

¿HAY RIESGO EN ESPAÑA?

Texto: José Luis Barrera Morate
Vicepresidente
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

津波

Un tsunami (del japonés *tsu*: puerto o bahía, *nami*: ola) es una ola o serie de olas que se producen en la masa de agua oceánica al ser empujada violentamente por una fuerza vertical que la desplaza. Este término fue adoptado por los sismólogos, en 1963, en un congreso internacional para designar a las enormes olas que se producen principalmente por terremotos. Antes se les conocía como marejadas, maremotos u ondas sísmicas marinas.

En alta mar, estas olas tienen una altura inferior a una ola de viento, menos de un metro, y gran longitud de onda que supera los 100 km (entre 200 y 700 km), por lo que pasan desapercibidas. En la plataforma continental la longitud se reduce entre 50 y 150 km. Su periodo suele estar entre 0,1 y 1 hora. Hasta hace unas décadas, las olas de los tsunamis se confundían con las ondas de mareas o tormentas. Las primeras son típicamente más grandes.

La velocidad de propagación se puede conocer matemáticamente ya que es igual a la raíz cuadrada del producto entre la fuerza de gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$) y la profundidad. Para tener una idea tomemos como ejemplo la profundidad habitual del Océano Pacífico, que es de 4.000 m, y nos daría una ola que podría moverse a 200 m/s, o sea a 700 km/h. Las olas de los tsunamis pueden alcanzar alturas de 10, 20 e incluso 30 m. Sólo cuando llegan a la costa comienzan a perder velocidad, al disminuir la profundidad del océano, pero la altura de las olas, sin embargo, puede incrementarse hasta superar los 30 metros (lo habitual es una altura de 6 o 7 m).

Dependiendo de la topografía y batimetría litoral, el tsunami puede manifestarse como una marea viva, una gigantesca ola a punto de reventar o una gran masa espumosa que avanza sin que nada la detenga.

La energía de los tsunamis se mantiene más o menos constante durante su desplazamiento. Generalmente, en la propagación de un mega-tsunami, la mayor energía, correspondiente a la altura mayor de las olas, se limita al área perpendicular a la dirección de la falla.

Un tsunami que mar adentro se sintió como una ola grande puede, al llegar a la costa, destruir hasta kilómetros tierra adentro. Las turbulencias que produce en el fondo del mar arrastran rocas y arena que provocan un daño tan erosivo en las playas que llegan a alterar la geografía del litoral bajo durante muchos años. La geomorfología costera queda tan modificada que áreas que estaban antes por encima del nivel del mar, son inundadas por las mareas. El equilibrio entre las corrientes costeras y la deposición terrestre tarda años en recuperarse.

Las olas de un mega-tsunami pueden penetrar hasta 2-4 km tierra adentro en las costas bajas.

CAUSAS QUE PRODUCEN TSUNAMIS

Las causas naturales que producen tsunamis son diversas. Si duda, de todas ellas la de mayor importancia es la sísmica, no solo porque produce las mayores alturas de las olas y, por consiguiente los mayores daños, sino porque son los más frecuentes en el planeta.

Terremotos en el mar

Para que un terremoto origine un tsunami el fondo marino debe ser movido abruptamente en sentido vertical, de modo que la masa de agua pierda su equilibrio normal. Cuando esta inmensa masa trata de recuperar su equilibrio, se generan una serie de olas o "tren de olas". El tamaño del tsunami depende de la magnitud de la deformación vertical del fondo marino. No todos los terremotos generan tsunamis, sino sólo aquellos de magnitud considerable, que ocurren bajo el lecho marino y que son capaces de deformarlo. Entonces se producen los llamados mega-tsunamis. Uno de los mayores fue el del 26 de diciembre de 2004 en el NO de la isla de Sumatra, en el océano Índico.

Deslizamientos submarinos

En los taludes marinos son frecuentes los deslizamientos, bien por causas puramente gravitacionales o por causas sísmicas. Estos deslizamientos, según su magnitud y la masa desplazada, pueden provocar tsunamis. Uno de los históricamente más importantes fue el ocurrido en 1929 en Newfoundland. Un terremoto de magnitud 7.2 en la escala Richter provocó un deslizamiento submarino en la costa de Grand Banks, Newfoundland, que indujo un tsunami.

Otros tres deslizamientos subma-

Un tsunami que mar adentro se sintió como una ola grande puede, al llegar a la costa, destruir hasta kilómetros tierra adentro

rinios registrados en Storegga (Noruega) durante los últimos 35.000 años, provocaron tsunamis que afectaron seriamente la costa escocesa. En el tercer deslizamiento (hace 7.000-8.000 años), un área del tamaño de Islandia se deslizó en el mar de Noruega. Depósitos de tsunamitas se han encontrado en el registro estratigráfico costero de Escocia. Se considera como causantes de estos deslizamientos a un posible terremoto o a un intenso escape de gas.

