

TSUNAMIS

LAS GRANDES OLAS



2012

IOC/BRO/2012/4
Original: inglés

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la presentación de los datos que en ella figuran no suponen, por parte de las Secretarías de la UNESCO y de la COI, opinión alguna sobre la condición jurídica de los países, ciudades, territorios o zonas, ni sobre sus autoridades, ni con respecto al trazado de sus fronteras o límites.

En referencias bibliográficas, la presente obra debe citarse de la siguiente manera:

Comisión Oceanográfica Intergubernamental. 2012. Tsunamis: Las grandes olas, segunda edición revisada. París, UNESCO, 16 págs., ilustr. Folleto 2012-4 de la COI. (Original: inglés).



Ayuda Humanitaria
y Protección Civil

Instituciones nacionales preparadas y comunidades resilientes a sismos y tsunamis
en entornos urbanos de la provincia de Puerto Plata

Publicado en 2013 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
7 Place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, Francia

Impreso en los talleres de la UNESCO
International Tsunami Information Center, 737 Bishop Street, Suite 2200, Honolulu, Hawaii 96813 U.S.A.

LAS GRANDES OLAS

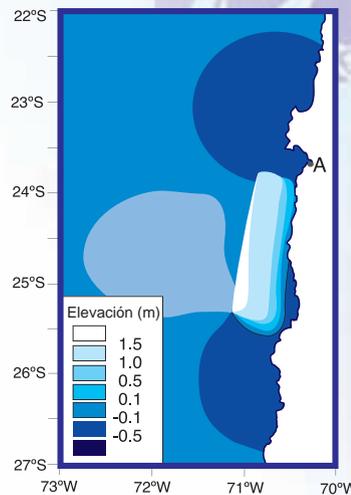
El presente folleto tiene por objeto dar a conocer mejor la realidad de los tsunamis. Por favor, difunda estos datos; una información adecuada puede salvar su vida y las de sus seres queridos.

El fenómeno que llamamos "tsunami" consiste en una serie de olas oceánicas de extraordinaria longitud desencadenadas, principalmente, por terremotos que sobrevienen bajo el suelo del océano o en sus proximidades. También las erupciones volcánicas y deslizamientos de tierra submarinos pueden desencadenar tsunamis. En las capas profundas del océano las ondas de un tsunami se propagan a más de 800 km por hora, con una altura máxima de tan sólo algunas decenas de centímetros. Las olas de un tsunami se diferencian de las olas normales del océano en la gran distancia existente entre sus crestas, con frecuencia superior a 100 km en las profundidades del océano, y en el tiempo transcurrido entre ellas, que puede cifrarse entre 10 minutos y una hora.

Cuando llegan a las aguas menos profundas de la costa, las olas frenan su avance, y el agua que se acumula tras ellas crea una muralla devastadora de decenas de metros de altura. El efecto puede ser aún mayor en las bahías, puertos o estrechamientos de la costa, que concentran el empuje de las olas hacia la tierra. Algunos tsunamis de gran tamaño han llegado a elevarse por encima de los 30 metros. Pero incluso un tsunami de entre tres y seis metros de altura puede ser muy destructivo y saldarse con numerosos muertos y heridos.

Los tsunamis entrañan un peligro para la vida y las propiedades de todos los residentes de las costas que viven cerca del océano. A lo largo de la historia, 279 tsunamis han causado en todo el mundo más de 600.000 muertes, casi un 90% de las cuales tuvieron su origen en tsunamis locales que alcanzaron la costa en menos de una hora. En la mayoría de los casos (más de un 80%), esos tsunamis están causados por grandes terremotos,

que pueden ocasionar daños antes de la llegada del tsunami. En los años 90, más de 4.300 personas fallecieron a causa de 16 tsunamis; de ellos, 1.100 perecieron en el tsunami sobrevenido en Flores (Indonesia) en 1992, y otras 2.200 en el de Aitape (Papua Nueva Guinea) en 1998. Los daños materiales ascendieron a cerca de 1.000 millones de dólares estadounidenses. Aunque un 60% de todos los tsunamis tienen lugar en el Pacífico, constituyen también un peligro para las costas de los países del océano Índico, el mar Mediterráneo, la región del Caribe y el océano Atlántico. Desde 2000 ha habido 13 tsunamis. El más devastador



A la izquierda: Modelo informático de los cambios experimentados por la superficie del agua al comenzar el tsunami del 30 de julio de 1995 en las costas de Chile. La A significa Antofagasta (Chile). A la derecha: Modelo informático de ese mismo tsunami tres horas después de haber comenzado.



jamás conocido acaeció en diciembre de 2004, cuando un sismo de magnitud 9,1 sobrevenido frente a la costa del noroeste de Sumatra (Indonesia) ocasionó un tsunami destructivo que afectó a toda la costa del océano Índico, causando la muerte de 228.000 personas, más de un millón de desplazamientos y miles de millones de dólares en daños materiales. En marzo de 2011, un sismo de magnitud 9,0 desencadenó un gigantesco tsunami local que desbordó los diques de protección y se saldó con cerca de 19.000 víctimas mortales en Tohoku (Japón).



Puerto de Hilo (Hawaii), 1º de abril de 1946, terremoto en las islas Aleutianas. Foto del choque de un tsunami contra el muelle 1 (tomada desde el barco Brigham Victory). El hombre que aparece a la izquierda no sobrevivió (NOAA).

En Hawaii, en el Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico (PTWC, Estados Unidos), que es el centro operacional del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Pacífico (PTWS), los científicos monitorean las estaciones sismográficas y de observación del nivel del mar, evalúan la posibilidad de que un terremoto ocasione un tsunami, y difunden avisos de tsunami internacionales a las autoridades nacionales de todo el Pacífico y el Caribe. Hay también centros de alerta subregionales en el Japón para el noroeste del Pacífico, y en Alaska, Estados Unidos, para el nordeste del Pacífico. A raíz del tsunami sucedido en el Océano Índico en 2004, existen actualmente sistemas de alerta de tsunami en todo el mundo, particularmente en el Océano Índico, el mar Caribe

El Centro Internacional de Información sobre Tsunamis de la COI/UNESCO, cuyo personal ha sido designado por los Estados Unidos y Chile, sigue de cerca y evalúa la eficacia del PTWS, ayuda a establecer nuevos sistemas de alerta en todo el mundo y constituye un recurso didáctico e informativo para el Programa de Tsunamis de la COI.

¿CUÁL ES EL ORI

TECTÓNICA DE PLACAS

La teoría de la tectónica de placas está basada en un modelo del planeta Tierra caracterizado por un pequeño número de placas litosféricas, de entre 70 y 250 km de espesor, que sobrenadan un substrato viscoso denominado astenosfera. Esas placas, que cubren toda la superficie de la Tierra, incluidos los continentes y el fondo marino, se desplazan en direcciones diferentes con velocidades de hasta 10 cm por año. Las regiones en que entran en contacto dos de esas placas se denominan «límites», y el movimiento de una respecto de la otra determina el tipo de límite: expansivo, cuando dos placas contiguas se alejan una de otra; de subducción, cuando ambas avanzan frontalmente y una de ellas se desliza bajo la otra; y transformante, cuando las dos placas se deslizan horizontalmente en sentidos opuestos. Las zonas de subducción se caracterizan por profundas fosas oceánicas, y las islas o cordilleras volcánicas asociadas a las numerosas zonas de subducción que bordean el litoral del Pacífico reciben el nombre de «Cinturón de Fuego».



