

TSUNAMIS

Geólogo Mario Fernández Arce
Tel: (506) 2280-1830 (PREVENTEC)
Tel: (506) 2511-6402 (GEOGRAFÍA)
mario.fernandezarce@ucr.ac.cr

EL TÉRMINO TSUNAMI ES UNA PALABRA JAPONESA CON DOS RAÍCES: TSU, QUE SIGNIFICA PUERTO Y NAMI QUE SIGNIFICA OLA. DE MANERA QUE TSUNAMI SIGNIFICA LITERALMENTE OLA DE PUERTO.

Tsunami = Maremoto

TSUNAMI

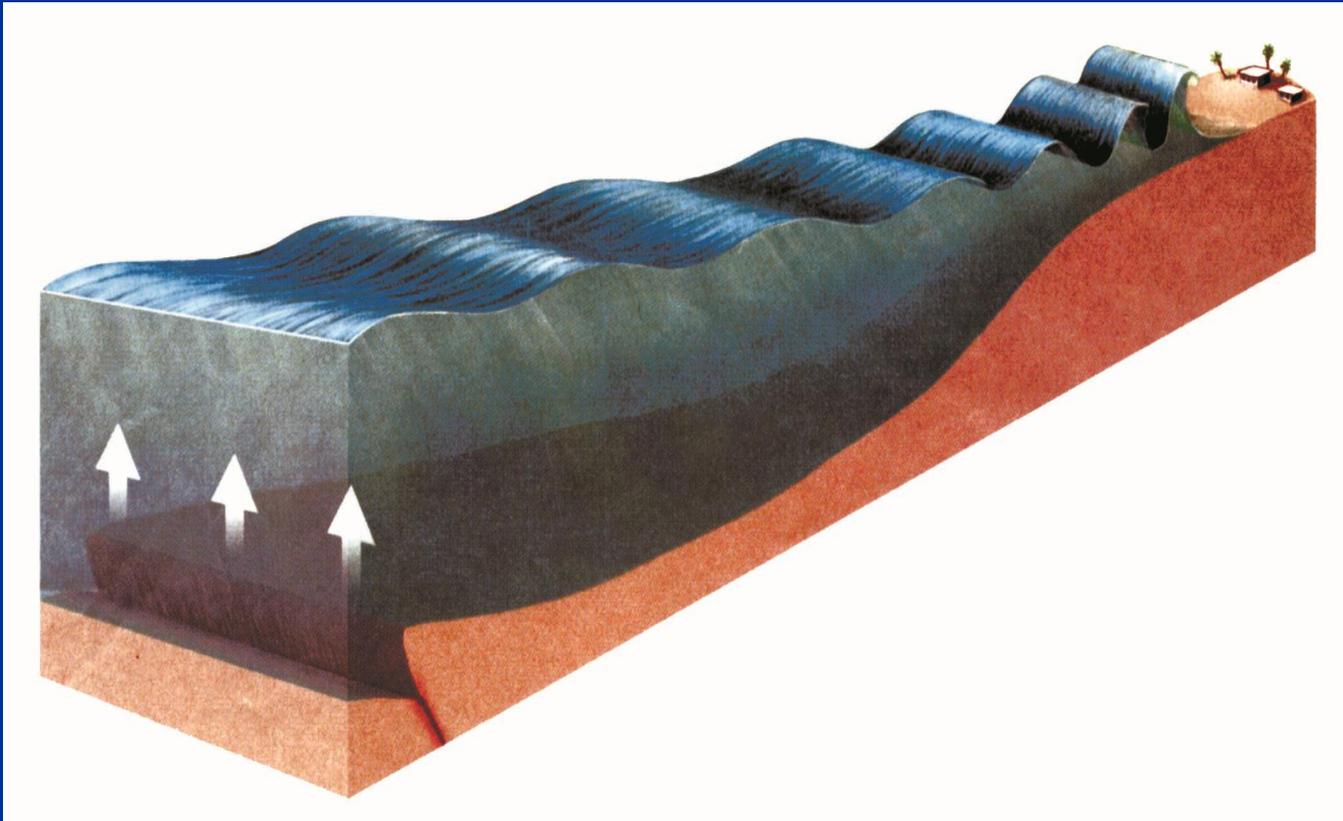
津 (TSU)

波 (NAMI)

ORIGEN DEL TÉRMINO TSUNAMI

Aparentemente el término fue acuñado por pescadores japoneses quienes al regresar a tierra, encontraron el área alrededor de sus puertos devastadas sin que hubieran visto una gran ola en mar abierto. Por lo anterior, ellos pensaron que eran olas cercanas a los puertos las causantes de las catástrofes y le llamaron “tsunamis”, término que significa OLAS DE PUERTO. El equivalente de tsunami en Español es maremoto, pero este término no es adecuado porque parece referirse a un terremoto que ocurre en el mar.