Erupciones volcánicas

Las erupciones volcánicas ocurridas en zonas litorales pueden provocar tsunamis de dimensiones locales pero nunca se extienden más allá de unos cientos de kilómetros.

Es decir, no son mega-tsunamis similares a los de origen sísmico en cuanto a su extensión, aunque para las zonas afectadas pueden resultar devastadores. No hay ningún registro histórico de que se haya producido un mega-tsunami por esta causa. Son particularmente peligrosos cuando los volcanes se localizan en el entorno o dentro de bahías cerradas. Un ejemplo de ello fue el pequeño colapso (unos 0,2 km³) de la ladera del volcán Unzen, en Japón en 1792. Se produjo una avalancha que penetró en la bahía de Kagoshima y produjo un tsunami que mató a 5.000 personas. En 1888, el súbito colapso del volcán de la isla Ritter (Papua Nueva Guinea) generó olas de hasta 12 a 15 metros de alto que mataron a unas 3.000 personas en islas cercanas.

Los enormes colapsos del volcán Krakatoa (1883) y del volcán Santorini (1628 A. C.) provocaron ondas catastróficas (algunas de 30 m) en las áreas inmediatas pero no se propagaron a costas lejanas. Modelos numéricos y de simulación concluyen que tales eventos provocan ondas cortas que no se desplazan como las olas de los tsunamis de grandes terremotos.

Deslizamientos costeros

Hay zonas acantiladas que por causas diversas tienen riesgo de deslizamientos masivos violentos.





Llegada del Tsunami a Onagawa, Japón, 1960. Fuente: Sobreviviendo a un tsunami: lecciones de Chile, Hawai y Japón. USGS, Servicio Geológico de los Estados Unidos.

En estos casos es previsible que si ocurre el deslizamiento se pueda originar un tsunami. Estos tipos de avalanchas pueden ocasionar tsunamis que suelen disiparse rápidamente, sin alcanzar a provocar daños de importancia en las costas lejanas de los márgenes continentales. Solo se producen efectos importantes en las áreas litorales más cercanas. Este fue el caso del deslizamiento de Cabo Girao (isla de Madeira) ocurrido el 4 de marzo de 1930. Parte del acantilado volcánico de 400 m de altura se desplomó al mar. La entrada de la avalancha en las aguas provocó un tsunami con olas de 7-8 m que barrió la costa próxima.

Meteoritos

No hay antecedentes seguros acerca de su ocurrencia, pero la onda expansiva que provocarían al entrar al océano o el impacto en el fondo marino en caso de caer en zona poco profunda, son factores bastante posibles como para pensar en ellos como eventual causa de tsunami, especialmente si se trata de un meteorito de gran tamaño.

Glaciares

El desmembramiento y caída de grandes frentes de glaciares es otro factor desencadenante de tsunamis pequeños y locales. El 15 de enero de 1905, una fuerte tormenta de invierno provocó el desprendimiento desde 500 m de altura de un bloque de hielo del glaciar Ramnefjellet (situado en el fiordo Loen de Noruega) que cayó dentro del lago. La caída provocó un tsunami con una ola de 40 m de altura. Murieron 61 personas de las granjas costeras y solo nueve de ellas fueron recuperadas.

El 13 de septiembre se repitió el desastre. Esta vez, se desprendió un bloque de 1 millón de m³ que provocó una ola de 70 m de altura; murieron 44 personas. Otro de los mayores y más recientes desprendimientos fue el que ocurrió en julio de 1958 en la bahía de Lituya, en Alaska. Un terremoto provocó una avalancha de rocas y el glaciar asociado colapsó. Se provocó un tsunami que atravesó toda la bahía ocasionando grandes destrozos.

Explosiones de gran magnitud

El hombre también contribuye a la aparición de tsunamis. Ensayos de explosiones submarinas han desencadenado pequeños tsunamis que afectaron localmente al entorno.

