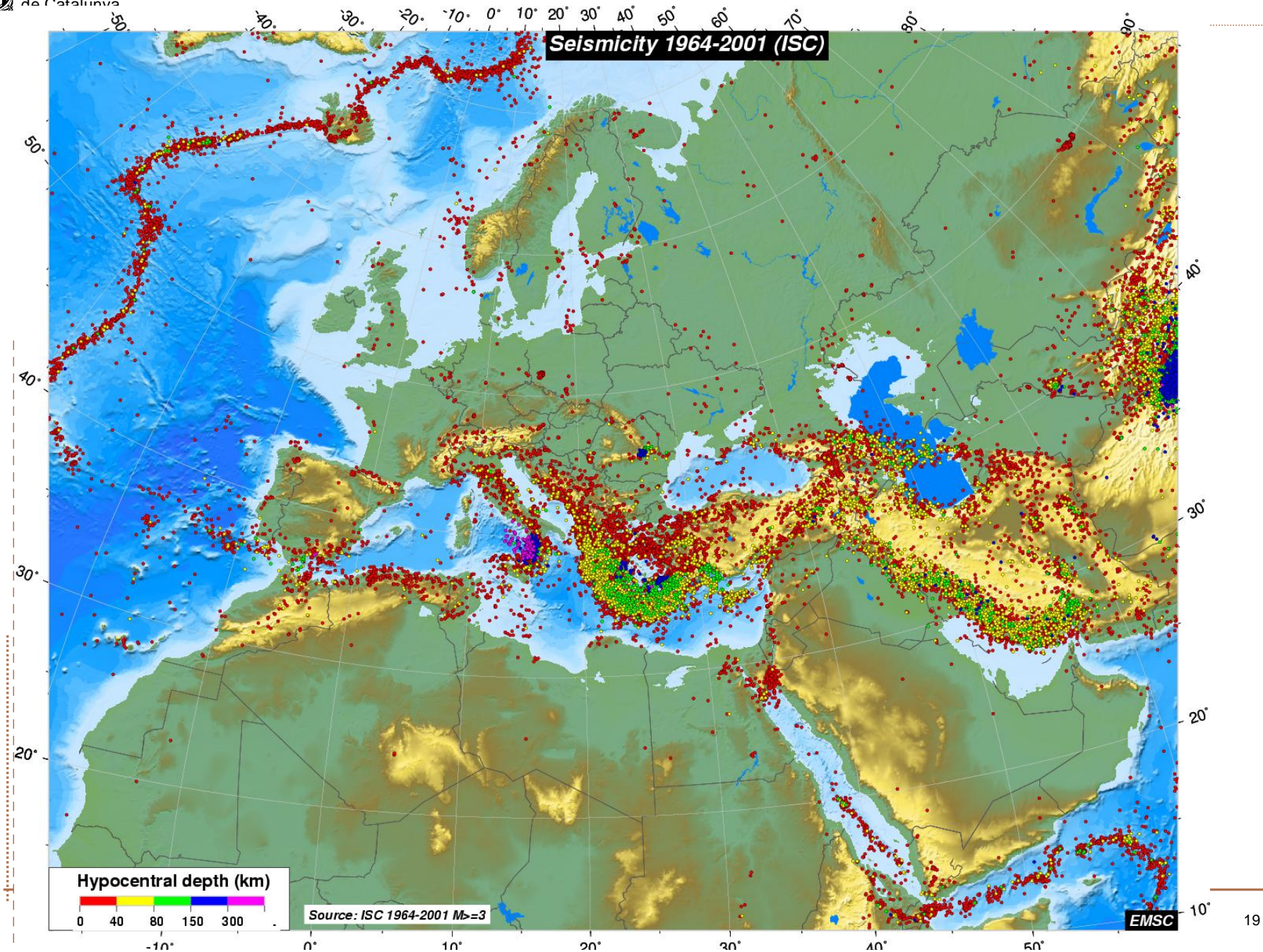
1946 Sisme de Alaska amb Tsunami a Hawai, es crea un sistema local d'alertes per la illa.