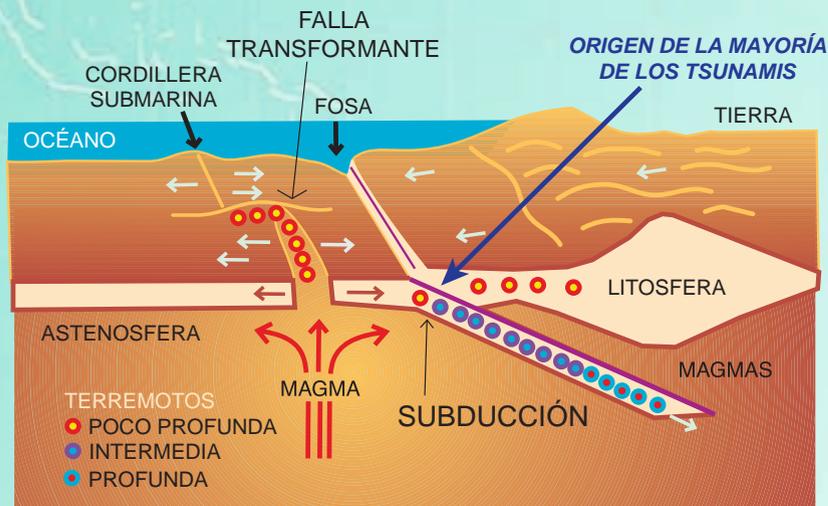
Tsunami de magnitud 9,3 originado el 26 de diciembre de 2004 por un terremoto en el noroeste de Sumatra, en dirección a la playa de Hat Rai Lay en Krabi, en el sur de Tailandia. Después de adentrarse hacia el mar tras el retroceso inicial de las aguas, los turistas buscan refugio desesperadamente ante la llegada de la primera de seis olas de tsunami que descargarán sobre la costa (AFP/AFP/Getty Images).

un 80% de la energía sísmica total liberada en todo el mundo, tienen lugar en zonas de subducción en que una placa oceánica se desliza bajo una placa continental u otra placa oceánica más joven.

No todos los terremotos generan tsunamis. Para causar un tsunami, la falla en que se produce el sismo debe estar situada bajo el océano o en sus proximidades y ocasionar un movimiento vertical del suelo marino (de hasta varios metros) en un área extensa (de hasta 100.000 kilómetros cuadrados). Los tsunamis más destructivos se deben a terremotos cuyo foco se encuentra a poca profundidad (menos de 70 km) a lo largo de una zona de subducción. En la formación de un tsunami influye el mayor o menor movimiento vertical y horizontal del fondo marino, la superficie afectada por ese movimiento, el hundimiento simultáneo de sedimentos submarinos a causa de las sacudidas, y la eficacia con que la energía es transferida desde la corteza terrestre hasta las aguas del océano.

Los tsunamis, conocidos también como olas marinas sísmicas o, incorrectamente, como olas de marea, están causados frecuentemente por terremotos; menos frecuentemente, por deslizamientos de tierra submarinos; rara vez por erupciones volcánicas submarinas; y, en muy raras ocasiones, por impactos de grandes meteoritos en el océano. Las erupciones volcánicas submarinas pueden producir olas de tsunami impresionantes. La gran erupción volcánica del Krakatoa en 1883 desencadenó olas gigantes de hasta 40 metros de altura sobre el nivel del mar, causó la muerte de más de 35,000 personas y arrasó numerosas poblaciones costeras.

Todas las regiones oceánicas del mundo pueden experimentar ese fenómeno, pero en el Océano Pacífico y en sus mares secundarios los tsunamis destructivos de gran tamaño son mucho más frecuentes, debido a los numerosos terremotos de gran magnitud que sacuden las márgenes del Océano Pacífico



TERREMOTOS Y TSUNAMIS

Los terremotos pueden tener su origen en la actividad volcánica, pero la mayoría de ellos son consecuencia de los movimientos producidos a lo largo de las fallas geológicas que aparecen en los límites entre dos placas. La mayoría de los terremotos de gran intensidad, que representan



GEN DE LOS TSUNAMIS?

SISMO-TSUNAMIS

El sismo que sacudió la costa de Nicaragua el 2 de septiembre de 1992 (magnitud 7,2) fue apenas perceptible para quienes vivían en ella. Se produjo lejos de la costa, su intensidad (la fuerza de las sacudidas en una escala de I a XII) fue de nivel II a lo largo de casi toda la costa, llegando al nivel III sólo en algunos lugares. Entre 20 y 70 minutos después, un tsunami irrumpió en la costa de Nicaragua con amplitudes de 4 metros sobre el nivel del mar en la mayoría de los lugares, alcanzando una altura máxima de 10,7 metros. Las olas sorprendieron a los habitantes de la costa, causando numerosos muertos y considerables daños materiales.

La causa de aquel fenómeno fue un sismo-tsunami -un terremoto que produce un tsunami desproporcionadamente grande para la magnitud del terremoto. Este tipo de fenómenos tienen su foco a muy escasa profundidad, van acompañados de dislocaciones del terreno de más de varios metros y presentan



El Tránsito (Nicaragua), 1° de septiembre de 1992. Olas de nueve metros de altura destruyeron esta población costera de 1.000 personas, causando 16 víctimas mortales y 151 heridos. La primera ola no parecía muy grande, por lo que dio tiempo a muchos para escapar de las dos siguientes, que fueron devastadoras. Más de 40.000 personas perdieron su hogar o sus medios de subsistencia (Harry Yeh, Universidad de Washington).

superficies de falla geológica menos extensas que los sismos normales.

Hay también terremotos lentos, en los que el deslizamiento a lo largo de la falla submarina se produce más despacio que en los terremotos normales. Uno de los métodos utilizados para reconocer rápidamente un sismo-tsunami consiste en estimar un parámetro llamado "momento sísmico" utilizando ondas sísmicas de período muy largo (más de 50 segundos por ciclo). En los últimos años ha habido lugar otros tres tsunamis mortales causados por este tipo de terremotos frente a las costas de Indonesia (2 de junio de 1994; 16 de julio de 2007; 25 de octubre de 2010) y el Perú (21 de febrero de 1996).

El foco sísmico es el punto de la corteza terrestre en que se produce la primera ruptura y en que se originan las primeras ondas sísmicas. El epicentro es el punto de la superficie de la Tierra situado directamente sobre el foco.

La magnitud de un terremoto nos permite hacernos una idea de su intensidad relativa. Hay otras escalas de magnitud además de la escala de Richter, y una de ellas es la magnitud de momento sísmico, que mide la energía liberada y permite obtener las estimaciones de mayor fiabilidad en los grandes terremotos. El aumento de una unidad en esa escala corresponde a una intensidad diez veces superior a amplitud de la onda sísmica y a una energía liberada 30 veces mayor. La magnitud del momento sísmico puede ser medida casi inmediatamente gracias a la existencia de los modernos sismómetros, a los registros digitales y a las comunicaciones en tiempo real. De ese modo, los centros de alerta pueden emitir los primeros avisos de tsunami pocos minutos después de que tenga lugar el terremoto.

