

# CIENCIA DE TSUNAMI Y EL USO DE MODELAJE PARA MITIGACIÓN

## CONCEPTOS GENERALES

*Diego Arcas, Chris Moore, Nicolás Arcos*

NOAA/PMEL

University of Washington

ITIC



# NOAA Center for Tsunami Research (NCTR)

- NCTR es principalmente un centro de investigación para la comprensión científica del fenómeno natural de los tsunamis.
- Desarrollo de herramientas que pueden ser utilizadas por las instituciones con responsabilidad operacional para emitir pronósticos en tiempo real.
- Desarrollo de herramientas de modelación de tsunamis para evaluación de riesgo y vulnerabilidad de localidades costeras.
- Desarrollo de métodos de uso e interpretación de datos provenientes de los sistemas de detección de tsunamis.
- NCTR se encuentra ubicado en Seattle, WA.

# Tsunamis, su ciencia, modelación y evaluación: Estructura de la charla.

- Como se produce un tsunami?

Diferentes agentes generadores

- Qué constituye un tsunami?

Que hace a un tsunami ser un tsunami.

- Qué sistemas de detección existen?

Sus virtudes e inconvenientes.

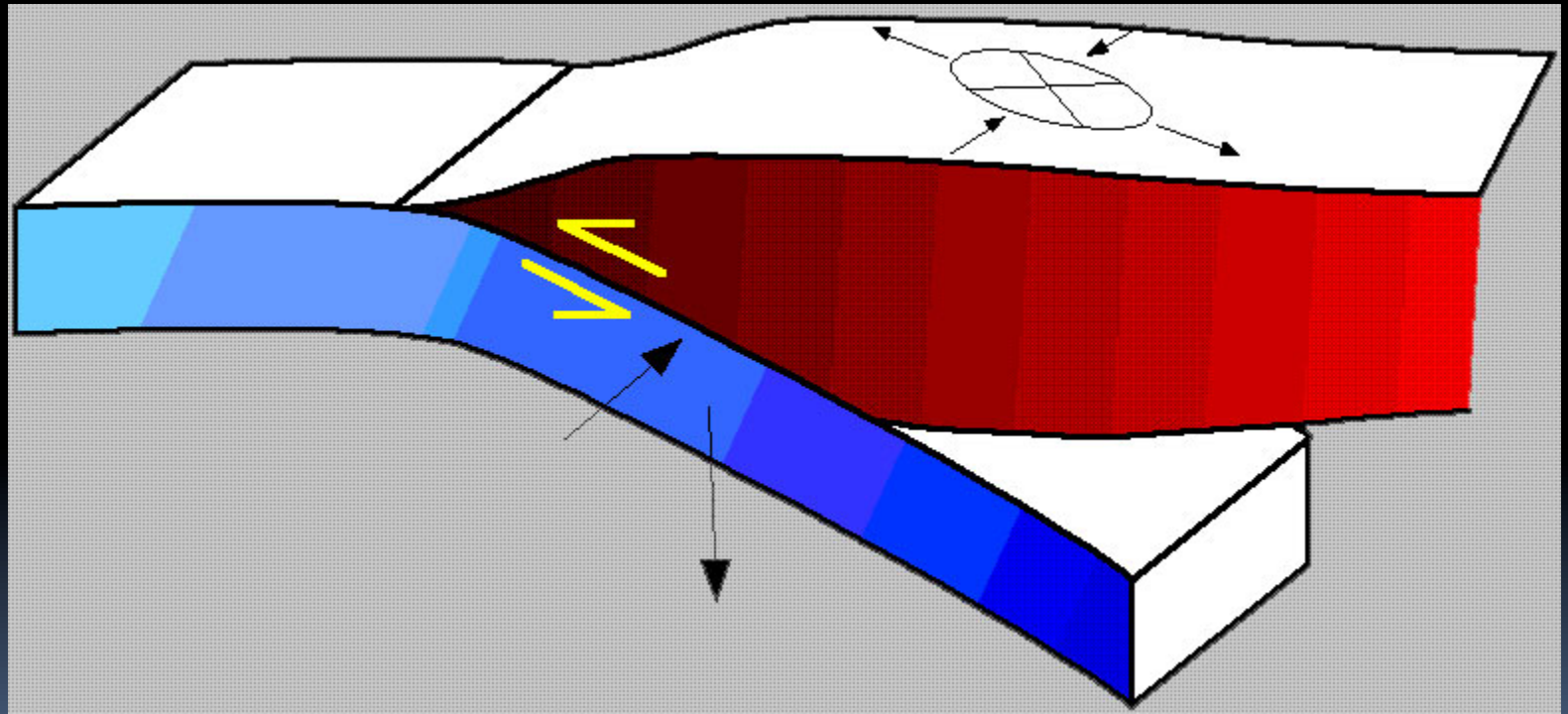
- Cómo se puede estudiar un tsunami matemáticamente?

Modelos y aproximaciones.