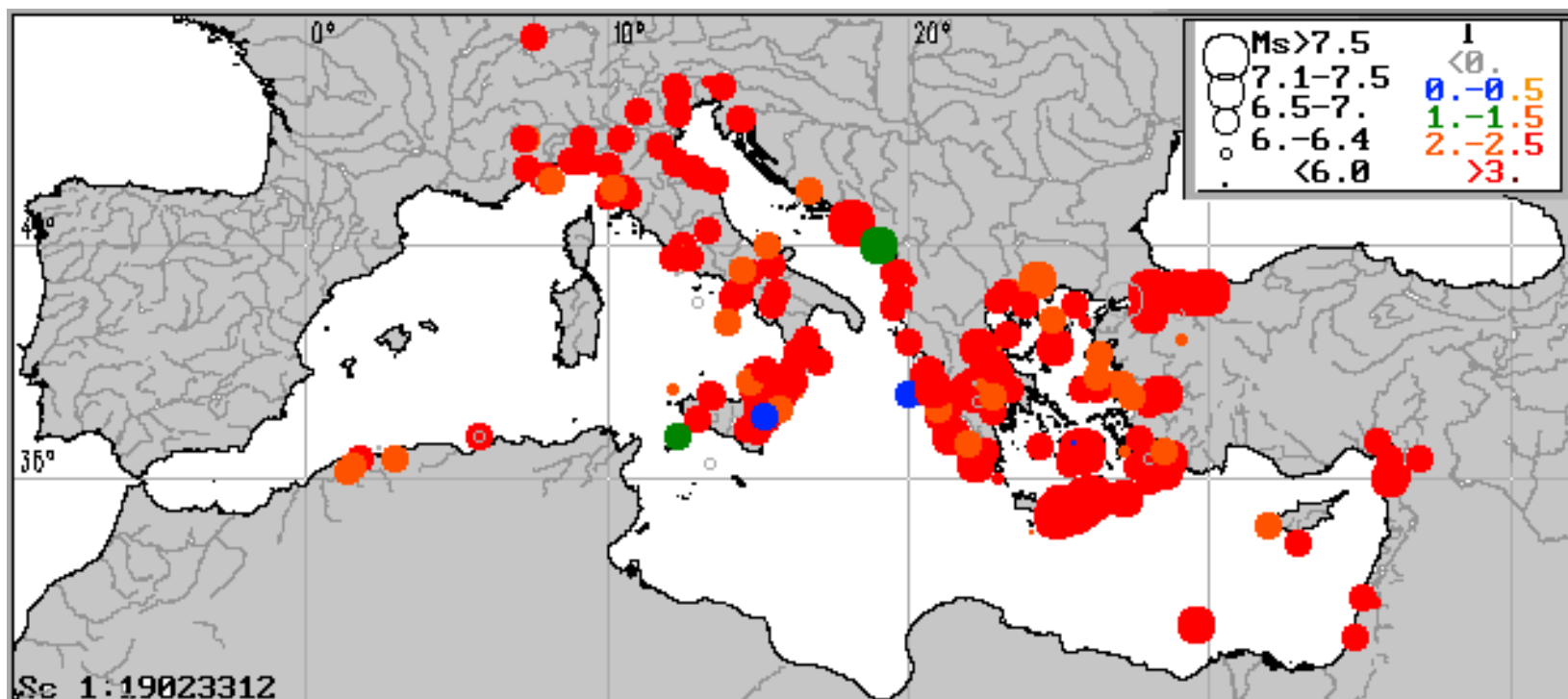
1960 Sisme de Xile, 1964 sisme de Alaska, amb tsunamis destructors; a l'any 1965 es crea el centre internacional d'alerta de Tsunamis del Pacífic, amb el centre d'operacions a Hawai.

Centres nacionals o regionals d'alerta de Tsunami.