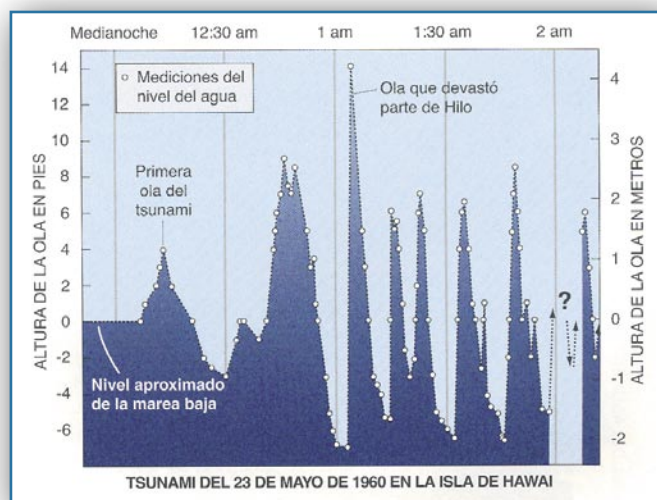
LOS MAYORES TSUNAMIS DE LOS ÚLTIMOS TIEMPOS

En el periodo de 1983-2000 se han contabilizado 119 tsunamis en el Pacífico, cinco en el Caribe y nue-

ve en el Mediterráneo. El archipiélago de Hawai es la zona de mayor riesgo de tsunamis de todo el mundo. Tiene una media de un tsunami cada año, con pérdidas de importancia cada siete. Durante el siglo XX y comienzos del XXI los tsunamis más importantes han sido:

1929 Grand Banks (Canada). El 18 de noviembre se produjo un terremoto de 7.2 grados que provocó un deslizamiento submarino de unos 200 km³ que indujo, a su vez, un tsunami. En la zona cercana, el nivel del mar se elevó entre 2 y 7m. El tsunami llegó a zonas tan lejanas como Carolina del Sur y Portugal.

1946 Islas Aleutianas (Alaska). El 1 de abril, se produjo un terremoto de magnitud 7.8 al sur del archipiélago. El tsunami barrió las costas de Alaska y llegó a Hilo (Hawai) a las 4,9



Registro mareógrafo en Onagawa. USGS

Indonesia,
costa de
Banda Aceh.
Tsunami
del 26 de
diciembre
de 2004.
Antes.



Todos los tsunamis que ha habido en España, excepto tres, han sido provocados por terremotos, muchos de ellos con epicentro en el mar. Las costas atlánticas del sur de España y las mediterráneas, incluidas las Baleares, son las más expuestas a sufrir los efectos de los tsunamis

horas con olas de 8,1 m de altura. Hilo sufrió daños por valor de 26 millones de dólares y murieron 96 personas. En otras islas hawaianas, la altura de las olas fue de 12 m.

- 1952** Península de Kamchatka (Rusia). El 4 de noviembre se produjo un terremoto de magnitud 8.2-9 que provocó un tsunami con olas de 13 m. Éste causó muchos daños en Kamchatka y se propagó por el Pacífico. La isla de Midway, a 3.000 km del epicentro, se inundó con 1 m de agua. En el archipiélago de Hawai las ondas destruyeron barcos, puertos, puentes, líneas telefónicas e inundaron muchos bajos. El tsunami llegó a las costas chilenas al día siguiente teniendo la mayor intensidad en Talcahuano.
- 1957** Islas Aleutianas (Alaska). El 9 de marzo se produjo un violento terremoto de 9.1 grados, en el mismo lugar que el ocurrido en 1946. El sismo generó dos tsunamis de 15 y ocho metros, que llegaron a Hawai, Chile y Japón.

- 1960** Chile. El 22 de mayo se produjo un terremoto de magnitud 9.5 en el plano de subducción de la costa chilena, concretamente en Valdivia. La ruptura tuvo 1000 km de largo, y el desplazamiento sobre el plano de falla superó los 20 m. Como consecuencia del sismo, se originaron tsunamis que arrasaron las costas de Japón (138 muertes y daños por 50 millones de dólares), Hawai (61 muertos y 75 millones en daños), Filipinas (32 muertos). La Costa Oeste de Estados Unidos también registró un tsunami que provocó daños por más de 500.000 de dólares. En la

costa chilena las olas alcanzaron los 10 m de altura y mataron a decenas de personas.

- 1964** Prince William Sound (Alaska). El 28 de marzo se produjo un terremoto de magnitud de 9.2 grados, que mató a 15 personas, aunque otras 125 perecieron por los tsunamis (uno local por deslizamiento, y otro regional). Originó 311 millones de dólares en pérdidas y devastó poblados en el Golfo de Alaska y la costa oeste de Norteamérica. En las costas de Alaska hubo olas entre 6,1 y 27,4 m. El tsunami llegó en 5,4 horas a Hawai con olas de tres metros de altura.

- 2004** NO de Sumatra. El 26 de diciembre, un terremoto de 9.1 sacudió todo el Índico. Entre muertos y desaparecidos se contabilizaron 220.000, la mayoría por el efecto del tsunami, que recorrió todo el océano Índico afectando principalmente a India, Sri Lanka e Indonesia. Varias regiones de Tailandia, Malasia y las islas Maldivas también fueron barridas por un tsunami que se produjo a lo largo del Golfo de Bengala. Las olas también alcanzaron las costas de Somalia y Kenia, en África. Este tsunami es el que ha provocado el mayor número de víctimas en toda la historia.

¿HAY RIESGO DE TSUNAMI EN LOS TERRITORIOS ESPAÑOLES?

Exceptuando el desprendimiento de glaciares, las costas españolas (península y archipiélagos de Baleares y Canarias) están amenazadas de tsunamis por todas las causas restantes. En el registro histó-



Indonesia,
costa de
Banda Aceh.
Tsunami
del 26 de
diciembre
de 2004.
Después.

rico español (desde el año 218 AC hasta el año 2003) se contabilizan 23 tsunamis. La mayoría son relatos documentales realizados por las poblaciones de las áreas costeras sin datos instrumentales. Solo desde el acaecido en 1954, los mareógrafos registran estas elevaciones bruscas del nivel del mar, cuantificando más correctamente el evento.

Todos los tsunamis menos tres han sido provocados por terremotos, muchos de ellos con epicentro en el mar. Las costas atlánticas del sur de España (Huelva y Cádiz) y las mediterráneas (incluidas Baleares) son las más expuestas a sufrir los efectos devastadores de los tsunamis. Causas volcánicas y deslizamientos submarinos completan las causas productoras de estas grandes olas. En 1706, hubo retiradas y reflujos marinos en Garachico (Tenerife) provocados por la erupción volcánica del volcán de Garachico, o volcán de Arenas Negras. Sin duda, las islas Canarias son un foco potencial de tsunamis por causas volcánicas o deslizamientos costeros de ladera. En los años 1954 y 1980, los mareógrafos registraron dos tsunamis en el mar de Alborán que se asociaron a deslizamientos marinos.


Del análisis del registro histórico se concluye que la mayor amenaza de tsunamis en España está asociada a la fractura tsuamigénica de la falla Azores-Gibraltar, que se prolonga por el norte africano. Este gran accidente puede ocasionar mega-terremotos (magnitud >8.0) que provoquen tsunamis altamente peligrosos. Tres ejemplos, uno histórico y otros muy reciente, ilustran este peligro.

1-11-1755 El mayor tsunami que afectó a las costas españolas, según el registro histórico, fue el asociado al terremoto de Lisboa. Un sismo de 8.9 grados de magnitud se produjo al SO del Cabo de San Vicente. Como consecuencia del mismo, un tsunami barrió las costas de Huelva y Cádiz, con cinco olas de 13 a 18 m, matando a 22.000 personas que, ignorantes del fenómeno, bajaron a las playas a observar la enigmática retirada del mar. En la Bahía de Cádiz, aún permanecen los depósitos de tsanamitas arrastrados por el mar.

6-10-1980 Un sismo de 7.1 grados sacudió la ciudad

de El Asnan (hoy Ezh-Zheliff) y mató a por lo menos 5.000 personas. El mareógrafo de Alicante registró un tsunami de 2m de amplitud.

21-05-2003 Un terremoto de magnitud de 6.7 en la escala de Richter sacudió la costa de Argelia. El terremoto se sintió en las Islas Baleares, donde un tsunami provocó destrozos en el puerto de Ciudadela en Menorca. Las olas alcanzaron Baleares en tan solo 20-30 minutos. El nivel del mar bajó hasta dos metros y en algunos puertos quedó a la vista el fondo marino. Minutos después, grandes olas de dos metros y una frecuencia de doce minutos llegaron a los puertos y arrasaron todo lo que hallaron a su paso. Los pantanales quedaron totalmente cubiertos por el agua. En el litoral de Menorca se hundieron 73 embarcaciones. En el conjunto de las islas se cuantifican en más de un centenar las embarcaciones hundidas, incluyendo un remolcador, y se anegaron numerosas calles y sótanos.

Después de este último tsunami, las autoridades españolas están preparando un Plan de Aviso y Alerta a las poblaciones más expuestas. Habría que extenderla al Mediterráneo con la participación de otros países como Marruecos, Argelia Túnez, Francia e Italia. En las zonas españolas de riesgo, sería necesario realizar estudios detallados de la batimetría costera en las zonas portuarias. 

Simulación del tsunami del terremoto de Lisboa. Proyecto GITEC.