- Importancia del trabajo de campo. Nomenclatura

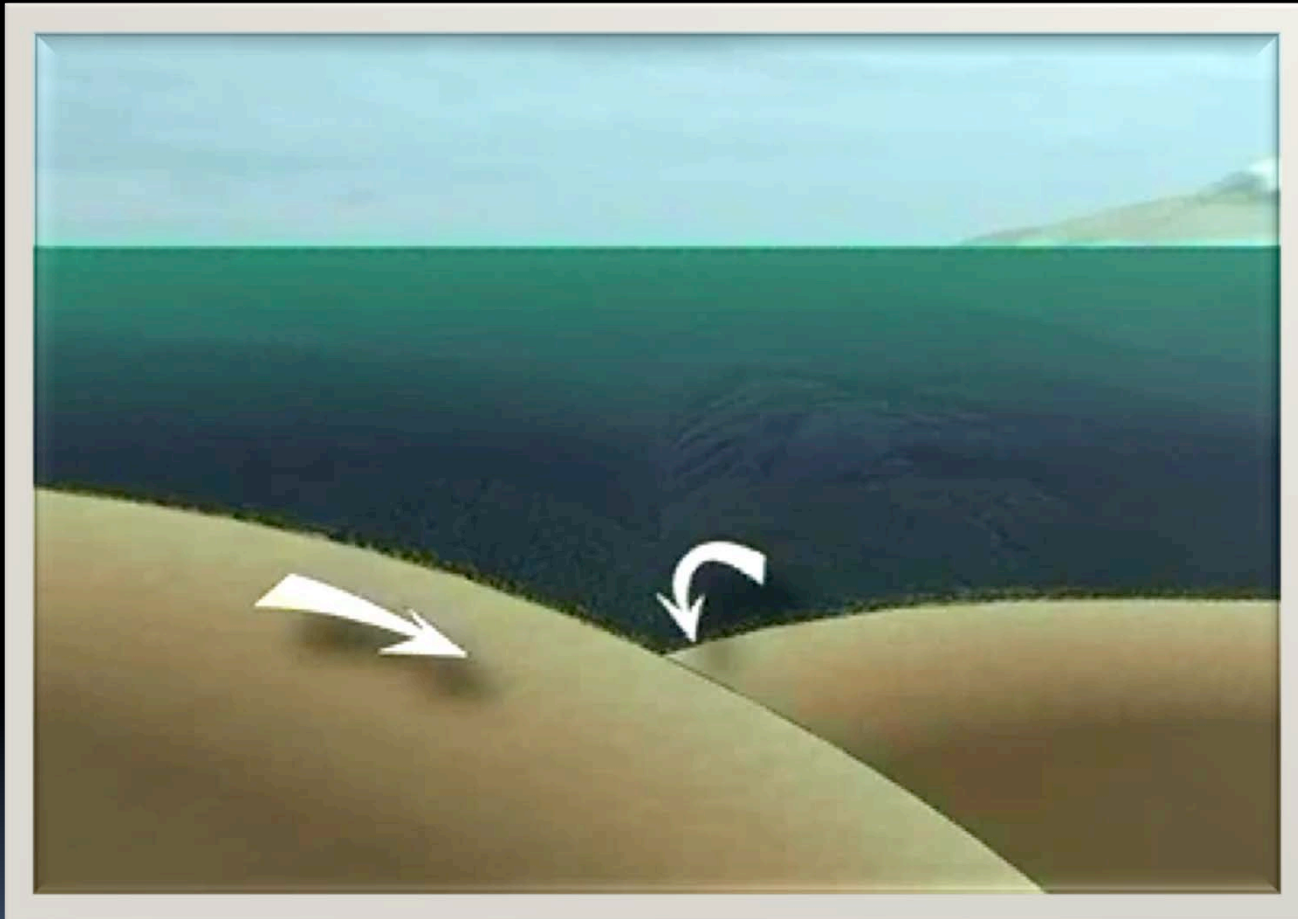
Centro-sur de Chile: Febrero, 2010

# Generación de un tsunami



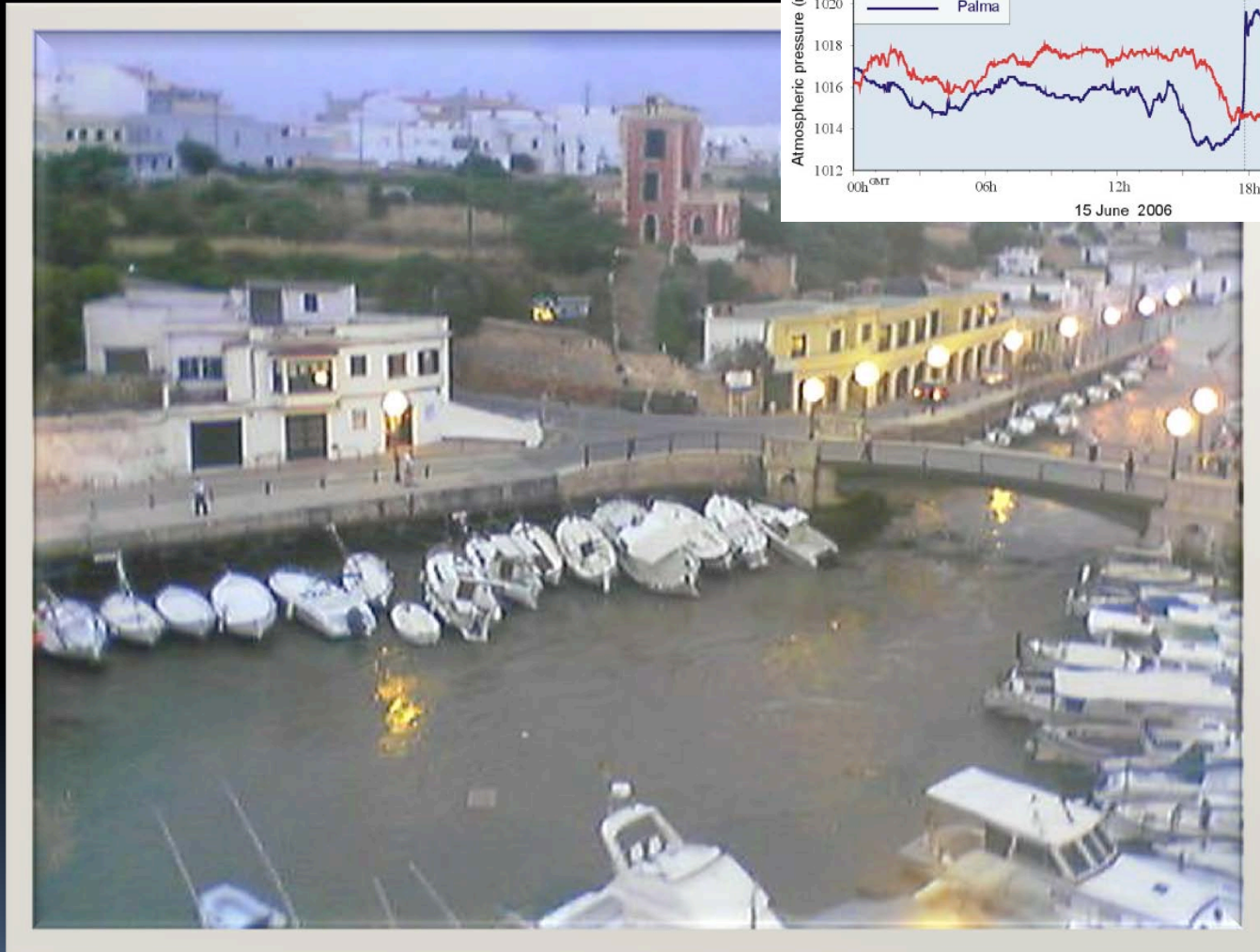


# Generación de un tsunami



# Otros agentes generadores de tsunamis

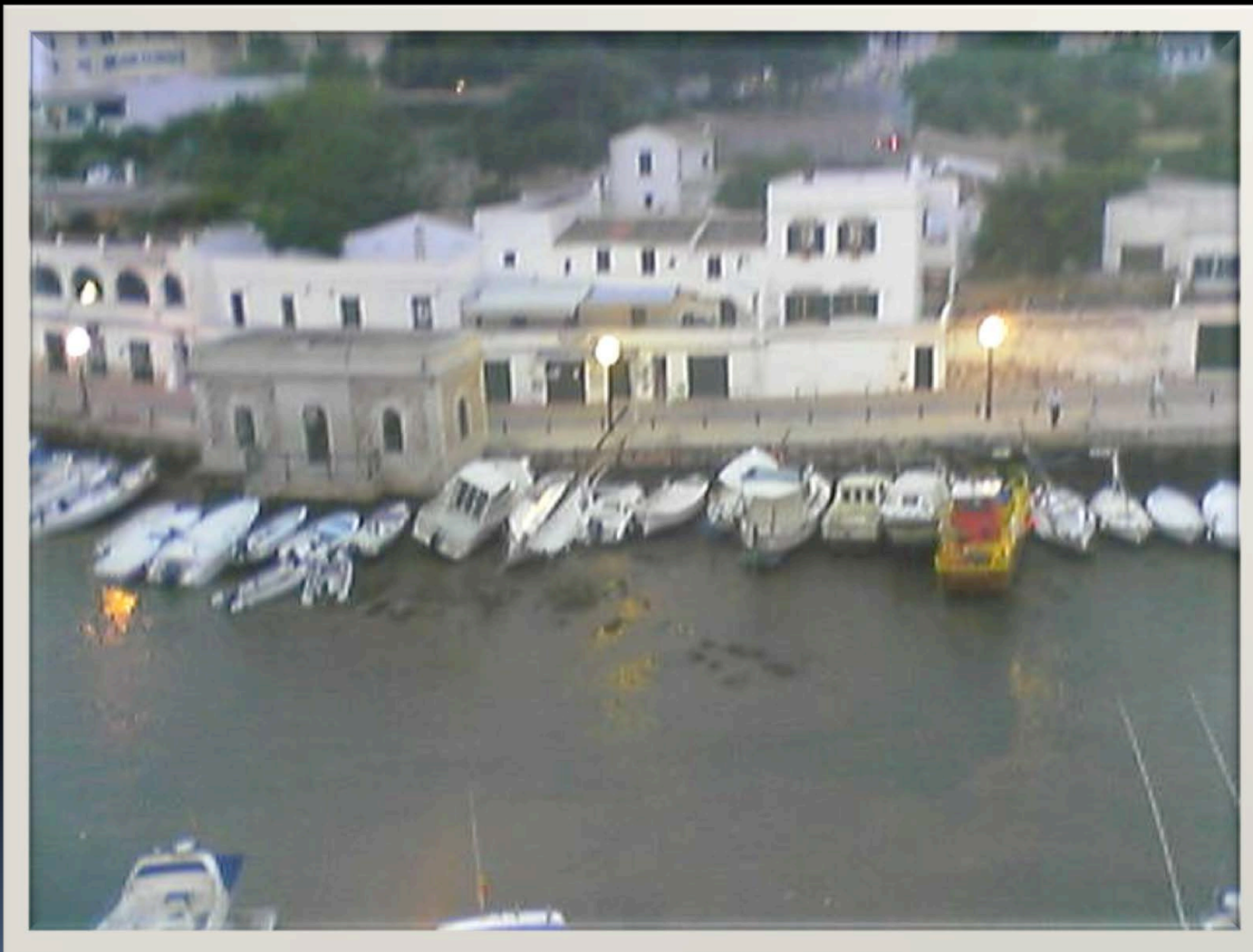
- Tsunamis meteorológicos.



Ciudadella, España, Tsunami 15 Junio 2006: Slide1

# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis meteorológicos.

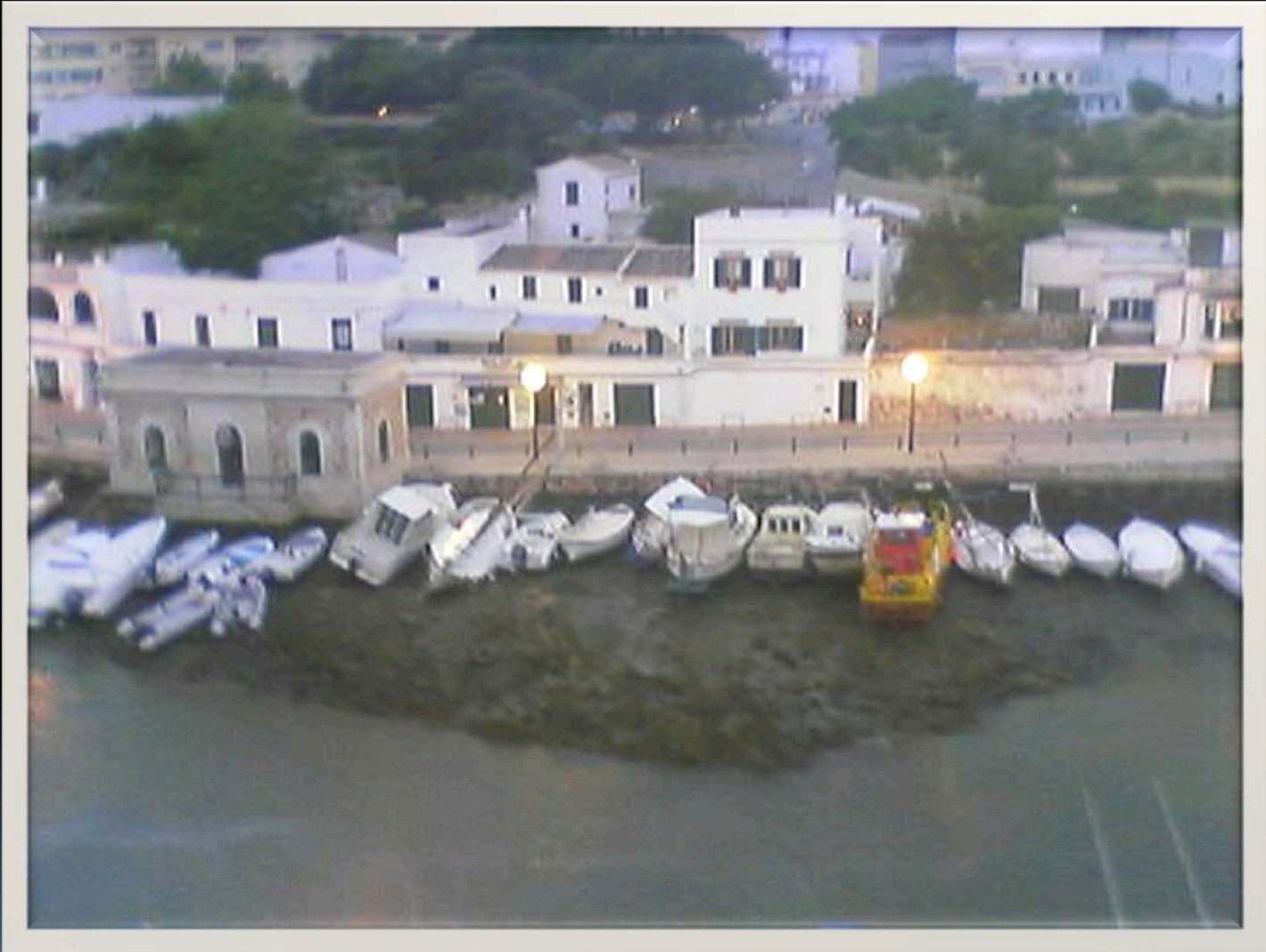


Ciudadella, España, Tsunami 15 Junio 2006: Slide 2



# Otros agentes generadores de tsunamis

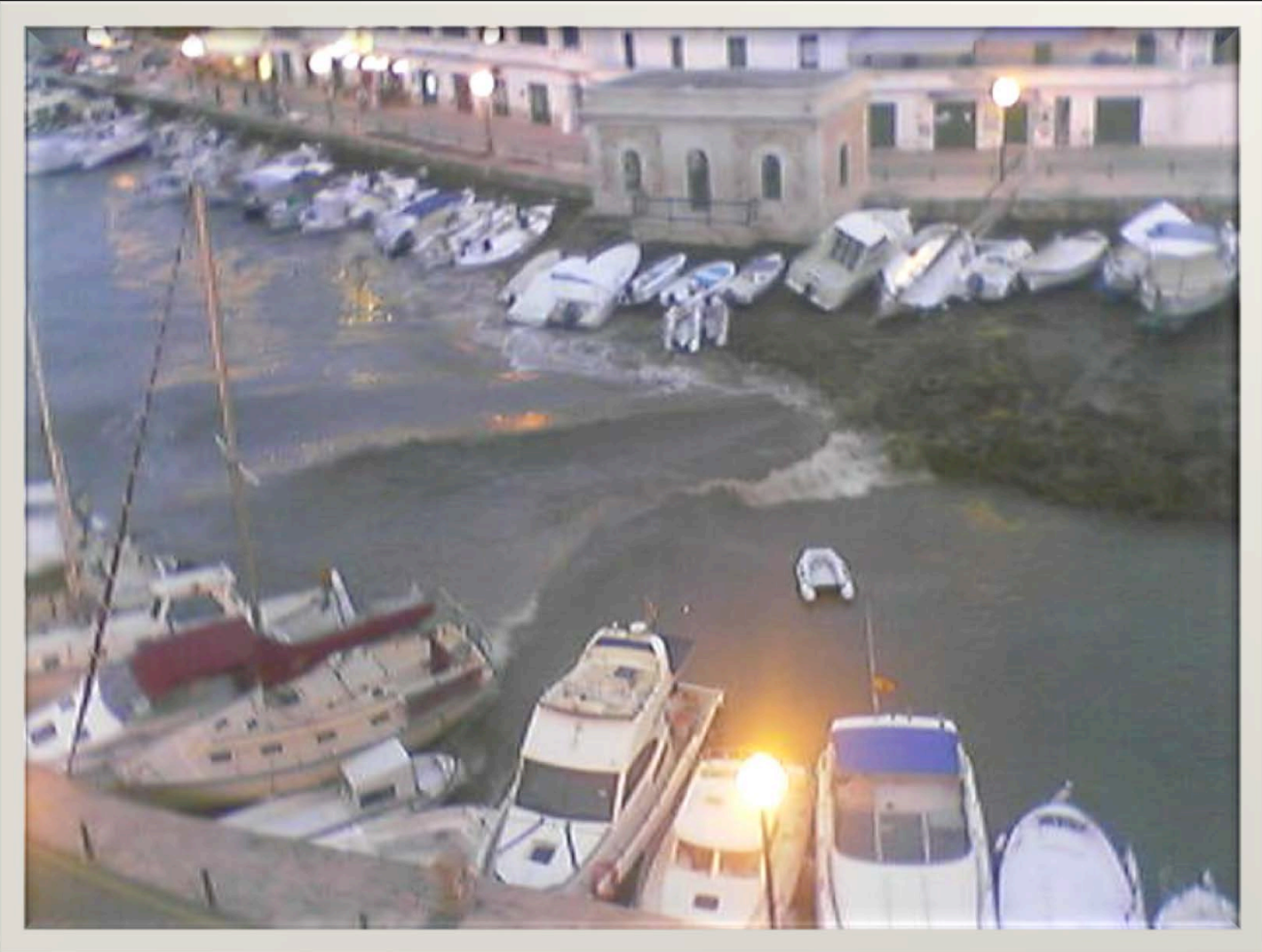
- Tsunamis meteorológicos.



Ciudadella, España, Tsunami 15 Junio 2006: Slide 3

# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis meteorológicos.