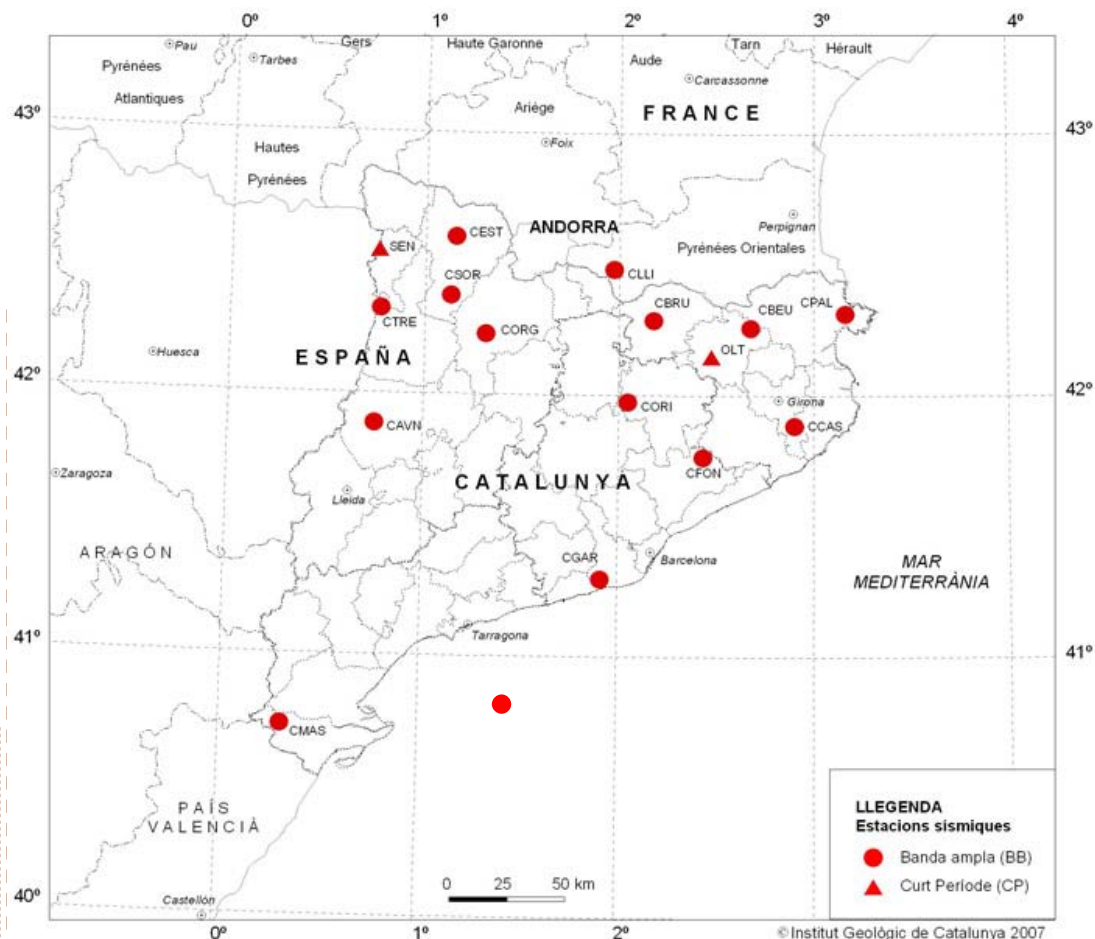
Tsunamis a la mediterrània





1500-1990: 297 sismes tsunamigènics

(Font: *Tsunami Laboratory Russian Academy of Sciences*,
<http://omzg.sssc.ru/tsulab/>).

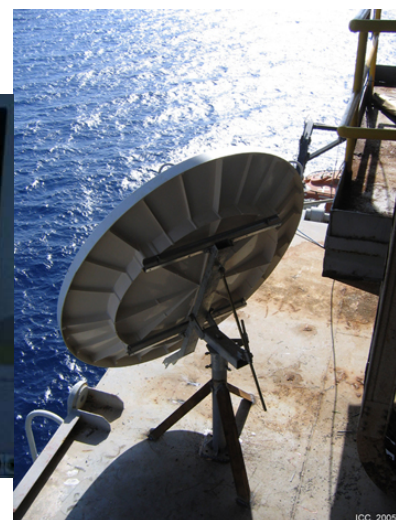
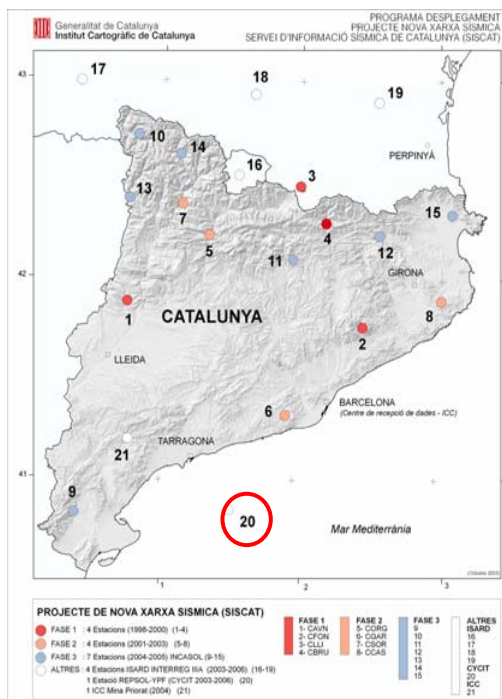


- Catalonia seismic network: 14 BB stations, 2 SP stations, 1 OBS.
- Real time data transmission and event detection.
- Automatic alert system
- Automatic generation of seismic alerts of felt earthquakes and damage scenarios mapping to provide the Civil Protection authority with fast and complete information to activate adequate emergency levels of the Catalan Seismic Activation Plan (SISMICAT-2003).

Estació sísmica (CBRU)



Ocean Bottom Seismometer (OBS)



