

Cómo sobrevivir a un tsunami:

lecciones de Chile, Hawái y el Japón



Relatos de testigos del tsunami del océano Pacífico y del gran terremoto de Chile de 1960

Información sobre la edición de 2012

Folleto disponible en: www.tsunamiwave.info

Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 7 Place de Fontenoy, 75 352 París 07 SP, Francia
Folleto COI 2014-2 (IOC/BRO/2014/2)

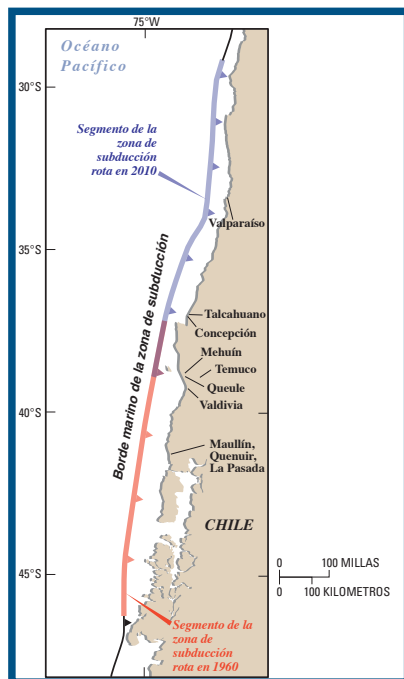
SC-2014/WS/10

Impreso por COI/UNESCO.

Tras el tsunami que asoló Chile en 2010, se pidió al ITIC que actualizara el folleto e incluyera en él información sobre fuentes de tsunamis, ya sean históricas o posibles, situadas ante las costas de Sudamérica, Centroamérica y el Caribe. Además, en la edición de 2012 de este folleto de la COI/UNESCO titulado *Cómo sobrevivir a un tsunami: lecciones de Chile, Hawái y el Japón* se han incluido las enseñanzas extraídas del tsunami de 2010.

El material original, no incluido en ediciones previas, se presenta en la página 3. El material nuevo, no incluido en la Circular 1218, se presenta en las páginas 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13 y 19. Los materiales nuevos y originales han sido recopilados recientemente por el Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis, www.tsunamiwave.info.

Modificaciones en 2012 al diseño por el Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis.



**Zonas afectadas
por los terremotos y tsunamis
de Chile de 1960 y 2010**

Información sobre la edición original

Folleto disponible en (2001, 2006): <http://pubs.usgs.gov/circ/c1218/>

Versión en inglés: U.S. Geological Survey Circular 1187, (1999, 2005): <http://pubs.usgs.gov/circ/c1187/>

Información de catalogación archivada en la Biblioteca del Congreso
(<http://www.loc.gov/>).

Información sobre adiciones al original en 2010

El folleto fue una respuesta rápida a los acontecimientos relacionados con el terremoto y el tsunami del 27 de febrero de 2010. De esta forma, el programa Explora, el Proyecto DIPECHO de la UNESCO y la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, pretenden promover, a través de la difusión de las experiencias de sobrevivientes del tsunami de 1960, conductas adecuadas para sobrevivir a futuras catástrofes de este tipo.

El material nuevo y original se basa en el trabajo de entrevistas a sobrevivientes realizado por el grupo "Geomarinos" de la Escuela de Ciencias del Mar. Las fotografías de la portada y contraportada han sido recopiladas recientemente.

Modificaciones en 2010 al diseño original por Annette De Vásquez.

Fotografía de la portada:

Observando a salvo desde una zona alta cómo una de las primeras olas del tsunami del 22 de mayo de 1960 entra en Puerto Saavedra (Chile).
Texto completo en la página 7.

Cómo sobrevivir a un tsunami: lecciones de Chile, Hawái y el Japón

Edición original compilada por Brian F. Atwater¹, Marco Cisternas V.², Joanne Bourgeois³, Walter C. Dudley⁴, James W. Hendley II¹ y Peter H. Stauffer¹.

Adiciones al original en 2010 por Marco Cisternas V.², Mabel Keller⁵ y Giovana Santillán⁶.

Adiciones en 2012 por Laura Kong⁷ y Nicolás Arcos⁷.

Este ejemplar ha sido traducido e impreso con el financiamiento de la Comisión Europea. Los contenidos de esta publicación no deberán ser tomados en ningún momento como el reflejo de la opinión oficial de la Comisión Europea o de Naciones Unidas, o de sus Estados Miembros.

Proyecto: “Comunidades resilientes a sismos y tsunamis en Puerto Plata (República Dominicana)”



Ayuda Humanitaria
y Protección Civil



Al servicio
de las personas
y las naciones



IOM • OIM



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Comisión
Oceanográfica
Intergubernamental

¹ Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

² Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casilla 1020, Valparaíso (Chile).

³ Department of Earth and Space Sciences, University of Washington, Seattle, WA 98195-1310.

⁴ Pacific Tsunami Museum, P.O. Box 806, Hilo, HI 96721.

⁵ Programa Explora-Valparaíso.

⁶ Proyecto UNESCO DIPECHO “Fortalecimiento del Sistema Regional de Alerta Temprana ante Tsunamis: preparativos en Chile, Colombia, Ecuador y Perú”

⁷ Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis, COI/UNESCO - NOAA.

ÍNDICE

Cómo sobrevivir a un tsunami: lecciones de Chile, Hawái y el Japón	2
Introducción	2
Los grandes terremotos y tsunamis chilenos de 1960 y 2010	3
Fuentes históricas y fuentes posibles de tsunamis	4
Muchos sobrevivirán al terremoto	5
Haga caso de los avisos de la naturaleza	6
Tenga en cuenta la tradición oral	7
Cuando el mar se retire, desconfíe	8
Se generarán muchas olas	9
Vaya a un sitio elevado y permanezca allí	10
Siga los avisos oficiales	12
No se ocupe de sus pertenencias	13
Las vías tal vez no estén transitables	14
Suba a un piso superior o al tejado	15
Encarámese a un árbol	16
Aférrase a algún objeto flotante	17
Las olas dejarán diferentes tipos de desechos	18
El sismo puede provocar el ascenso o el descenso de ciertas zonas costeras	19
Tal vez tenga que dar cobijo	19
Créditos y fuentes	20

Cómo sobrevivir a un tsunami: lecciones de Chile, Hawái y el Japón

Introducción

Esta publicación recoge historias reales que ilustran cómo sobrevivir a un tsunami y está dirigida a las personas que viven, trabajan o, simplemente, se recrean en costas susceptibles de ser azotadas por tsunamis. Tales costas bordean la mayor parte del océano Pacífico y algunas zonas costeras del mar Caribe y de los océanos Atlántico e Índico.

Aunque mucha gente llama a los tsunamis “olas de marea”, estos fenómenos no tienen que ver con las mareas sino que son una serie de olas, o “tren de olas”, generalmente provocadas por cambios en el nivel del fondo marino durante los terremotos. Los tsunamis también pueden ser generados por la erupción de volcanes costeros, islas volcánicas, deslizamientos submarinos y, en teoría, también por impactos de grandes meteoritos en el mar. Como sucedió en Sumatra en 2004 y en el Japón en 2011, los tsunamis pueden alcanzar alturas de 15 metros, no solo en la costa sino también tierra adentro.