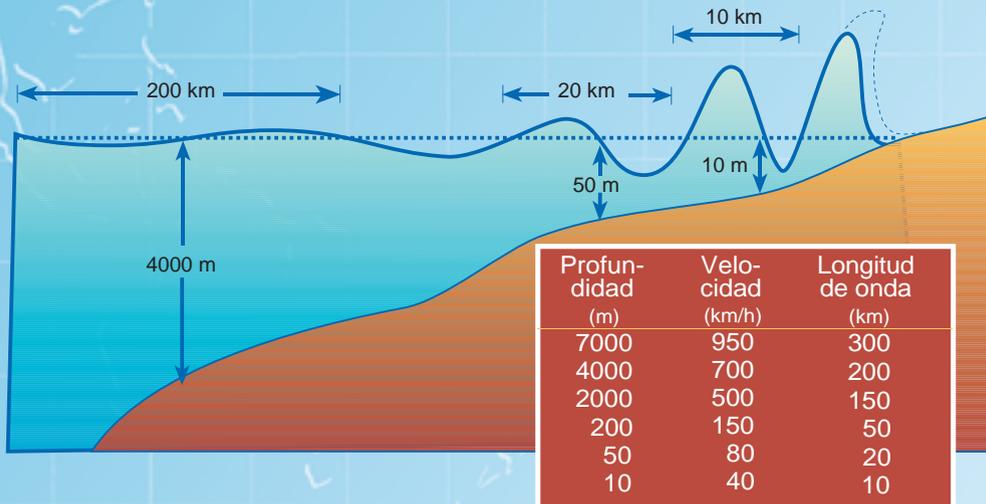
RELACIÓN ENTRE LOS TSUNAMIS Y LA FUENTE SÍSMICA



TSUNAMIS EN

En las profundidades del océano, los tsunamis destructivos pueden ser poco intensos con alturas frecuentemente no mayores de varias decenas de centímetros, y no pueden ser observados ni percibidos por los barcos que están en el mar. Sin embargo, a medida que el tsunami penetra en aguas costeras menos profundas, la altura de la ola puede aumentar rápidamente. En ocasiones, el agua de la costa es succionada hacia el mar inmediatamente antes de que descargue el tsunami. En tales casos, la extensión de tierra que queda al descubierta puede ser mayor incluso que en las mareas más bajas. La aparición de esas grandes resacas puede considerarse como un aviso natural de que un tsunami es inminente.

La velocidad de un tsunami disminuye en aguas poco profundas, al tiempo que su altura aumenta rápidamente.



En mar abierto, un tsunami eleva la superficie del agua apenas unas decenas de centímetros, pero esa altura aumenta rápidamente en aguas menos profundas. La energía de la onda de un tsunami se extiende desde la superficie hasta el fondo, incluso en las aguas más profundas. Cuando el tsunami descarga sobre la costa, esa energía se concentra en una distancia y profundidad mucho menores, creando olas destructivas y potencialmente letales.

TSUNAMIS OCEÁNICOS Y LOCALES

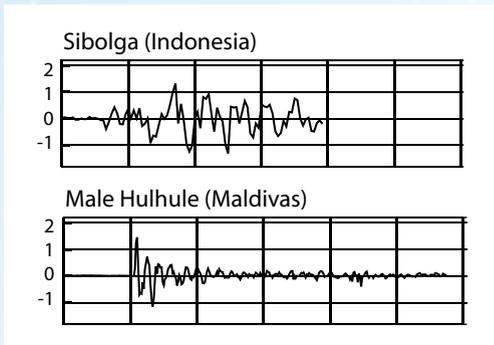
El último gran tsunami que causó gran número de muertes y daños en todo el océano Pacífico tuvo su origen en un terremoto situado frente a la costa de Chile en 1960. No sólo ocasionó muertes y daños materiales a lo largo de esa costa, sino también en la de Hawaii, e incluso en el lejano Japón 22 horas más tarde. El 11 de marzo de 2011, un terrible tsunami local sobrevenido en el Japón causó daños que ascendieron a 210.000 millones de dólares, de ellos 100 millones en Hawaii y California, además de una muerte en Oregón. El gran terremoto de Alaska de 1964 causó olas de tsunami de efectos letales en Alaska, Oregón y California.

En julio de 1993, un tsunami con origen en el Mar del Japón se saldó con más de 120 muertos en ese país. Sufrieron daños también Corea y Rusia, aunque no otros países, ya que la energía del oleaje quedó confinada al Mar del Japón. El tsunami de 1993 está considerado como un "fenómeno local o regional", ya que su impacto se limitó a una extensión relativamente pequeña. Para los habitantes de la costa noroccidental del Japón, las olas de aquel tsunami llegaron pocos minutos después del terremoto.

Desde los años 90 ha habido 28 tsunamis destructivos de alcance local o regional en América del Sur (Chile, Perú), América Central (Costa Rica, Nicaragua), el Japón, Filipinas, Indonesia, las islas del Pacífico (Samoa Americana, Samoa, Islas Salomón, Tonga, Vanuatu) y el Caribe (Haití), que han causado la muerte de más de 200.000 personas. Se produjeron también daños tierra adentro en los tsunamis del Perú (21 de febrero de 1996), el océano Índico (26 de diciembre de 2004),

Chile (27 de febrero de 2010) y el Japón (11 de marzo de 2011).

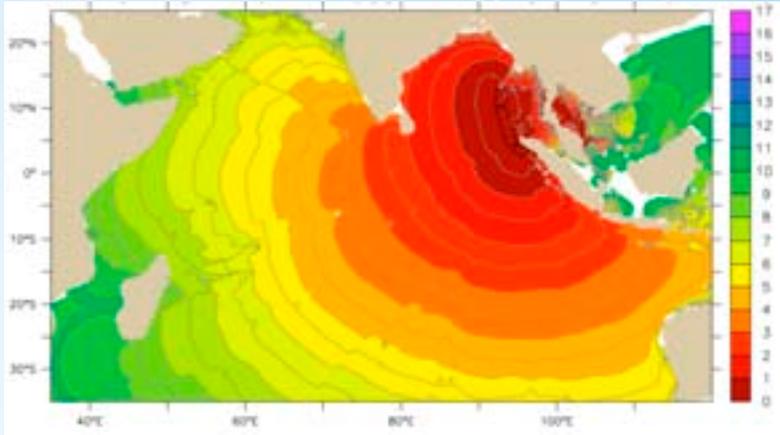
En menos de un día, un tsunami puede recorrer el Pacífico de un extremo al otro. Sin embargo, en poblaciones cercanas a los lugares sacudidos por terremotos intensos, sus habitantes pueden encontrarse frente a las olas de un tsunami en cuestión de minutos. Por eso, en numerosas regiones (por ejemplo, el Caribe, Indonesia o Makrán, el Cinturón de Fuego del Pacífico o el Mediterráneo oriental) el peligro de tsunami puede ser inminente si se trata de un fenómeno local que tarda escasos minutos en llegar a la costa, o menos acuciante cuando el tsunami se encuentra más lejos y podría tardar hasta un día en llegar.