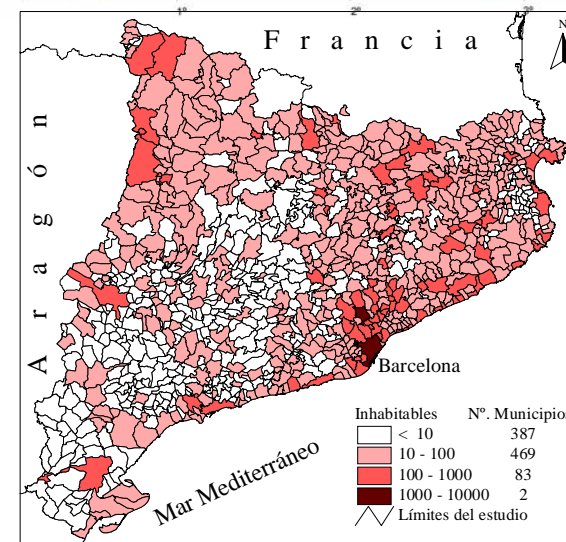
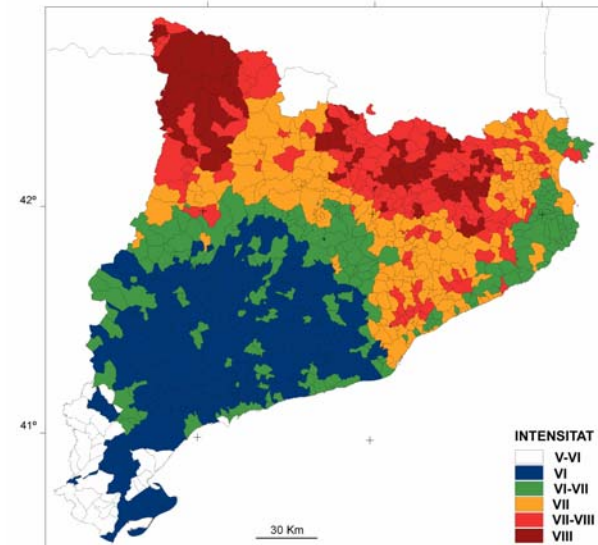
Seismic hazard studies.

Seismic vulnerability evaluation: Estimation of building damage, assessment of human casualties and evaluation of economic losses, using:

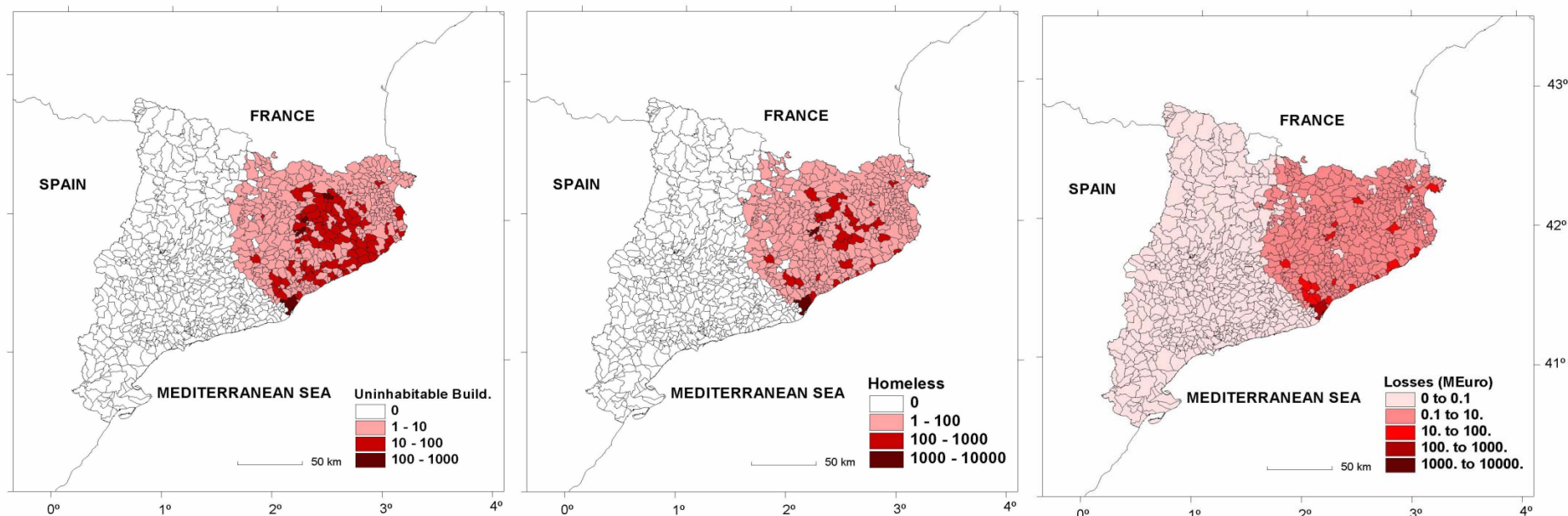
- a database of buildings classed by age and height in each municipality,
- distribution of vulnerability classes by age and height and damage probability matrices (EMS'98),
- a database of population.

Generalitat de Catalunya
Departament de Política Territorial
i Obres Públiques
Institut Cartogràfic de Catalunya

ZONES SISMQUES CONSIDERANT L'EFFECTE DE SÒL
(ICC, 2000)



Automatic generation of damage scenarios that give an estimation of the possible effects of a given earthquake



RISTE: Risk of earthquakes and tsunamis in Spain. (MEC)

Evaluation of the damages that would cause an earthquake and/or a tsunami in two different areas: the bay of Cadiz and the Mediterranean coast.

