



*VII Congreso Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación:
Bases para el desarrollo nacional*



Desarrollo de simulador numérico de inundación causada por tsunami de origen tectónico en la costa sur de Guatemala

Claudia Sophia Méndez Belloso



TSUNAMI

- Del japonés:
 - ‘tsu’ que significa “puerto o bahía”
 - ‘nami’ que significa “ola”

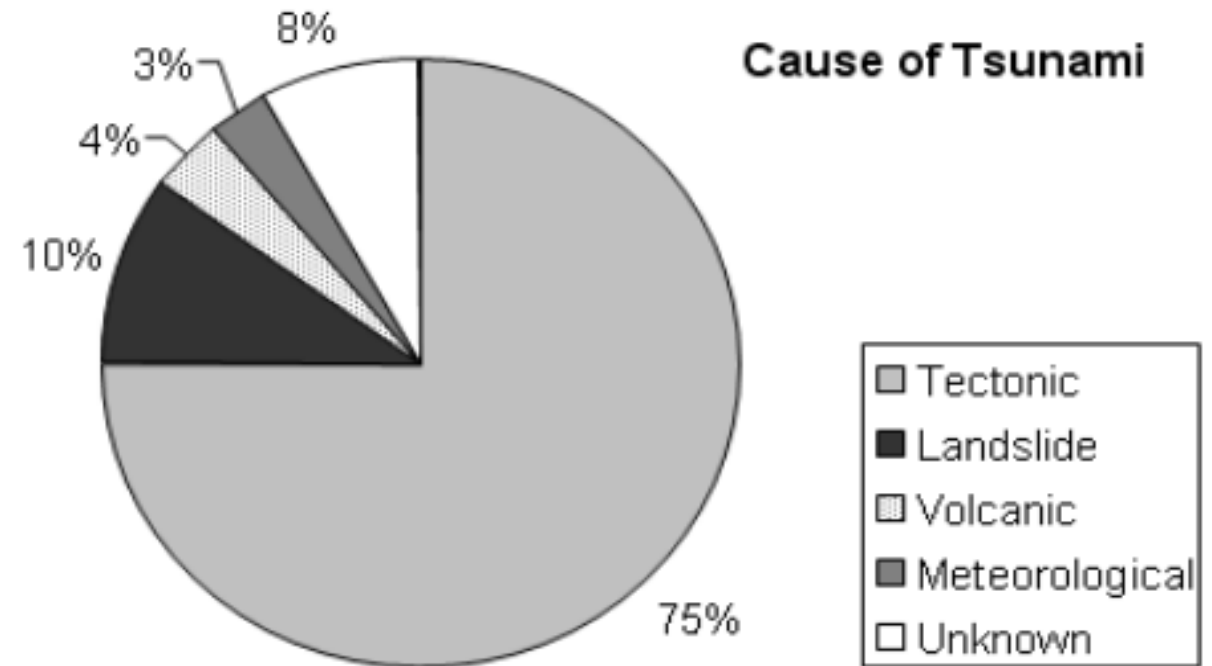
“Es una serie de olas causada por terremotos o erupciones volcánicas submarinas”

-NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

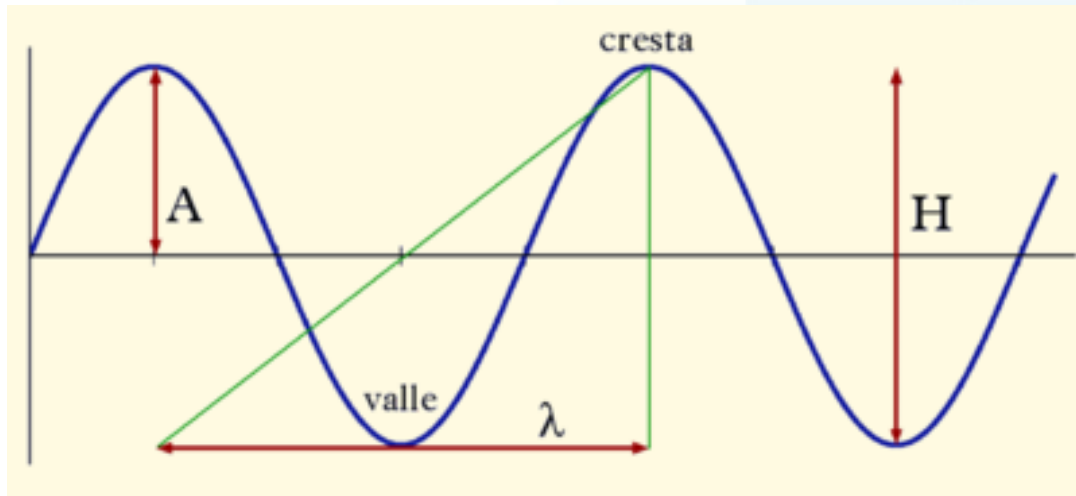


Mecanismos generadores

- 75% son de origen tectónico.
- La magnitud de un tsunami de origen sísmico se relaciona en menor proporción con la liberación de energía.
- La energía transferida a las olas de un tsunami es de orden 0.01 de la energía total liberada por un terremoto.



(Gusiakov, 2008)



Aguas someras

$$V = \sqrt{gd},$$

$d = \text{profundidad}$
 $g = \text{gravedad}$

Aguas profundas

$$V = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}},$$

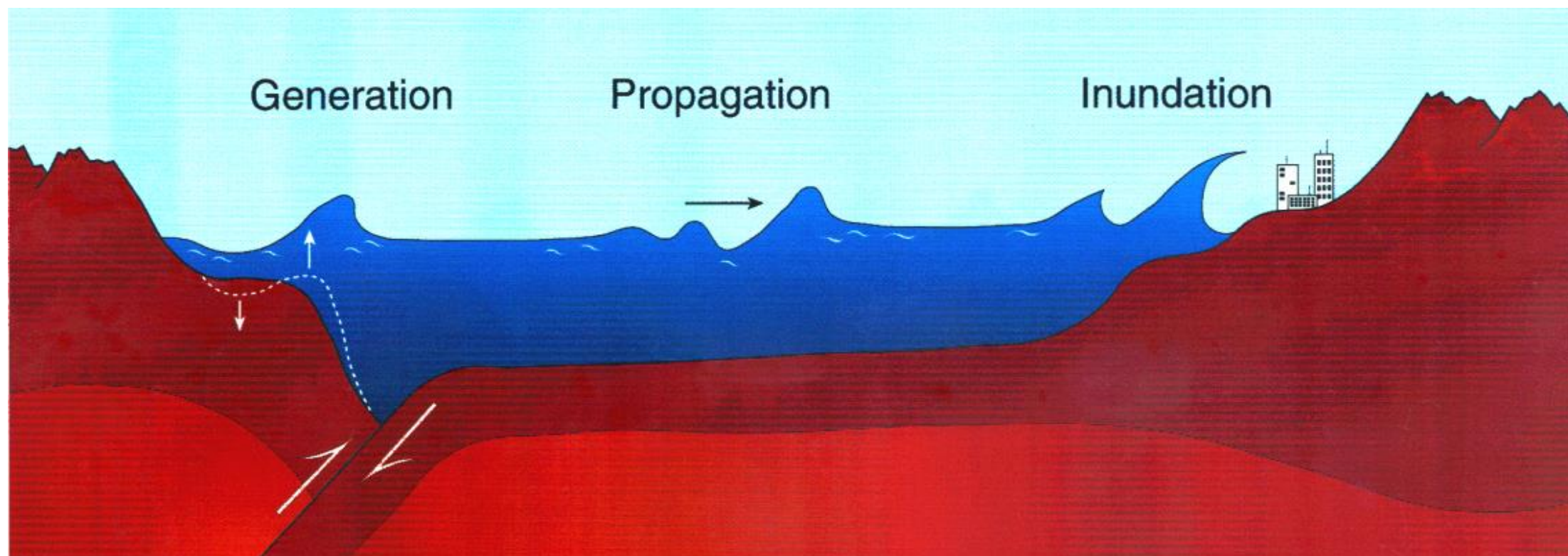
$\lambda = \text{longitud de onda}$
 $d = \text{profundidad}$
 $g = \text{gravedad}$

Características físicas

- Longitud de onda de sus olas
- Aguas profundas ($d > \lambda/2$) vs. Aguas someras ($d < \lambda/20$)
- Velocidad y altura de ola dependen de la batimetría y geomorfología de la zona.
 - Velocidad es directamente proporcional a la profundidad.
 - Altura de ola es inversamente proporcional a la profundidad.