UN TSUNAMI ES UN TREN O SERIE DE ONDAS DE AGUA (A LAS QUE CON MUCHA FRECUENCIA SE LES LLAMA OLAS) GENERADOS EN UN CUERPO DE AGUA POR UNA PERTURBACIÓN REPENTINA QUE DESESTABILIZA Y DESPLAZA LA COLUMNA DE AGUA. EN LA SIGUIENTE FIGURA SE ILUSTRALO INDICADO ANTERIORMENTE. EN DICHA FIGURA, LA PERTURBACIÓN FUE EL LEVANTAMIENTO DEL FONDO OCEÁNICO (FLECHAS BLANCAS HACIA ARRIBA) POR LA ACTIVACIÓN DE UNA FALLA GEOLÓGICA. TOMADA DE GONZÁLEZ (1999).



CAUSAS DE LOS TSUNAMIS

sismo



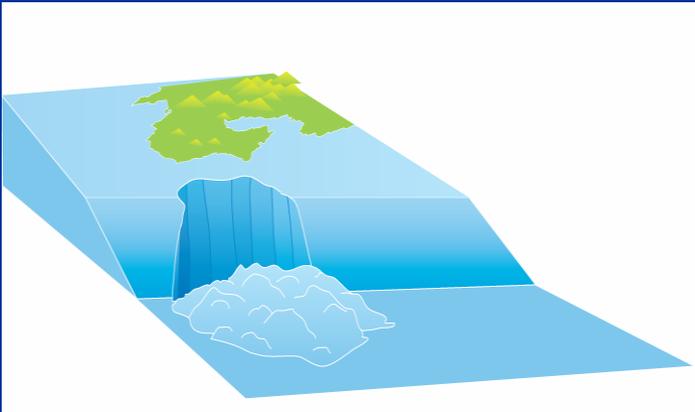
<http://www.interperiodismodigital.org/profiles/blog/list?tag=en>

erupción submarina



http://www.mundodescargas.com/curiosidades/2009/03/imagenes_espectaculares_de_erupcion_volcanica_submarina/index_2.htm