Alturas del nivel del mar registradas durante el paso del tsunami que afectó a Sibolga, en el noroeste de la costa de Sumatra (Indonesia), y a Male, Hulule, en las islas Maldivas, el 26 de diciembre de 2004, y cuyos efectos se extendieron por todo el océano. En Sibolga, la primera ola no fue la mayor de todas. El eje vertical está expresado en metros (Universidad de Hawaii, Centro de Estudios sobre el Nivel del Mar, BAKOSURTANAL, Indonesia).



MOVIMIENTO



Cálculo del tiempo de viaje del tsunami desencadenado por el terremoto del 26 de diciembre de 2004 frente a las costas occidentales de Sumatra. Cada curva concéntrica representa 30 minutos de desplazamiento del tsunami. Un tsunami destructivo asoló la costa de Indonesia 15 minutos después, la de Sri Lanka dos horas más tarde, y la de Kenia nueve horas después de sobrevenir el terremoto (NOAA PMEL).

Las grandes velocidades hacen que sea importante percatarse de la aparición del tsunami apenas ha comenzado. Los científicos pueden predecir el momento en que un tsunami llegará a cierto lugar si conocen las características iniciales del terremoto que lo ha causado y las características del fondo marino a lo largo de la trayectoria que seguirán las olas. Los tsunamis avanzan mucho más despacio en las aguas costeras menos profundas, en las que su altura comienza a aumentar desmesuradamente.

¿QUÉ INTENSIDAD TIENEN?

La morfología del litoral puede determinar el tamaño y los efectos de las olas de un tsunami. Tanto los arrecifes como las bahías, las desembocaduras de los ríos, las formaciones del suelo marino o la pendiente de las playas modifican en cierta medida el tsunami cuando éste se acerca a la costa.

En los estudios posteriores a un tsunami se efectúan mediciones de la inundación y del runup con el fin de describir sus efectos. La inundación es la longitud horizontal máxima del terreno invadido por un tsunami. El runup es la altura vertical máxima sobre el nivel medio del mar alcanzada en la superficie durante el paso de un tsunami. La altura alcanzada por las olas de un tsunami se mide basándose en la amplitud de las olas registradas por un mareómetro. Estos datos son cruciales para trazar mapas de inundación y de evacuación fiables.

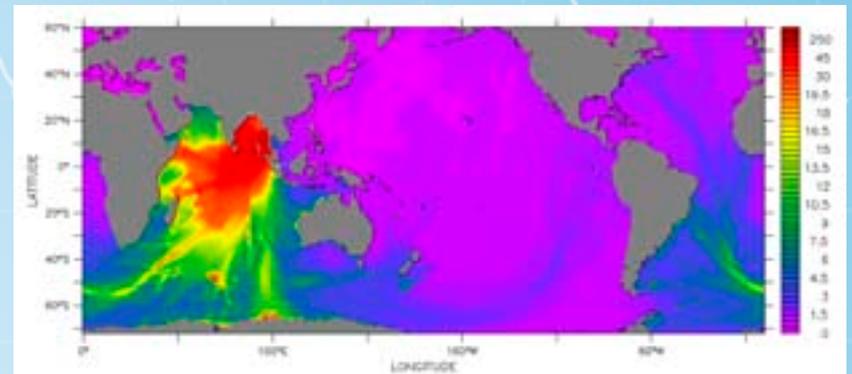
¿QUÉ RAPIDEZ TIENEN?

En los lugares en que el océano tiene más de 6.000 metros de profundidad, las ondas de un tsunami pueden desplazarse sin ser percibidas a la misma velocidad que un reactor comercial, es decir, a más de 800 km por hora. Son capaces de recorrer el océano Pacífico de extremo a extremo en un día, y el océano Índico en 12 horas. Esas grandes

velocidades hacen que sea importante percatarse de la aparición del tsunami apenas ha comenzado. Cuando eso sucede, frecuentemente convertido en una muralla de agua, el nivel del mar puede elevarse muchos metros. En casos extremos, el nivel del agua ha llegado a ascender más de 15 metros en tsunamis de origen distante y más de 30 metros en olas de tsunami generadas cerca del epicentro. La primera ola puede no ser la mayor de todas las que lleguen. Mientras que en una población costera las olas pueden no causar daños, sobre otra población cercana pueden descargar violentamente olas de gran tamaño. El agua puede llegar a penetrar varios kilómetros tierra adentro, invadiendo con agua y residuos grandes extensiones de terreno.

¿CON QUÉ FRECUENCIA SE PRODUCEN?

Como los científicos no pueden predecir cuándo sucederá un terremoto, tampoco pueden determinar exactamente cuándo aparecerá un tsunami. Sin embargo, un estudio histórico de este fenómeno ha permitido a los científicos averiguar en qué lugares es más probable que se produzca un tsunami. Las alturas de los tsunamis acaecidos en el pasado ayudan a predecir los efectos de los tsunamis futuros y los límites de las áreas inundables en determinadas ubicaciones y poblaciones costeras. Los estudios de paleotsunamis, consistentes en analizar los sedimentos depositados por los tsunamis gigantes, ayudan a ampliar los registros históricos de los tsunamis hasta épocas más remotas. Cuantos más fenómenos se identifican, mejores estimaciones se obtienen de la frecuencia de los tsunamis en una región determinada. En cada uno de los cinco últimos siglos ha habido de tres a cuatro tsunamis a nivel de todo el Pacífico, la mayoría de ellos con origen frente a las costas de Chile. El tsunami del 26 de diciembre de 2004 se saldó con 228.000 muertes y causó daños en todo el océano Índico, hasta el punto de que fue la peor catástrofe de la historia causada por un tsunami. Aquél fue también el primer tsunami destructivo que abarcó toda la cuenca del océano Índico.



Valores máximos mundiales calculados de las alturas de ola (cm) del tsunami del 26 de diciembre de 2004 registrado en la Antártida, cuyos efectos se extendieron por todo el océano Pacífico y el océano Atlántico en América del Norte y del Sur y el Canadá (NOAA PMEL).

Kodiak (Alaska). El 27 de marzo de 1964, un tsunami causó 21 víctimas mortales y ocasionó daños por un total de 30 millones de dólares estadounidenses en la localidad de Kodiak y en sus inmediaciones.



CÓMO SA



Centro Internacional de Información sobre Tsunamis (ITIC)

Situado en Honolulu (Hawái), y dotado de personal de los Estados Unidos, Chile y el Japón, el ITIC es el centro de información más antiguo del Sistema Mundial de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos de la COI. La Unidad de Coordinación sobre Tsunamis de la COI, ubicada en París (Francia), coordina el sistema a nivel mundial. El ITIC presta servicio directamente a los Estados Miembros del PTWS y otras regiones mediante actividades de vigilancia, y recomienda la introducción de mejoras de los sistemas de alerta de tsunami, ayudando así a los Estados Miembros a establecer sistemas de alerta regionales y nacionales, apoyando el desarrollo de capacidades mediante programas de formación para la atenuación de los efectos de los tsunamis y actuando como centro de coordinación de la información, con el fin de promover las investigaciones y de elaborar y distribuir material didáctico y de protección civil para atenuar los riesgos de tsunami. El ITIC publica periódicamente un boletín sobre tsunamis, tiene en servicio una biblioteca, se ocupa de la lista de distribución del Tablero Electrónico de Anuncios sobre los Tsunamis y dirige su propio programa de formación sobre sistemas de alerta de tsunami

La ola. Pintura de Lucas Rawah, de la localidad de Aitape, que conmemora lo sucedido el 17 de julio de 1998 en Papua Nueva Guinea. Posiblemente, un terremoto de magnitud 7,1 ocasionó un deslizamiento de tierras bajo el agua, dando lugar a un tsunami que destruyó poblaciones enteras en la costa de Aitape.