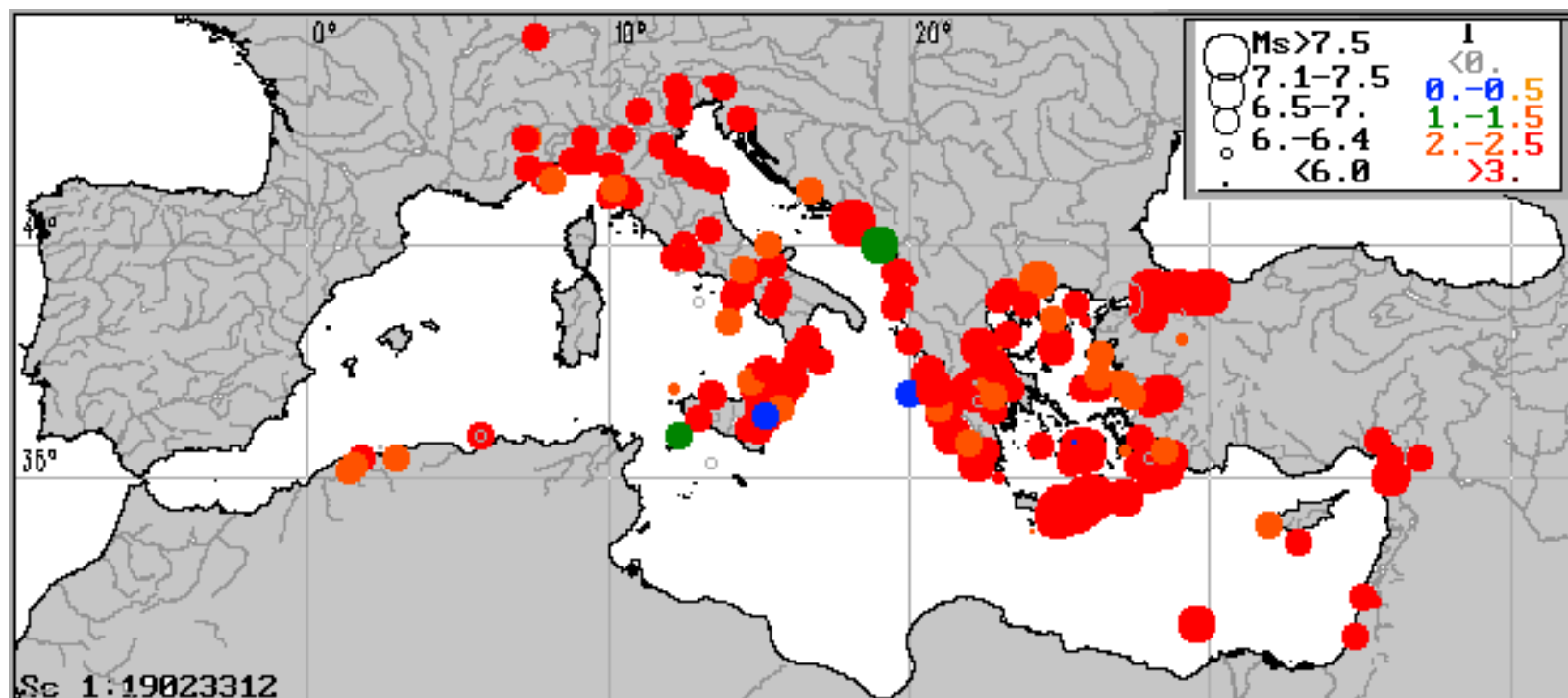
Coordinated project:

UCM, Universidad Complutense de Madrid.

ROA, Real Observatorio de la Armada, San Fernando, Cádiz.

IGC, Institut Geològic de Catalunya (**LIM - UPC** Laboratorio de Ingenieria Marítima UPC and P. Murphy, architect).