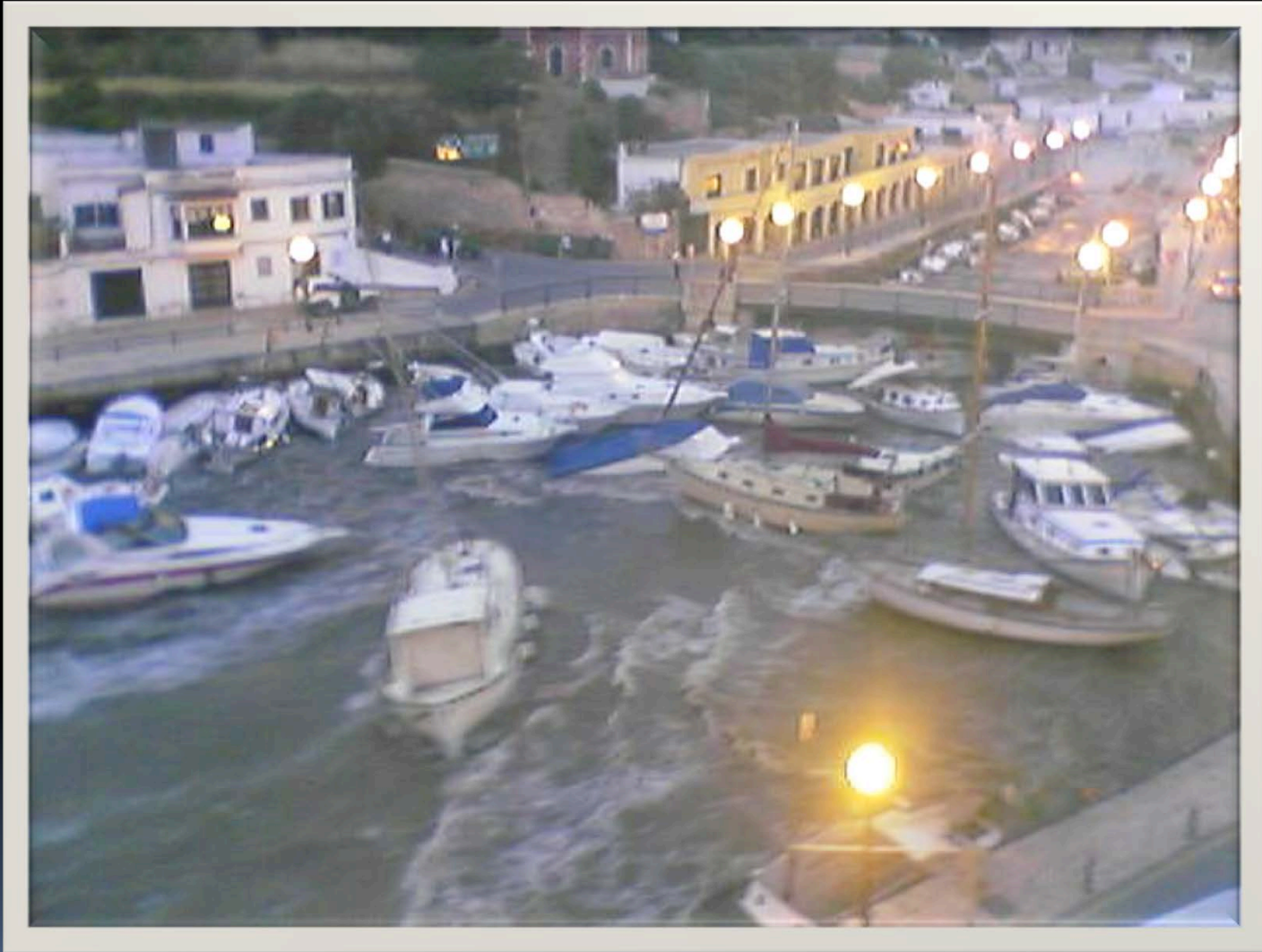


Ciudadella, España, Tsunami 15 Junio 2006: Slide 4



# Otros agentes generadores de tsunamis

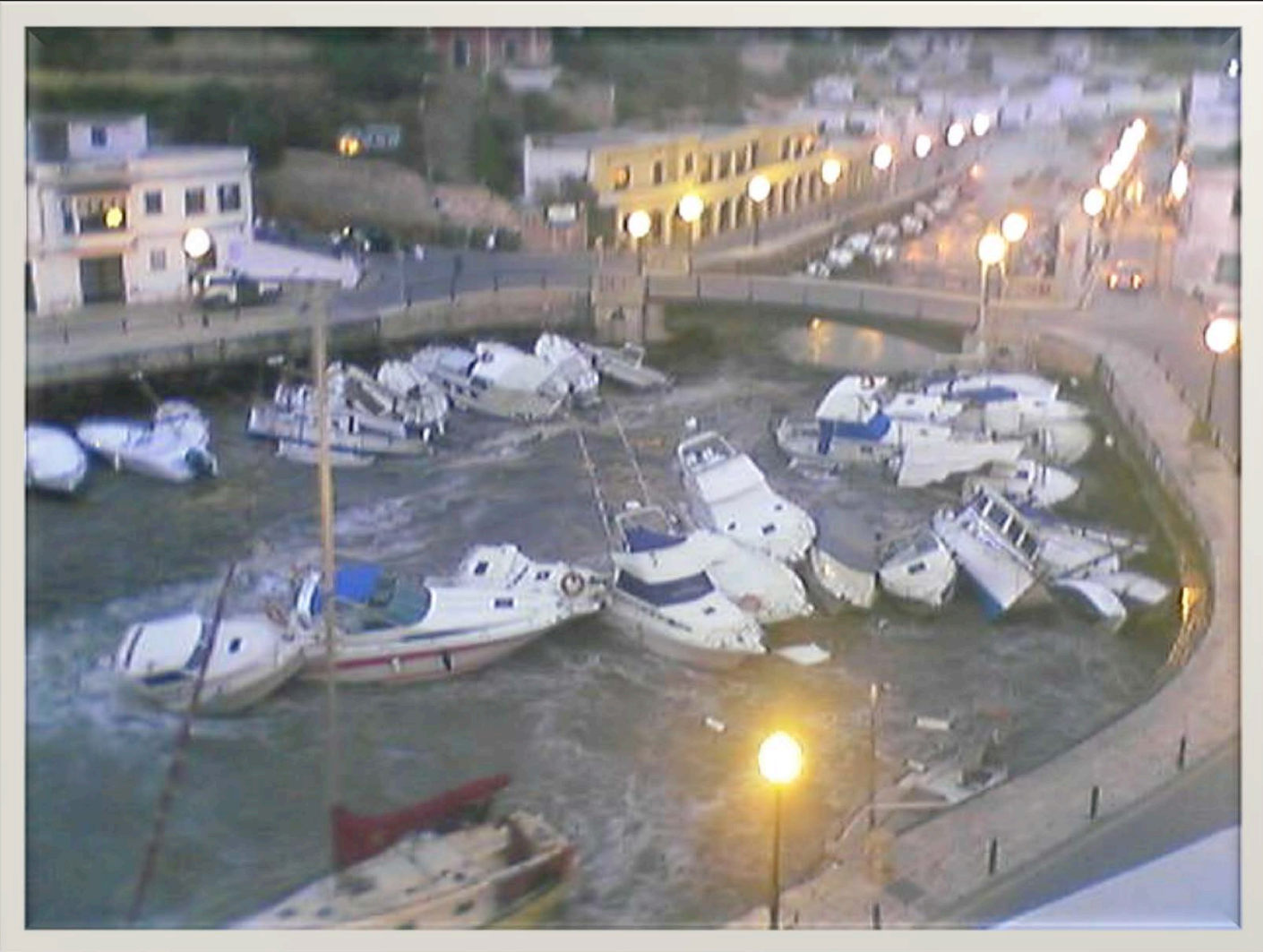
- Tsunamis meteorológicos.



Ciudadella, España, Tsunami 15 Junio 2006: Slide 5

# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis meteorológicos.



Ciudadella, España, Tsunami 15 Junio 2006: Slide 6

# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por deslizamientos submarinos: Lituya Bay, AK





# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por deslizamientos submarinos: Lituya Bay, AK



## Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por deslizamientos submarinos: Aisén, Chile
- Desprendimiento.



## Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por deslizamientos submarinos: Aisén, Chile
- Cicatrices.





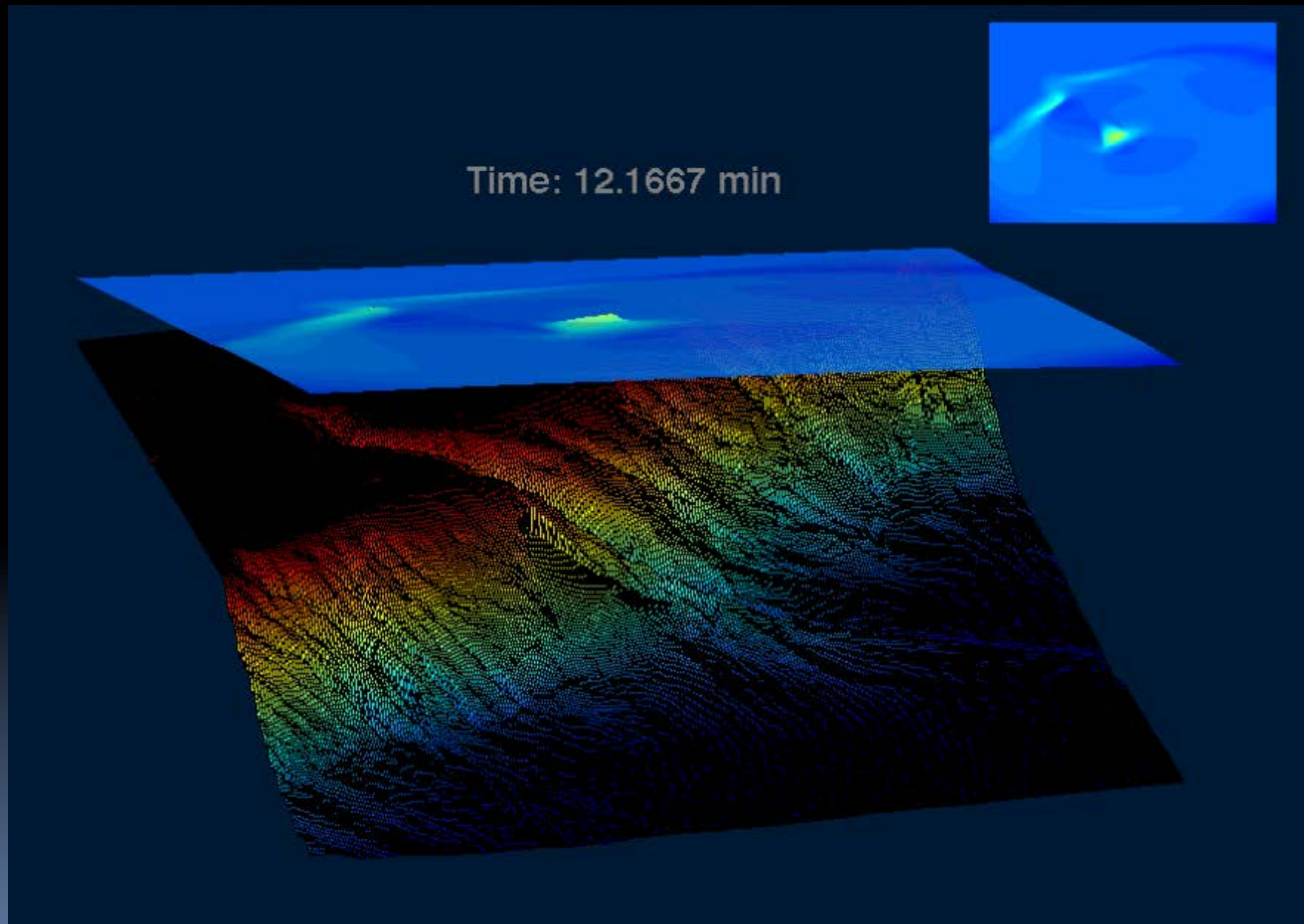
## Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por deslizamientos submarinos: Aisén, Chile
- Inundación.



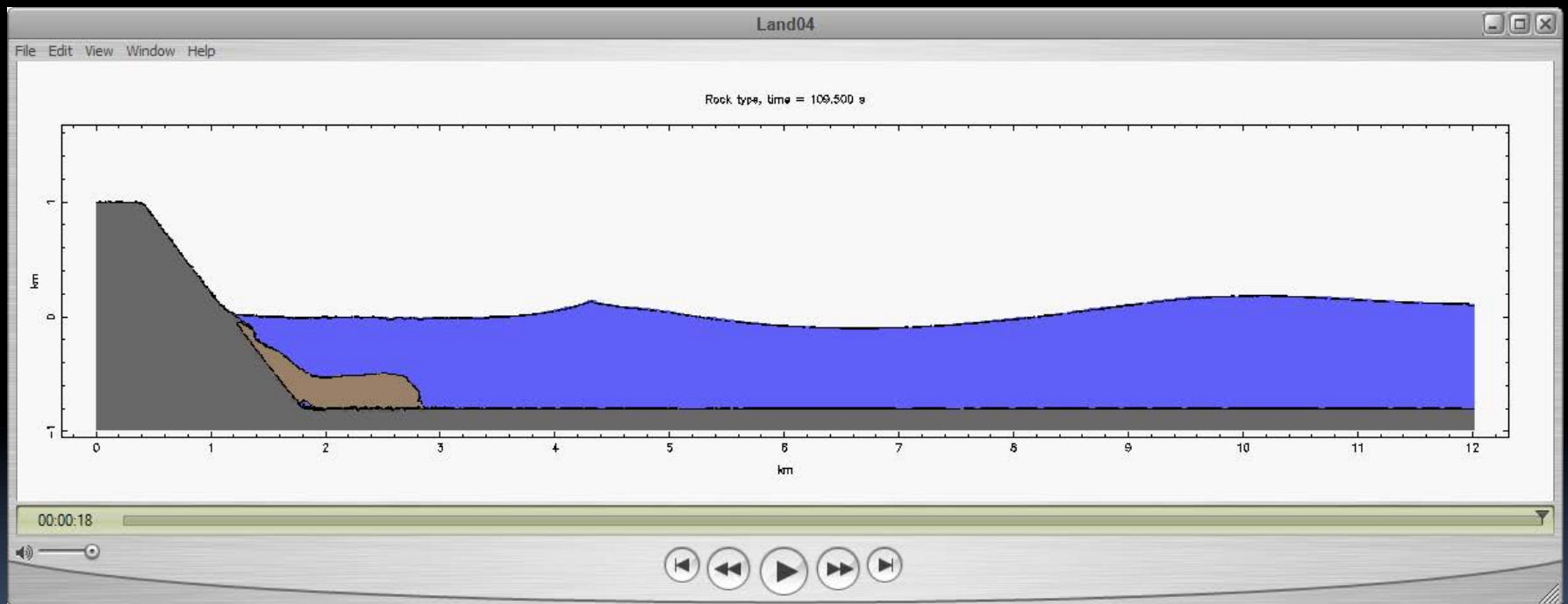
# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por deslizamientos submarinos.