deslizamiento submarino



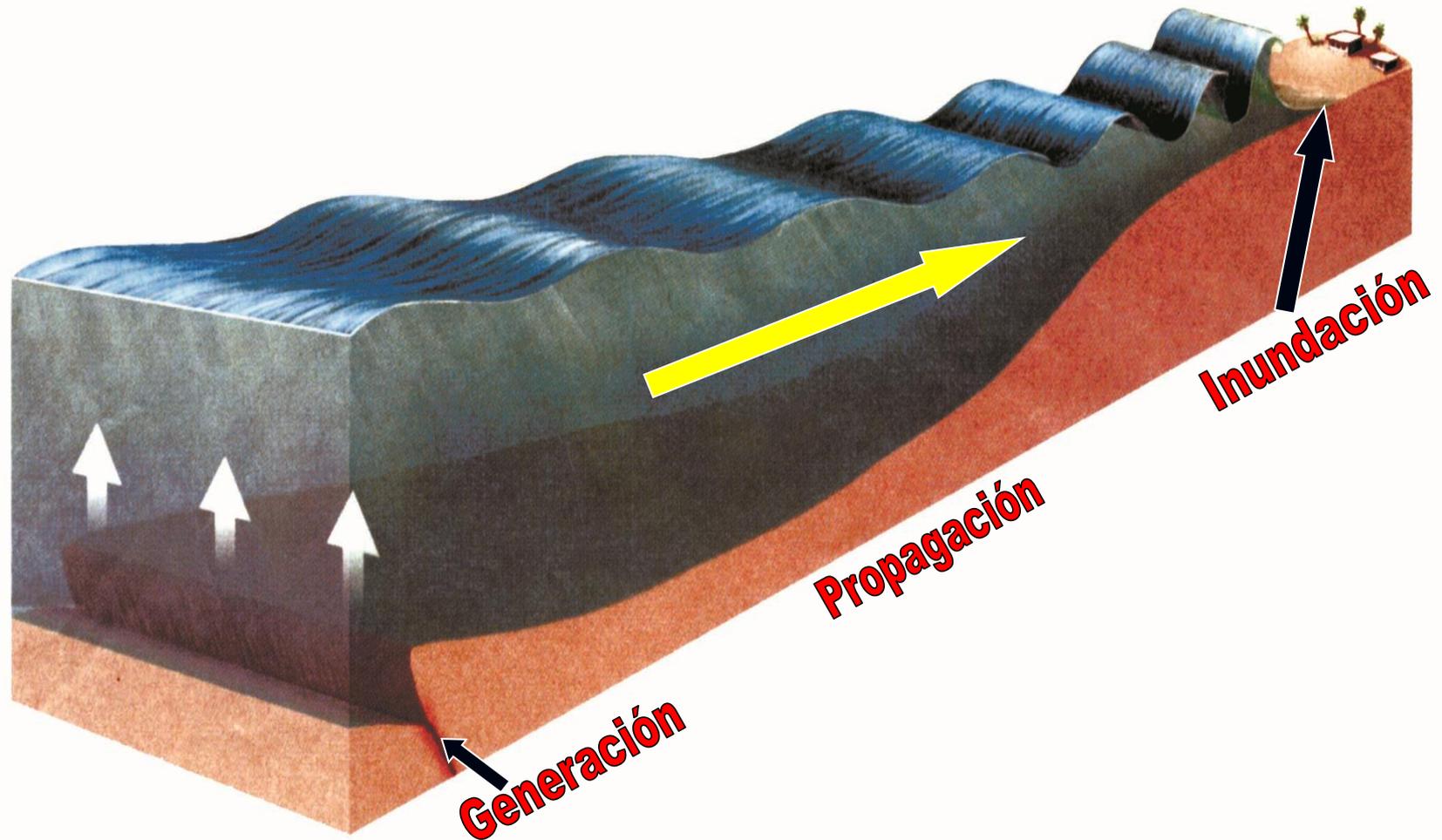
caída de meteorito



<http://morato1a.blogspot.com/2010/10/estudio-de-meteoritos.html>

Las causas de los tsunamis son los sismos, las erupciones volcánicas, los deslizamientos y la caída de meteoritos. Los tres primeros alteran el fondo de los mares u océanos y el cuarto, la superficie. Generalmente, los sismos, las erupciones volcánicas y los deslizamientos que producen tsunamis son submarinos, o sea, ocurren bajo el agua. Pero también se ha observado que estos procesos han llegado a provocar tsunamis aun ocurriendo muy cerca de la costa y hasta en tierra firme. La principal causa de tsunamis es los temblores submarinos.

Etapas de un Tsunami



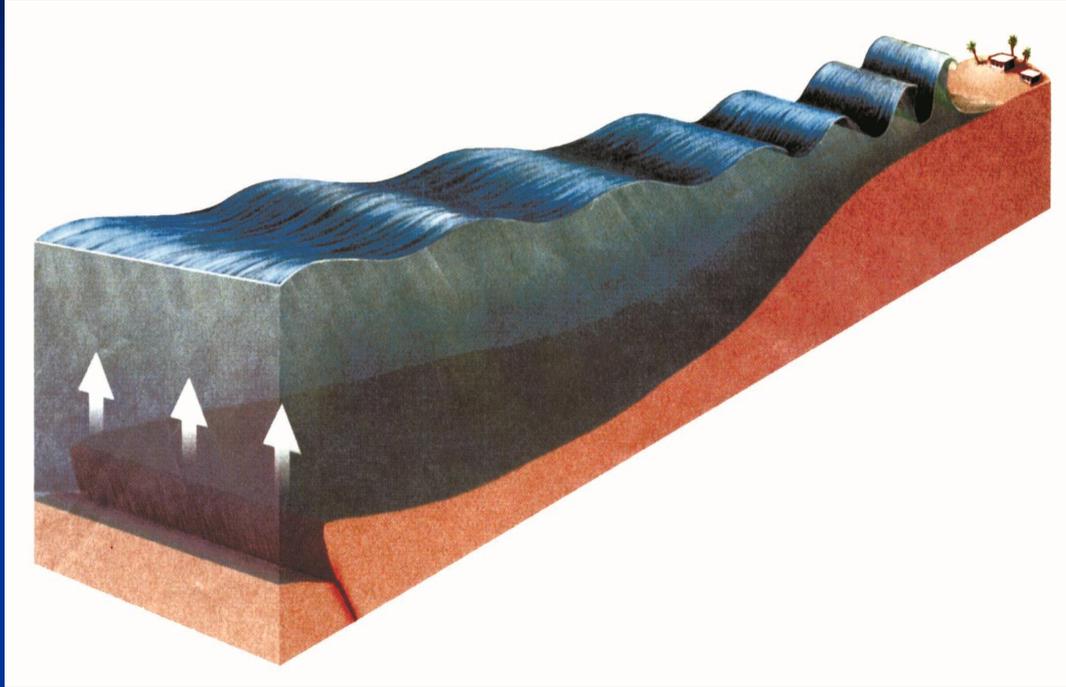
ETAPAS

El tsunami tiene tres etapas: generación, propagación e inundación. La zona de generación es aquella donde ocurre la perturbación, suele estar en mar abierto, aunque se ha podido comprobar que temblores con epicentro en tierra firme también han llegado a generar tsunamis. En la zona de generación, mar abierto y aguas profundas, el tsunami no suele ser peligroso porque su altura allí es de apenas unos pocos centímetros. Eso sí, allí son sumamente veloces, alcanzando una velocidad superior a los 900 km/h.

La zona de propagación es aquella comprendida entre la zona de generación y la costa. En esta zona el tsunami pierde velocidad por fricción con el fondo. Pero gana altura porque al disminuir la profundidad del agua el mismo volumen de agua debe caber en un espacio más reducido por lo que las ondas deben buscar hacia arriba para compensar la falta de espacio. Otra razón para ganar altura es que las ondas se superponen cuando las que van adelante son frenadas. Algunos tsunamis conocidos han llegado a 35 mts. de altura.

La zona de inundación es la costa misma. El daño allí dependerá de la altura de las ondas y del relieve costero, o sea, cuanto más plana sea la costa y más alta a onda, mayor será el impacto en la costa. Se conocen inundaciones horizontales del orden de 7 km.