Los relatos presentados en este folleto fueron seleccionados de entrevistas realizadas a personas que sobrevivieron al tsunami del océano Pacífico de 1960. Muchas de estas personas se enfrentaron a las olas generadas a poca distancia de la costa chilena, otros en cambio debieron hacer frente al tsunami muchas horas después en Hawái y en el Japón. Las entrevistas originales de la Circular 1218 fueron realizadas a fines de los años ochenta y noventa. Las historias nuevas incluidas en esta publicación (páginas 7 y 8) fueron recopiladas entre 2009 y 2010. En la presente versión se han incluido relatos del tsunami de 2010 (páginas 3, 5, 6, 7, 12, 13 y 19) e información de las fuentes sísmicas generadoras de tsunamis en Centroamérica y Sudamérica, incluyendo el Caribe (página 4).

Las historias ofrecen una mezcla de lecciones para sobrevivir a un tsunami. En algunos casos se presentan las acciones que confiablemente salvaron vidas: atender a los avisos de la naturaleza, abandonar los bienes, dirigirse rápidamente a un sector alto y permanecer allí hasta que el tsunami realmente haya terminado. Otras historias describen cómo se encontró refugio al subir a construcciones y árboles o flotar sobre desechos, tácticas que tuvieron diferentes resultados y que pueden ser recomendadas sólo como actos desesperados de personas atrapadas en sectores bajos.

Casi cincuenta años después, Juan Peña, vecino de Puerto Saavedra (derecha), proporciona detalles sobre el terremoto y tsunami de 1960 a Diego Muñoz. En enero de 2010, ambos estaban sentados en el malecón del poblado construido para tratar de frenar la erosión costera producida por el hundimiento de más de 1 metro que ocurrió durante el terremoto de 1960.



Los grandes terremotos y tsunamis chilenos de 1960 y 2010

La mayoría de los eventos descritos en este folleto fueron provocados por una serie de olas ampliamente conocidas como “El tsunami chileno de 1960”. El tsunami resultó del mayor terremoto nunca registrado (magnitud 9.5), el 22 de mayo de 1960, a lo largo de la costa chilena.

En Chile, el gran terremoto y el posterior tsunami causaron más de 2.000 muertes y produjeron daños materiales estimados en 550 millones de dólares estadounidenses (dólar de 1960). Desde Chile, el tsunami se propagó a través del Pacífico, provocando la muerte de 61 personas en Hawái y de 139 en el Japón. Los daños fueron cifrados en 24 millones de dólares estadounidenses en Hawái y en 50 millones en el Japón.

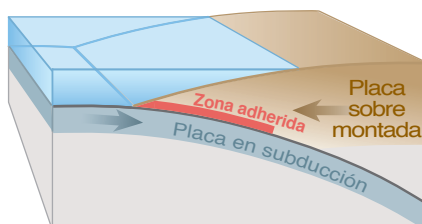
El 27 de febrero de 2010, casi 50 años después del sismo de 1960, la región fue golpeada de nuevo. Un terremoto de magnitud 8,8 y el subsiguiente tsunami local causaron daños y pérdidas económicas por valor de 30.000 millones de dólares en una franja de 700 km de longitud de la costa chilena que iba de Valparaíso a la zona de Concepción y Talcahuano. Perdieron la vida 521 personas, y hubo 1,8 millones de afectados. Más de 370.000 casas, 2.013 escuelas, 79 hospitales y 4.200 barcos sufrieron daños o quedaron destruidos. El sismo fue clasificado como el sexto más importante desde 1900.

Los terremotos chilenos de 1960 y 2010 fueron producto de la ruptura de zonas de falla en las cuales un bloque de suelo marino se sumerge o subsume en la placa adyacente del continente sudamericano. Estas “zonas de subducción” se forman en la convergencia de dos de las placas tectónicas que constituyen la corteza terrestre. Al quebrarse la falla se produce un terremoto, que libera de golpe la energía acumulada. Durante el gran terremoto del 22 de mayo de 1960, el borde occidental de la Placa Sudamericana sufrió un desplazamiento de hasta 20 metros en relación con la Placa de Nazca (subducida en la primera), en una superficie de 1.000 kilómetros de longitud y más de 160 kilómetros de anchura.



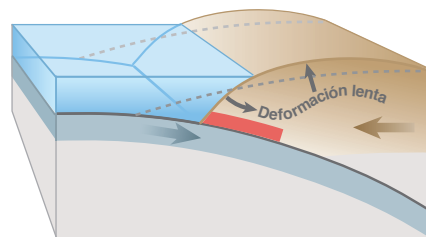
El tsunami chileno de 1960 se propagó más allá de la zona de subducción de la costa chilena. Sus olas llegaron a Hawái en 15 horas y al Japón en 22 horas.

TSUNAMI: UNA SERIE DE OLAS O “TREN DE OLAS” USUALMENTE GENERADAS POR UN MOVIMIENTO SÍSMICO DEL FONDO MARINO



Corte vertical en una zona de subducción

Una de las muchas placas tectónicas que conforman la corteza terrestre desciende o “subduce” bajo una placa adyacente. Cuando las placas se desplazan repentinamente en un área donde se encontraban trabadas, se genera un terremoto.



A. Entre terremotos

La zona trabada en la placa de subducción ocasiona que la placa litosférica cabalgante se comprima por tensión. Esto produce que el borde frontal de la placa descienda y que la parte posterior se levante. Esta deformación demora décadas o siglos, incrementando la tensión con el paso del tiempo.

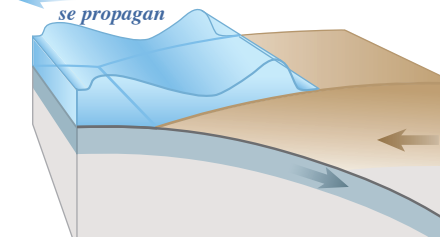
El tsunami comienza durante el terremoto



B. Durante un terremoto

Un terremoto en una zona de subducción ocurre cuando el borde frontal de la placa superior se libera por la tensión y empuja al mar que está sobre ella. Este levantamiento del piso marino genera el tsunami. Al mismo tiempo, el abultamiento detrás del borde frontal colapsa, adelgazando la placa y bajando las zonas costeras.