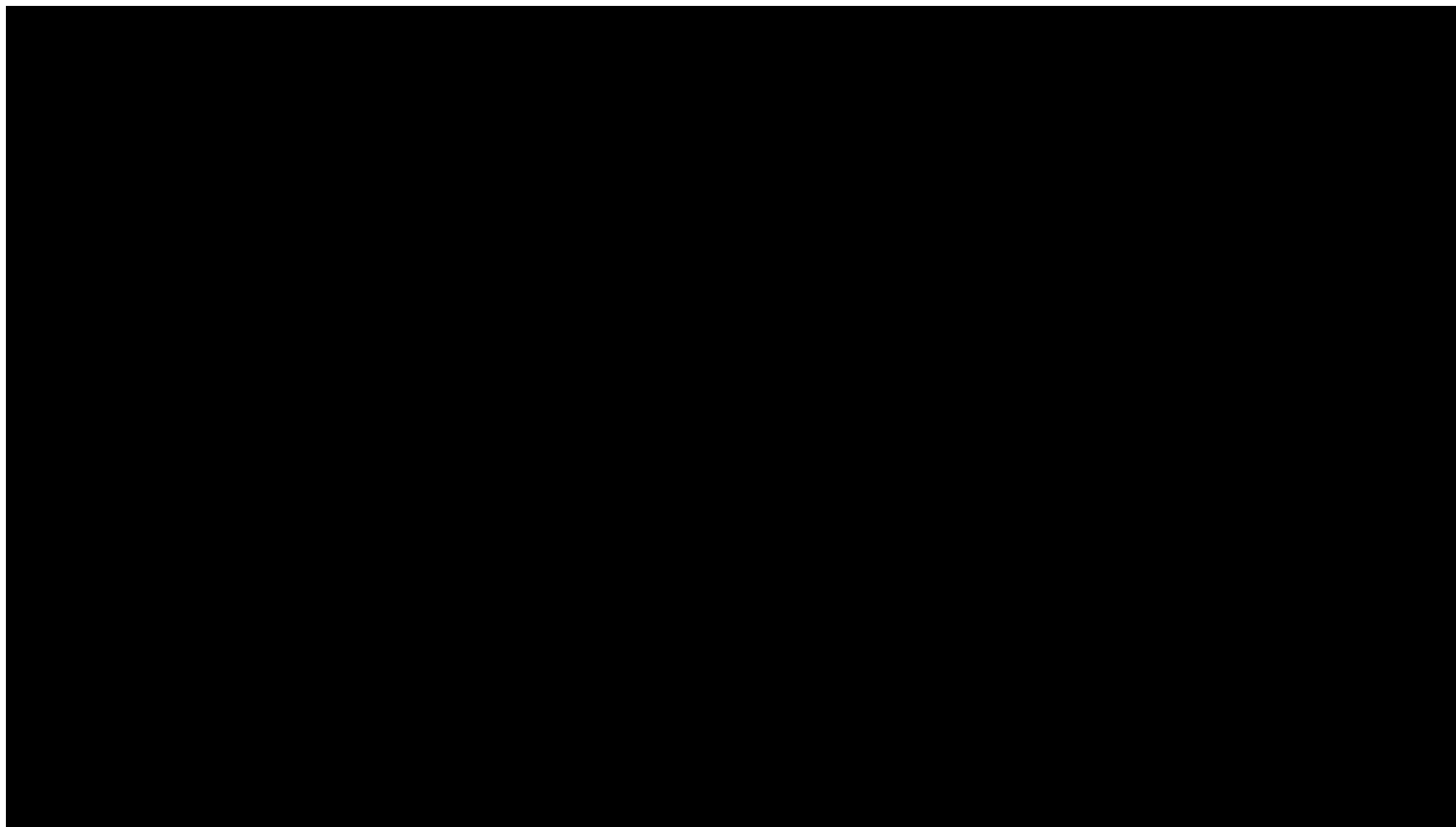
Fases de evolución de un tsunami



(Bernard. 2014)



¿Cómo se forma un tsunami?



<https://www.youtube.com/watch?v=SlwZzbGh7Cw>



Probabilidad de ocurrencia en el Pacífico

- Condiciones estructurales, topográficas y sísmicas.
- Sistema generador de tsunamis más activo del planeta.
- Cinturón de Fuego del Pacífico.