RAPIDEZ



La rapidez de un tsunami depende de la profundidad del agua por lo que en aguas profundas pueden viajar a velocidades cercanas a los 900 km/h, que es la velocidad a la que viajan los aviones comerciales. Conforme se acercan a la costa pierden velocidad por disminución de la profundidad y por fricción con el fondo y sus irregularidades, llegando a la costa con una rapidez de 40 km/h o menos.

LA RAPIDEZ DE SE TSUNAMI SE EXPRESA MATEMATICAMENTE DE LA SIGUIENTE MANERA

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

Donde g es la aceleración de la gravedad ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$) y h la profundidad del agua. Entonces, la rapidez de un tsunami es la raíz cuadrada del valor resultante de multiplicar la aceleración de la gravedad por la profundidad del agua. En la siguiente tabla se presentan cálculos para algunas profundidades

Profundidad (metros)	Rapidez (km/h)
1	11
10	36
100	113
1000	357
10000	1128

TSUNAMI INDONESIA DEL 2004

El 26 de diciembre del 2004 ocurrió un terremoto de 9,1 grados frente a la costa de Sumatra, Indonesia, que generó un poderoso y destructivo tsunami. Su fuente fue tan grande que lo hizo propagarse por miles de kilómetros, afectando muchas localidades costeras y dejando un saldo cercano a los 300.000 muertos. El desplazamiento y la distancia recorrida entre la zona de origen y Sri Lanka y la India fue 1.700 km. aproximadamente. Para cubrir esa distancia el tsunami tardó aproximadamente dos horas. Aplicando la fórmula $v = d/t$ este evento se propagó en promedio a 850 km/h por el Océano Indico. En la India y Sri Lanka murieron miles que tuvieron tiempo de sobra para ponerse a salvo; dos horas es mucho tiempo como para ser sorprendidos por un tsunami pero fueron sorprendidos y murieron. La falta fue el desconocimiento y subestimación de la amenaza en el Indico, la falta de educación y la falta de sistemas de alerta.

Pese a que estudios previos habían demostrado la existencia de Tsunamis devastadores en dicho océano, la población recibió poca o ninguna información al respecto, por lo que no había sido preparado para enfrentar el fenómeno. Con un poco de preparación y educación al respecto, el número de muertos por esta catástrofe habría sido mucho menor.

ALTURA

EN GENERAL: 0 – 40 METROS



CORTESIA LUIS PEDRO ROJO

De acuerdo con los tsunamis conocidos de los últimos años, la altura de este fenómeno varía entre unos pocos cm hasta más de 30 o 40 metros. Por lo anterior se indica que, en términos generales, la altura de los tsunamis es variable entre los 0 y 40 metros. Se estima que deslizamientos de grandes masas de materiales en o cerca de los fondos oceánicos podrían haber causado tsunamis de mayor altura en tiempos prehistóricos. De igual manera, se cree que la caída de meteoritos puede provocar ondas de agua de altura superior a los 40 metros.

En mar abierto, la altura de un tsunami es muy pequeña por lo que allí no son peligrosos. Pero conforme se acercan a la costa ganan altura y se convierten en un gran peligro para los residentes costeros y turistas. Basta unos pocos metros para que las olas de un tsunami sean muy destructivas.

En la siguiente diapositiva se muestran alturas máximas de tsunamis conocidos.

TSUNAMI	AÑO	ALTURA (METROS)
LITUYA BAY, ALASKA	1958	524 (Fritz et al., 2001)
NICARAGUA	1992	9,5 (Gonzalez, 1999)
OKUSHIRI, JAPÓN	1993	31 (Gonzalez, 1999)
SUMATRA, INDONESIA	2004	35 (Tsuji et al., 2005)
HONSHU, JAPÓN	2011	38 (Kyodo News, 2011)

EFECTOS: PERDIDA DE VIDAS



Jiji Press / AFP / Getty Images

Lost

Coffins lie on the floor of a hall in Rifu, March 18, 2011.

[Japan: Major Tsunami Damage After 8.9 Quake](#)

5

EFECTOS: DESTRUCCION DE CIUDADES



Noboru Hashimoto / AFP / Getty Images
Miyagi Prefecture

On March 14, 2011, three days after the massive earthquake and tsunami struck Japan, the city of Sendai was in ruins.

EFECTOS: INUNDACION DE ZONAS COSTERAS



Reuters

Horrible Mess

Fires burn among houses washed away by the tsunami.

[Japan: Major Tsunami Damage After 8.9 Quake](#)

EFECTOS: ACUMULACION DE DESECHOS EN ZONAS COSTERAS



Mike Clarke / AFP / Getty Images

Wasteland

Debris covers a large area in Natori, near Sendai.

[Japan: Major Tsunami Damage After 8.9 Quake](#)

EFFECTOS: ELIMINACION DE COBERTURA VEGETAL



Cortesía de Pedro Rojo

EFEKTOS! EROSION COSTERA

Indonesia - Banda Aceh Subset 1

1 : 5000

IKONOS - January 10, 2003 - PRE-DISASTER IMAGE

IKONOS - December 29, 2004 - POST-DISASTER IMAGE

Center for Satellite based Crisis Information
Emergency Mapping & Disaster Monitoring

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Establishment DLR

Interpretation

The map shows a part of the northwestern coastline of Banda Aceh on the island of Sumatra (Indonesia) before and after the devastating Tsunami flood waves, which struck many countries in the Indian Ocean on December 26, 2004. The IKONOS images were taken on January 10, 2003 and December 29, 2004, respectively. The flood wave has washed away almost the entire left, which was densely populated, and big parts of the fields used for agriculture. Banda Aceh is one of the cities, which was most severely damaged.