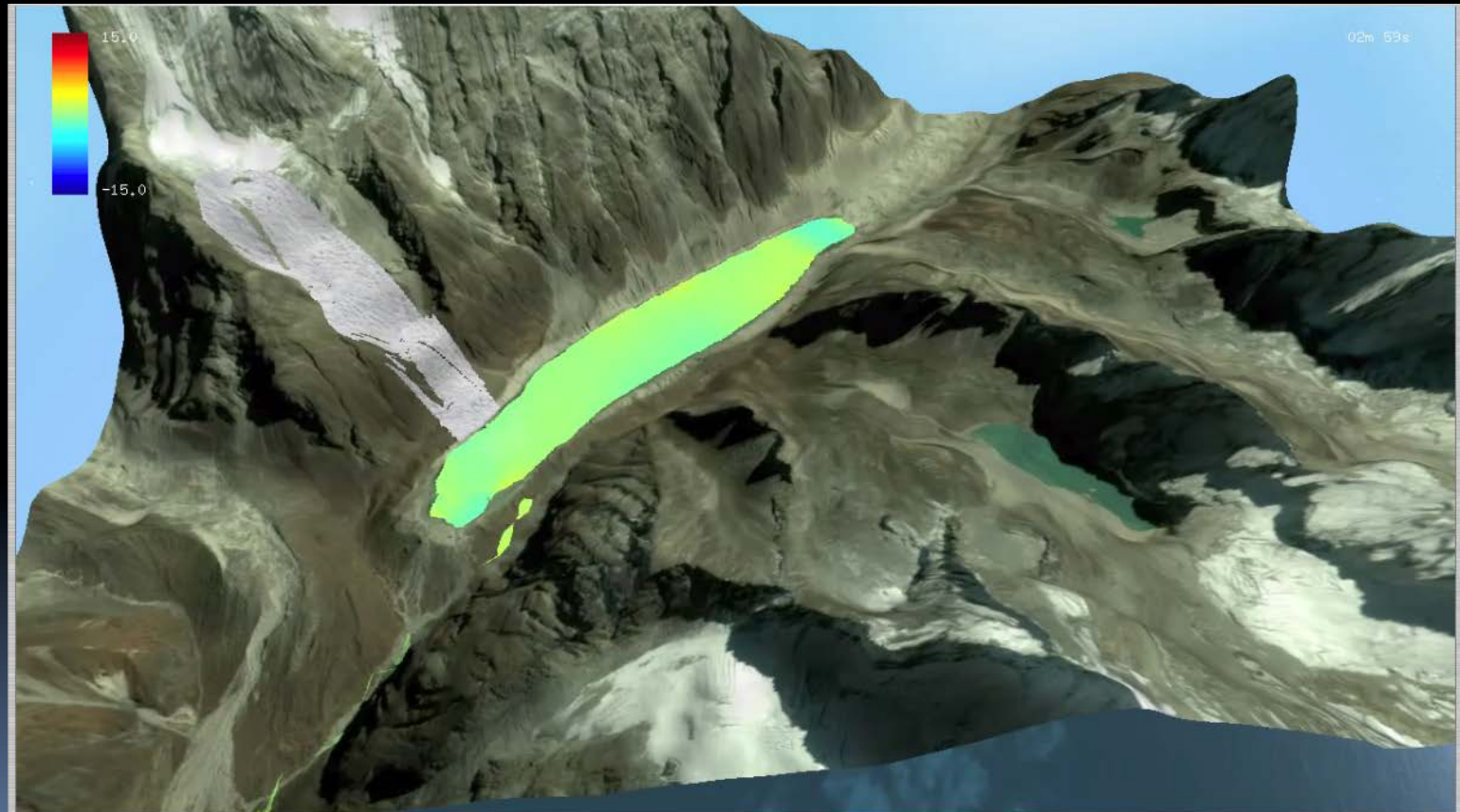
# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por deslizamientos submarinos.



# Otros agentes generadores de tsunamis

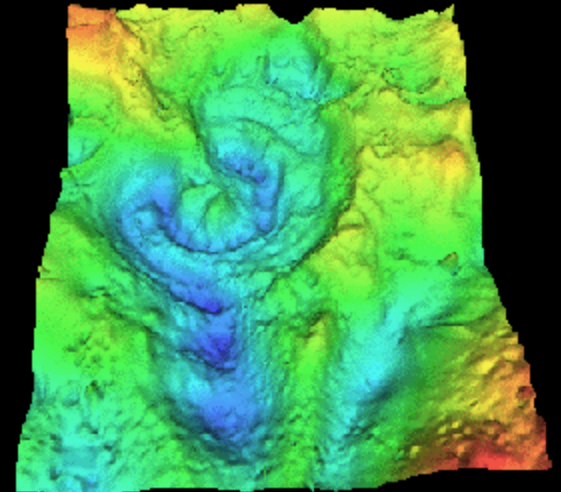
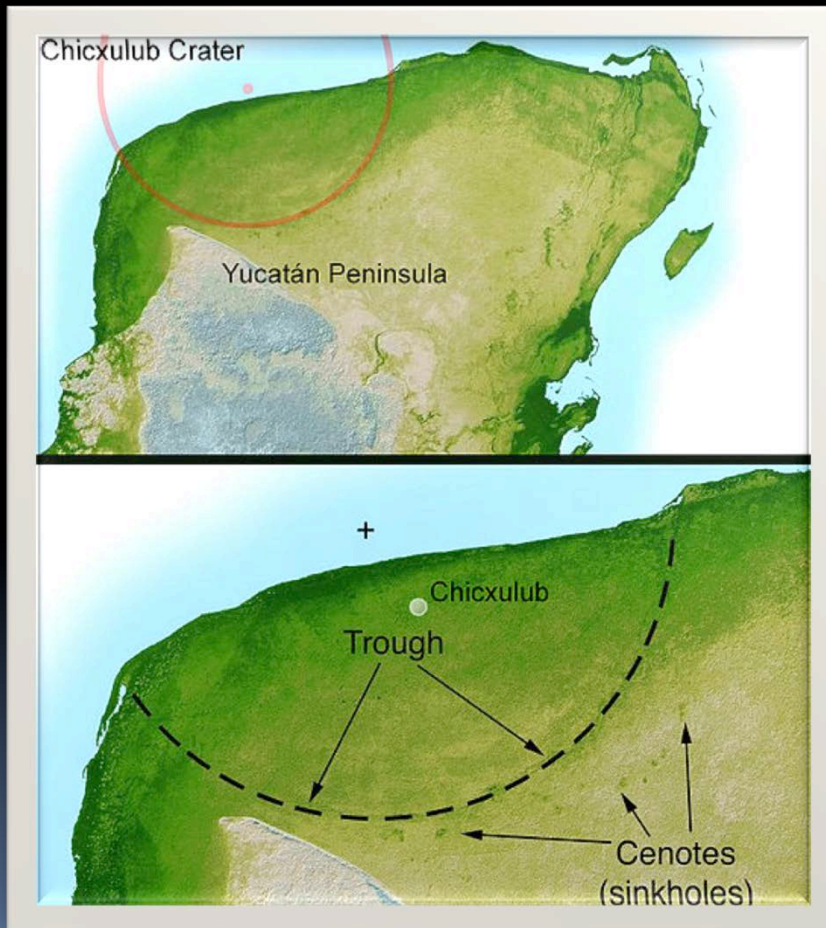
- Tsunamis generados por avalanchas de nieve.





# Otros agentes generadores de tsunamis

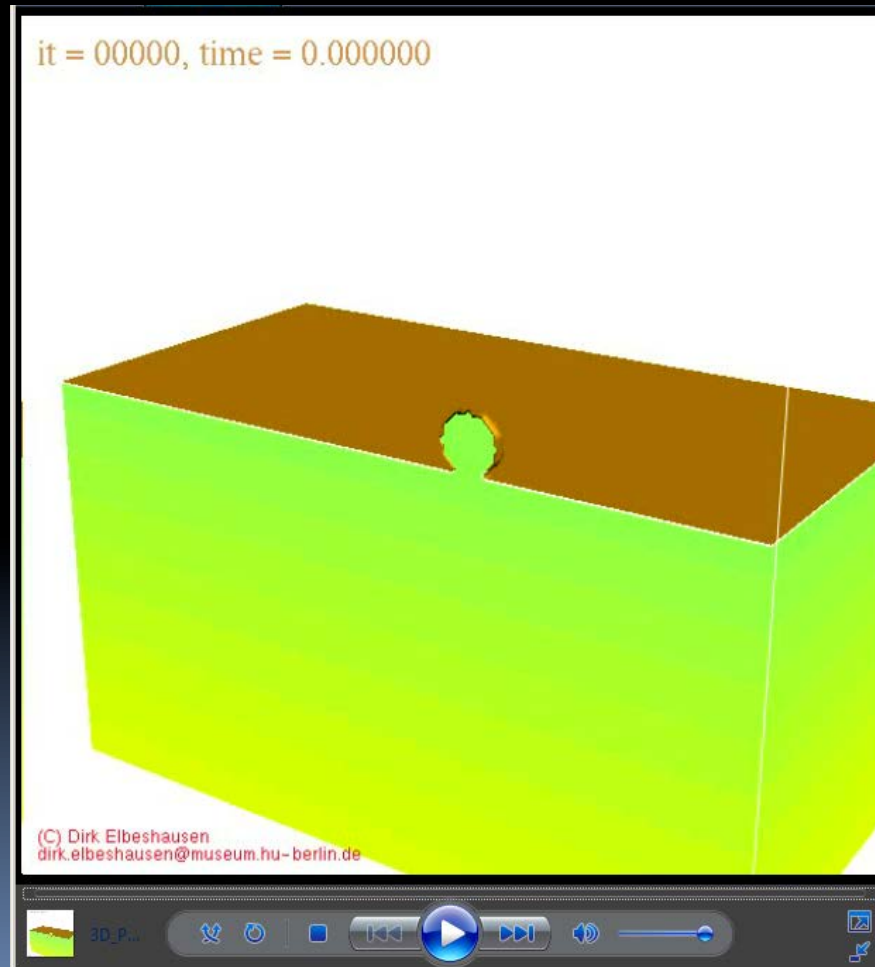
- Tsunamis generados por impactos de meteoritos.





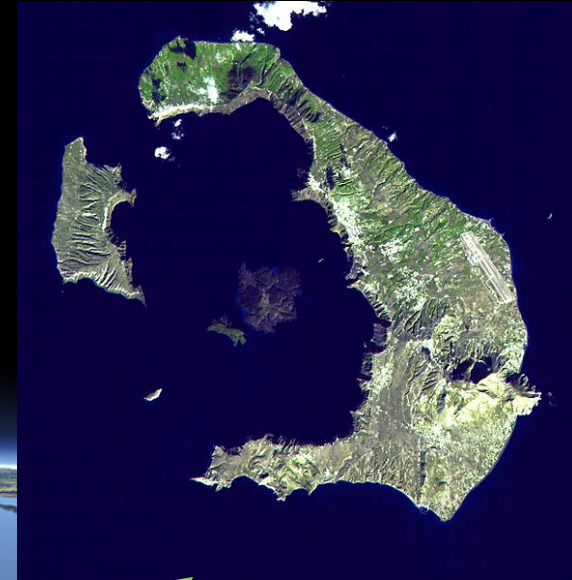
# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por impactos de meteoritos.

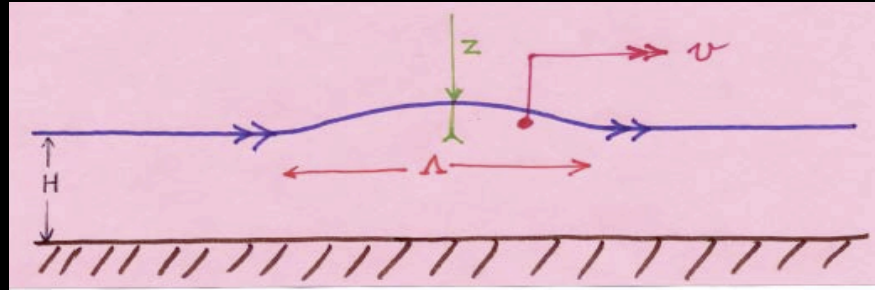


# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por explosiones volcánicas: Santorini, 1630  $\pm$  20 B.C.
- Fin de la civilización minoica 1400 B.C.?



# Características físicas de un tsunami en alta mar



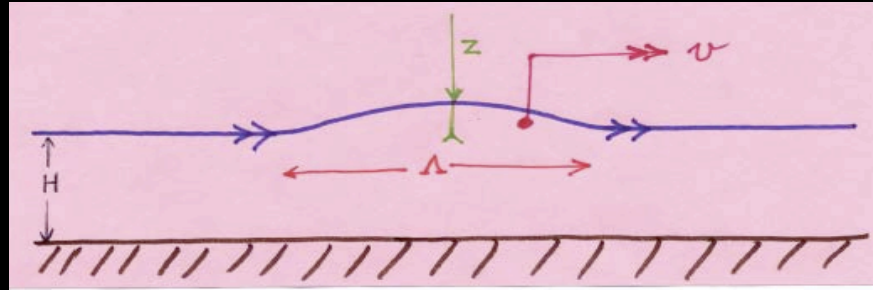
- Velocidad: La velocidad depende de la profundidad del mar, H.

$$v = \sqrt{gH}$$

En la práctica:  $H=5$  Km,  $v=220$  m/s ( $\sim 800$  Km/h)  
(velocidad aproximada de un avión comercial)

- Amplitud máxima, z: (se desconoce con precisión) entre unos pocos centímetros y medio metro.
- Longitud de onda típica:  $\Lambda = 300$  km (periodo  $\sim 600$  s-3000s)
- El tsunami siempre esta formado por varias olas.

# Características físicas de un tsunami en alta mar



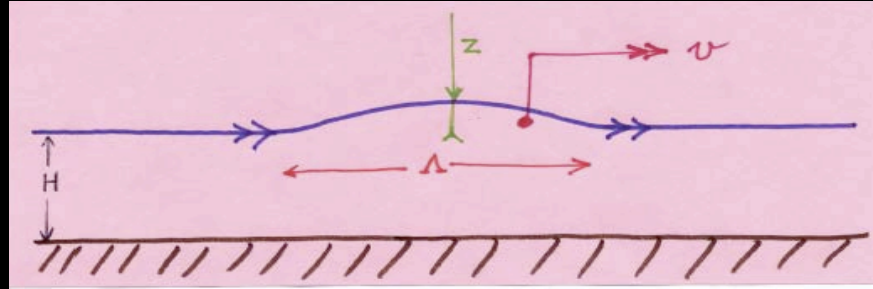
- Velocidad: La velocidad depende de la profundidad del mar,  $H$ .

$$v = \sqrt{gH}$$

En la práctica:  $H=5$  Km,  $v=220$  m/s ( $\sim 800$  Km/h)  
(velocidad aproximada de un avión comercial)

- Amplitud máxima,  $z$ : (se desconoce con precisión) entre unos pocos centímetros y medio metro.
- Longitud de onda típica:  $\lambda = 300$  km (periodo  $\sim 600$  s-3000s)
- El tsunami siempre esta formado por varias olas.