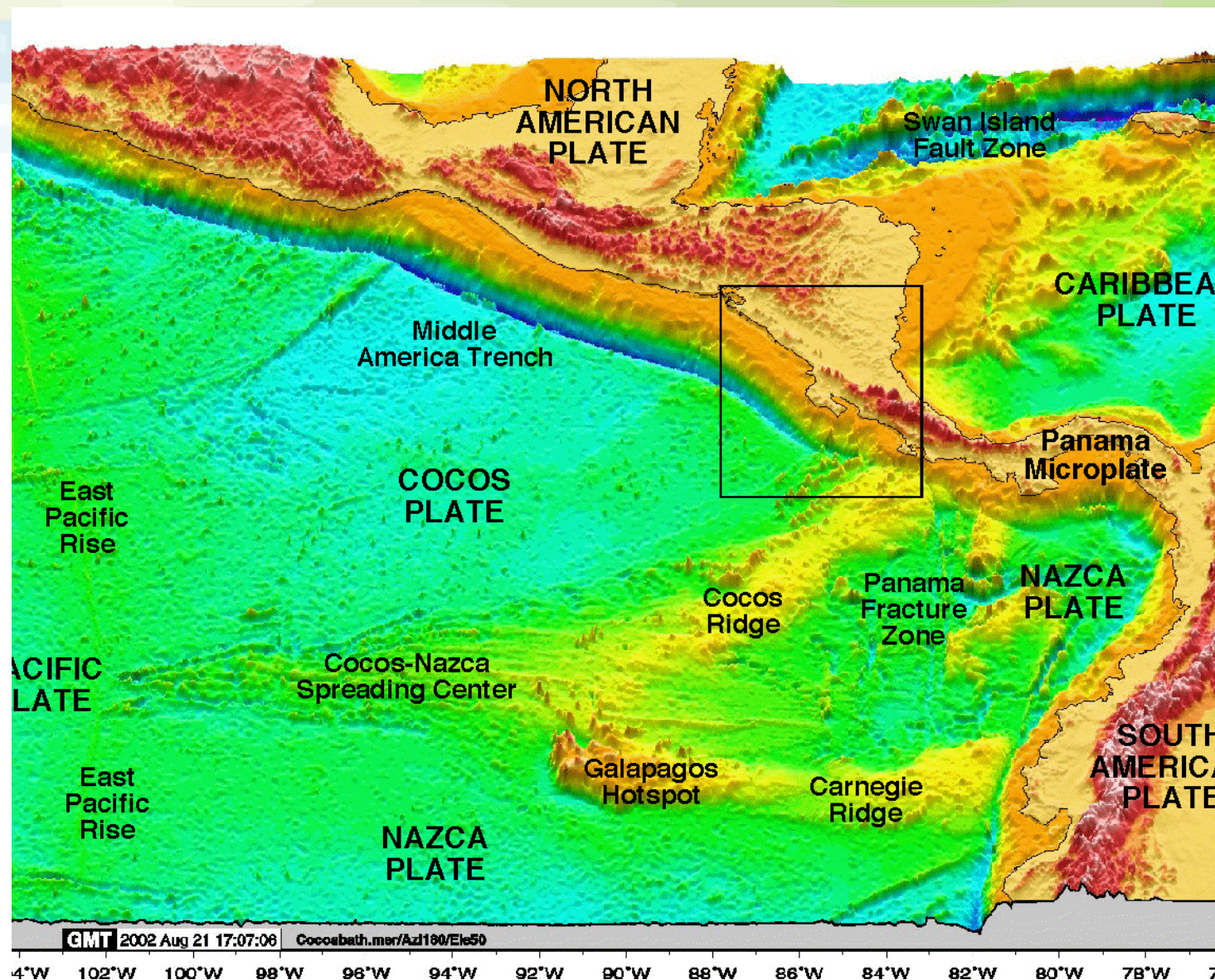


(Martínez et al., 2013)

En Centro América...

- Zona de subducción entre las placas de Cocos-Caribe
- Fosa Mesoamericana
- Sismos de magnitud > 7.0 grados Richter pueden provocar un tsunami.
- 32% de probabilidad de Guatemala a Nicaragua.
- 67% de probabilidad de Costa Rica a Panamá.