Las olas del tsunami se propagan



C. Minutos después

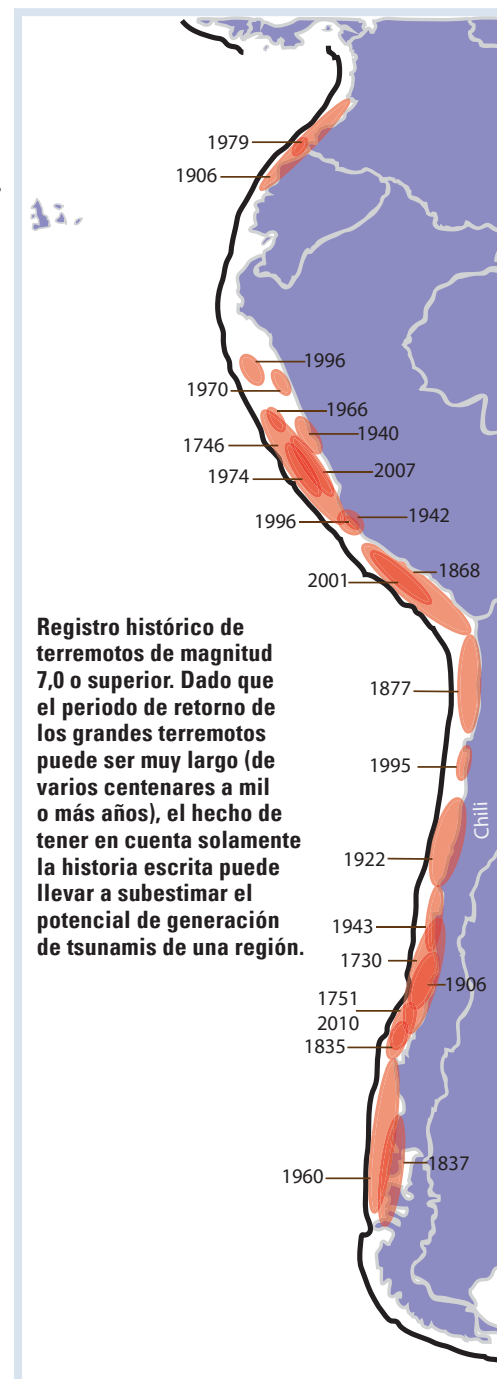
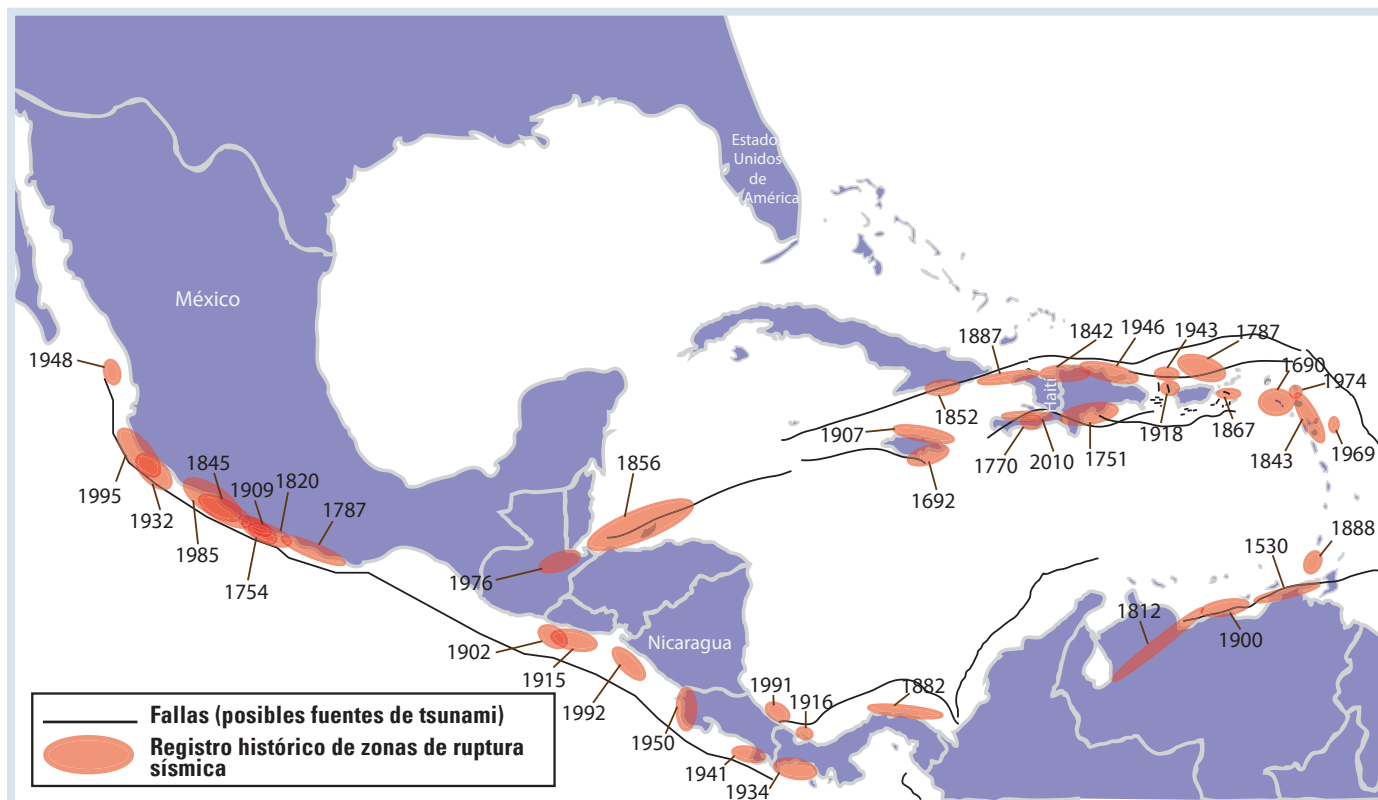
Una parte del tsunami se dirige hacia la orilla, ganando altura a medida que se acerca a la costa. La otra parte cruza el océano hacia costas lejanas.

Fuentes históricas y fuentes posibles de tsunamis

Muchos otros litorales del mundo lindan con zonas de subducción que generan tsunamis. En las Américas, es el caso de buena parte de la costa del Pacífico entre Alaska y el extremo meridional de Chile, y también de algunas partes del Caribe. En general los tsunamis son consecuencia de terremotos causados por una falla o, en menor medida, de corrimientos de tierras o erupciones volcánicas.

A veces, la frecuencia con que una zona de subducción ha generado tsunamis a lo largo de los pocos siglos de historia escrita de que disponemos no basta para tener algún tipo de certeza sobre el riesgo de tsunami que entraña. Tal era el caso de Sumatra (Indonesia) en 2004 y de Tohoku (Japón) en 2011. Los mapas aquí presentados ofrecen pues una

panorámica incompleta de los riesgos de tsunami, por cuanto resumen los episodios ocurridos únicamente de unos siglos a esta parte. Para tener una idea más cabal se necesitaría un registro de los tsunamis ocurridos durante los últimos miles de años.



Muchos sobrevivirán al terremoto

En sectores de la costa cercanos a zonas de subducción, incluso el mayor terremoto podría causar menos muertes que el tsunami que le sigue

José Argomedo sobrevivió al terremoto chileno de 1960, que había confundido, inicialmente, con una guerra nuclear. El Sr. Argomedo, de 22 años, que vivía en una granja en las afueras de Maullín (Chile),

había escuchado en la radio las últimas noticias internacionales. A inicios de mayo de 1960, las principales noticias se referían a la tensión entre los Estados Unidos de América y la Unión Soviética; un misil soviético había derribado un avión espía norteamericano.

El 18 de mayo el dirigente soviético, Nikita Kruchev sugirió que había que tratar a los Estados Unidos como a un gato que muy ufano se paseara con su presa en el hocico. “¿No sería mejor”, dijo, “agarrar también al agresor americano por el pescuezo y darle una pequeña sacudida?”

Pocos días después, en la tarde del 22 de mayo, mientras montaba a caballo, el Sr. Argomedo sintió algo más que una pequeña sacudida. El suelo se estremeció algunos minutos y bajó del caballo. El Sr. Argomedo pensó que la “Guerra Fría” se había tornado en “caliente”. Sin embargo, como todas las demás personas de la zona de Maullín, Quenuir y La Pasada (véase la foto de la página 17), había sobrevivido a un terremoto de magnitud de 9,5, el mayor terremoto registrado de la historia.