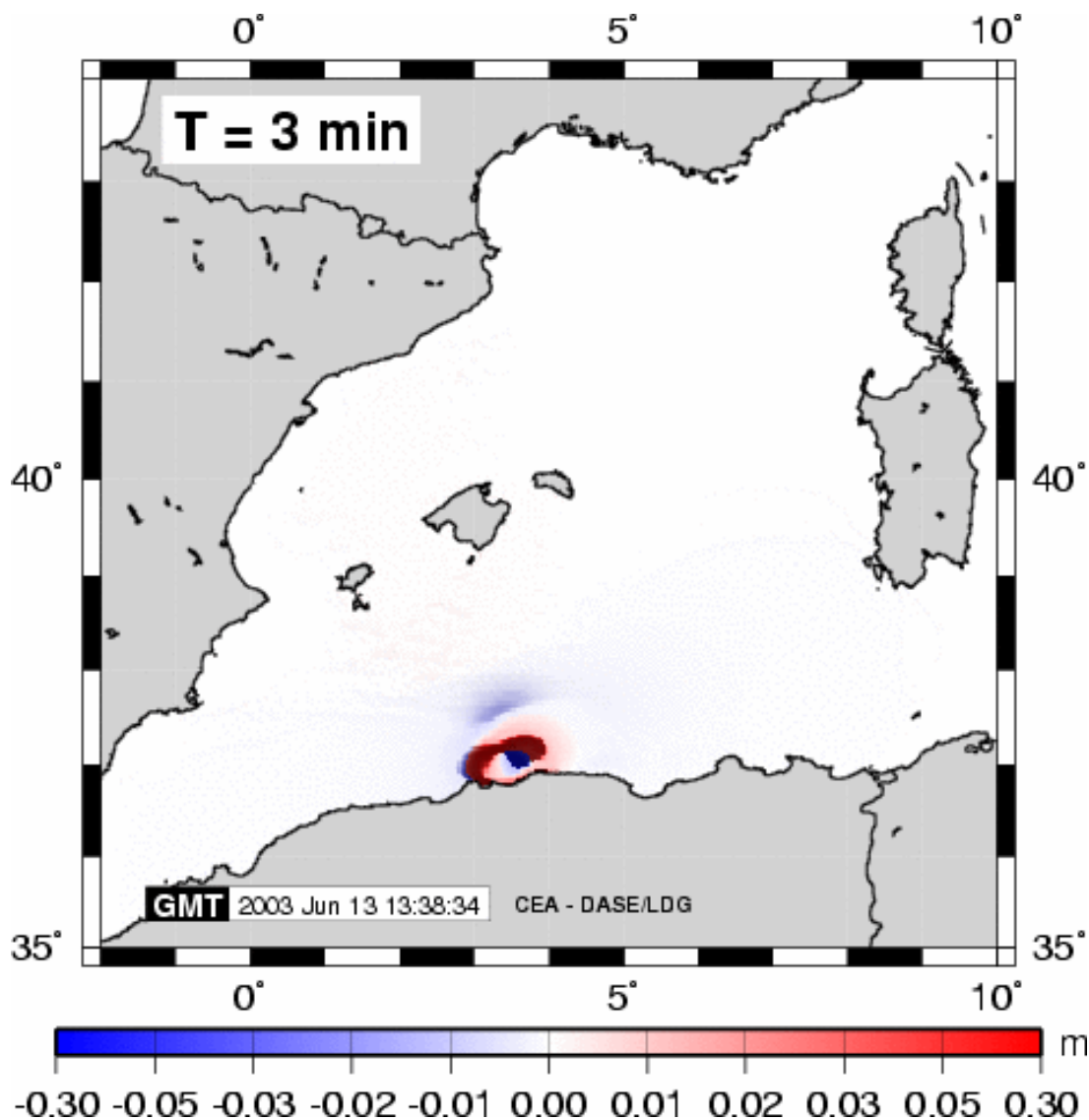
Other Groups: Portugal, Morocco, Algeria, USA and Germany.



1500-1990: 297 sismes tsunamigènics

(Font: *Tsunami Laboratory Russian Academy of Sciences*,
<http://omzg.sssc.ru/tsulab/>).

Sisme d'Algèria (21/05/2003)