(Fernández et al., 2000)



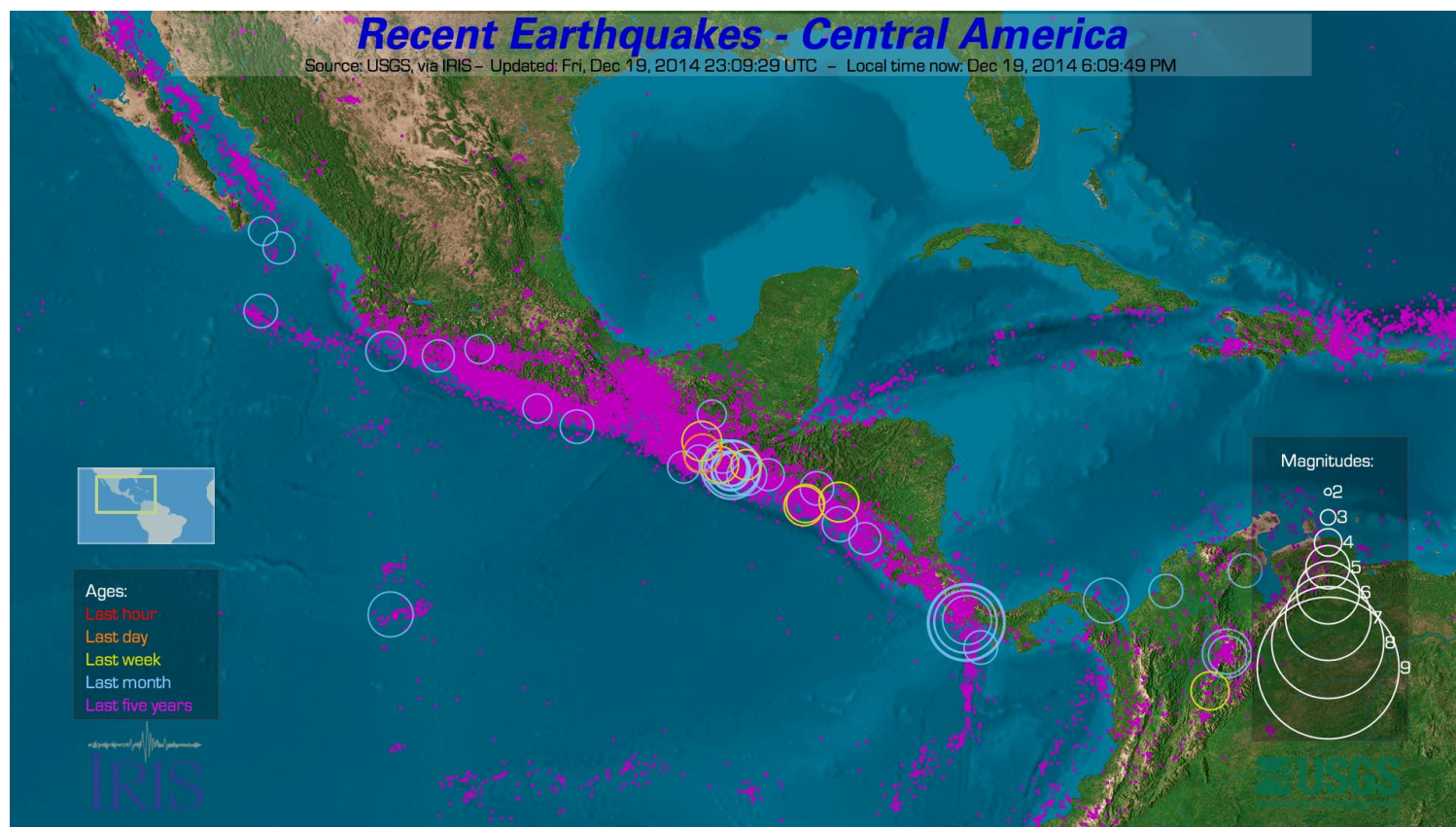
(Carleton College, 2008)



Sismos en Centro América

- Distantes (> 750 km)
- Regionales (100-750 km)
- Locales (< 100 km)

(Fernández et al., 2000)



(IRIS, 2014)



- 49 tsunamis registrados en Centro América de 1539-1996
 - 37 ocurrieron en el Pacífico, 12 en el Caribe
 - 43 sucedieron en el periodo de 1850-1996
 - Falta de población habitando el área cerca de la costa antes de 1850
- La mayoría de los eventos se generaron por la Zona de Subducción Cocos-Caribe
- 10 tsunamis locales significativos
 - 7 en el Pacífico, 3 en el Caribe

(Fernández et al., 2000)