# Características físicas de un tsunami en alta mar



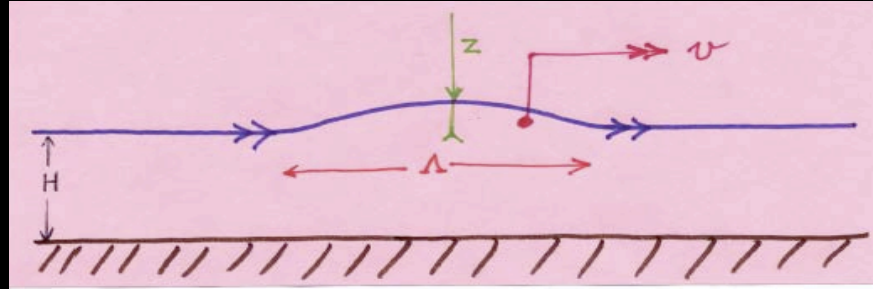
- Velocidad: La velocidad depende de la profundidad del mar,  $H$ .

$$v = \sqrt{gH}$$

En la práctica:  $H=5$  Km,  $v=220$  m/s ( $\sim 800$  Km/h)  
(velocidad aproximada de un avión comercial)

- Amplitud máxima,  $z$ : (se desconoce con precisión) entre unos pocos centímetros y medio metro.
- Longitud de onda típica:  $\Lambda = 300$  km (periodo  $\sim 600$  s-3000s)
- El tsunami siempre está formado por varias olas.

# Características físicas de un tsunami en alta mar



- Velocidad: La velocidad depende de la profundidad del mar,  $H$ .

$$v = \sqrt{gH}$$

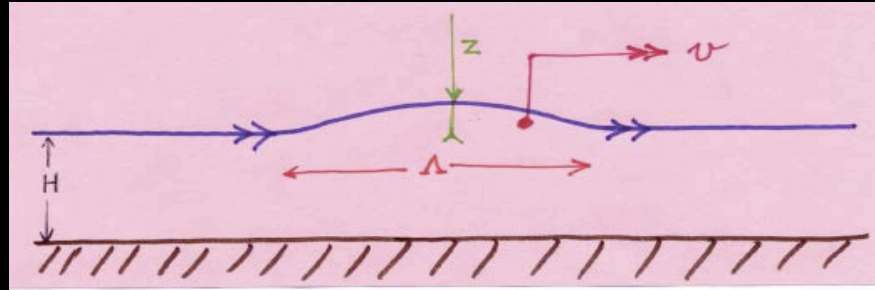
En la práctica:  $H=5$  Km,  $v=220$  m/s ( $\sim 800$  Km/h)  
(velocidad aproximada de un avión comercial)

- Amplitud máxima,  $z$ : (se desconoce con precisión) entre unos pocos centímetros y medio metro.
- Longitud de onda típica:  $\Lambda = 300$  km (periodo  $\sim 600$  s-3000s)
- El tsunami siempre esta formado por varias olas.





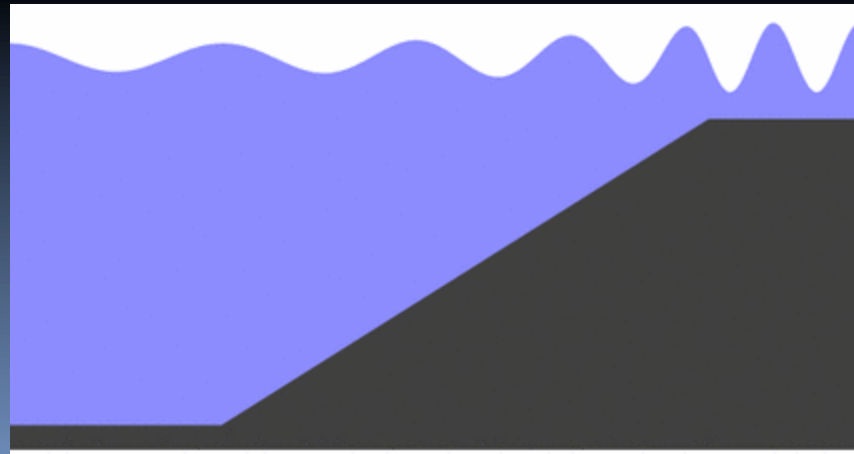
# Características físicas de un tsunami en aguas costeras.



- Velocidad: La velocidad depende de la profundidad del mar,  $H$ .  
En la práctica:  $H=10$  m,  $v=10$  m/s ( $\sim 35$  Km/h)  
(velocidad aproximada de un carro por ciudad)

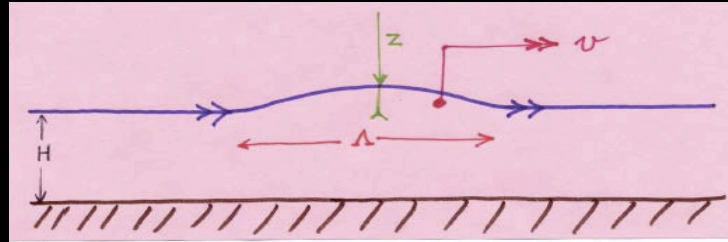
$$v = \sqrt{gH}$$

- La parte delantera de la ola se frena al entrar en aguas de menor profundidad, la parte trasera, todavía en aguas profundas viaja a mayor velocidad que la delantera, provocando una crecida de la ola en altura y una disminución de su longitud de onda.





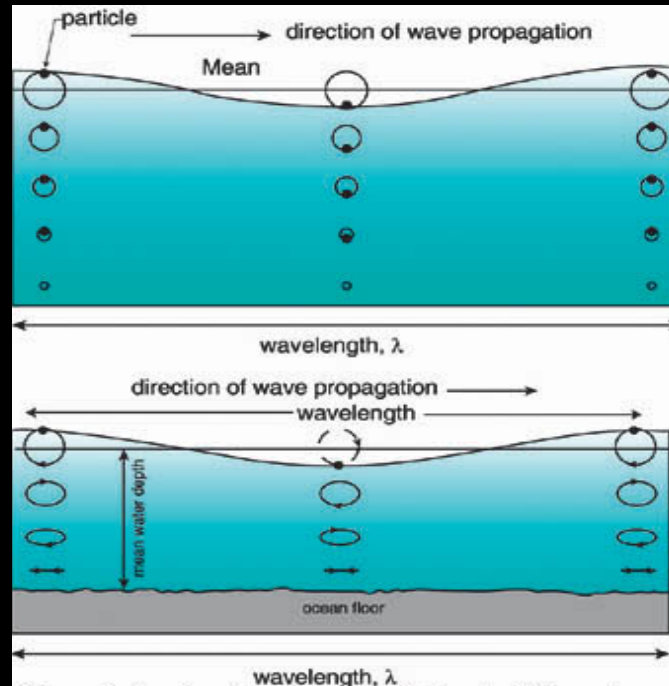
# Características físicas de un tsunami en aguas costeras.



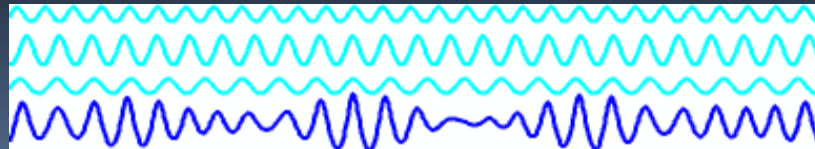
- La altura del tsunami en aguas poco profundas puede alcanzar decenas de metros.
- La longitud de onda típica puede ser de entre 10-20 Km.
- El tamaño de la longitud de onda hace que el tsunami pueda penetrar grandes distancias tierra adentro.

# Características físicas de un tsunami en alta mar

- Un tsunami es siempre una ola de onda larga o de aguas poco profundas.



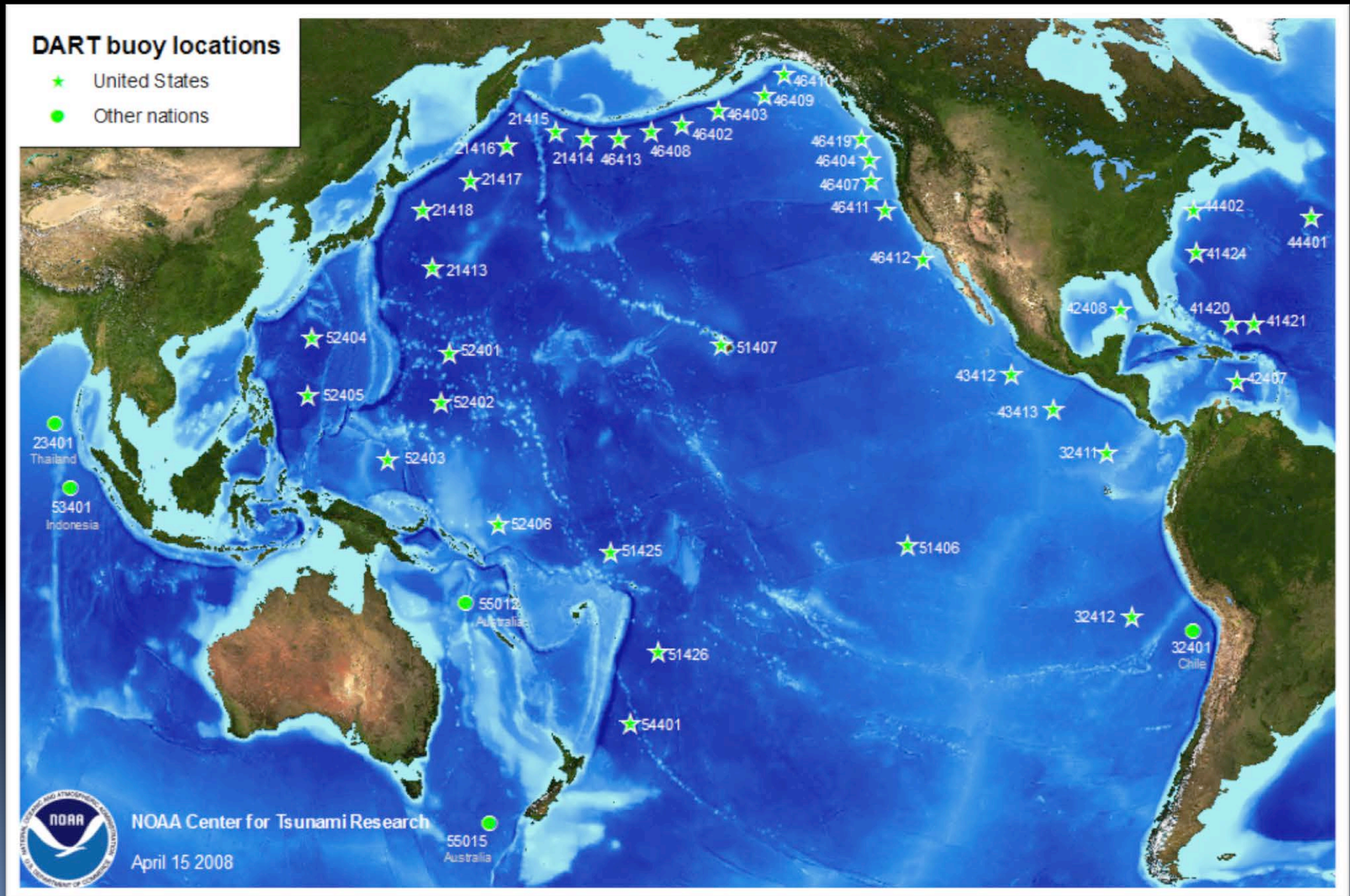
- Un tsunami es una ola no-dispersiva. Esto le confiere gran peligrosidad.



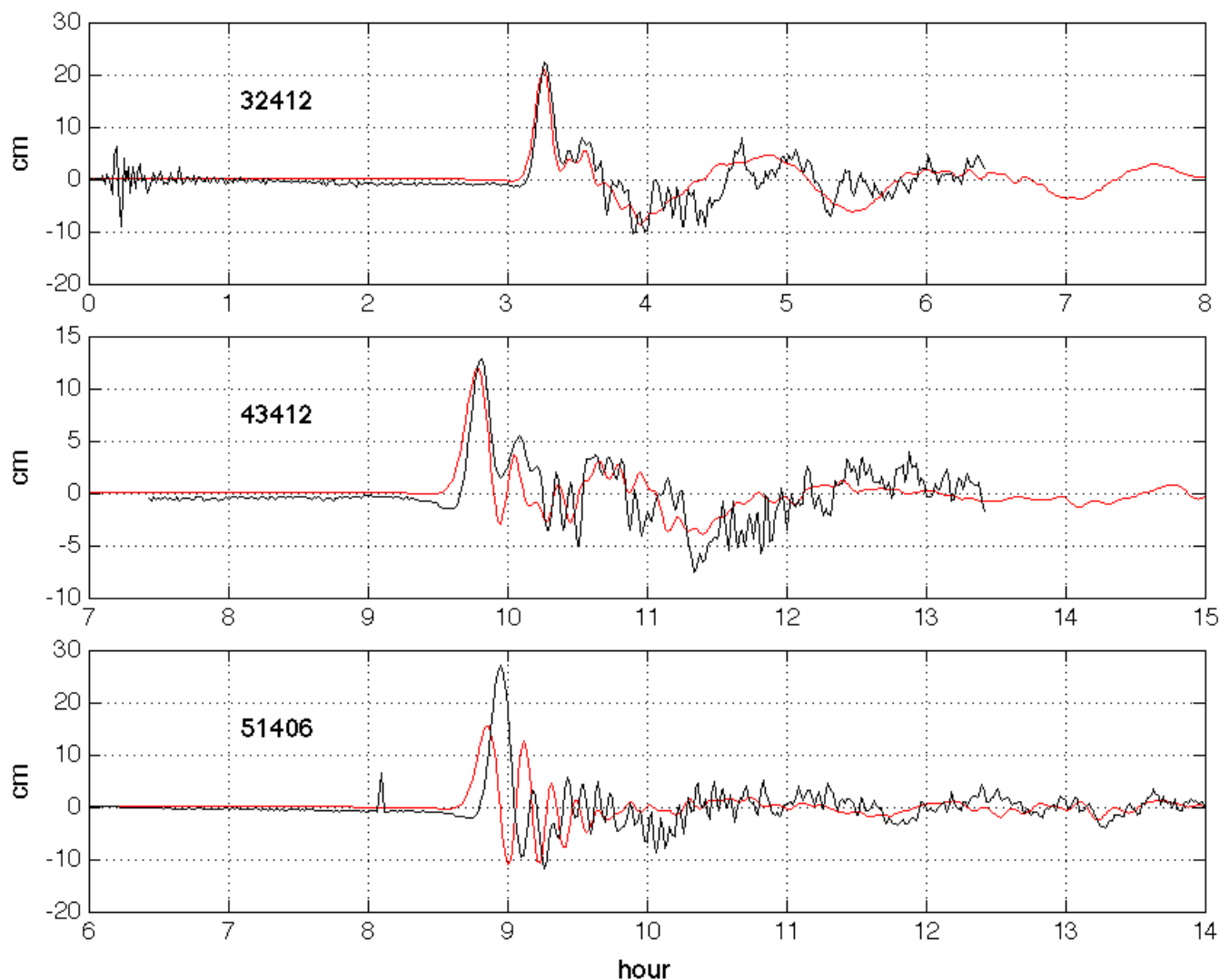
# Sistemas de detección de tsunamis: Sistemas DART



# Posición de las estaciones DART



# Series de tiempo DART del tsunami de Chile 2010





## Mareógrafos como instrumentos de detección de tsunamis:

- Frecuencia de muestreo
- BPR y Ultrasonidos
- Ubicación costera, inapropiada para detectar y avisar.