LVAMOS VIDAS

CENTROS DE ALERTA DE TSUNAMI

La COI coordina la implantación del sistema mundial de alerta contra los tsunamis y atenuación de sus efectos basándose en sus experiencias en el Pacífico, con el fin de establecer sistemas de alerta para el océano Índico, el Caribe, el Atlántico y el Mediterráneo. El Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico (PTWC) de los Estados Unidos actúa como centro de alerta para el Pacífico. Esta iniciativa internacional quedó formalizada en 1965 cuando el PTWC asumió las funciones de centro de operaciones para el PTWS. El PTWS del Grupo Intergubernamental de Coordinación, que abarca 46 países del Pacífico, supervisa las operaciones de los sistemas de alerta y facilita la coordinación y cooperación en todas las actividades internacionales de atenuación de los efectos de los tsunamis. En 2005, el PTWC y el Organismo Meteorológico del Japón empezaron a cooperar en la prestación de servicios para el océano Índico en régimen provisional, y en 2006 a nivel subregional para el Mar de China Meridional, en el Pacífico. En 2006, el PTWC comenzó a prestar servicios para el Caribe en régimen provisional.

El objetivo inicial del PTWC es detectar, localizar y determinar los parámetros sísmicos de los terremotos que podrían desencadenar tsunamis en la cuenca del Pacífico o en sus márgenes inmediatas. Para ello, recibe constantemente datos sismográficos de más de 400 estaciones de todo el mundo gracias al intercambio cooperativo de datos con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Incorporated Research Institutions for Seismology, la Red mundial sismológica, International Deployment of Accelerometers, GEOSCOPE, el Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska y la Costa Occidental de los Estados Unidos (WCATWC) y otros organismos nacionales e internacionales que tienen redes sísmicas en funcionamiento.

Cuando un terremoto, por su ubicación, profundidad y magnitud, es capaz de generar un tsunami destructivo, se emite inmediatamente una alerta de tsunami para advertir del riesgo inminente de ese fenómeno. Las alertas iniciales afectan sólo a las áreas a las que el tsunami podría llegar en unas horas, y los boletines indican las horas de llegada predichas y la altura de las olas en determinados puntos de la costa. Las predicciones costeras de alturas superiores a 0,5 metros acompañadas de intensas corrientes de agua pueden causar daños considerables y víctimas mortales al resultar aplastadas las estructuras por las olas mientras los residuos flotantes descargan golpes destructivos. En las poblaciones de las áreas circundantes se declara el estado de aviso o alerta de tsunami.

Seguidamente, los científicos de los centros de alerta examinan los datos que van recibiendo sobre el nivel del mar para determinar si se ha desencadenado un tsunami. Si se detecta un tsunami importante con potencial de destrucción de largo alcance, la alerta de tsunami se hace extensiva a toda la cuenca del Pacífico o del Índico. El PTWC recibe datos sobre el nivel del mar de más de 400 estaciones costeras gracias al intercambio de datos entre organismos de los Estados Unidos, centros de investigación, países y redes internacionales, como el Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar (GLOSS). Además, recibe datos de más de 40 sensores oceánicos de profundidad (sensores DART) en el Pacífico y en el resto del mundo. Esos datos permiten predecir los tsunamis con mayor exactitud. Las advertencias de un posible tsunami son difundidas entre los responsables de protección civil y dadas a conocer al público en general mediante diversos medios de comunicación.

Los países pueden tener en funcionamiento centros nacionales o subregionales con el fin de emitir más prontamente o con mayor detalle alertas de tsunami regionales o locales. El Organismo Meteorológico del Japón (JMA) emite alertas locales para ese país, y su centro de avisos para el noroeste del Pacífico efectúa predicciones de terremotos y de olas de tsunami para los países del noroeste del Pacífico y mares marginales, para la región de China meridional y para los países insulares del norte del Pacífico. En el Pacífico, el Centre Polynésien de Prévention des Tsunamis (Polinesia francesa), Chile y Rusia tienen en funcionamiento sistemas de alerta nacionales desde hace decenios. Australia, el Canadá, Colombia, Corea, el Ecuador, El Salvador, Filipinas, Indonesia, Malasia, Nicaragua, Nueva Zelandia, el Perú y Tailandia han mejorado sus sistemas desde 2004.

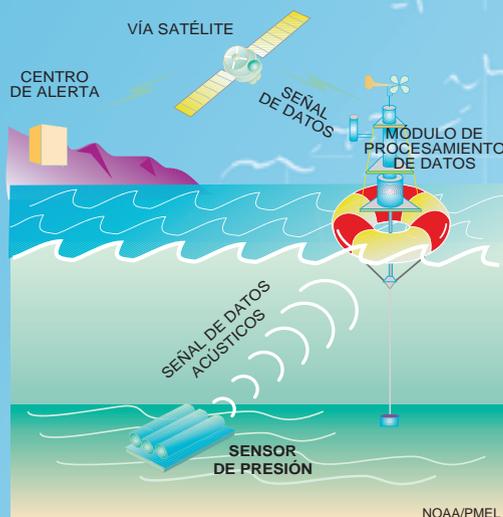
En los Estados Unidos, el WCATWC emite alertas para América del Norte y, en particular, para el Canadá, Puerto Rico y las Islas Vírgenes, mientras que el PTWC alerta a Hawaii y otras zonas de interés de los Estados Unidos en el Pacífico. Gracias a un intercambio de datos abierto y en tiempo oportuno, los centros de alerta podrían prestar servicios de apoyo y análisis suplementarios de esos fenómenos en el caso de que algún centro quedase inutilizable. Los centros pueden ejercer también como puntos focales para actividades de sensibilización, educación y atenuación en otros aspectos a nivel regional.

Información sobre la COI

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), que es un órgano funcionalmente autónomo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), proporciona a los Estados Miembros un mecanismo esencial para la cooperación a nivel mundial en el estudio de los océanos. La COI ayuda a los gobiernos a afrontar sus problemas relacionados con los océanos y las costas, tanto a nivel individual como colectivo, gracias al intercambio de conocimientos, información y tecnología y a la coordinación entre los programas nacionales y regionales. Las funciones de la COI consisten en: desarrollar, recomendar y coordinar programas internacionales para el estudio científico de los océanos y para la prestación de servicios oceánicos en ese ámbito; promover y formular recomendaciones para el intercambio de datos oceanográficos y la publicación y difusión de resultados de investigaciones científicas; promover y coordinar el desarrollo y transferencia de las ciencias marinas y de su tecnología; formular recomendaciones para reforzar la educación y la formación y para promover la investigación científica de los océanos y la aplicación de sus resultados en beneficio de toda la humanidad. La COI está actualmente integrada por 141 Estados Miembros. Su Asamblea se reúne cada dos años en la Sede de la UNESCO en París (Francia). La COI consta de una Asamblea, un Consejo Ejecutivo, una Secretaría y los órganos subsidiarios que decida constituir. Dentro de ese marco, la Comisión ha creado programas mundiales y regionales que examinan y ejecutan proyectos específicos, o consistentes en comités integrados por Estados Miembros interesados en tales proyectos. Tal es el caso de los Grupos Intergubernamentales de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Pacífico (PTWS), en el Océano Índico (IOTWS), en el Caribe (CARIBE-EWS) y en el Atlántico Nororiental y el Mediterráneo (NEAMTWS).