El Sr. Argomedo se mantuvo en un lugar elevado durante las horas que siguieron al terremoto. Sin embargo, muchos otros

residentes de la zona no lo hicieron, y 122 personas murieron debido al tsunami resultante del sismo. Los terremotos del pasado ofrecen enseñanzas para las generaciones posteriores. En los decenios subsiguientes se aprobaron nuevas normas de edificación, con lo que se construyeron estructuras antisísmicas más resistentes.

En el litoral chileno, el terremoto de 1960 enseñó, entre otras cosas, que al sentir la presencia de un fuerte terremoto conviene desplazarse a terrenos elevados, una lección que también salvó la vida a mucha gente en 2010, cuando solo 156 personas perecieron a consecuencia del tsunami subsiguiente al terremoto de magnitud 8,8.

Muchas casas de Maullín (Chile) resistieron al terremoto chileno de magnitud 9,5 del 22 de mayo de 1960. El tsunami resultante causó la mayor parte de los daños mostrados en esta fotografía tomada entre el 23 de mayo y el 3 de junio de 1960.



Haga caso de los avisos de la naturaleza

Los terremotos y los cambios bruscos en el nivel de las aguas costeras pueden ser avisos de la inminencia de un tsunami

El domingo, 22 de mayo, en Queule, Jovita Riquelme y su hija de cinco años, Vitalia, fueron a misa. Durante la liturgia, el sacerdote habló de terremotos, pues el día anterior había ocurrido 200 km más al norte una serie de sismos con una magnitud de hasta 8.

Más tarde ese domingo, un gran sismo de magnitud 9,5 estremeció la región. Después del movimiento telúrico, muchos habitantes de Queule decidieron dirigirse a las colinas cercanas. Según sus historias, no es posible saber por qué decidieron

hacer esto, ya que sus únicos avisos de alarma fueron los minutos de sacudida, o quizás, los cambios en el nivel del río Queule o en el cercano océano Pacífico (véanse también las historias de las páginas 10, 13 y 14).

Tener en cuenta los avisos de la naturaleza e irse a tierras altas probablemente salvó cientos de vidas en Queule. Por el contrario, la familia de la Sra. Riquelme se quedó en su casa, ubicada en un sector bajo cerca del río Queule, donde les sorprendió el tsunami

que siguió al terremoto. Durante la confusión causada por las olas, la Sra. Riquelme perdió a su hija, y su esposo sufrió heridas de gravedad que más tarde le causaron la muerte. El cuerpo de la niña fue encontrado 3 días después del tsunami.

Vitalia Llanquimán vivía en las afueras del poblado de Mehuín, no muy lejos de Queule. Casi inmediatamente después de que el sismo cesara, un hombre montado a caballo le informó de que el mar había retrocedido. En un primer momento,

la Sra. Llanquimán no se alarmó por la noticia, pero su esposo tomó este hecho como un aviso de que el mar, al retroceder, podía inundar repentinamente la zona. Con sus dos hijos menores, la pareja se dirigió rápidamente a una colina cercana, donde permanecieron a salvo durante el tsunami. La mayoría de los sobrevivientes del tsunami de 2010 se salvaron al evacuar las zonas bajas tras interpretar los avisos de la naturaleza, como el cambio del nivel del mar o sentir el sismo.



Pese a estar situado a más de un kilómetro de distancia del mar, la mayor parte de Queule (Chile) fue arrasada por el tsunami causado por el terremoto chileno de 1960. Muchos de los residentes del pueblo huyeron hacia una zona elevada poco después del terremoto, sin embargo, Jovita Riquelme perdió a su hija y a su marido a causa del tsunami porque la familia permaneció en



su casa situada en una zona baja cerca del río Queule. Basándose en la altura de los desechos dejados por las olas sobre los árboles que resistieron al tsunami, Wolfgang Weischet, entonces geógrafo de la Universidad Austral de Chile, estimó que el agua había alcanzado los 4 metros de altura en Queule. El Sr. Weischet fotografió el pueblo antes y después del tsunami.

Tenga en cuenta la tradición oral

En zonas con una larga tradición oral, como en la Araucanía chilena, la experiencia de los ancianos puede ayudar a salvar vidas

Aunque Puerto Saavedra fue devastado por el tsunami de 1960, muy pocas personas murieron gracias a la interpretación de los avisos de la naturaleza y a la tradición oral. Martín Huaracán, quien labraba un campo cercano al pueblo, recuerda claramente que el primer aviso que recibió fue un fuerte temblor en la madrugada del día anterior.

El Sr. Martín se refiere al terremoto de magnitud 8 del sábado 21 de mayo de 1960 (véase la página 6). Durante todo ese día, el suelo siguió temblando intermitentemente hasta que el domingo 22 por la tarde ocurrió el gran terremoto. La tierra ondulaba, la gente no podía mantenerse en pie, los cercos, los animales, todo se caía. El Sr. Martín trató de mantenerse en pie contra un cerco pero decidió que lo mejor era quedarse tirado en el suelo.

El río dio la segunda advertencia. Sus aguas comenzaron a retirarse mar adentro extraordinariamente. La tercera y última advertencia la recibió de unos vecinos ancianos que, por lo que habían escuchado de sus antepasados, sabían que debían dirigirse a los cerros después de las dos advertencias anteriores. Así, el Sr. Martín decidió dirigirse prontamente a una zona elevada. En ese preciso momento, el dueño de la tierra que el Sr. Martín trabajaba, el Señor Henríquez, pasaba con su camión cargado de gente en dirección a los cerros. Desde allí, el Sr. Martín junto a cientos de sobrevivientes pudo observar a salvo cómo las olas del tsunami barrían el pueblo.

Hoy, no duda en afirmar que el tsunami fue la verdadera catástrofe, mucho más que el terremoto, y agradece enormemente la recomendación que le dieron sus vecinos.

Muchos habitantes de poblaciones costeras sobrevivieron al tsunami de 2010 gracias a las experiencias vividas en tsunamis previos, o a los relatos de los que sobrevivieron a tsunamis pasados.



El Sr. Martín Huaracán le cuenta al entrevistador, Carlos Pineda, los detalles de cómo sobrevivió al terremoto y tsunami de Puerto Saavedra. Los avisos naturales y las advertencias de los ancianos le salvaron la vida.



Los vecinos de Puerto Saavedra, entre los que quizás se encuentre el Sr. Martín, observan desde los cerros cómo llega una de las primeras olas del tsunami de 1960 (arriba). En ese entonces la barra del río Imperial (banda oscura) estaba abierta al sur del poblado, lo que permitió la entrada de la ola del tsunami (banda más clara). A la mañana siguiente (abajo), los vecinos permanecen en una zona elevada. Es posible ver cómo todo el pueblo permanece inundado.



Cuando el mar se retire, desconfíe

Después de un terremoto es probable que vea cambios en el mar. Que su curiosidad no le impida dirigirse a una zona alta, pues tal vez se haya generado un tsunami

La curiosidad casi le cuesta la vida a Denis García. A los 26 años, el Sr. García vivía junto a su familia en Corral, un activo puerto en las cercanías de Valdivia (Chile). Inmediatamente después del terremoto de 1960, se dirigió a buscar a su familia a Corral Bajo, un barrio que estaba casi a nivel del mar.

Aunque no encontró a su familia, pues estaba a salvo en una zona elevada, se sintió atraído por el increíble fenómeno que observó en el mar. La Bahía de Corral estaba totalmente seca, algo que nunca antes había visto. El Sr. García se dirigió decididamente hacia la costa.