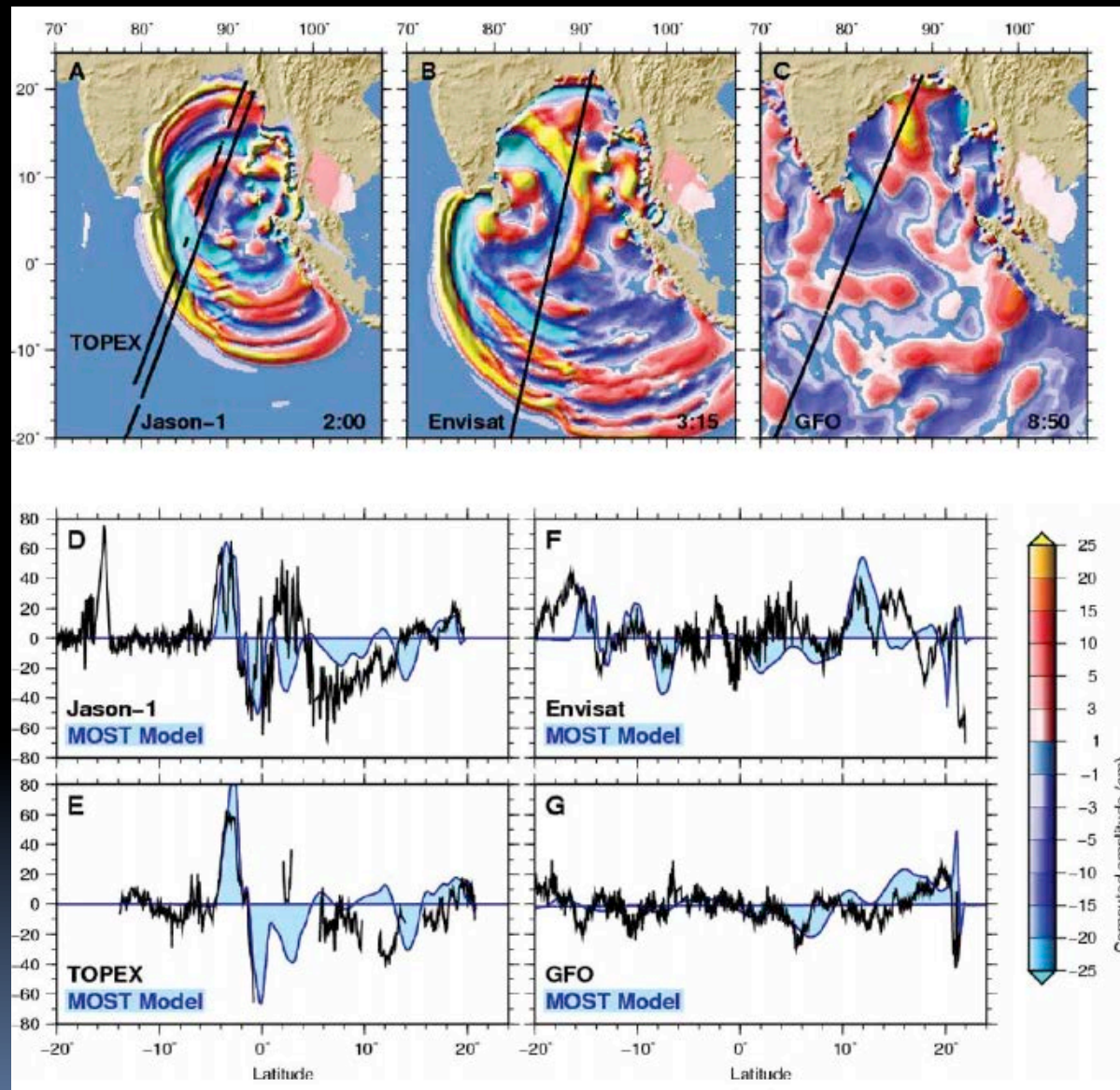


Mareógrafo por ultrasonidos



Mareógrafo por presión de agua

# Inversión basada en altimetría satelital. Sumatra 2004 tsunami





**El trabajo de campo en la zona de ruptura suele ser difícil**





**La educación de la población es esencial para salvar vidas**





**AMATEUR DOCUMENT OF THE TSUNAMI THAT HIT  
THE CHILEAN COAST ON FEBRUARY 27, 2010**



**AMATEUR DOCUMENT OF THE TSUNAMI THAT HIT  
THE CHILEAN COAST ON FEBRUARY 27, 2010**





**En zonas urbanas el límite de inundación es fácil de identificar**







**Hay que distinguir entre  
inundación permanente  
y circunstancial**





Se busca evidencia que pueda confirmar las series de tiempo calculadas



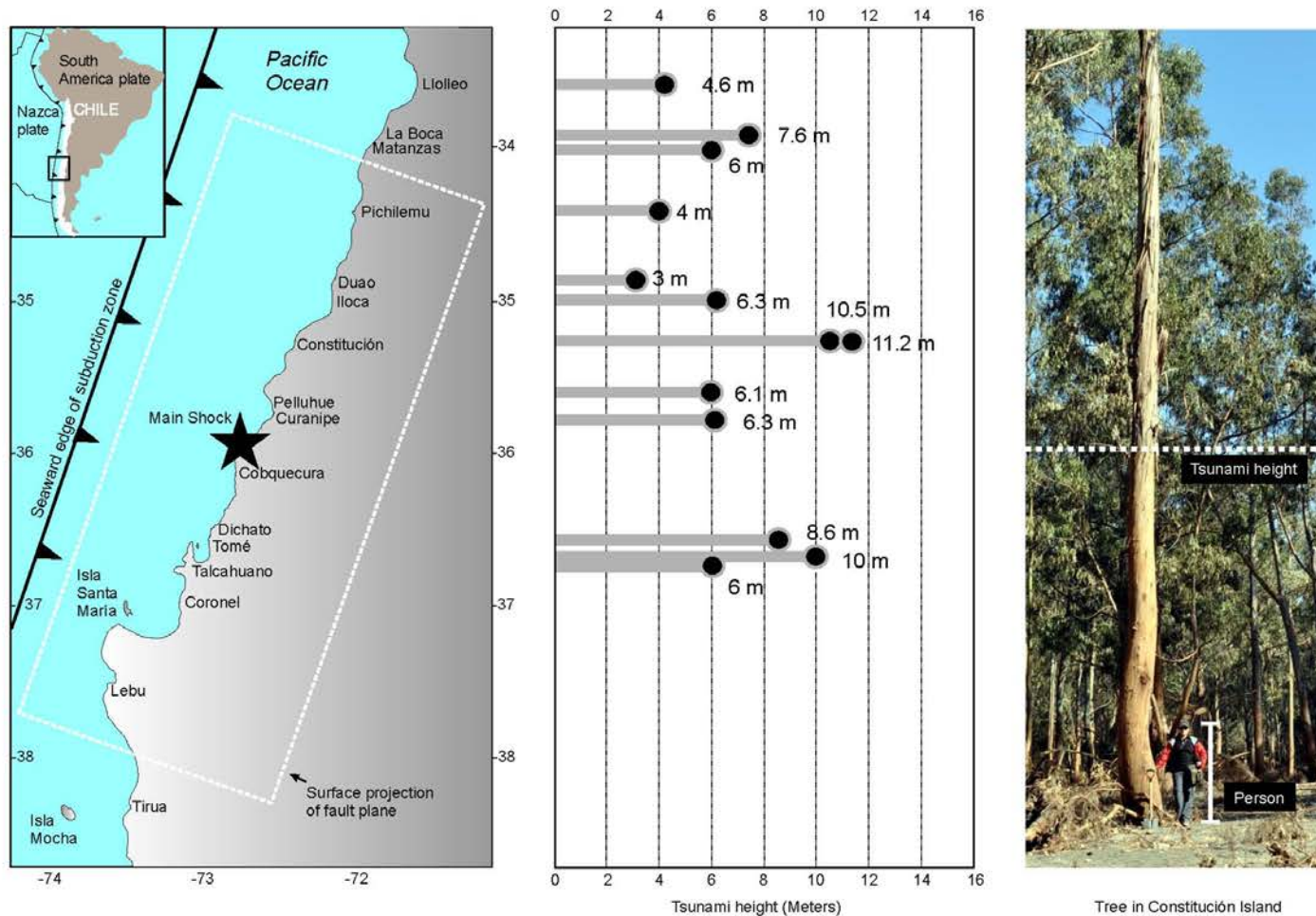
**Hay que estar alerta de posibles tsunamis por réplicas**





# Gráfica reflejando los tipos de datos recogidos

Lagos, M. et al. 2010. News: Tsunami heights in Chile.



# **Glosario de terminos relacionados con tsunamis.**

## **-Altura de inundación (Run-up)**

Elevación alcanzada por el agua del mar medida con referencia a un datum dado (MSL, SL a la llegada del tsunami).

## **-Profundidad del flujo (o de inundación)**

Elevación alcanzada por el agua del mar medida con referencia a la elevación local del terreno.

## **-Area de inundación**

Delimitada por la linea que separa la zona inundada de la seca.

## **-Amplitud máxima de la ola**

Elevación máxima de la ola medida desde el nivel medio del mar.

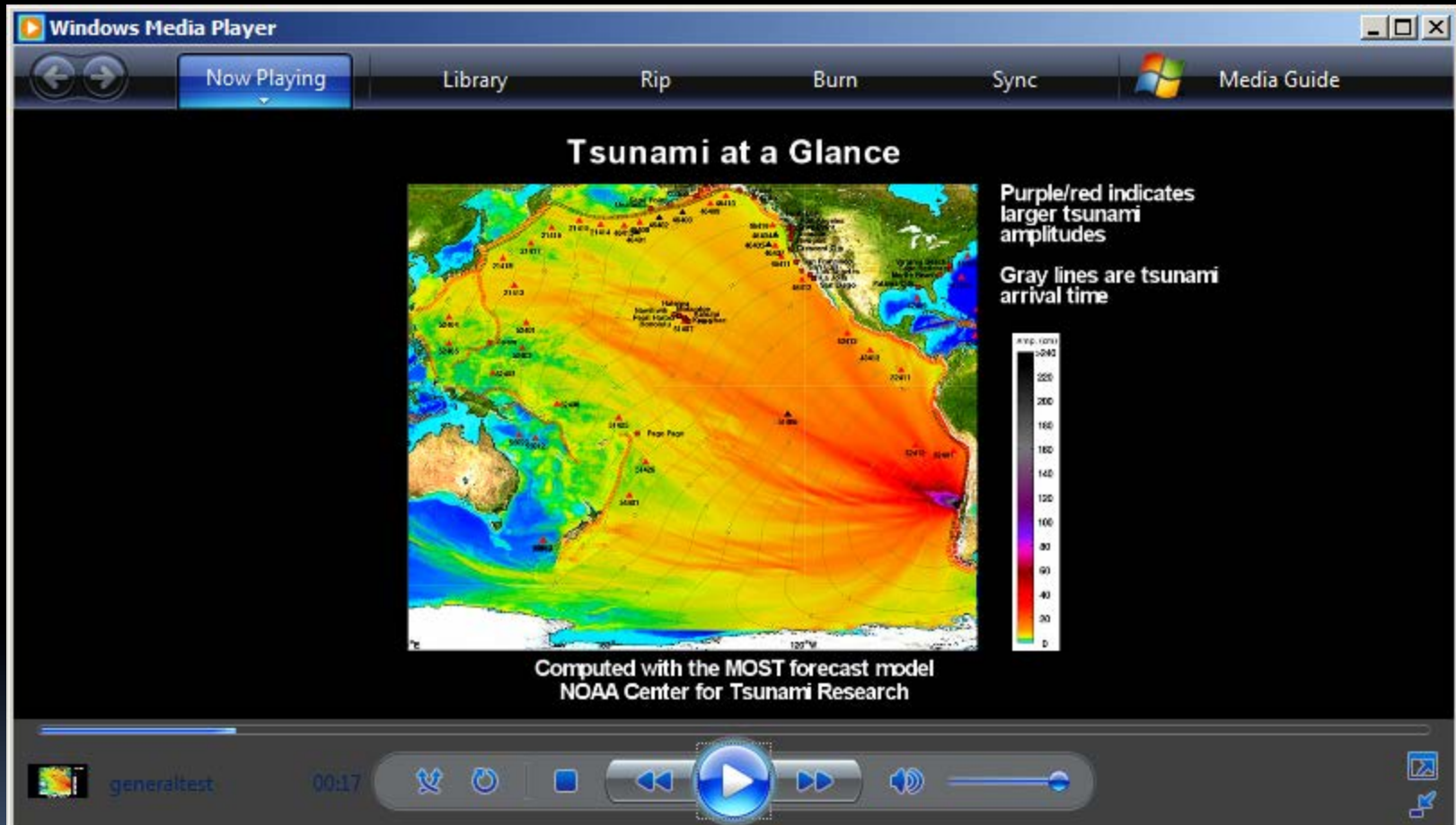
## **-Altura máxima de la ola**

Distancia máxima de la ola medida desde el nivel mínimo alcanzado por la superficie del mar hasta el nivel máximo.