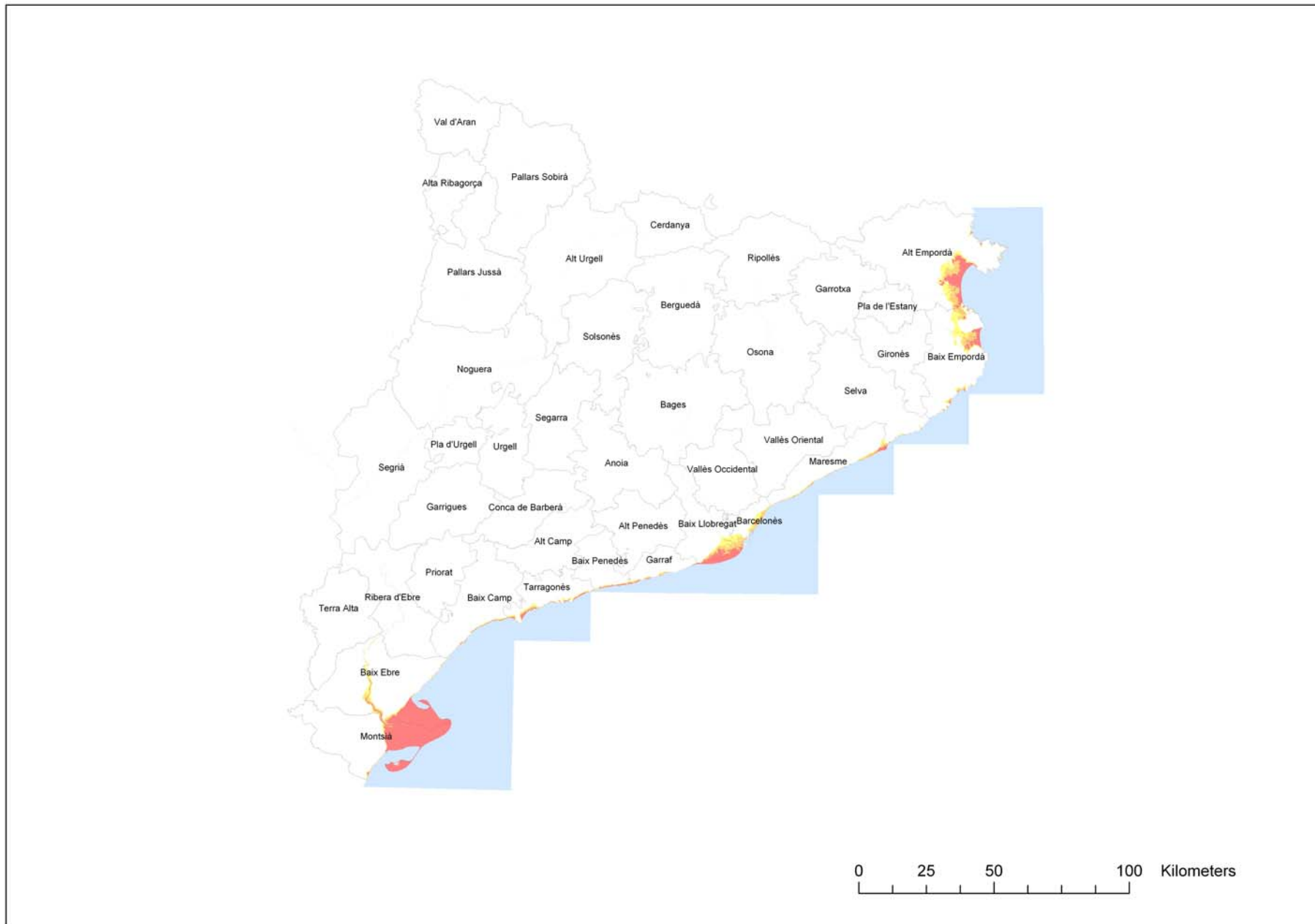
M= 6.8, més de 1000 morts

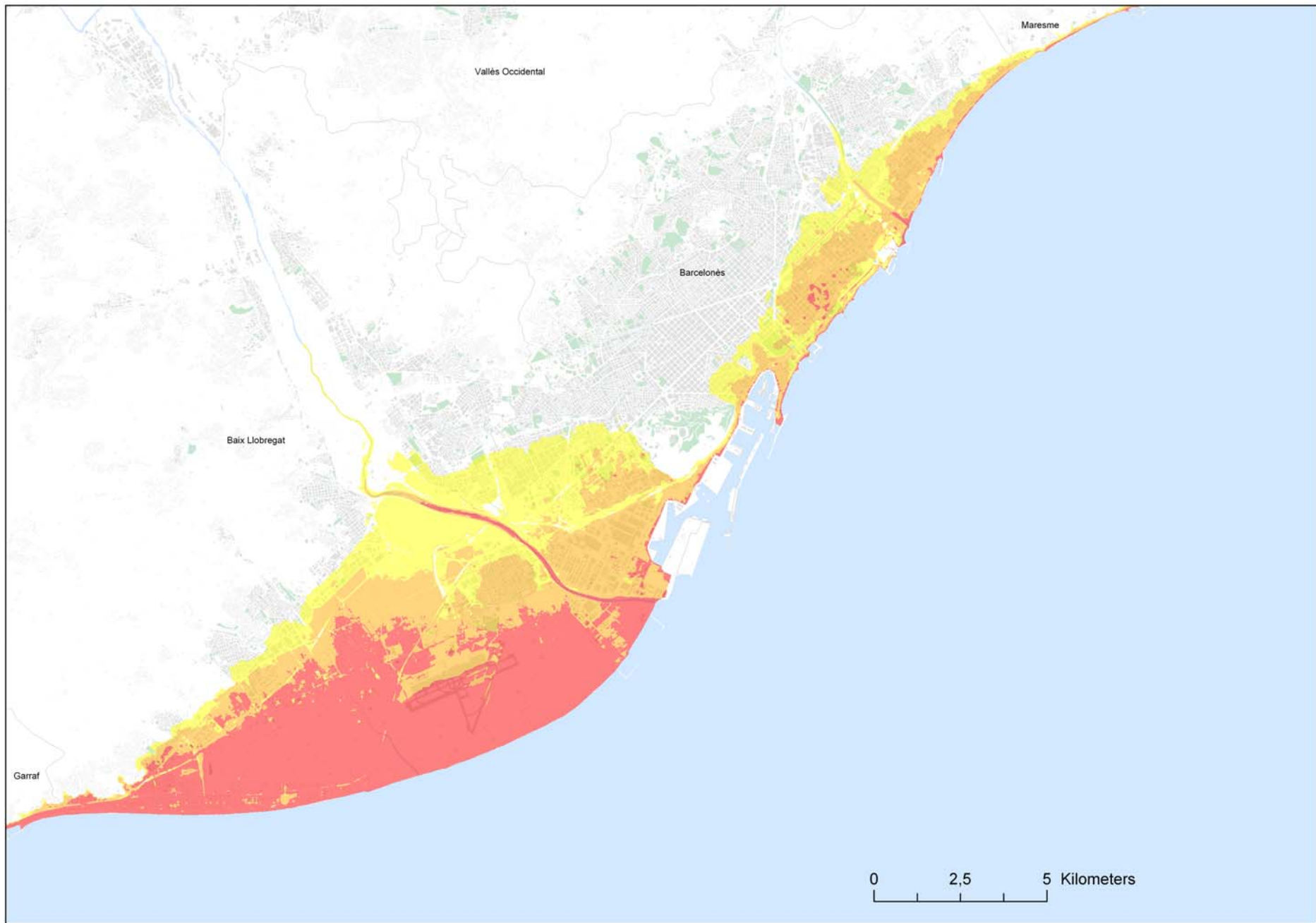
Tsunami amb onades de fins a 2m a les Balears i de 50 cm a l'Estartit.