Hoy sabemos que el retroceso del mar después de un terremoto significa que un tsunami se aproxima. Estaba tan concentrado observando el fondo del mar que había quedado al descubierto que no se percató de que una gran ola de 12 metros se le venía encima. Aunque

trató de huir, la ola lo atrapó y lo arrastró hacia el interior de la bahía.

A pesar de que el Sr. García había vivido siempre junto al mar, no sabía nadar. Trató de aferrarse a los objetos que flotaban a su alrededor y así pudo mantenerse a la deriva varias horas.

Cuando ya perdía la esperanza de sobrevivir, se encontró con quien sería su salvador. Se trataba de un capitán de barco alemán. Más tarde, el Sr. García sabría que se trataba de Walter Nordman, un experimentado sobreviviente de la Segunda Guerra Mundial. Mientras trataba de salvar su vida, el Sr. Nordman, que sí sabía nadar, se preocupó también por ayudar a Denis. Ambos pudieron subirse al tejado de una casa que flotaba (véase la lección de la página 17).



Denis García, 75 años, recuerda con lucidez cómo su curiosidad casi le cuesta la vida. Sorprendido al encontrar la Bahía de Corral seca después del terremoto de 1960, no se percató de que una ola de 12 m de altura se le venía encima.



Corral Bajo destruido completamente por las olas del tsunami de 1960 que casi se cobran la vida de Denis García.

Ya de noche, la corriente llevó a los dos sobrevivientes hasta la costa, donde fueron finalmente rescatados. Deseoso de reencontrarse con su familia, el Sr. García se dirigió inmediatamente en su búsqueda. Hasta el día de hoy se lamenta de no haberle dado las gracias al capitán que lo salvó. Nunca más volvió a verlo.



Bahía de Corral vista desde Niebla. Poco después del terremoto de 1960, el mar de la bahía comenzó a retirarse dejando el fondo al descubierto (arriba). Este fenómeno, que es un claro aviso de tsunami, llamó poderosamente la atención de Denis García. Abajo una vista de la misma zona en mayo de 2009. Un bote de pescador, abajo a la derecha, sirve de escala.



Se generarán muchas olas

La siguiente ola podría ser mayor y el tsunami podría durar horas

Un poco después de las 10 de la noche del 22 de mayo de 1960, el sismólogo Jerry Eaton y cuatro compañeros se reunieron en el Observatorio de Vulcanología (U.S. Geological Survey) de Hawái con cámaras, libretas, linternas y cintas métricas, y condujeron en una camioneta unos 50 km hasta Hilo. Pretendían medir el tsunami chileno de 1960, que se esperaba para la medianoche.

El grupo tenía buenas razones para medir este tsunami. Hawái había sido azotado anteriormente por tsunamis mortales, como los chilenos de 1837 y 1877, y el de las islas Aleutianas de 1946, que sólo en Hilo acabó con la vida de 98 personas. Las mediciones de tsunamis

pasados se usan para intentar determinar las zonas expuestas a futuros tsunamis. Anteriormente, en Hawái se habían medido tsunamis provenientes de las islas Aleutianas pero se sabía muy poco acerca de la altura de los tsunamis chilenos.

Al llegar a Hilo, el grupo del Sr. Eaton se detuvo a explicar sus planes a la policía y continuó su camino hacia el puente sobre el río Wailuku, en la costa de la bahía de Hilo (véase el mapa de la página 12). Ellos sabían que el tsunami aleutiano de 1946 había destruido aquel puente. El grupo instaló un puesto de observación sobre el nuevo puente y comenzó a medir el nivel del agua que pasaba por debajo. Previendo el peligro,

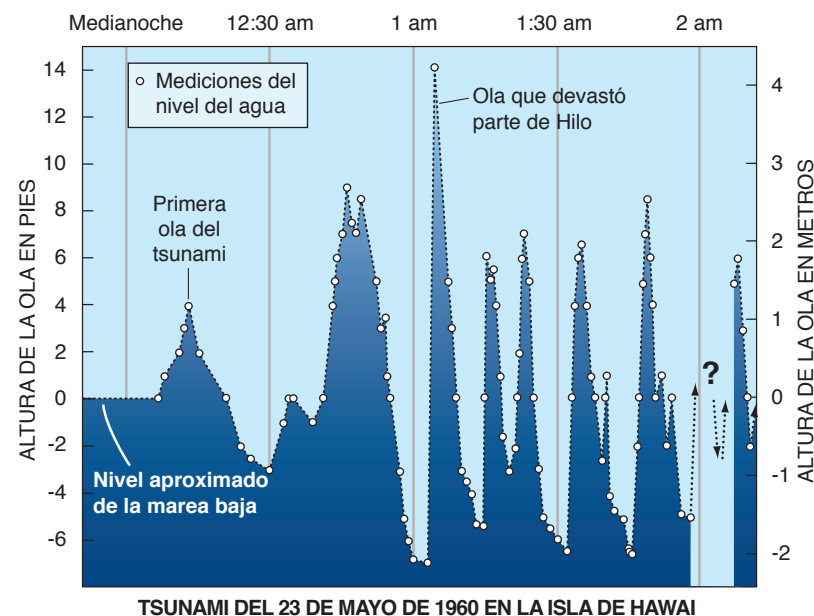
planificaron su propia ruta de evacuación hacia terrenos elevados.

Poco después de la medianoche, el agua bajo el puente subió 1,2 m sobre lo normal; la primera ola del tsunami había llegado. A las 12.46 de la madrugada, la segunda ola pasó bajo el puente a un nivel de 2,7 m por encima de lo normal. Alrededor de la 1.00 de la mañana, el agua descendió 2,1 m por debajo de lo normal. El Sr. Eaton recuerda que oyeron un ruido amenazador, un débil retumbar, como un tren distante que venía de la oscuridad del interior de la bahía. Dos minutos después vieron el origen del ruido; las tenues luces de Hilo iluminaban una gigantesca muralla de agua que se acercaba rodando.

La ola ganaba altura a medida que se acercaba a la ciudad y el ruido se volvió ensordecedor.

Cerca de la 1.04 de la mañana, el grupo que estaba sobre el puente se percató de que debían correr hacia zonas elevadas. Volteándose, observaron cómo el frente casi vertical de una ola de 6 m golpeaba el puente proyectando el agua a gran altura. Después de esa ola y, creyendo que era seguro volver, el Sr. Eaton y sus compañeros retornaron al puente y continuaron registrando el nivel del agua durante algunas olas más de tsunami (véase el diagrama de abajo).

El reloj del pueblo de Waiakea, un suburbio de Hilo, se detuvo a la 1.04 de la madrugada cuando Hawái fue azotada por la mayor ola del tsunami chileno de 1960. Hoy el reloj, que aún marca esa hora, es un monumento al tsunami de 1960 (véase la fotografía del recuadro).



TSUNAMI DEL 23 DE MAYO DE 1960 EN LA ISLA DE HAWAII

El terremoto chileno de 1960 produjo una serie de olas que cruzaron el océano Pacífico. Este gráfico muestra las medidas del nivel del agua bajo el puente del río Wailuku, realizadas por el sismólogo Jerry Eaton y sus compañeros durante las primeras horas del tsunami en Hilo (Hawái).