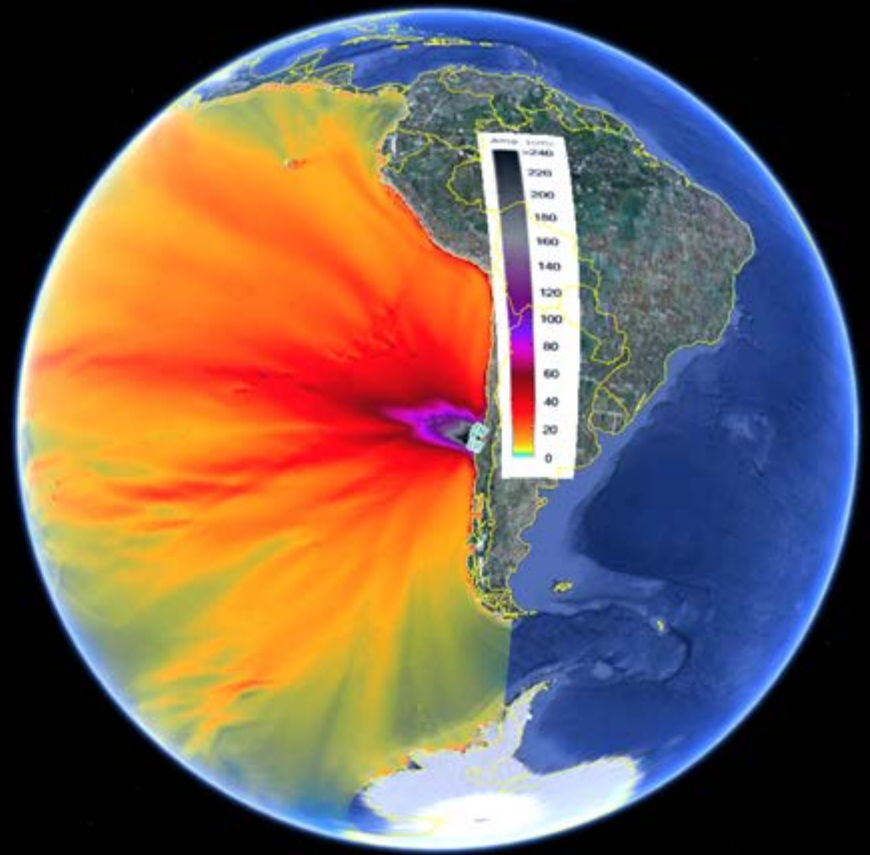
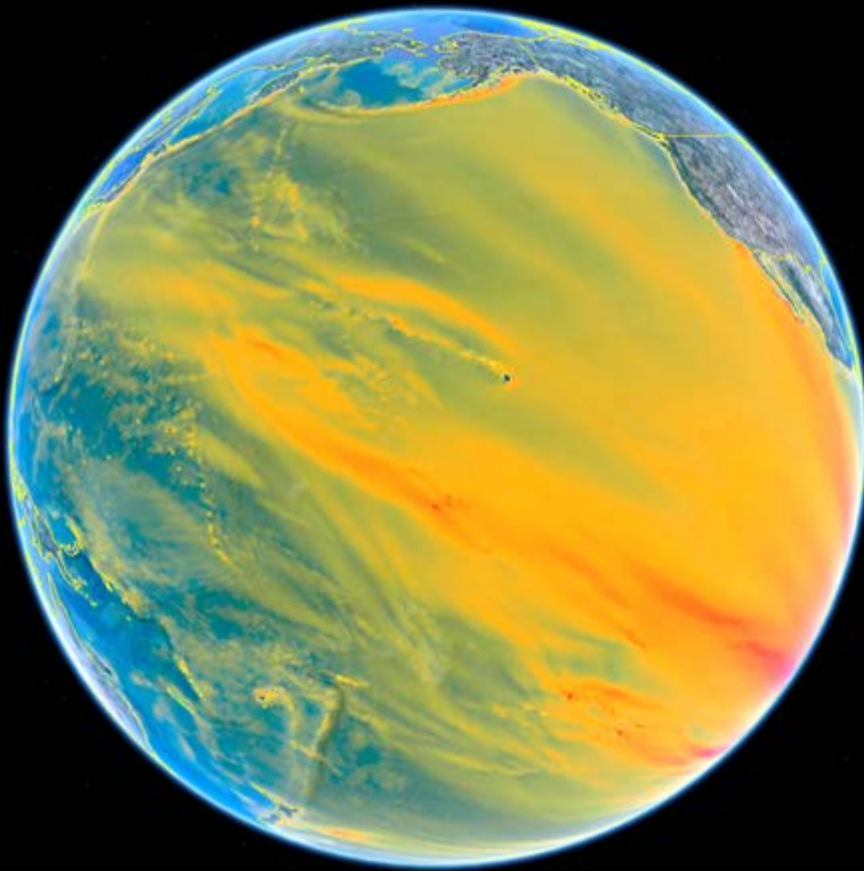
# Resumen de una predicción de tsunami





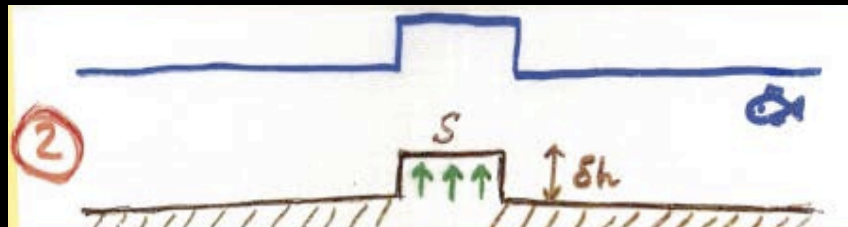
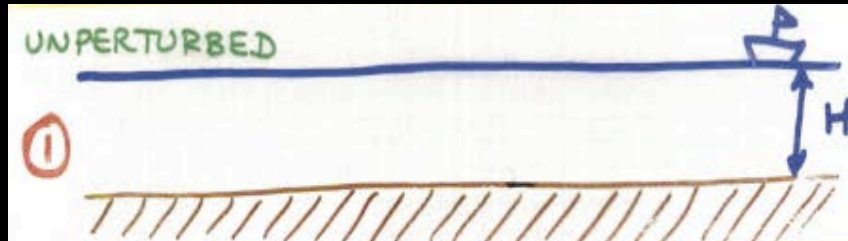


# Chile 2010 Amplitud Máxima



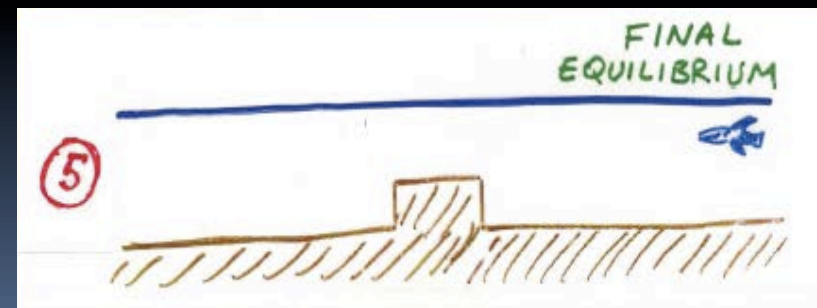
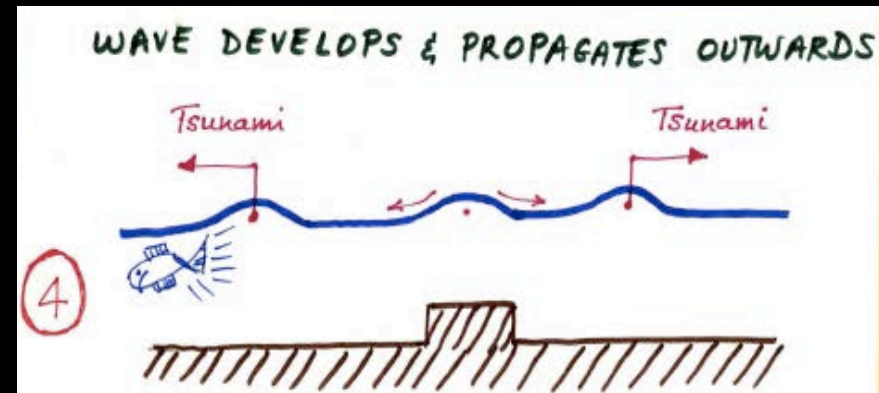
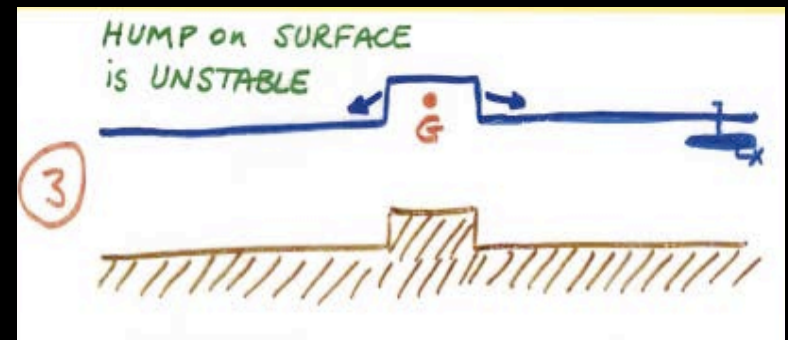


# Generación de un tsunami



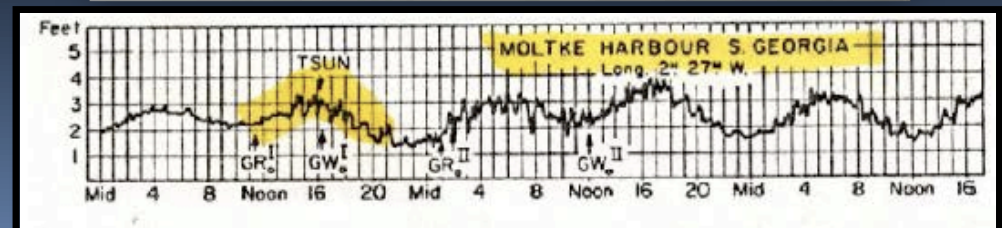
El terremoto deforma el fondo del mar verticalmente y empuja a la masa de agua que tiene encima.

Una elevación de la superficie del mar similar a la que se ha producido en el fondo aparece en la superficie.

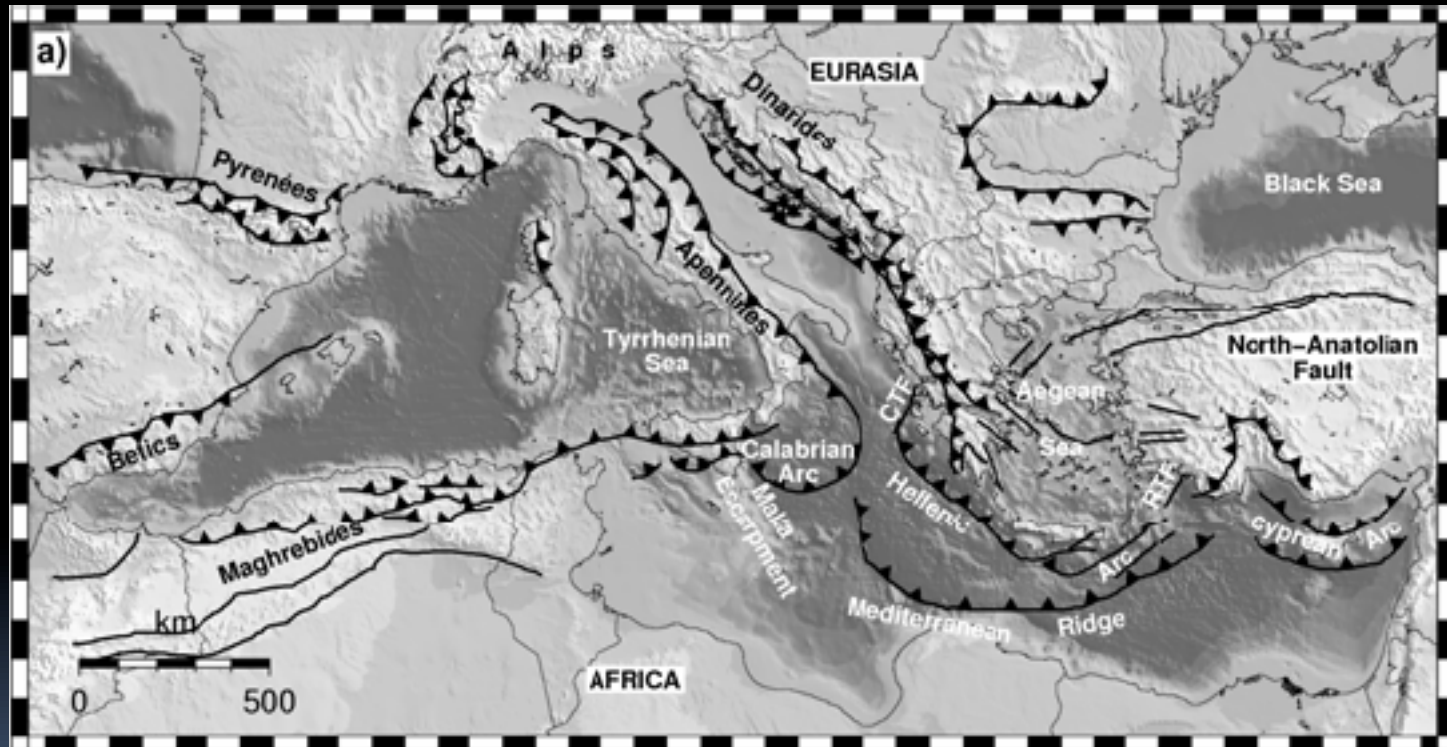


# Otros agentes generadores de tsunamis

- Tsunamis generados por explosiones volcánicas: Krakatoa, 1883
- La explosión también produjo un tsunami meteorológico.