Scale
0 100 200 300 400 500m

1 : 5000

Projection: UTM Zone 48 N
Spheroid: WGS84
Datum: WGS 84

Date Source
IKONOS imagery provided through
Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing (CRISP)

SPACE IMAGING
Fast Information. Fast Results.

Map created December 30, 2004 by ZWS@DLR.DE



EFECTOS: DAÑO A BARCOS



Yomiuri / Reuters

Stranded

Damaged ships sit in shallow water in Kesenuma.

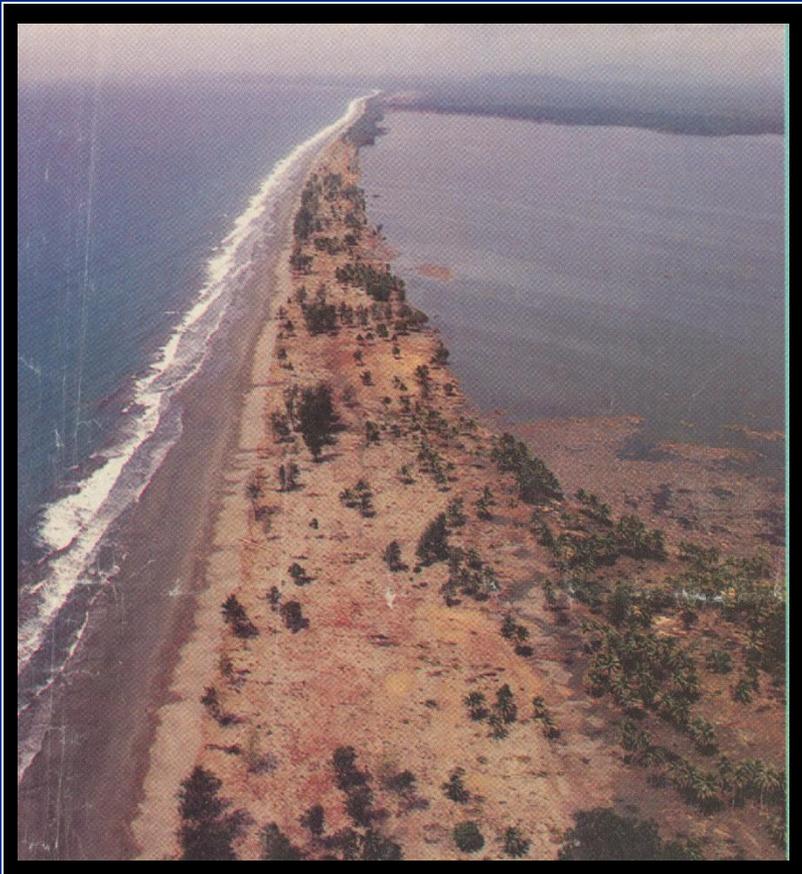
[Japan: Major Tsunami Damage After 8.9 Quake](#)

Importancia de la preparación: los tsunamis de Nueva Guinea de 1998 y de Vanuatu en 1999. En 1998 Nueva Guinea fue afectada por un tsunami que mató más de 2000 personas y menos de un año después, el 1999, otro tsunami afectó a las Islas Vanuatu pero solamente 5 personas perecieron a causa de ese tsunami. En la siguiente imagen se muestra la ubicación de Nueva Guinea y las Islas Vanuatu. Note que Nueva Guinea está al norte de Australia y las Islas Vanuatu al este del continente australiano. Ambos países pertenecen al Pacífico Sur. Según la figura, ambos países están relativamente cerca.