MIRANDO

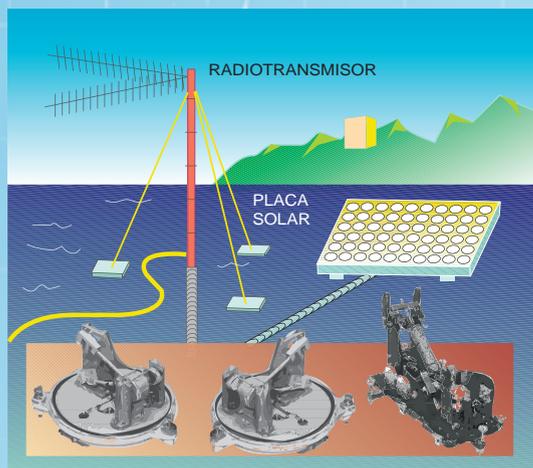


EVALUACIÓN Y PRESENTACIÓN DE INFORMES SOBRE LOS TSUNAMIS EN LAS REGIONES PROFUNDAS DEL OCEANO (Proyecto DART)



1º de abril de 1946. Personas huyendo ante la irrupción de un tsunami en el centro de Hilo (Hawái). El tsunami llegó inadvertidamente 4,5 horas después de haber sido generado por un terremoto de magnitud 8,1, 3.500 km al norte de las islas Aleutianas, a raíz del cual se creó, en 1949, el Sistema de Alerta frente a Olas Marinas Sísmicas de los Estados Unidos (actualmente PTWC) (Archivos del Bishop Museum).

ESTACIÓN SÍSMICA INDEPENDIENTE DE BANDA ANCHA Y DE TRES COMPONENTES



Un sistema eficaz de alertas de tsunami tiene que poder llegar a todos cuantos están en peligro antes de que la ola llegue a tierra.

Un sistema de alertas tempranas de tsunami es eficaz cuando todos los habitantes de las comunidades costeras vulnerables están preparados y responden de manera adecuada y oportuna, una vez informados de que se aproxima un tsunami potencialmente destructivo. En las alertas emitidas por un centro de alertas de tsunami reconocido, la prontitud es esencial. Cuando los mensajes de alerta son recibidos por el organismo gubernamental designado para ello, deberá haber ya dispuestos planes nacionales de respuesta de emergencia frente a los tsunamis, a fin de emprender de inmediato actuaciones previamente aprendidas y practicadas para evaluar científicamente las alertas y comunicar a todos los ciudadanos las medidas que deben adoptarse. Para tomar cuanto antes decisiones acertadas deberán estar ya en marcha programas de preparación frente a los tsunamis.

Para que un sistema de alerta sea eficaz son esenciales las actividades siguientes:

- Identificación del posible tsunami, evaluación del riesgo y medidas de atenuación para reducir el impacto de las olas. Mapas de evacuación que indiquen los lugares con más probabilidades de sufrir inundaciones basándose en esos datos.
- Emisión de alertas en tiempo oportuno. En el caso de los tsunamis distantes, es esencial monitorear en tiempo real los terremotos y el nivel del mar para confirmar la formación de un tsunami destructivo, y comunicarlo inmediatamente a la población. En el caso de los tsunamis locales, en que podría no haber tiempo para emitir alertas oficiales, la población deberá estar ya al corriente de las señales de alerta naturales de los tsunamis y responder inmediatamente.
- Actividades de sensibilización continuadas. La educación es fundamental para mantener a los ciudadanos informados y para asegurarse de que la generación siguiente esté igualmente preparada. Son esenciales el apoyo político, las legislaciones y las reglamentaciones, así como la responsabilidad institucional.

EL MONSTRUO A LOS OJOS

Actividades de investigación sobre los tsunamis

Desde el tsunami sobrevenido en el océano Índico en 2004 se ha avanzado mucho en la investigación de ese fenómeno. Los estudios efectuados tras un tsunami permiten obtener conjuntos de datos detallados y completos que han mejorado nuestro conocimiento de esas olas y, con ello, nuestra capacidad para atenuar las pérdidas causadas por ellas. Los científicos tienen medios para realizar modelos numéricos sobre la generación de tsunamis, su propagación en mar abierto y su altura al llegar a la costa.

Los sensores de presión instalados en regiones profundas del océano, capaces de medir tsunamis en mar abierto, aportan datos importantes sobre la propagación de los tsunamis en niveles profundos, y las comunicaciones por satélite han permitido utilizar esos datos en tiempo real para detectar y medir las olas generadas por ellos en mar abierto. Durante los últimos 20 años, la NOAA ha sido pionera en el desarrollo y utilización de ese tipo de boyas detectoras. Las mediciones obtenidas ayudan actualmente a los centros de alerta a emitir o anular avisos y otras advertencias con mayor precisión. Los métodos de modelización numérica permiten también a los centros realizar predicciones de olas, proporcionando así a sus clientes información sobre el impacto esperado de las olas.

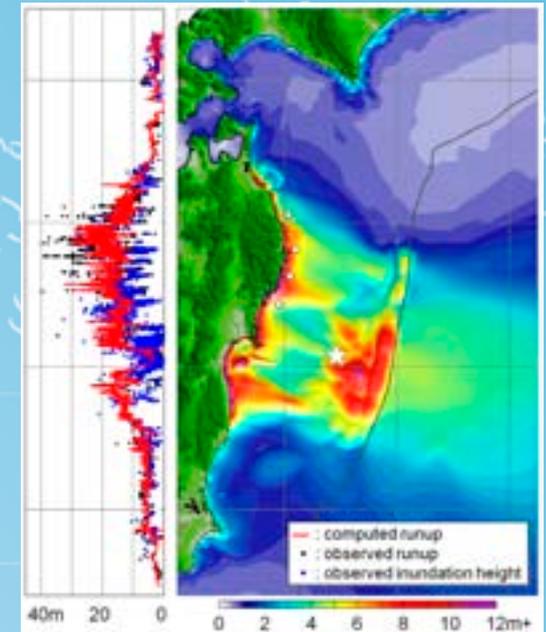
Los sismólogos, que estudian la dinámica de los terremotos con sismómetros de banda ancha (desde 20 hasta 0,003 hertzios), están formulando nuevos métodos para analizar el movimiento de los terremotos y la cantidad de energía liberada. En los casos en que, según la escala tradicional de Richter (onda superficial), la magnitud de los terremotos no es un buen indicador por encima de 7,5, se utilizan

actualmente los valores del momento sísmico y la duración de la fuente para definir mejor la cantidad de energía liberada y el potencial de desencadenar un tsunami. La determinación en tiempo real de la profundidad de los terremotos, del tipo de falla geológica y de la extensión, dirección y velocidad de la ruptura están mejorando considerablemente la capacidad de los centros de alerta para identificar la probabilidad de un tsunami peligroso.