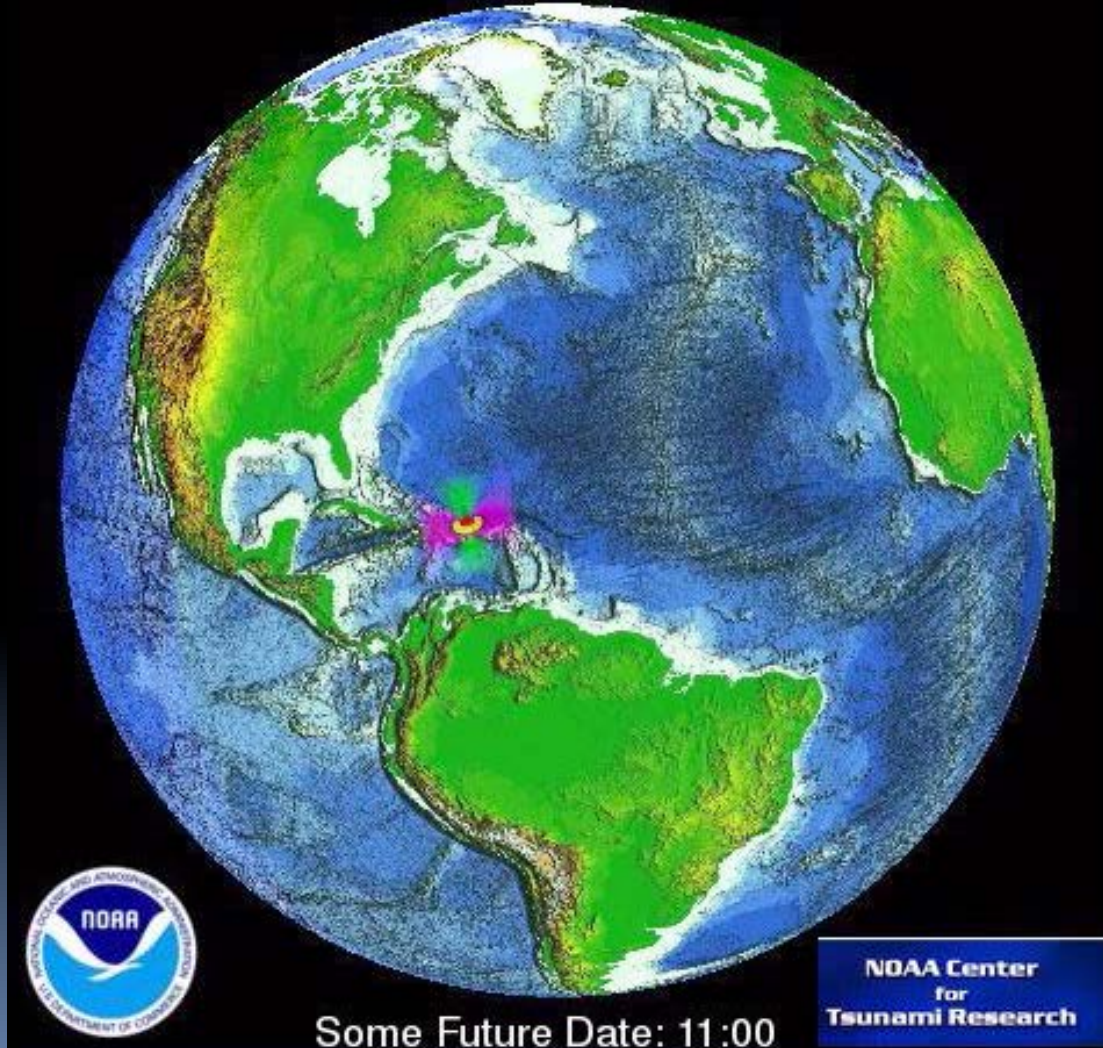


# Tsunamis en el Mediterraneo



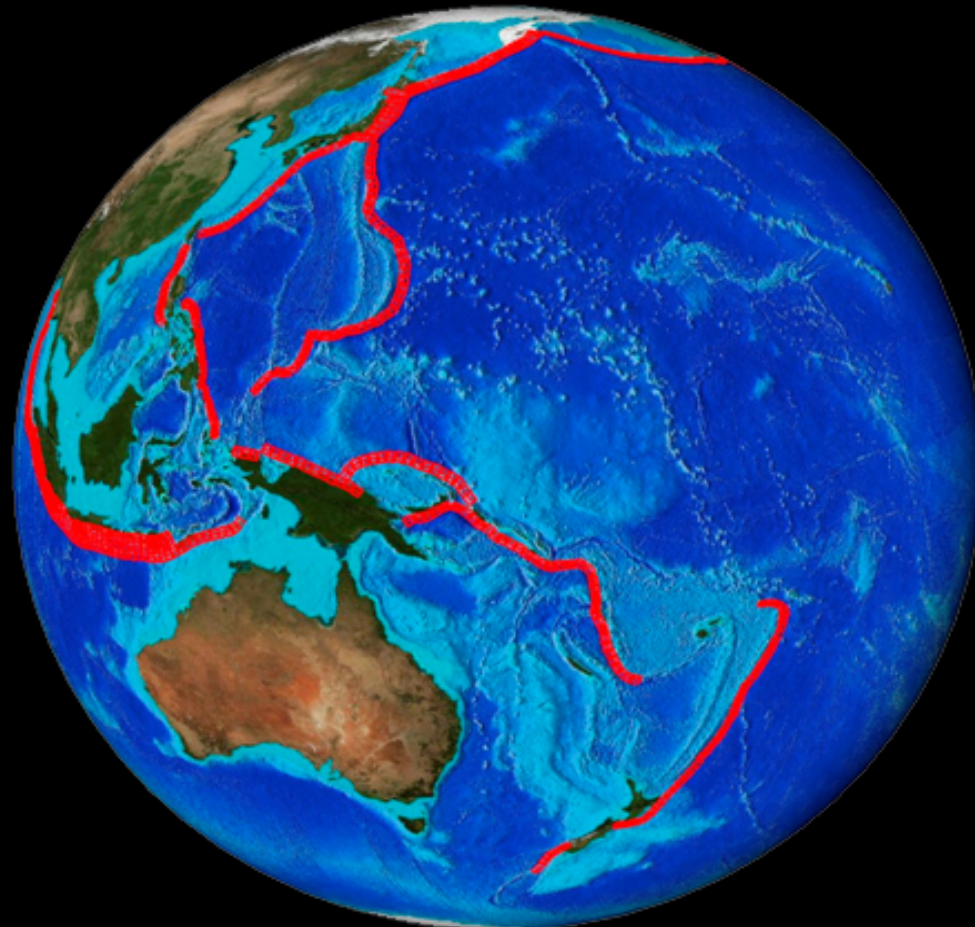


Propagación de una fuente unidad de un tsunami originado en Puerto Rico.





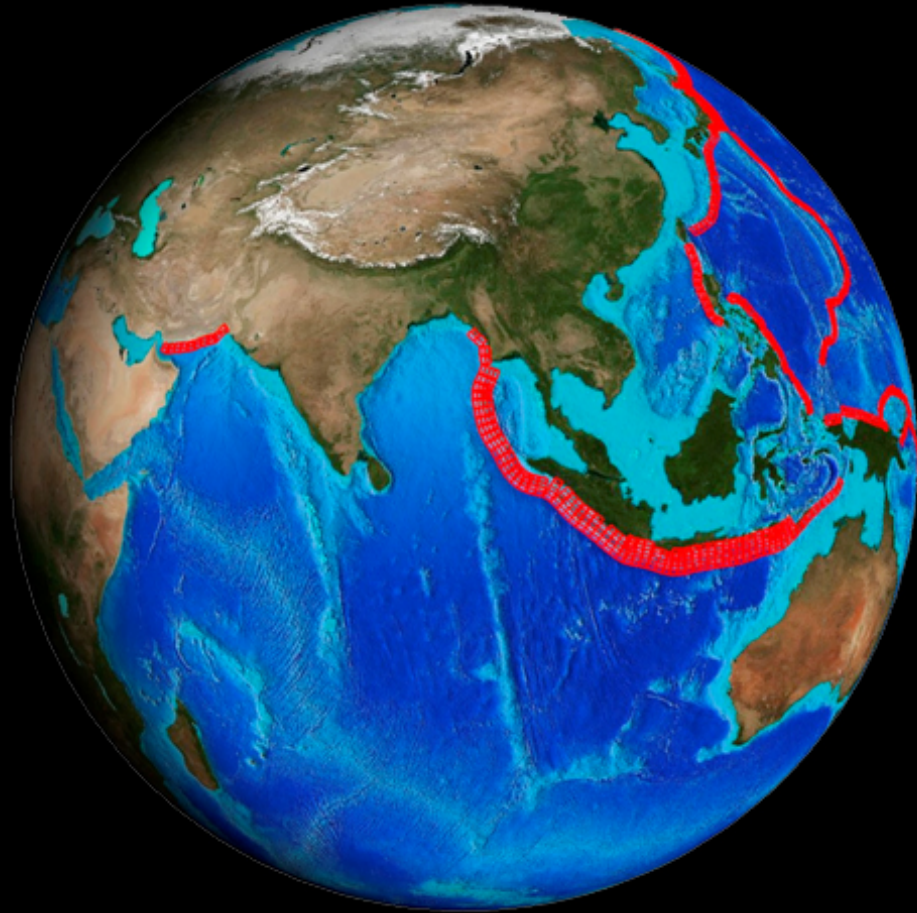
Locations of the unit sources for pre-computed tsunami events.



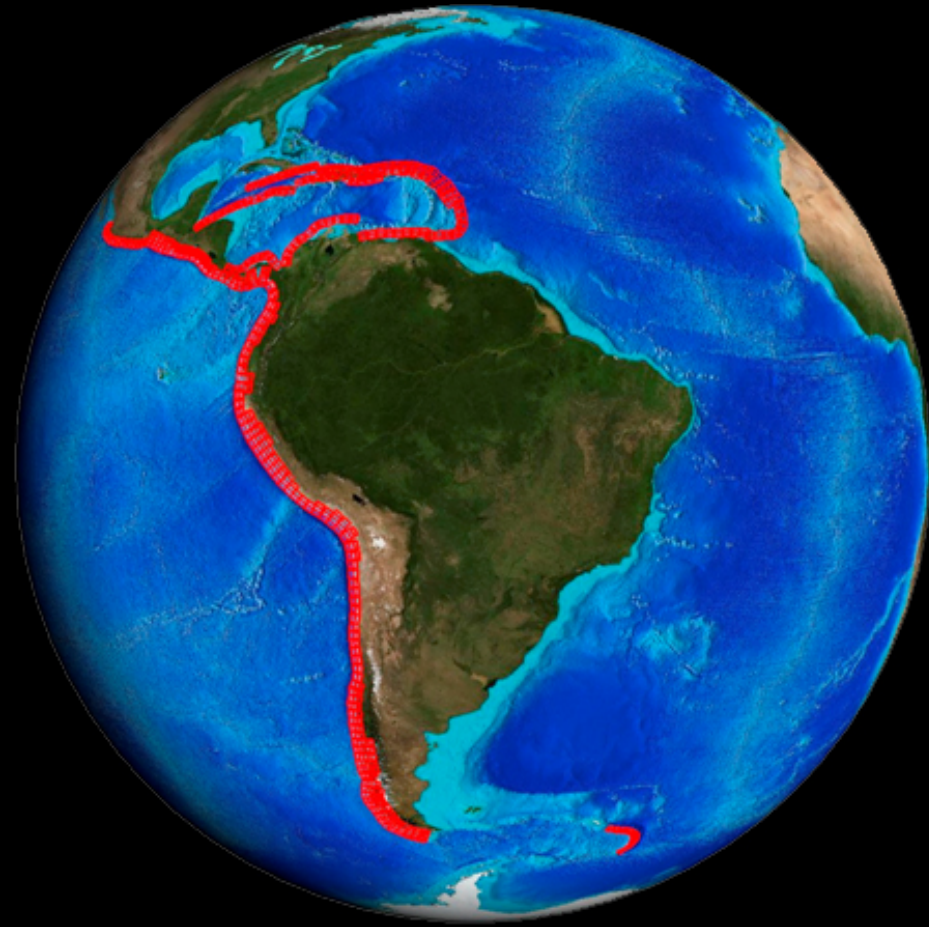
West Pacific



East Pacific



Indian Ocean



Atlantic Ocean



# Animación de un gran tsunami de origen sísmico





# Parte de tsunami para Ocean Shores y Long Beach, WA



# Comparaciones en Mareógrafos, Chile 2010