Vaya a un sitio elevado y permanezca allí

Vaya a alguna colina o al menos aléjese de la costa

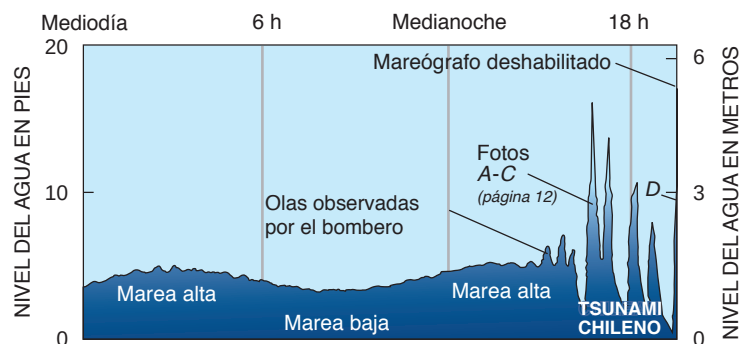
Durante el tsunami chileno de 1960, refugiarse en lugares altos y esperar allí salvó muchas vidas, no sólo en Chile, sino también en Onagawa (Japón). En este poblado, las olas destructivas, algunas de las cuales transportaban arietes de madera, alcanzaron alturas de hasta 4 metros. Tales olas continuaron llegando a la costa durante algunas horas. En otras localidades del Japón, el tsunami acabó con las vidas de 138 personas; pero en Onagawa nadie murió, probablemente



porque muchos de sus habitantes se dirigieron a zonas altas. Algunas personas alcanzaron a subir sobre las 4.40 de la mañana, justo cuando la primera gran ola se abatía sobre el pueblo. Habían sido alertados por el bombero Kimura Kunio. En la madrugada, el Sr. Kimura había notado un movimiento inusual del agua en la bahía aledaña al pueblo.

Antes de 1960 otros tsunamis sudamericanos también tuvieron efectos destructivos en el Japón. Los japoneses han tenido que afrontar los efectos de tsunamis surgidos en el Perú y Chile en 1586, 1687, 1730, 1751, 1837, 1868 y 1877.

Endo Fukei (a la izquierda, en 1999) recuerda la alarma emitida por el bombero que hizo que los habitantes de Onagawa (Japón) se trasladaran a una zona elevada cuando el tsunami chileno de 1960 estaba a punto de llegar a la bahía del pueblo. Algunos residentes se refugiaron sobre una colina cuando la primera gran ola entraba en el pueblo (fotos A-C, página 11). Casi 3 horas más tarde, la multitud aún permanecía en la colina cuando otra ola llegó (foto D, página 11). Las olas mostradas en las fotografías fueron registradas por un mareógrafo en la bahía de Onagawa (véase gráfico inferior).



Registro de mareógrafo los días 23 y 24 de mayo de 1960 en Onagawa (Japón)

En Miyako (Japón), al norte de Onagawa, la gente huyó a terrenos altos para escapar del tsunami de Cascadia en el año 1700 (véase la página 2). Su huida fue registrada en este libro gubernamental de 1700. Los informes también indican que en Miyako el tsunami destruyó 13 casas, generó un incendio que destruyó otras 20 y a causa de esto las autoridades tuvieron que repartir arroz a 159 personas. A la derecha, el signo gráfico para "tierras altas" que aparece en los registros sobre el tsunami de 1700.



Los habitantes de Miyako (Japón) también se trasladaron a terrenos altos para escapar del tsunami chileno de 1960. Takanoashi Gō (a la derecha), frente al almacén de su familia en 1999, recuerda el tsunami de 1960 junto al bombero Yamazaki Toshio. Cuando asistía a la escuela secundaria, el Sr. Takanoashi corrió colina arriba escapando de las olas del tsunami que se acercaban a la tienda.



Siga los avisos oficiales

Evite el riesgo aun cuando los avisos parezcan ambiguos o piense que el peligro ha pasado

El 22 de mayo de 1960, mientras el tsunami chileno cruzaba el océano Pacífico, en Hilo (Hawái) se tuvo mucho tiempo para llevar a cabo la evacuación. A las 18.47, hora hawaiana, el Servicio Nacional de Costas y Geodesia de los Estados Unidos de América (U.S. Coast and Geodetic Survey), emitió un aviso oficial en el que informaba de que las olas alcanzarían Hilo cerca de la medianoche. Alrededor de las 20.30 empezaron a sonar las sirenas de Hilo y continuaron haciéndolo cada 20 minutos.

Cuando la primera ola, inferior a un metro de altura, llegó después de medianoche a Hilo, cientos de personas todavía permanecían en sus casas en terrenos bajos. Otras, pensando que el peligro había pasado, habían retornado a la ciudad antes de que llegara la ola más alta del tsunami,

a la 1.04 de la mañana del 23 de mayo (véase el diagrama de la página 9). Una de las personas que regresaron demasiado pronto fue Carol Brown, de 16 años.

Carol estaba en casa de su familia, ubicada en terrenos bajos, cuando las sirenas sonaron. Sus padres se llevaron los bienes más valiosos a la casa de un pariente en Papa'ikou, a pocos kilómetros al noroeste de Hilo, mientras Carol y su hermano Ernest fueron a ver a una sobrina que estaba de niñera en las afueras de la ciudad.

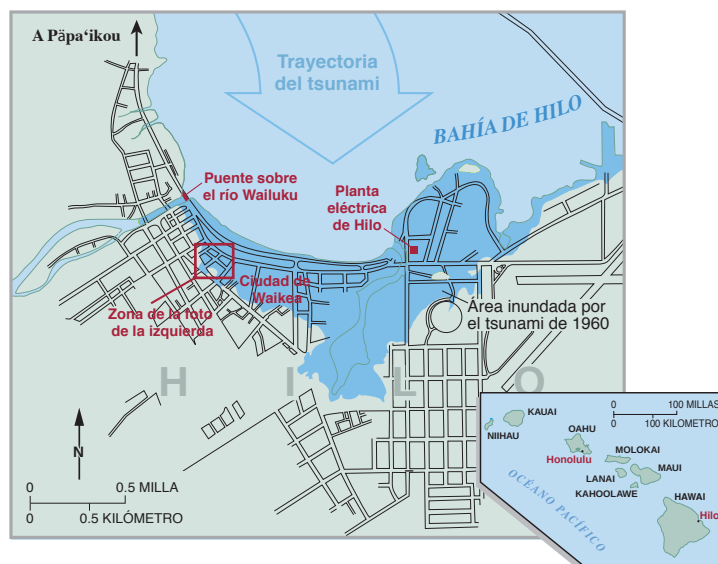
Más tarde, Carol y Ernest volvieron a Hilo después de escuchar en la radio que las olas del tsunami habían llegado y que tenían menos de un metro de altura. En el camino de regreso, encontraron a un policía que les dijo que el peligro había pasado, por lo que

se encaminaron a la casa de una hermana, situada también en los sectores bajos de la ciudad. Alrededor de la 1.00 de la mañana comenzaron a oír un ruido retumbante que se fue haciendo cada vez más estrepitoso, acompañado de golpes y crujidos. Momentos después una pared de agua golpeó la casa, que fue arrancada de sus cimientos y quedó flotando. Cuando la casa se encontró nuevamente sobre el suelo, Hilo estaba a oscuras, pues la planta eléctrica había sido arrasada por esa misma ola.