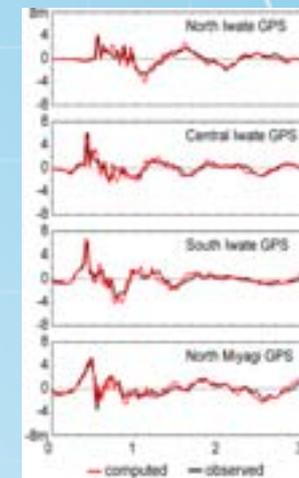
En el último decenio, las investigaciones paleotsunámicas y el análisis de los depósitos dejados por los tsunamis han permitido ampliar el registro histórico de ese fenómeno para mejorar así la evaluación de los riesgos. Los estudios estructurales posteriores al paso de un tsunami y los experimentos mediante olas generadas en laboratorio están ayudando a los ingenieros a diseñar estructuras resistentes a los tsunamis, gracias al conocimiento de los impactos de las olas en las costas y de sus efectos de socavamiento y erosión de los cimientos de los edificios. En consecuencia, en los próximos años se incorporarán al código de edificación internacional disposiciones sobre el diseño de los edificios.

Los modelos de inundación por tsunamis, que definen la extensión de las inundaciones costeras, constituyen un aspecto integral de la planificación frente a los riesgos de tsunami y de los preparativos a tal efecto. Basándose en escenarios de inundación extremos, esos modelos son decisivos para definir las zonas y rutas de evacuación, con el fin de que las comunidades costeras puedan ser evacuadas prontamente tras la declaración de una alerta de tsunami.

Aunque no es posible evitar un tsunami, sí es posible atenuar sus efectos preparando a la población, emitiendo alertas en tiempo oportuno, respondiendo eficazmente y educando al público. El programa nacional de atenuación de riesgos de tsunami de los Estados Unidos constituye un buen ejemplo de iniciativa integral en este sentido.



Tsunami del 11 de marzo de 2011 en el Japón. Arriba, a la izquierda: Modelo informático (línea roja) que reproduce con bastante exactitud el runup (en negro) y el alcance de la inundación (en azul). Arriba, a la derecha: amplitud máxima de las olas a lo largo de la costa septentrional de Tohoku. En el océano, el modelo representa amplitudes de hasta 11 metros en torno al epicentro (SATR), y de hasta siete metros en boyas GPS cercanas a la costa (círculo blanco). En muchos lugares de la costa se midieron alturas de cresta máximas de entre 15 y 40 metros.



La simulación mediante computadora de la elevación de la superficie del mar concuerda muy bien con los datos observados por las boyas GPS (Y. Yamazaki y K.F. Cheung, Universidad de Hawaii).

DATOS REALES

- Los tsunamis que afectan a las ubicaciones costeras tienen casi siempre su origen en un terremoto. Éstos pueden haber sucedido muy lejos o muy cerca de donde usted reside. Aunque hay terremotos en todas las cuencas oceánicas del mundo, la mayoría de ellos no ocasionan tsunamis.
- Algunos tsunamis pueden ser de gran tamaño. En las áreas costeras pueden llegar a alcanzar una altura de 10 metros o más (30 metros en casos extremos) y pueden tener repercusiones, como las crecidas instantáneas. Las olas subsiguientes suelen ir acompañadas de residuos flotantes.
- Todas las áreas costeras de baja altura pueden verse afectadas por tsunamis.
- Un tsunami está formado por una serie de olas cuyas crestas llegan en períodos de entre 5 y 60 minutos. Frecuentemente, la primera ola no es la mayor de todas. El peligro puede persistir durante varias horas tras la llegada de la primera ola. Las olas de los tsunamis no suelen rizarse ni romper, por lo que nunca deberá practicarse el surf con un tsunami.
- Un tsunami puede avanzar más aprisa que una persona corriendo.
- A veces, antes de aparecer el tsunami el agua de la orilla retrocede y deja al descubierto el fondo del océano.
- La fuerza de los tsunamis es a veces descomunal. Sus olas pueden empujar tierra adentro grandes rocas de varias toneladas de peso, así como barcos y otros restos, y pueden destruir casas y edificios. Todos esos objetos pueden ser empujados por el agua con gran violencia y causar lesiones, a veces mortales, en las personas.
- Un tsunami puede sobrevenir en cualquier momento, tanto del día como de la noche.
- Un tsunami puede penetrar corriente arriba por las desembocaduras de los ríos
- Un tsunami puede fácilmente circundar la costa de una isla, y puede ser igual de peligroso en otras costas que no están situadas frente al origen del tsunami.

QUÉ HACER

Tenga presente toda esta información sobre los tsunamis. Podría salvar su vida.

Explíquesela también a sus parientes y amigos. Podría salvar sus vidas.

- Si está en la escuela y oye una alerta de tsunami, siga las instrucciones de los profesores y del personal de la escuela.
- Si está usted en su casa y oye una alerta de tsunami, asegúrese de que se entere toda su familia. Tenga preparado un plan de emergencia para todos, de modo que cada uno sepa lo que tiene que hacer. Si reside en una zona de evacuación, toda su familia deberá desalojar la vivienda. Desplácese ordenadamente, con calma y precaución hasta el punto de evacuación o hasta otro lugar seguro que se encuentre fuera de su zona de evacuación. Siga las instrucciones de las autoridades de protección civil y de la policía.
- Si se encuentra en la playa o cerca del mar y nota que la tierra tiembla fuertemente o durante mucho tiempo, trate de llegar cuanto antes a un terreno más elevado. No espere a que se emita la alerta de tsunami. Manténgase alejado de ríos y arroyos que desembocan en el océano, de la playa y del mar. Si el terremoto es local, el tsunami podría llegar a la costa antes de que se conozca la alerta de tsunami.
- Los tsunamis originados en lugares distantes darán tiempo, por lo general, para encontrar un lugar más elevado. Si el tsunami tiene su origen cerca de donde usted se encuentra, cuando sienta temblar la tierra es posible que sólo disponga de varios minutos para llegar hasta un terreno más elevado.

- En muchas partes bajas de la costa hay hoteles de gran altura contruidos con cemento armado. Las últimas plantas pueden ser un lugar seguro para refugiarse si ha habido una alerta de tsunami y usted no va a tener tiempo para llegar hasta un terreno más elevado. En algunos lugares, sin embargo, los procedimientos de protección civil no permiten ese tipo de evacuación. Las casas y los edificios pequeños de las áreas costeras bajas no están diseñados para resistir el impacto de un tsunami. No permanezca en ellos en caso de alerta de tsunami.
- Los arrecifes y las áreas someras pueden ayudar a amortizar la fuerza de las olas de un tsunami, aunque no impedir la llegada de olas grandes y peligrosas para los residentes en esa parte de la costa. Ante una alerta de tsunami, lo más seguro es mantenerse lejos de cualquier área costera baja.



Acuario de Oga, Akita (Japón). El estacionamiento del acuario resultó inundado y los automóviles arrasados al paso del tsunami del 26 de mayo de 1983 en el Mar del Japón (Takaaki Uda, Instituto de Investigaciones sobre Obras Públicas, Japón).

QUÉ DEBERÍA HACER

CÓMO PROCEDER A BORDO DE UNA EMBARCACIÓN

Las olas de un tsunami son imperceptibles en mar abierto, por lo que en caso de alerta de tsunami no hay que regresar al puerto. Los tsunamis pueden ocasionar cambios rápidos del nivel del agua y corrientes peligrosas e impredecibles en puertos y ensenadas.