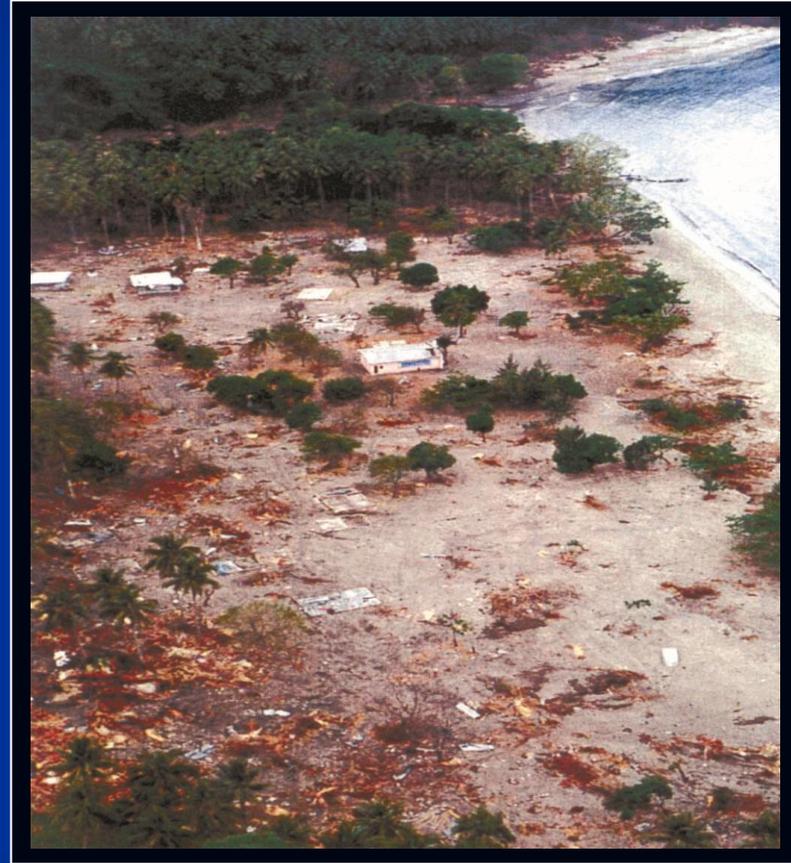
IMAGEN DE GOOGLE EARTH

Nueva Guinea 1998



Gonzalez, 1999

Vanuatu 1999



Caminade et al., 2000

NUEVA GUINEA Y VANUATU

En 1998 un destructivo Tsunami atacó a Nueva Guinea, Pacífico Sur, matando más de 2000 personas. Tal evento no dejó una sola casa en pie en las localidades de Sissano, Arop y Warapu ubicadas sobre la barra de arena Sisano (figura anterior). Note la similitud de tal barra de arena con Puntarenas, que es también una barra de arena. El Tsunami prácticamente arrasó con todo y solamente algunos árboles resistieron el embate de las ondas de agua.

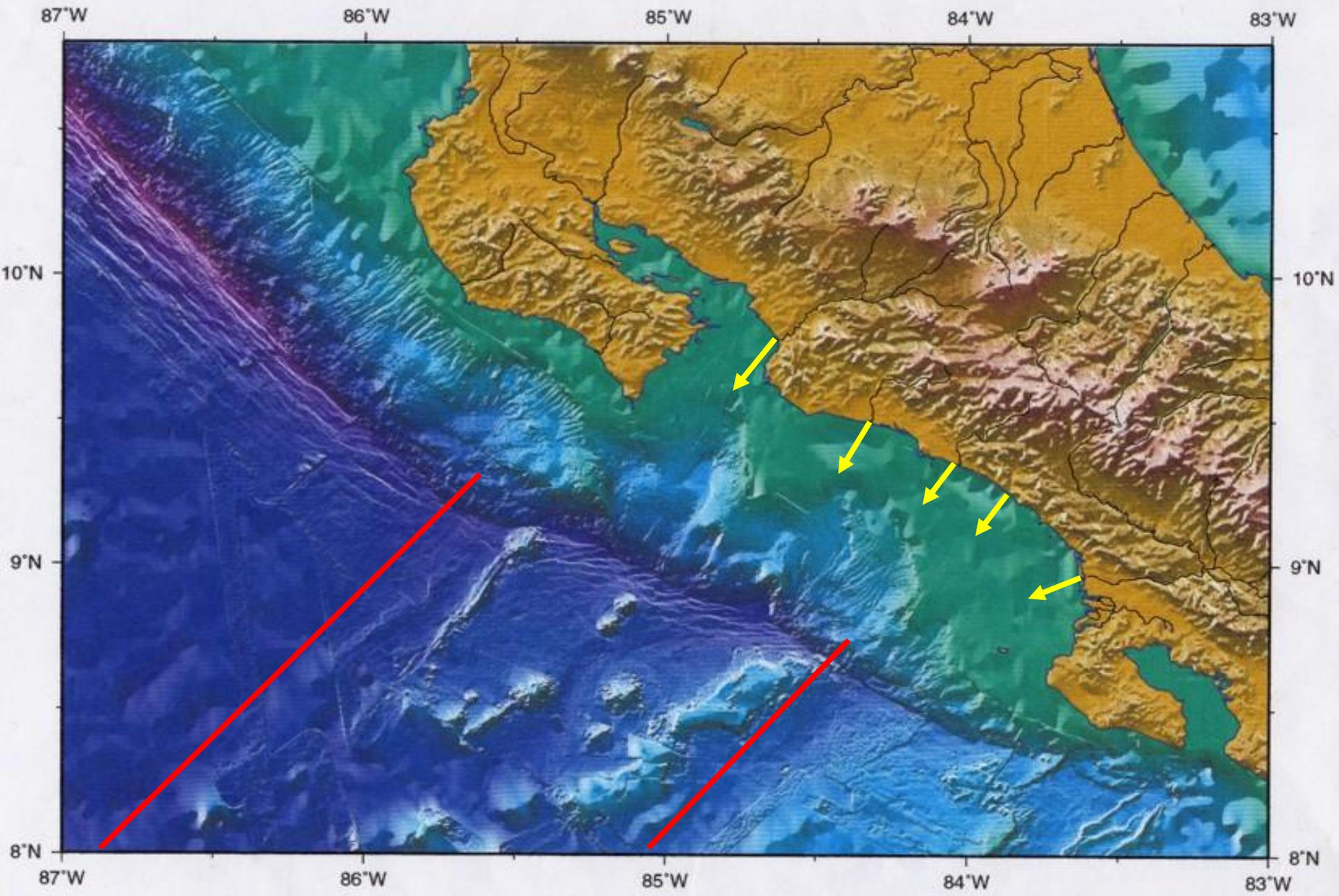
Menos de un año después ocurrió otro Tsunami en las Islas Vanuatu, muy cerca de Nueva Guinea. Pero pese al poder destructivo de este evento, solamente 5 personas murieron a raíz del mismo. ¿Por qué tanta diferencia en el número de muertes entre el Tsunami de Nueva Guinea y el de Vanuatu si el nivel de destrucción fue grande en ambos? La educación y una fiesta explican la diferencia. Unos meses antes del Tsunami de Vanuatu los vecinos de la localidad de Baie Martelli habían visto un video sobre el Tsunami de Nueva Guinea y en él aprendieron que si sentían un fuerte temblor en una zona costera tenían que observar el nivel del mar y si notaban cambios bruscos, debían ir hacia las zonas altas o alejarse de la costa. Se había casado una pareja y estaban aún en la fiesta, de noche, cuando sintieron el temblor; inmediatamente ordenaron a una persona ir a ver el nivel del mar. La persona fue y observó que el mar se había retirado. De prisa regresó donde estaba el resto de la gente y les comunicó el cambio observado. Acto seguido todos huyeron hacia las partes altas y salvaron sus vidas. Los 5 que perecieron fueron un borracho, personas muy ancianas, con poca capacidad de movimiento y algunos que regresaron para tratar de salvar pertenencias materiales.