Carol y su familia sobrevivieron al tsunami chileno de 1960 sin daños graves. Sin embargo, 61 personas murieron y otras 282 resultaron gravemente heridas en Hilo. Estas pérdidas ocurrieron en parte porque las sirenas de alarma en la tarde del 22 de mayo

de 1960 fueron interpretadas de modos diferentes por los habitantes de la ciudad. Aunque casi todos las oyeron, solo un tercio pensó que se trataba de una señal de evacuación. La mayoría supuso que era un aviso preliminar, al que más tarde le seguiría una señal real de evacuación.

Otros no estaban seguros de que se debieran tomar en serio las señales de alarma, pues las veces anteriores los tsunamis habían sido de poca magnitud. En el caso del tsunami de Chile de 2010, el Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico emitió una señal de alerta para el Pacífico. En Hawái, los ciudadanos siguieron los consejos oficiales y evacuaron las zonas costeras. Los daños sufridos por pequeños puertos y hoteles de playa superaron los 50 millones de dólares, pero no hubo que lamentar muertos ni heridos.



En Hilo (Hawái), aunque las sirenas lanzaron señales de alerta más de 3 horas antes de la llegada de las primeras olas, no quedó muy claro qué significaban esas señales. Entre quienes huyeron al oírlas estaba Carol Brown, de 16 años de edad (con vestido blanco en esta fotografía tomada con familiares en Papa'ikou). No obstante, tras la noticia de las primeras olas pequeñas, y al oír decir que el peligro había pasado, mucha gente, como Carol y su hermano Ernest, regresó a su casa de Hilo, donde sorprendió la llegada de la mayor de todas las olas. Al día siguiente, el alba reveló la destrucción de la ciudad de Waieka donde tantas personas habían vivido.

No se ocupe de sus pertenencias

Salve su vida, no sus posesiones

Como todos en Maullín (Chile), Ramón Atala sobrevivió al terremoto de 1960, pero perdió la vida mientras trataba de salvar alguna pertenencia del tsunami que le siguió.

El Sr. Atala era el comerciante más próspero de Maullín. A las afueras del pueblo poseía un establo y una plantación de pinos Monterrey. En el pueblo, era dueño de un embarcadero y de al menos una gran construcción. Su oficina personal se encontraba en un almacén del embarcadero.

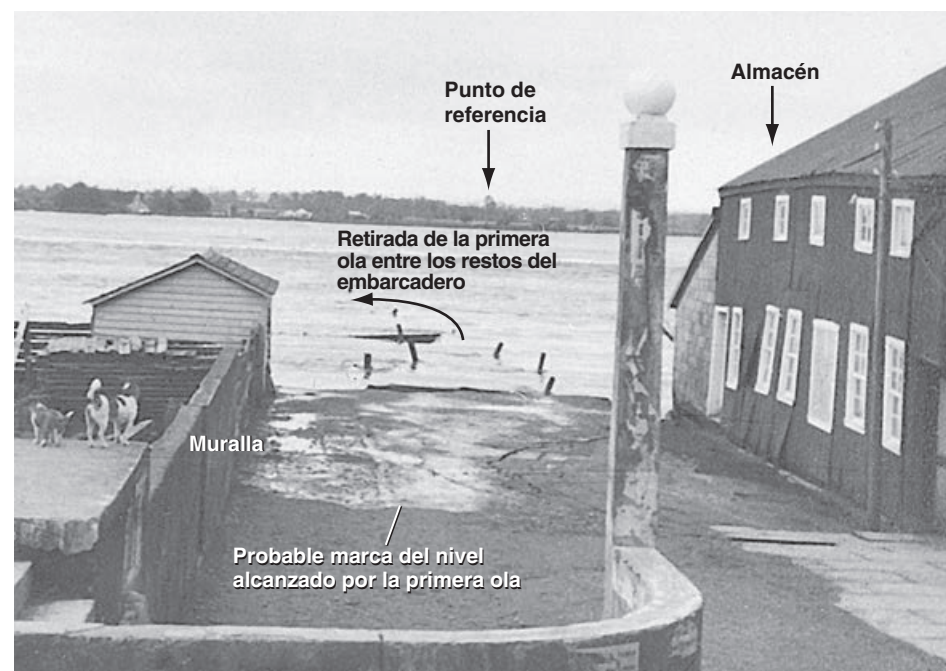
Según Nabih Soza, un colega comerciante, el Sr. Atala entró en su almacén entre la primera y la segunda ola del tsunami que azotó Maullín. Probablemente, el Sr. Atala se encontraba encerrado en el almacén cuando la segunda ola arrastró de golpe el edificio. Su hijo, Eduardo, recuerda que su padre

estuvo inscrito en la lista de desaparecidos y que su cuerpo jamás fue encontrado.

Algunos residentes del pueblo cuentan que la esposa del Sr. Atala pudo retenerlo brevemente fuera del almacén agarrándolo por el pelo antes de que se le escapase. En el pueblo se cuenta una fábula sobre un comerciante que entró en el almacén en busca de su dinero basada en esta historia.

Aunque el Sr. Atala resultó víctima del tsunami, su establo, ubicado en las afueras de Maullín, sirvió de refugio para unas 20 personas que se salvaron del tsunami (véase el relato de la página 15).

En 2010, en la ciudad de Constitución, un señor estaba en su casa frente al río. La casa era de hormigón armado y resistió al sismo de magnitud 8,8, sin embargo el señor huyó a una zona segura. Al regresar, encontró la casa destruida y halló peces y desechos del tsunami en su tercer piso.



Nabih Soza, en su tienda hacia 1989, recuerda a Ramón Atala, un colega comerciante de Maullín (Chile). El Sr. Atala entró en su almacén entre la primera y la segunda ola del tsunami chileno de 1960.

Las fotografías tomadas durante el tsunami muestran el almacén cuando la primera ola retrocedía (arriba) y una vista similar después de que la segunda ola hubiera arrasado el almacén (abajo).

Las vías tal vez no estén transitables

Cuando huya de un tsunami provocado por un terremoto reciente, puede encontrarse los caminos destruidos o bloqueados

Minutos después del terremoto chileno de 1960, René Maldonado cabalgó por el camino que conduce a Maullín (Chile) (véase la localización en la foto de la página 17). Durante su viaje, el caballo del Sr. Maldonado debió saltar grietas recientemente formadas en el camino. La averiada vía fue pronto cortada por las olas del tsunami que siguió al terremoto, dejando canales demasiado anchos incluso para saltarlos a caballo.

No todos los que trataron de huir del terremoto y del tsunami fueron tan afortunados como el Sr. Maldonado. Las vías de escape de algunos de ellos se vieron seriamente afectadas por las olas del tsunami (véase el relato de la página 15).

Los movimientos sísmicos del terremoto de 1960 no solo dañaron los caminos, sino que también provocaron deslizamientos de tierra.

En Tubul, el fuerte temblor sísmico hizo que grandes bloques del puente se desplomaran y dejaran cortada la carretera.



Además de bloquear los caminos, estos deslizamientos represaron las aguas del río San Pedro en la precordillera Andina, situado a unos 65 kilómetros al este de la ciudad de Valdivia (Chile). Más tarde, el colapso de la represa improvisada liberó grandes cantidades de agua que inundaron las zonas bajas de la ciudad (véase el mapa interior de la tapa). El terremoto de 2010 también dañó carreteras, puentes y vías férreas.

