

Introducción

En los últimos 150 años los tsunamis han causado más de 500 000 muertos y la destrucción de extensas áreas costeras en todo el mundo, con inmensas pérdidas económicas (250 mil millones de euros en las dos últimas décadas). El más catastrófico ocurrió en 2004, como consecuencia de un tremendo terremoto submarino de magnitud (M) 9,1 en la costa de Sumatra, afectando a todas las costas del océano Índico y matando a más de 230 000 personas, convirtiéndose así en el tsunami más mortífero de la historia. En 2011, otro gran terremoto de igual magnitud provocó un tsunami en la costa de Japón que mató a más de 20 000 personas, extendiéndose hasta gran parte de las costas del Pacífico. Los terremotos que causaron ambos tsunamis se cuentan entre los cinco de mayor magnitud ocurridos históricamente en el planeta.

Los causantes de la gran mayoría de los tsunamis son los terremotos submarinos. Los tsunamis de origen sísmico se extienden concéntricamente a gran velocidad desde el epicentro, pudiendo propagarse miles de kilómetros. Sin embargo, a pesar de la gran extensión y capacidad de destrucción que pueden provocar en zonas costeras, no se califican como “megatsunamis”, ya que la altura de las olas al alcanzar la costa rara vez supera los 10 m en el caso de terremotos de gran magnitud.

La máxima altura alcanzada por las olas en la costa es el parámetro en el que, aunque de manera informal, se basa la definición de megatsunami. Esta calificación, que suele aplicarse a los grandes tsunamis sísmicos, hace referencia en todo caso al extenso alcance y gran impacto que causan, amén de los inmensos daños, como ocurrió en el gran terremoto de Chile de 1960, con M 9,5, el mayor registrado en la historia, que originó tsunamis destructivos que llegaron a todas las costas del Pacífico, especialmente a las de Chile, Hawái y Japón, con alturas máximas de 12 m en Chile y algo más de 4 m en Japón.

En ocasiones se han atribuido megatsunamis de más de 40 m de altura de ola a la acción directa de terremotos submarinos, como el de Alaska de 1946 o el más reciente de 2011 de Indonesia, planteándose el debate científico por la desproporción entre la gran altura alcanzada por las olas en la costa y la magnitud de los sismos. Un tsunami ocurrido en Papúa Nueva Guinea en 1998, tras un terremoto de M 7,1, insuficiente para explicar la altura de 15 m alcanzada por las olas, que causaron 2800 muertos, fue clave en la investigación del origen de las grandes olas sísmicas al encontrarse evidencias geológicas de un deslizamiento rotacional submarino como la causa más probable del tsunami de 1998 (Tappin *et al.*, 2001), explicando así la excesiva altura de las olas. Hasta entonces, solo el tsunami de 1929, tras el terremoto de Grand Banks (M 7,2) en el Atlántico norte, con olas de hasta 13 m en las costas cercanas, se había asociado claramente a un gran deslizamiento submarino desencadenado por el terremoto, tras constatarse la rotura de numerosos cables telegráficos submarinos como consecuencia de grandes movimientos de tierras en el fondo del mar.

Ambos son ejemplos de tsunamis producidos por deslizamientos que superan la altura de las olas de los movimientos tectónicos, y su investigación ha sentado las bases para el conocimiento de los deslizamientos submarinos como causa y origen de olas gigantescas. Un caso muy estudiado desde hace décadas es el tsunami de Storegga, que golpeó las costas de Noruega y del mar del Norte hace unos 8200 años, con olas de decenas de metros, originado por deslizamientos de gran

volumen en la plataforma continental noruega; las investigaciones comenzaron tras el descubrimiento de los depósitos que dejaron las olas en las costas de los países próximos.

Mientras que los tsunamis “convencionales” generados por terremotos consisten en una serie de ondas de longitud y periodo extremadamente largos, que pueden viajar miles de kilómetros y alcanzar costas muy lejanas, los megatsunamis asociados a deslizamientos son fenómenos locales, pero de gran magnitud e impacto en zonas litorales próximas.

Descartando los terremotos como causa directa, otros procesos geológicos pueden provocar olas gigantes, o megatsunamis, con alturas que multiplican por 10 la de las mayores olas sísmicas. Muchos de ellos han sido registrados u observados por el ser humano o documentados desde tiempos prehistóricos por evidencias geológicas, y algunos se cuentan entre los más destructivos e impactantes, como se ilustra en los siguientes casos ocurridos en los últimos 75 años.

El megatsunami de las islas Aleutianas (Alaska), 1946

El 1 de abril de 1946, poco después de ocurrir un terremoto submarino de M 8,6 en la zona de subducción de las islas Aleutianas (el segundo mayor registrado en la historia de Norteamérica), y de forma totalmente inesperada, un inmenso tsunami de más de 40 m hizo desaparecer de golpe el recién construido edificio de hormigón del faro de Scotch Cap, en la isla de Unimak, situado a unos 27 m sobre el nivel del océano y de cinco pisos de altura (figura 1). Con el faro desaparecieron los cinco guardacostas que lo ocupaban. El tsunami cruzó el Pacífico, alcanzando el archipiélago de Hawái unas cinco horas después con olas de varios metros, causando numerosos daños y matando a 173 personas, casi todas en la ciudad de Hilo. Igualmente fueron golpeadas por grandes olas las costas de Chile y la Antártida. Este desastre transpacífico dio lugar a la creación, en 1949, del primer sistema de alerta de tsunamis de Estados Unidos, que más tarde se convertiría en el Pacific Tsunami Warning Center (PTWC).

FIGURA 1

Arriba, vista de Scotch Cap con el faro de hormigón en primer término antes de ser arrasado por el megatsunami de 1946. Abajo, vista después del megatsunami, con los restos del edificio del faro (flecha). En el montículo (abajo a la izquierda) se encontraba un faro antiguo de madera, que fue igualmente destruido por la ola. El agua llegó a inundar los edificios de la planicie superior.



FUENTE: K. ANDERSON ([HTTP://BIT.LY.WS/IZFN](http://bit.ly.ws/IZFn)); US COAST GUARD.

El megatsunami de Lituya (Alaska), 1958

En los años cincuenta, el geólogo americano Don Miller visitó la bahía de Lituya intrigado por las marcadas líneas de corte de la vegetación que se observaban, hasta los 150 m de altura, en las boscosas y pronunciadas laderas de la estrecha bahía, e identificó tres diferentes líneas de corte producidas en el último siglo, aunque desconocía su causa. La noche del 10 de julio de 1958, tras un terremoto de $M \sim 7,8$ generado por una importante falla que atraviesa la cabecera de la bahía, un enorme desprendimiento rocoso de 90 millones de toneladas de rocas y hielo cayó en el extremo interior de la angosta ensenada, de 11 km de largo, causando la mayor ola registrada en la historia, alcanzando los 524 m sobre el nivel del mar (s.n.m.) y arrasando los bosques de las laderas muy por encima de las marcas anteriores observadas por Miller (figura 2). Esa tarde, a pesar de lo remoto del lugar, se encontraban fondeados en la apacible bahía tres pequeños barcos con seis personas a bordo. Los testigos oculares describen una escena caótica: intensas sacudidas durante minutos, estruendos y explosiones de rocas y hielo que se elevaban cientos de metros en el aire; a continuación, una serie de olas gigantescas recorrieron la bahía. Olas de 30 m elevaron las embarcaciones por encima de sus crestas, desapareciendo para siempre dos de ellas, y destruyeron las escasas construcciones en las laderas y el faro a la entrada de la bahía.

Los trabajos posteriores de Miller, del Servicio Geológico de Estados Unidos, y otros geólogos de la Universidad de Berkeley descubrieron y explicaron el origen de la ola, ante lo impensable de que hubiera sido causada por el terremoto, contribuyendo al estudio y la comprensión de las grandes olas originadas por las avalanchas rocosas, en la actualidad denominadas comúnmente *megatsunamis*.

FIGURA 2

Arriba, vista de la bahía de Lituya un mes después del tsunami de 1958, causado por un desprendimiento de rocas en la cabecera de la bahía. La ola arrasó una franja de bosque de las laderas (zona clara); al fondo se observa el escarpe del desprendimiento rocoso (flecha). Abajo, vista de la zona interior de la bahía, donde la ola alcanzó la máxima altura sobre la ladera: 524 m; al fondo a la derecha se observa la pared del desprendimiento rocoso.



FUENTE: USGS/MILLER (1960A); CHARLES Y EMMA JEAN MADER ([HTTP://BITLY.WS/IZG8](http://bitly.ws/IZG8)).

El megatsunami de Spirit Lake (EE UU), 1980

La erupción del volcán Saint Helens en mayo de 1980, que había permanecido inactivo desde hacía más de 100 años, desencadenó el mayor deslizamiento subaéreo registrado en la historia, con un volumen de $2,8 \text{ km}^3$ (figura 3), acompañado de una gran explosión lateral o *blast*, movilizando una gigantesca

avalancha de rocas ladera abajo a gran velocidad, parte de la cual penetró en el lago Spirit, situado al norte del volcán. El choque con el agua produjo una ola de más de 250 m que, junto con la inmensa masa de rocas y troncos, rebasó el lago hacia el cauce del río Toutle, arrasando todo a su paso y causando docenas de muertos a pesar de lo remoto de la zona. Este es el caso más conocido de un megatsunami en un lago.

El deslizamiento del Saint Helens constituyó un hito en la comprensión e investigación de los grandes deslizamientos en los flancos de los edificios volcánicos, que ha permitido avanzar en el estudio de estos procesos en islas volcánicas oceánicas como las de Hawái, Canarias o Cabo Verde.

FIGURA 3

El volcán Saint Helens (Washington, EE UU) antes y después del deslizamiento de su flanco norte, que decapitó su cumbre reduciendo su altura en 400 m. El deslizamiento produjo un megatsunami en el lago Spirit, al norte del volcán.



FUENTE: USGS, FOTOGRAFÍA DE HARRY GLICKEN.

El megatsunami de Vaiont (Italia), 1963

El 9 de octubre de 1963, una masa rocosa de 270 millones de metros cúbicos ($0,27 \text{ km}^3$) de rocas de la ladera del monte Toc se precipitó a gran velocidad sobre el embalse del Vaiont, en el norte de Italia, con unos 150 millones de m^3 de agua embalsada en ese momento. El deslizamiento repentino expulsó unos 50 millones de m^3 fuera del embalse, generando una ola cuya altura superó los 260 m en la ladera opuesta, rebasando la coronación de la presa 100 m por encima de la misma, y cayendo del otro lado a la garganta del torrente del Vaiont. La gran masa de agua discurre hacia el valle del río Piave, elevando decenas de metros el nivel del río y destruyendo la población de Longarone y otras poblaciones aguas abajo (figura 4). Más de 2000 personas murieron y muchas otras desaparecieron o resultaron heridas por efecto directo de la ola. El deslizamiento de Vaiont fue la mayor tragedia de la década de los sesenta, y uno de los mayores deslizamientos registrados y documentados en la historia.

El embalse, construido a finales de los años sesenta del pasado siglo por la Compañía Adriática de Electricidad, aunque en manos del Estado italiano desde 1962, estaba en proceso de llenado cuando ocurrió el deslizamiento. A pesar de las señales y avisos del movimiento de la ladera en los meses previos, en los que aparecieron grandes grietas y movimientos locales, no se prestó la suficiente atención. Hasta que ya era demasiado tarde y la rotura era inminente, no comenzó a tomarse medidas como el vaciado del embalse.

FIGURA 4

La población de Longarone antes y después de ser arrasada por la ola procedente del embalse del Vaiont. Al fondo se observa la garganta del Vaiont, por donde llegó la ola hasta el valle del río Piave.



FUENTE: UNITED PRESS INTERNATIONAL ([HTTP://BITLY.WS/IZHY](http://bitly.ws/IZHY)).

Los casos anteriores son algunos de los mayores y más emblemáticos megatsunamis históricos ocurridos en el planeta. Tres de ellos fueron causados por la repentina y violenta entrada en el mar, en lagos u otras masas de agua, de grandes deslizamientos o avalanchas rocosas, en ocasiones asociados a terremotos o erupciones volcánicas. En el caso del megatsunami que

golpeó la isla de Unimak (Alaska) en 1946, años después, ante la increíble posibilidad de atribuir la enorme ola al movimiento tectónico (por la desproporción entre la altura y la magnitud del terremoto), se verificó por investigaciones geofísicas que había sido causado por un gran deslizamiento submarino en la plataforma de las Aleutianas, desencadenado por el sismo.

También las grandes erupciones explosivas en islas volcánicas pueden ocasionar megatsunamis, como ocurrió en Krakatoa (Indonesia) en las islas Krakatoa (Indonesia) en 1883 y en 2018.

El número de megatsunamis registrados en el siglo XXI, y concretamente entre 2014 y 2020, causados por avalanchas o deslizamientos rocosos, está muy por encima de lo esperable según los datos disponibles para el siglo XX, y pone de manifiesto la frecuencia de estos fenómenos. De hecho, quizás la ocurrencia de megatsunamis sea más frecuente de lo pensado hasta ahora en base a los —escasos— registros documentados de las fuentes de datos existentes. Y, por otro lado, quizás la evolución de las condiciones climáticas influya en la generación de megatsunamis en zonas heladas —se han registrado cuatro casos en los últimos años, lo que supone una frecuencia inusual—, donde la retirada de las masas de hielo en escarpados y estrechos fiordos como los de Alaska, la presencia de materiales alterados y masas de hielo y la frecuencia de fuertes sismos, pueden condicionar la ocurrencia de grandes desprendimientos rocosos que causan megatsunamis locales con inmensas olas. Los tsunamis generados por deslizamientos de tierra en las costas meridionales de Alaska son únicos en el mundo y destacan por su frecuencia y tamaño, no siendo raras las olas de 30 m o más. Ante estos datos, se puede plantear la posible relación entre la inusual frecuencia de megatsunamis y eventuales cambios en las condiciones climáticas actuales del planeta.

En octubre de 2015, 180 millones de t de roca —el mayor desprendimiento no volcánico documentado en América del Norte— cayeron en el fiordo Taan, en Icy Bay (Alaska). Parte de la masa rocosa se precipitó al agua generando un

tsunami con olas que llegaron a los 190 m de altura. En el año 2017, un derrumbe de una pared del fiordo Karrat (Groenlandia), provocó una repentina ola de 90 m que mató a cuatro personas y causó grandes daños en la población cercana. El desprendimiento rocoso no fue causado por un terremoto.

Además del megatsunami originado por la rotura del flanco del volcán Anak Krakatau en 2018, este mismo año un gran desprendimiento rocoso en una de las laderas del embalse de Bureya (Rusia), causó un megatsunami con olas que llegaron a los 90 m de altura sobre las laderas opuestas, rellenando, además, parte del vaso (figura A color).

El megatsunami más reciente —hasta abril de 2023— ocurrió el 28 de noviembre de 2020 en una zona montañosa al oeste de Canadá, donde el retroceso de un glaciar en un remoto valle de las Montañas Costeras provocó un enorme desprendimiento de rocas que impactó contra un pequeño lago y causó un tsunami con olas que alcanzaron 114 m de altura en la ladera opuesta del valle.

Los megatsunamis originados por deslizamientos de decenas o cientos de millones de m³ en Lituya en 1958, en las islas Aleutianas en 1946, y otros muchos casos de menor volumen, tuvieron pocos o nulos efectos más allá del entorno de la zona donde se originaron, decayendo rápidamente la altura de las olas al alejarse de la fuente. Lo mismo sucedió con las olas gigantescas provocadas por las explosiones y los deslizamientos asociados a la erupción del volcán Krakatoa de 1883 o a la erupción del volcán Unzen-Mayuyama (Japón) en 1792, que, a pesar de alcanzar a costas pobladas de forma muy amortiguada, causaron los dos tsunamis volcánicos más mortíferos ocurridos en la historia (no existen datos del tsunami provocado por la explosión de la isla de Thera, o Santorini, hace 3600 años).

Los casos citados son algunos ejemplos excepcionales de los que ha quedado registro histórico o geológico, pero a lo largo de la dilatada historia de la Tierra, en miles de ocasiones se han producido por diversas causas olas gigantes o megatsunamis.

Este libro recoge el estado del conocimiento sobre megatsunamis, incluyendo la recopilación de los datos disponibles en publicaciones, catálogos y bases de datos nacionales, regionales o mundiales. La información de las distintas fuentes se ha analizado, contrastado y verificado, confirmando así su verosimilitud, desechando en ocasiones datos erróneos o no justificados. Se describen los aspectos más reseñables de los megatsunamis más importantes ocurridos en tiempos históricos y prehistóricos. Se dedica un capítulo del libro a los megatsunamis prehistóricos de las islas Canarias, ejemplos de los mayores ocurridos en el planeta, cuyos depósitos aparecen repartidos por varias islas como testigos de la ocurrencia de procesos geológicos de enormes dimensiones.