TSUNAMI	AÑO	MÁXIMA INUNDACIÓN HORIZONTAL (KM)
NICARAGUA	1992	1 (USGS, 2011)
SUMATRA, INDONESIA	2004	4 (Borrero, 2005)
HONSHU, JAPON	2011	10 (Buerk, 2011)

Escala de grados de tsunami según Wiegel (1970) basada Inamura (1949) e Iida (1963)

Grado tsunami m	Altura de la ola H (metros)	Cota máxima de inundación R (metros)	Descripción de los daños
0	1 - 2	1 - 1.5	No produce daños.
1	2 - 5	2 - 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 - 10	4 - 6	Hombres, barcos y casas son barridos.
3	10 - 20	8 - 12	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa.
4	> 30	16 - 24	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera

AMENAZA POR TSUNAMIS PARA COSTA RICA



La Fosa Mesoamericana frente a Costa Rica, indicada en la figura anterior por el trazo lineal en forma de camino o zanja sobre el fondo oceánico, es el límite entre las placas tectónicas del Coco y Caribe. A partir de allí la placa del Coco empieza a introducirse (subducirse) bajo la placa Caribe. Este límite está aproximadamente a 83 km al suroeste de Quepos, a 58 km de Cabo Blanco en la misma dirección y como se aprecia en la figura, pasa por la entrada del Golfo Dulce. La subducción va de más a menos profundidad de la Península de Nicoya a la de Osa pero a todo lo largo de ella genera temblores submarinos con potencial para generar tsunamis. Frente al Pacífico Central hay un cinturón de montes marinos, delimitado por las líneas de color rojo, que está siendo subducido bajo la placa Caribe, generando mucha sismicidad e incremento de las pendientes submarinas, lo cual aumenta la posibilidad de deslizamientos submarinos que generen tsunamis. Las flechas de color amarillo indican que los ríos depositan sedimento en el océano Pacífico. Cortesía de GEOMAR (Cesar Ranero), Alemania. NOTA: EN EL CARIBE TAMBIÉN OCURREN TEMBLORES SUBMARINOS CON POTENCIAL PARA GENERAR TSUNAMIS.

PREPARACION

DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO:

A DOCENTES

EN ESCUELAS



ROTULACION DE PLAYAS



Para prepararse ante los tsunamis primero hay que saber de ellos, sus causas, características y efectos. Luego, hay que reconocer los sitios más seguros en caso de huir de un tsunami y rotular las playas indicando el peligro de tsunami en caso de temblor fuerte y las rutas de evacuación para llegar más rápido a los sitios seguros.

ALERTA CONTRA TSUNAMIS

PARA TSUNAMIS REGIONALES O LEJANOS

Son aquellos generados a más de 100 km de distancia del país. Responder ante estos tsunamis no suele ser problema porque generalmente hay suficiente tiempo para responder adecuadamente ante ellos. En caso de tsunami regional o distante, el Sistema de Alerta de Tsunami del Pacífico, con sede en Hawaii, emite la alerta hacia todos los países miembros y cada país actúa según los lineamientos de su plataforma para gestión de riesgos.