Si hubiera tiempo suficiente para llevar la embarcación desde el puerto hasta mar abierto (entre 100 y 500 metros de profundidad, según el lugar), en caso de alerta de tsunami conviene tener presentes las consideraciones siguientes:

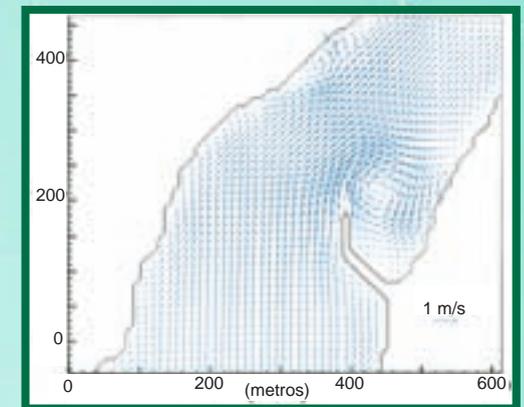
- Los grandes puertos están, en su mayoría, bajo el control de una autoridad portuaria o un sistema de tráfico marítimo. Las autoridades dirigen las operaciones en situaciones de alerta, obligando a las embarcaciones a cambiar de posición en caso necesario. Si fuera ése el caso, manténgase en contacto con las autoridades.
- Los puertos pequeños no siempre están bajo el control de una autoridad portuaria. Si ha tenido conocimiento

de una alerta de tsunami, asegúrese de que dispone de tiempo suficiente para llevar (a motor) su embarcación sin riesgo hasta mar abierto. Si el barco es pequeño, lo más seguro para su propietario será, probablemente, dejarlo en el embarcadero y trasladarse físicamente a un terreno más elevado, particularmente cuando el tsunami es de origen local. Si además el estado del mar es muy agitado (por haber marejada en el exterior del puerto), los barcos pequeños podrían correr más peligro, por lo que desplazarse físicamente hasta un terreno más elevado será posiblemente la única opción.

- Las olas destructivas y las corrientes impredecibles pueden afectar a un puerto durante horas tras la primera descarga del tsunami sobre la costa. Contacte con la autoridad portuaria antes de regresar al puerto para asegurarse de que las condiciones en él son seguras para la navegación y para las embarcaciones allí amarradas.



Banda Aceh (Sumatra, Indonesia). El tsunami del 26 de diciembre de 2004 arrasó totalmente las ciudades y pueblos de la costa, dejando tras de sí solo tierra, cieno y agua (en el centro) donde anteriormente había poblaciones muy activas con casas, oficinas y espacios verdes (arriba) (Imágenes DigitalGlobe del satélite QuickBird, fotografía de la Armada de los Estados Unidos).



Tsunami en Chile el 30 de julio de 1995. A la izquierda: fotografía de los efectos del tsunami y de las turbulencias creadas tras la irrupción de la ola en la bahía de Tahauku, en las Islas Marquesas (Polinesia francesa), a varios miles de kilómetros de distancia del origen del tsunami. A la derecha: corrientes marinas en la bahía de Tahauku, según un modelo numérico del tsunami de Chile. El modelo reproduce los mismos tipos de corrientes oceánicas que aparecen en la foto.

ER USTED

EL CONOCIMIENTO ES SEGURIDAD

Hachinohe (Japón), 11 de marzo de 2011 (Centro Marino Japonés de Ciencia y Tecnología). El tsunami irrumpió en la costa oriental de Japón aproximadamente 25 minutos tras el terremoto aplastando casas, inundando edificios de cuatro plantas y anegando la tierra hasta una distancia de 6 km tierra adentro. Tras las alertas de tsunami emitidas por televisión y radio durante tres minutos se hicieron sonar inmediatamente las sirenas de evacuación. Gracias a los planes preventivos, que habían identificado las zonas de riesgo, a los simulacros de evacuación ya realizados y a la información impartida en las escuelas y a la población, fue posible salvar vidas. Fallecieron cerca de 19.000 personas, que representaron, sin embargo, tan sólo un 5% aproximadamente de la población amenazada. No obstante, como en tsunamis anteriores, un número desproporcionado de víctimas fueron ancianos, mujeres y niños de corta edad.



Costa septentrional de Oahu (Hawaii). Durante el tsunami originado por el terremoto del 9 de marzo de 1957 en las islas Aleutianas, numerosas personas salieron imprudentemente a buscar peces en los arrecifes que habían quedado al descubierto, sin sospechar que las olas de un tsunami regresarían minutos después para anegar la costa (Honolulu Star Bulletin).



Aunque los tsunamis son peligrosos, no suceden con mucha frecuencia. La existencia de ese fenómeno no deben impedirle disfrutar de la playa y del mar. Sin embargo, si tiene la impresión de que se acerca un tsunami, la tierra tiembla con fuerza durante mucho tiempo bajo sus pies, el océano retrocede dejando al descubierto el fondo de la costa, se oye un fragor semejante al de un tren o se ha enterado de que hay una alerta, avise a sus parientes y amigos y

**desplácese
cuanto antes
tierra adentro o
a un terreno más
elevado.**



NOTA DE AGRADECIMIENTO

ESTE FOLLETO HA SIDO POSIBLE GRACIAS AL APOYO PRESTADO POR:

Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO

Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis: Alianza UNESCO/COI-NOAA

Département Analyse Surveillance Environnement (Francia)

Departamento de Comercio de los Estados Unidos, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)

ORIENTACIONES TÉCNICAS FACILITADAS POR:

Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis: Alianza UNESCO/COI-NOAA, <http://www.tsunamiwave.info>

Département Analyse Surveillance Environnement (Francia), <http://www-dase.cea.fr>

Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos

Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico "Richard H. Hagemeyer", <http://ptwc.weather.gov/>

Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska y la Costa Occidental, <http://wcatwc.arh.noaa.gov>

National Ocean Service (Estados Unidos), <http://www.nos.noaa.gov>

National Geophysical Data Center (Estados Unidos), <http://www.ngdc.noaa.gov>

Pacific Marine Environmental Laboratory (Estados Unidos), <http://www.pmel.noaa.gov>

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, <http://www.shoa.cl>

Escuela de Ciencia y Tecnología de la Tierra y del Océano, Universidad de Hawaii, <http://www.soest.hawaii.edu>

PUEDE OBTENERSE MÁS INFORMACIÓN SOBRE LOS SISTEMAS DE LA COI DE ALERTA CONTRA LOS TSUNAMIS Y ATENUACIÓN DE SUS EFECTOS, SOBRE LOS TSUNAMIS Y SOBRE EL ITIC EN:



Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI)
Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)
1, rue Miollis
75732 Paris Cedex 15 (Francia)
Tel: +33 1 45 68 39 83
Fax: +33 1 45 68 58 12
<http://ioc-unesco.org/>
<http://www.ioc-tsunami.org/>



Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis
Alianza UNESCO/COI-NOAA
737 Bishop St., Suite 2200
Honolulu, HI 96813-3213 (Estados Unidos de América)
Tel: <1> 808-532-6422
Fax: <1> 808-532-5576
Correo electrónico: itic.tsunami@noaa.gov
<http://itic.ioc-unesco.org>
<http://www.tsunamiwave.info>

СИМАНИУСТ

САНО РЕГИОНАЛ САН