Període de retorn de 100 anys

La magnitud màxima esperable per un període de retorn de 500 anys és de 7.5

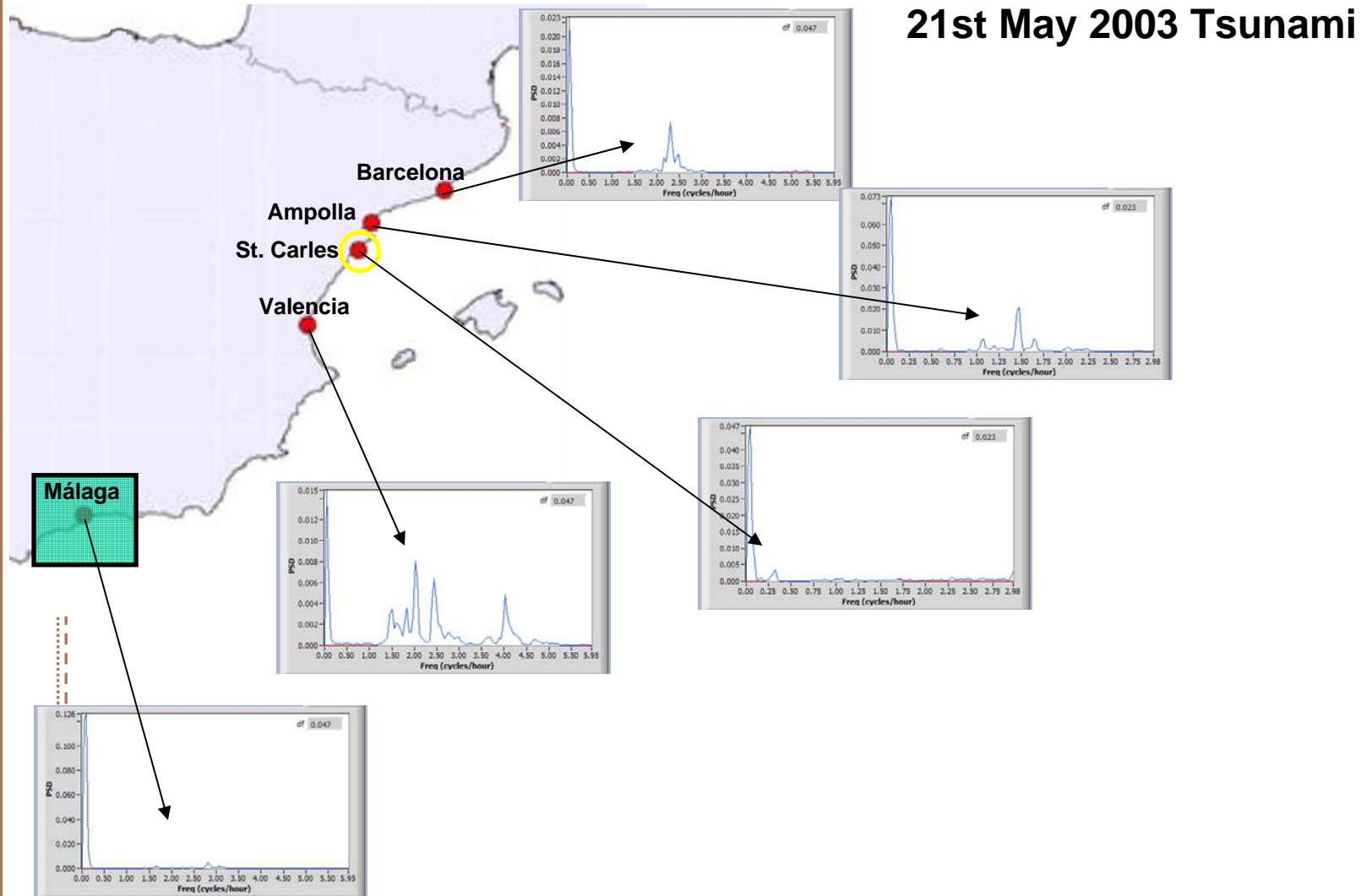
M=7.5: onades a la costa Catalana de entre 2 i 5 metres d'alçada.







Spatial Distribution of Wave Tsunami along the NW Mediterranean (D. González, LIM – UPC)





Gràcies per la seva atenció !