PARA TSUNAMIS LOCALES

Son aquellos que ocurren en las costas del país. El tiempo de llegada de estos tsunamis a la costa es muy corto por lo que ni el Sistema del Pacífico ni los sistemas Locales instrumentales suelen ser efectivos para proteger a la población del evento. Lo mejor para responder adecuadamente en estos casos es la educación, la preparación, es atender la alerta natural que es el temblor y observar el nivel del mar después del temblor. Las siguientes reglas son muy útiles:

- 1 – Aléjese de la playa después de un gran temblor y no regrese hasta que se haya descartado la posibilidad de que el temblor haya generado un tsunami.
- 2 – Si el mar se retiró después del temblor, aléjese de la costa y trate de buscar sitios altos porque el retiro del mar indica que un tsunami está por llegar.

SISTEMAS DE ALERTA

Los países desarrollados, cuyas costas son afectadas por tsunamis desde hace muchos años, han tomado medidas para proteger a sus habitantes del ataque de un tsunami. Por su solvencia económica son capaces de instalar detectores de tsunamis en el fondo del océano, llevar esa señal a una boya y desde allí mandarla a las comunidades vía satélite. Pero nosotros no podemos siquiera pensar en esa posibilidad, aunque nos regalaran todo el equipo seríamos incapaces de darle mantenimiento. Por tanto, debemos recurrir al sistema más viejo, más barato y más eficaz para alertar a la población: educación y rotulación de las playas, lo que, dicho sea de paso, hacen también los países desarrollados. Los rótulos deben advertir a los residentes costeros y turistas que en caso de temblor muy fuerte debe alejarse de la playa y buscar sitios altos. También, deben señalar las rutas por donde la gente puede salir más fácil y rápidamente.

RETIRO DEL OCEANO

En ocasiones hay signos que anuncian la llegada de un tsunami. Uno de estos signos es el cambio brusco del nivel del mar después de un gran temblor en zonas costeras. Después del Terremoto de Indonesia del 2004, el mar se retiró más 300 metros al algunas partes. Si a una persona le toca ver esto, debe alejarse inmediatamente de la playa y buscar sitios altos, nunca debe ir mar adentro a caminar por el fondo expuesto buscando peces y una respuesta a lo que pasó. Por desdicha, muchas personas han hecho eso durante décadas y lo siguen haciendo y lo seguirán haciendo, si no se les enseña el peligro a que se exponen en esos momentos. Por eso se debe diseminar el conocimiento de los tsunamis por todo el país.

RECOMENDACIONES

- 1. Ante una alerta contra tsunami, aléjese de la costa y busque sitios altos.**
- 2. Si tiembla fuerte, aléjese de la playa por precaución (alerta natural).**
- 3. Si el mar se retira, aléjese de la costa.**
- 4. Trate de salvar su vida, no sus bienes.**
- 5. Diríjase a un lugar alto y permanezca allí.**
- 6. Trate de subir a un objeto que flote, si fue alcanzado por el tsunami.**
- 7. Si está en altamar, no regrese a puerto hasta que haya pasado el peligro.**
- 8. Defina rutas de evacuación y sitios de reunión previamente.**
- 9. Colabore con las autoridades que atienden la emergencia.**

Borrero, J., 2005: Field survey northern Sumatra and Banda Aceh, Indonesia and after the Tsunami and Earthquake of 26 December 2004. Preliminary report prepared for Earthquake Engineering Research Institute. Disponible en: http://www.eeri.org/lfe/clearinghouse/sumatra_tsunami/reports/EERI_report_indonesia_jcb_2-11-05.pdf.

Buerk, R. (11 March 2011). Japan Earthquake: Tsunami hits north - east <http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-pacific-12709598>

Caminade, J.-P., Charlie, D., Kanoglu, U., Koshimura, S.-I., Matsutomi, H., Moore, A., Ruscher, C., Synolakis, C., and Takahashi, T., 2000. Vanuatu earthquake and tsunami cause much damage, few casualties. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 81, 641: 646–647.

Fritz, H., Hager, W., Minor, H., 2001: Lituya Bay Case: Rockslide Impact and Wave Run-Up, *Science of Tsunami Hazards*, V. 19, N. 1.

Gonzalez, F. (1999). "Tsunami." *Scientific American*, 280, 56-65.

Kyoto News, 2011: 38-meter-high tsunami triggered by March 11 quake: survey <http://english.kyodonews.jp/news/2011/04/82888.html>

Stein, S., Okal, E., 2005: Speed and size of the Sumatra earthquake, *Nature*, 434

Tsuji, Y., Matsutomi, H., Tanokia, Y., Nichimura, Y., Sakakiyama, T., Kamataki, T., Murakami, Y., Moore, A., Gelfenbanm, G., 2005: Distribution of the Tsunami Heights of the 2004 Sumatera Tsunami in Banda Aceh measured by the Tsunami Survey Team (The Head: Dr. Tsuji), Inédito, disponible en: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/namegaya/sumatera/surveylog/eindex.htm>

United States Geological Survey (USGS), 2011: Significant Earthquakes of the World in 1992, http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/significant/sig_1992.php

PREVENTEC



PREVENTEC

Información científica y tecnológica para
mitigar y prevenir el impacto de los desastres

ESCUELA DE GEOGRAFÍA



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA