

## TSUNAMI

---

*Tsunami* es una palabra de origen japonés formada por dos términos: *tsu*, que significa "puerto" o "bahía", y *nami* "ola"; e indica un maremoto en un puerto.

En general, el término tsunami se aplica a una ola gigante, de más de 15 metros de altura, que llega a la costa y produce grandes inundaciones.

La procedencia nipona del vocablo es explicable debido a que ese país asiático es azotado por estos devastadores fenómenos.



**Figura 1:** Grabado "La gran ola de Kanawaga", del artista japonés Katsushika Hokusai.

La Figura 1 muestra el grabado "La gran ola de Kanawaga", una de las obras de arte más famosas de la cultura nipona, realizada entre 1830 y 1833 por el artista japonés Katsushika Hokusai, en la misma está ilustrada la relación que posee el pueblo japonés con la naturaleza; se observa cómo una gigante ola amenaza con arrasar el sagrado monte Fuji, símbolo nacional de Japón.

El vocablo japonés *tsunami* se ha utilizado en términos coloquiales, por lo menos desde el año 1890, y se puede definir como una catastrófica sucesión de olas progresivamente más grandes con un gran poder destructivo sobre la costa, que se generaron en el océano por un terremoto, una erupción volcánica o un deslizamiento de tierra en la zona litoral.

En 1939, el destacado sismólogo estadounidense de origen germano Beno Gutenberg (1889-1960), propuso adoptar de manera oficial y generalizada la palabra “*tsunami*” para denominar a estos terribles fenómenos, en lugar de las expresiones anteriores: *tidal wave* (marea), o *seismic sea wave* (ola marina sísmica); al año siguiente de su muerte su idea fue aceptada por la Comunidad Científica Internacional en la reunión de la IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) sobre *tsunamis*, realizada en Hawái en 1961.

Si bien el término *tsunami* no forma parte de los vocablos reconocidos por el diccionario de la *Real Academia Española (RAE)*, se trata de una palabra muy utilizada como sinónimo de *maremoto*, aunque el *tsunami* hace alusión específicamente a una ola que arrasa la costa.

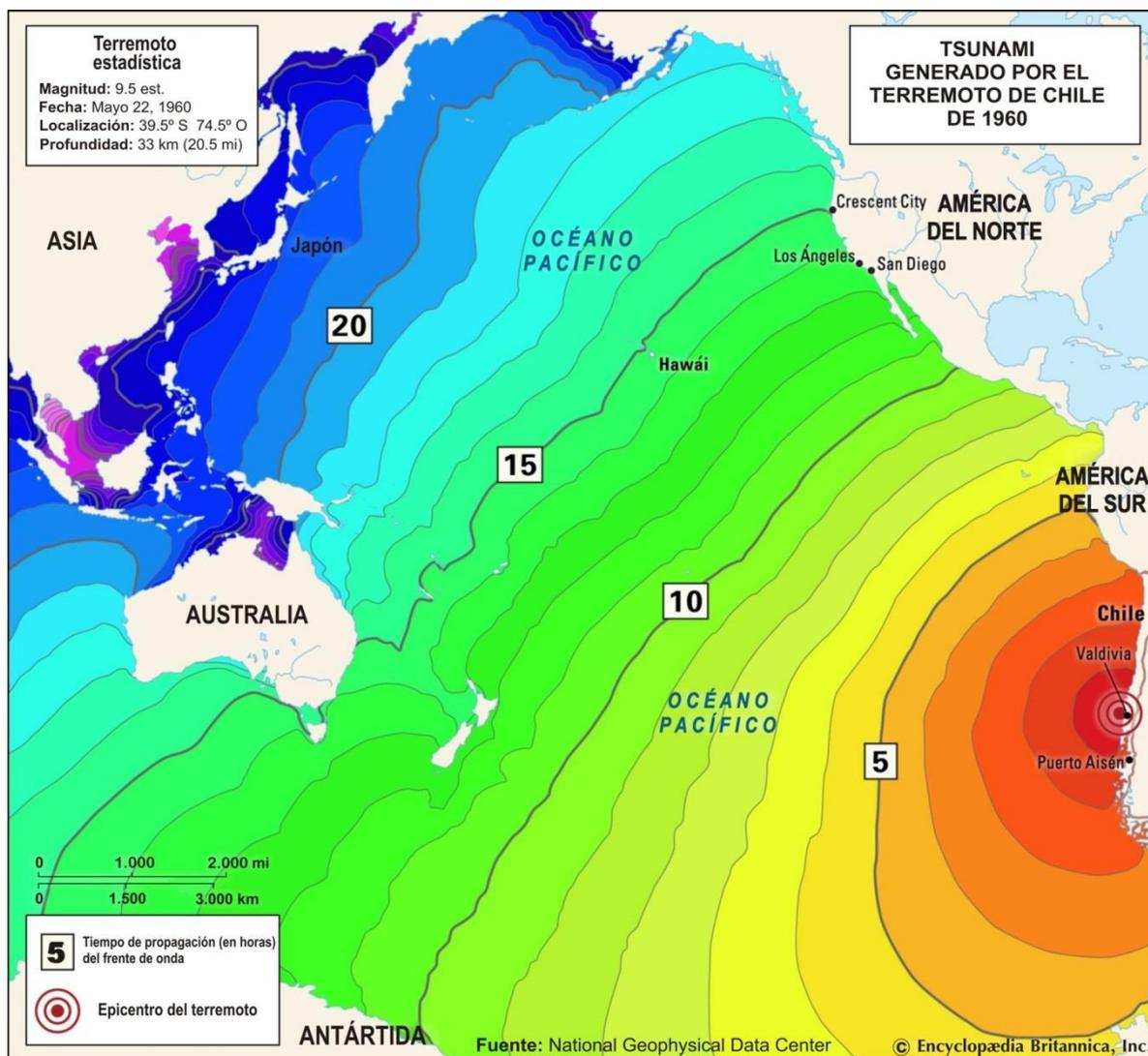
Por su parte, la palabra *maremoto* proviene del latín *mare* (mar) y *motus* (movimiento). Según el Diccionario de la Real Academia Española *maremoto* es “*una agitación violenta de las aguas del mar a consecuencia de una sacudida del fondo, que a veces se propaga hasta las costas dando lugar a inundaciones*”.

El terremoto más grande registrado instrumentalmente en el mundo ocurrió en las costas de Valdivia (Chile), el 22 de mayo de 1960, con una Magnitud estimada de 9.5 en la escala Richter, y XII grados de Intensidad en la escala Mercalli Modificada. Este terremoto fue percibido en distintos puntos del planeta. Se estima que esta catástrofe natural costó la vida entre 1.700 y 2.000 personas, y dejó damnificados a más de 2 millones.



**Figura 2:** Daños en la ciudad costera de Hilo (Hawái) provocados por el tsunami generado por el Terremoto de Valdivia del 22 de mayo de 1960, 15 horas después de ocurrido el mismo.

Este terremoto produjo una onda expansiva que comenzó a recorrer el océano Pacífico. Casi quince horas después del evento, un maremoto de 10 m de altura azotó la isla de Hilo, en el archipiélago de Hawái (Figura 2; Figura 3), a más de 10.000 km de distancia del epicentro, provocando la muerte de 61 personas. Similares eventos se registraron en Japón, Filipinas, Isla de Pascua, la zona oeste de Estados Unidos, Nueva Zelanda, Samoa y las islas Marquesas.



**Figura 3:** Imagen que ilustra las líneas de igual tiempo de propagación del tsunami generado por el terremoto de Chile del 22 de mayo de 1960, desde el epicentro hacia los puntos de arribo en litorales distantes.

Los grandes tsunamis, especialmente en el Pacífico, se originan en alguna de las grandes trincheras oceánicas, como las de Chile, Japón y las Aleutianas. La ola viaja, a través del mar abierto, con velocidades elevadas del orden de los 900 m/s a 300 m/s, dependiendo de la profundidad del mar, y con amplitudes relativamente pequeñas, del orden de uno a unos cuantos metros. Cuando se acerca a las costas, donde la profundidad del agua disminuye, la

ola crece, alcanzando a veces alturas considerables y arrasando ciudades enteras. Se han registrado olas de 30 m de altura en las costas de Indonesia debido al tsunami generado por la erupción del volcán Krakatoa del 27 de agosto de 1883.

Los lugares con una alta frecuencia de estos fenómenos son: Alaska, Estados Unidos de Norteamérica, Hawái, Canadá, Indonesia, Chile, Sri Lanka, Tailandia, La India, Japón y toda zona costera donde se producen enfrentamientos de placas tectónicas (Figura 10).

Se calcula que al menos el 90% de estos fenómenos son provocados por terremotos, en cuyo caso reciben el nombre de "*maremotos tectónicos*" y el otro 10% por *erupciones volcánicas* y *fallas geológicas*.



Uno de los procesos de generación de un tsunami se produce como consecuencia de un brusco desplazamiento del fondo marino, ya sea un levantamiento o hundimiento de éste, que puede deberse a una dislocación de la corteza oceánica, o bien debido a la acción de terremotos submarinos. Esto provoca que una gran cantidad de agua del océano sea impulsada fuera de su nivel, la que al tratar de recuperar su equilibrio produce inmensas olas.

**Figura 4:** Formación de un tsunami debido a un desplazamiento brusco del fondo marino.



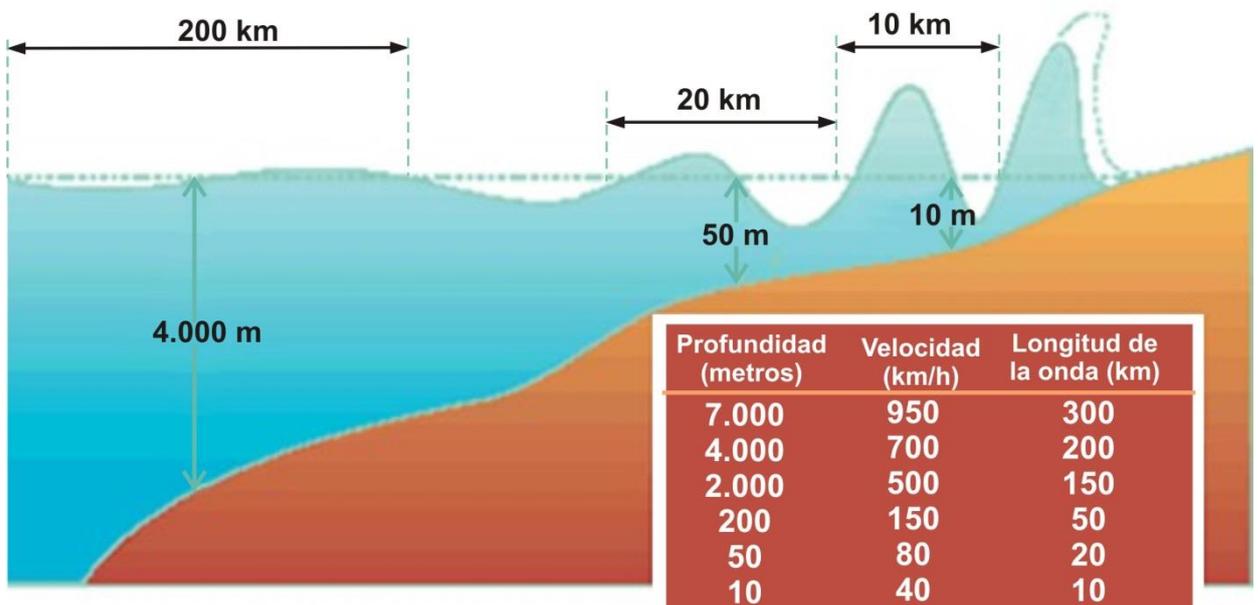
También se originan por erupciones volcánicas, lo que provoca una gran expulsión de magma en el océano, con lo cual enormes volúmenes de agua son empujados hacia arriba, formándose una gran ola. Cuando esto sucede, el suelo oceánico puede moverse hacia arriba muy rápidamente varios cientos de metros.

El tamaño del tsunami estará determinado por la magnitud de la deformación vertical del fondo marino. No todos los terremotos bajo la superficie acuática generan tsunamis, sólo aquellos de magnitud considerable, y que su hipocentro se encuentre en un punto de profundidad determinada.

**Figura 5:** Tsunami generado por una erupción volcánica.

A partir de un sismo de magnitud 6.4 comienzan a ser significativos, y son realmente devastadores a partir de 7 en la escala de Richter.

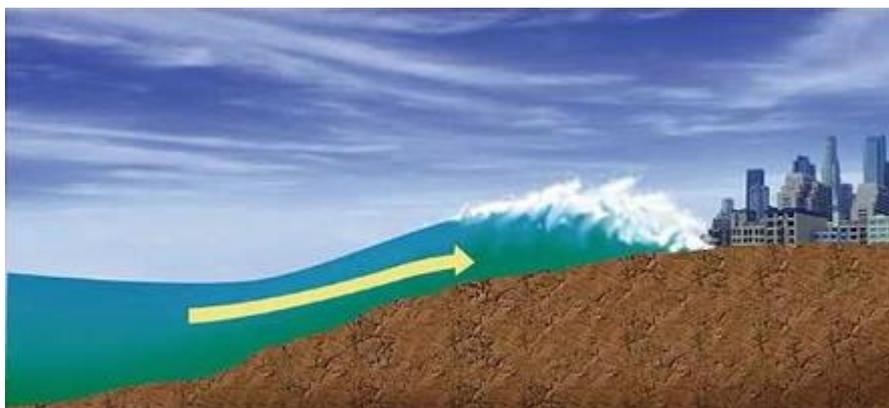
Al momento de ocurrir un terremoto mar adentro, en una profundidad aproximada de 7.000 metros (7 kilómetros), las olas viajarán a velocidades cercanas a los 950 km/h, con una longitud de onda de aproximadamente 300 kilómetros (Figura 6), y una altura de pocos cm.



**Figura 6:** Velocidad y longitud de la ola en función de la profundidad del mar.

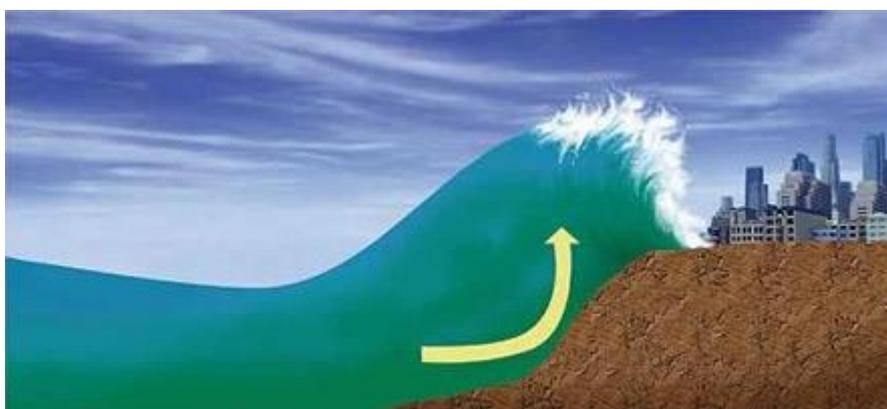
A medida que la ola se acerca a la costa, en donde la profundidad del fondo marino comienza a disminuir, la longitud de la onda disminuye y su altura aumenta. Cuando el tsunami descarga sobre la costa, esa energía se concentra en una distancia y profundidad mucho menores, creando olas destructivas y potencialmente letales, como se ilustra en la Figura 8. Los tsunamis son una serie de ondas que pueden ser destructivas durante horas, incluso la 1ª onda puede no ser la mayor.

Cuando la costa tiene poca inclinación el maremoto es menos acentuado, esto hace que las olas pierdan fuerza y altura, pero no dejan de ser peligrosas (Figura 7).



**Figura 7:** Efecto del tsunami en costas con poca inclinación.

Por otra parte, mientras más empinada es la costa, más altura alcanzarán las olas, pero seguirá teniendo forma de onda plana. Hay un cambio de energía de velocidad a amplitud; la ola se frena, pero gana en altura, provocando que ésta tenga un poder destructivo mucho mayor (Figura 8).



**Figura 8:** Efecto del tsunami en costas con grandes pendientes.

Al ocurrir un tsunami la ola empuja una masa de agua mucho más grande que una ola normal, por lo que el primer impacto de agua viene con gran fuerza provocando que el mar penetre tierra adentro. Por esta razón la mayoría de los tsunamis son percibidos como una inundación en la que la zona afectada es anegada rápidamente.

Antes de la llegada de la primera gran ola el mar tiende a retirarse de la costa varios metros, pareciendo una rápida marea baja. Desde ese momento hasta la llegada de la ola principal pueden transcurrir de 5 a 10 minutos.

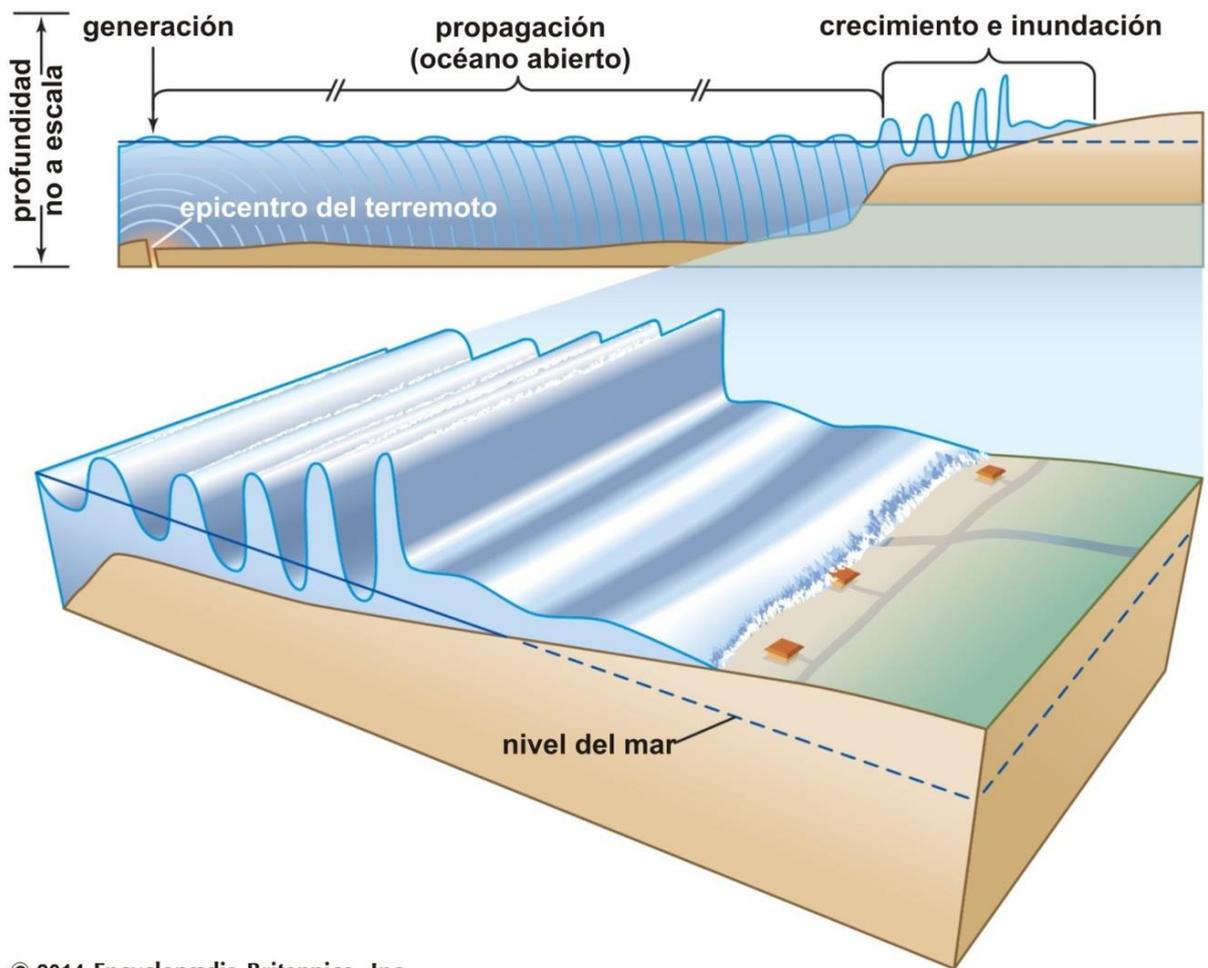
Debido a que la intensidad de los tsunamis es casi constante, pueden llegar a cruzar océanos y afectar costas muy alejadas del lugar donde se originó el fenómeno.

Los tsunamis son monitoreados permanentemente por boyas marinas instaladas en los océanos por organismos de investigación de diferentes países, esto permite dar a las poblaciones costeras una alerta temprana, con lo cual se adoptan medidas de prevención con bastante antelación, que evitan mayores pérdidas de vidas humanas.

En los tsunamis se pueden determinar tres fases evolutivas: *la generación, la propagación y la inundación* (Figura 9).

- *Generación*: El movimiento de una falla en la que una placa se desplaza bruscamente sobre otra, provoca un súbito levantamiento de una de ellas; esa energía es transferida al agua subyacente que eleva su nivel.
- *Propagación*: La ola se propaga por las aguas profundas del océano a altas velocidades, y presentan una longitud 600 veces mayores que su altura, con lo cual la pendiente de la ola es muy suave para ser detectada en alta mar.
- *Inundación*: Al alcanzar aguas con bajas profundidades la ola empieza a ralentizar su velocidad y penetra e inunda el terreno como una gran marea. Otras veces, la refracción y amontonamiento convierten la energía de la ola en una peligrosa pared de agua.

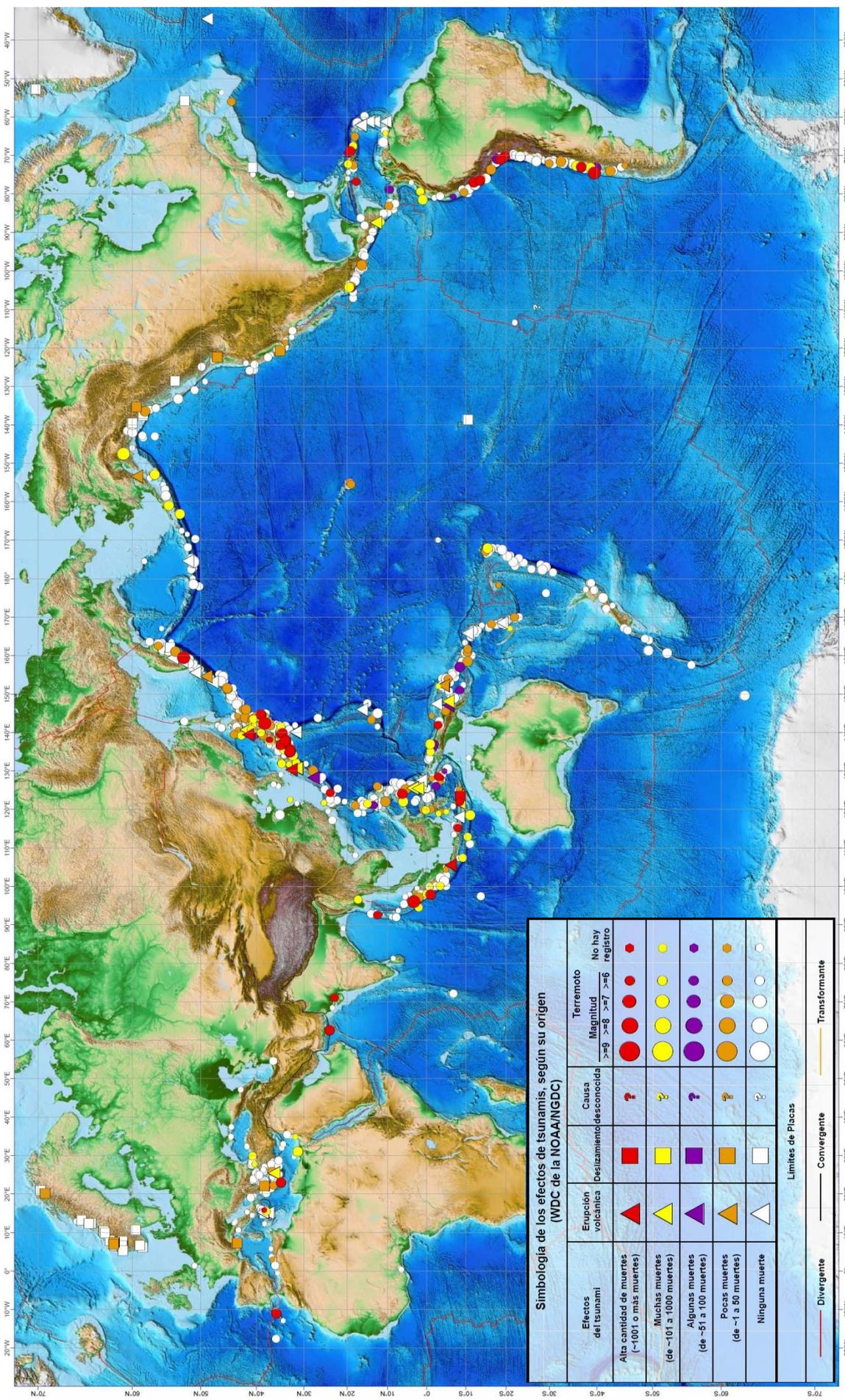
A medida que se acerca a aguas menos profundas la energía de la ola se transmite a un volumen menor de agua, esta desciende, solapa a la ola que sigue, y bordea la tierra saliente. Este incremento en la densidad de la energía produce un aumento de la altura y de su fuerza, con un gran poder destructivo (Figura 9).



© 2014 Encyclopædia Britannica, Inc.

**Figura 9:** Proceso de un tsunami: Generación, Propagación e Inundación. Efecto del tsunami al acercarse a la costa.

En la Figura 10, utilizando diferente simbología, se ilustra el registro histórico de los tsunamis generados por terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos y otras causas, desde el año 1610 a.C. hasta el año 2014.



**Figura 10:** Tsunamis generados por terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos y otras causas en el mundo, desde 1610 a.C. hasta el año 2014. (Fuente NOAA)

## BIBLIOGRAFÍA

---

**BULLEN, K.** "An Introduction to the Theory of Seismology". Tercera edición. Cambridge Univ. Press, G. B. 1963.

**GUTENBERG, Beno** "Tsunamis and Earthquakes". Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. Nº 4. 29 OCTOBER, 1939

**KREHL, Peter O. K.** "History of Shock Waves, Explosions & Impact". Springer 2008.

**KREHL, Peter O. K.** "History of Shock Waves, Explosions and Impact - A Chronological and Biographical Reference". Springer 2009.

**NAVA, ALEJANDRO** "Terremoto". Editorial: S.L. Fondo de Cultura Económica de España. 2012.

**RICHTER, C.** "Elementary Seismology". W. H. Freeman y Co., EUA. 1958.

## CIBERGRAFÍA

---

### ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA

<https://www.britannica.com/science/tsunami>

<http://www.britannica.com/event/Chile-earthquake-of-1960>

### ITIC (International Tsunami Information Center) - UNESCO

<http://itic.ioc-unesco.org/index.php>

[http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1169&Itemid=1137&lang=en](http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1169&Itemid=1137&lang=en)

[http://itic.ioc-unesco.org/images/stories/awareness\\_and\\_education/map\\_posters/tsu\\_poster\\_web\\_20140808.jpg](http://itic.ioc-unesco.org/images/stories/awareness_and_education/map_posters/tsu_poster_web_20140808.jpg)

[http://itic.ioc-unesco.org/images/stories/awareness\\_and\\_education/great\\_waves/great\\_waves\\_esp\\_v.2014\\_sm.pdf](http://itic.ioc-unesco.org/images/stories/awareness_and_education/great_waves/great_waves_esp_v.2014_sm.pdf)

### NATIONAL GEOGRAPHIC

<http://environment.nationalgeographic.com/environment/photos/tsunami-general/>

### NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

<https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml>

<http://nctr.pmel.noaa.gov/animate.html>

[http://www.noaa.gov/features/tsunami/warning\\_system.html](http://www.noaa.gov/features/tsunami/warning_system.html)

<http://tsunami.noaa.gov/>

### SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile).

<http://www.shoa.cl/servicios/descargas/pdf/tsunami.pdf>

[http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/pdf/tsu\\_poster\\_sp\\_2012\\_03\\_26\\_FINAL\\_sm.pdf](http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/pdf/tsu_poster_sp_2012_03_26_FINAL_sm.pdf)