Sistemas de Alerta Temprana (SAT) – Lista de Verificación

- **Principales elementos que conforman un SAT**
- Conocimiento de los riesgos
- Seguimiento técnico y servicio de alerta
- Difusión y comunicación de las alertas
- Capacidad de respuesta comunitaria
- Aspectos transversales
- **Actores principales**

(UNESCO, 2011)



Principales elementos que conforman un SAT

- Componente Sísmica
- **Componente Oceanográfica**
- Componente Gestión de Riesgo y Defensa Civil
- Componente Comunicaciones
- Componente Educación

(UNESCO, 2011)



Actores Principales

- Comunidades
- Autoridades locales
- Gobiernos nacionales
- Instituciones y organizaciones internacionales y regionales
- Organizaciones no gubernamentales
- Sector privado
- **Comunidad científica y académica**

(UNESCO, 2011)



Países en Centro y Sudamérica que tienen un SAT

Pacífico Sudeste

- ✓ Colombia
- ✓ Ecuador
- ✓ Perú
- ✓ Chile

Centro América

- ✓ Nicaragua es el único país que ha conformado y desarrollado un SAT a partir del tsunami de 1992
- ❖ Guatemala no cuenta con un SAT

(UNESCO, 2011)



Tsunami Nicaragua 1992

- Magnitud: 7.7
- Profundidad: 45km
- Epicentro: 11.742° N, 87.340°O fuera de la costa de Nicaragua
- Olas de 4 a 10 metros de altura.
- Murieron mas de 116 personas.
- No hubo ninguna alerta aunque el terremoto ocurrió 45 minutos antes de la llegada de la ola a la costa.
- Las olas penetraron hasta 1000 m. en Masachapa.



Proyectos Desarrollados

- TSUSY.
- Deslizamientos submarinos y tsunamis en el Mar de Alborán.
- Curso de simulación numérica de tsunamis, proyecto TIME, Chile.



Simulador numérico de inundación por tsunami

- Proyecto de código abierto
- Versión inicial
- Utiliza tecnologías *open source*
- Aplicación web
 - Portabilidad
- Puede ser adaptable a diferentes zonas de estudio
- Amigable con el usuario



(Google Maps, 2017)



Tecnologías Seleccionadas

- Google Maps JavaScript API v3.21
- JavaScript
- HTML5
- CSS3
- AngularJS framework
- Bootstrap framework





Ecuaciones de aguas someras

Ecuación de continuidad $\rightarrow$
$$V \frac{\partial y}{\partial x} + y \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0$$

Ecuación de momentum $\rightarrow$
$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_0 - S_f) = 0$$

Donde V es la velocidad media longitudinal y y es la profundidad

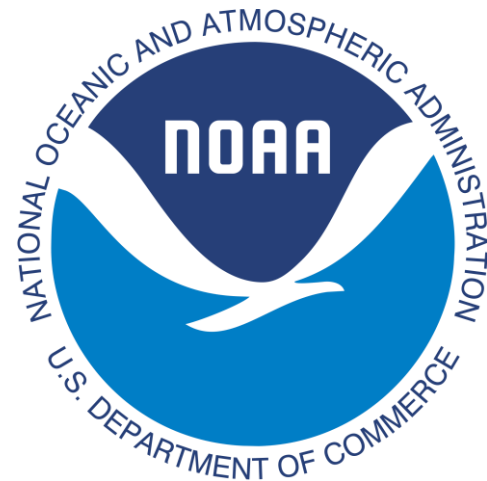
Simplificaciones:

- Onda dinámica
- Onda difusiva
- Onda cinemática



Extracción de datos batimétricos

- A través del API de Google Maps
- NOAA – NCEI (National Centers for Environmental Information)





Demostración



Camino a seguir para futuros proyectos

- Proyecto de código abierto → participación de toda la comunidad.
- Ampliación de las funcionalidades.
- Crear mapas cartográficos de estructuras para la costa sur de Guatemala.
- Contribución de la comunidad científica y académica para ofrecer herramientas técnicas y científicas que ayuden a desarrollar SATs.



Camino a seguir para futuros proyectos

- Analizar los riesgos de las amenazas naturales que enfrentan las comunidades.
- Desarrollar sistemas alerta temprana.
- Desarrollar planes de infraestructura resistente a amenazas naturales.
- Fomentar el intercambio de información de la comunidad científica/técnica a las poblaciones.
- Desarrollar una cultura de prevención en las organizaciones y comunidades.

MUCHAS GRACIAS

Sophia Méndez (sophiamendez@outlook.com)