A la derecha, en 1989, el Sr. Maldonado posa montado a caballo frente a su casa de 1960. Abajo, fotografía de 1960 que muestra cómo quedó una de las principales calles de Valdivia (Chile), destruida cuando la sacudida del terremoto hizo que el suelo se deslizara hacia el río adyacente.

El terremoto chileno de 1960 agrietó un camino cercano a Maullín (Chile) utilizado minutos después por René Maldonado. Posteriormente, el camino quedó completamente cortado por las olas del tsunami generado por el sismo.



Suba a un piso superior o al tejado

Solo si está atrapado o incapacitado para dirigirse a una zona elevada, suba a un piso superior o al tejado de una edificación firme

La familia de José Navarro, que se encontraba labrando los terrenos bajos de una península cerca de Maullín (Chile), tenía solo una vía rápida hacia un sector alto después del terremoto de 1960. Se trataba de un camino de tierra hacia el este que atravesaba un puente sobre un estero mareal y llegaba a las tierras altas de Chuyaquén. Aunque una vecina huyó rápidamente por esta vía, la familia Navarro permaneció en su hogar (véase la fotografía de la derecha).

Pocos minutos después del terremoto, la familia Navarro vio retroceder el agua.

Nunca antes habían visto el lecho del río tan descubierto. En ese momento se aproximaba la primera ola del tsunami generado por el sismo. Sin embargo, aún se mantenía fuera de su campo visual hacia el oeste (véanse las localizaciones en la fotografía de la página 17).

Solo al ver una pequeña pared de agua, a un kilómetro de distancia, la familia Navarro emprendió la huida a tierras altas. La familia necesitaba recorrer más de 500 metros para llegar hasta el puente que había atravesado su vecina anteriormente. Abarcar esta distancia fue imposible; sólo

podieron observar cómo la primera ola del tsunami destruía el puente.

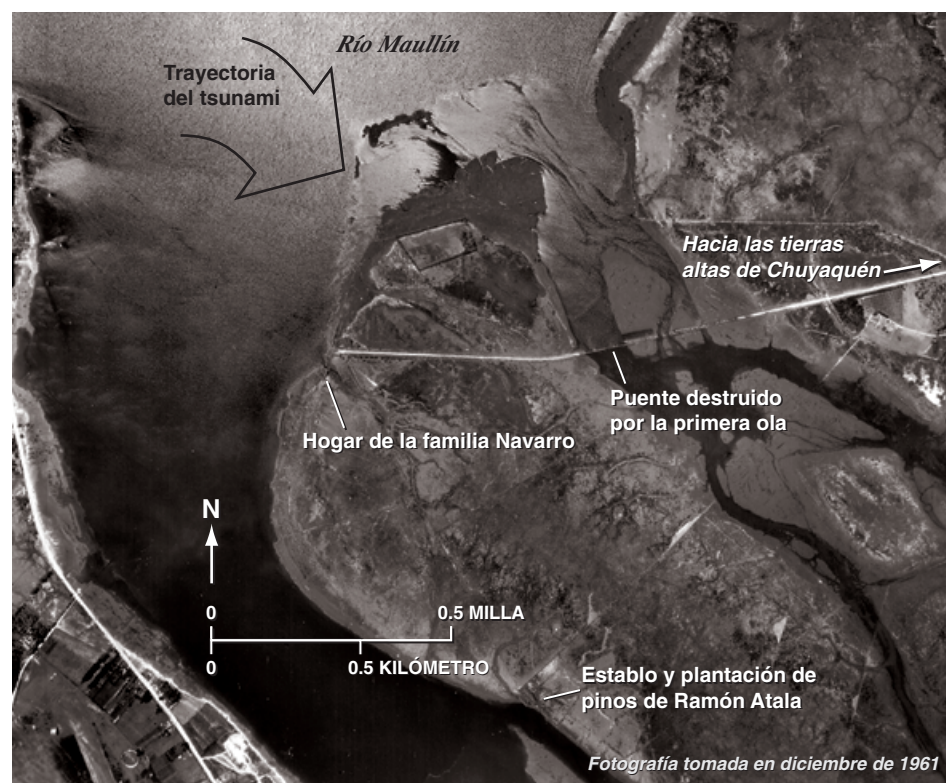
Cuando la primera ola retrocedía, buscaron algo a lo que subir. Nada cercano superaba el metro de altura, a excepción de sus manzanos plantados 9 años antes y una hilera de cipreses. Sin embargo, a más de un kilómetro de distancia hacia el sur, había un establo. Era una de las propiedades de Ramón Atala, quien poco después fue arrastrado por la segunda ola en Maullín (véase la historia de la página 13).

Aunque su esposa e hijos se dirigieron hacia el establo, el Sr. Navarro no fue con ellos. Pensó que podría salvar algunas cosas del hogar. No obstante, cuando escuchó gritos provenientes de Maullín, los interpretó como un aviso de la segunda ola, por lo que huyó directamente hacia el establo.

La segunda ola, la más grande del tsunami, alcanzó el establo justo cuando el Sr. Navarro se unía allí a su familia. Junto con otras 14 personas, la familia Navarro pasó toda la noche en el ático del establo del Sr. Atala a salvo de las torrentosas aguas del tsunami.



El matrimonio Navarro y una de sus hijas posan para una fotografía tomada en 1989 frente a su nueva casa, esta vez ubicada en una zona alta cerca de Maullín (Chile). El tsunami chileno de 1960 destruyó su anterior hogar, situado en las tierras bajas de un estero mareal. La foto de la derecha muestra los puntos de referencia en su huida hacia un lugar seguro durante las dos primeras olas del tsunami.



Encarámese a un árbol

Como último recurso, si está atrapado en una zona baja, encarámese a un árbol resistente

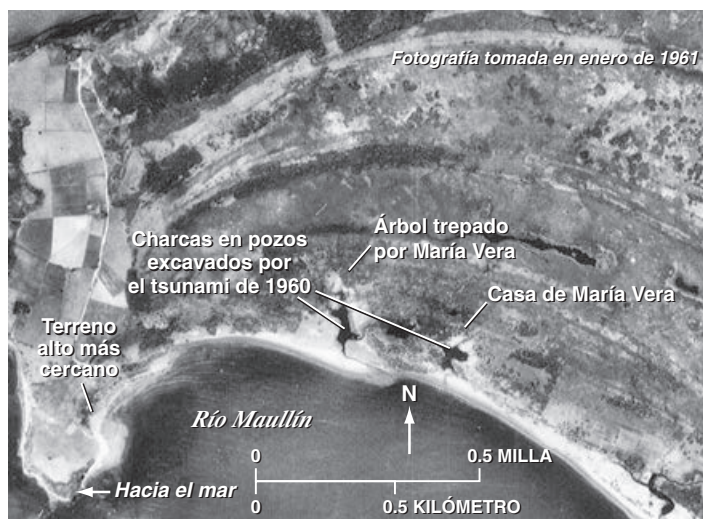
Al menos una docena de personas cerca de Maullín (Chile) sobrevivieron al tsunami chileno de 1960 encaramándose a los árboles (véanse las ubicaciones en la página 17). Sin embargo, otras perecieron cuando los árboles a los que habían trepado fueron derribados por el tsunami (véase el relato de la página 17).

Ramón Ramírez, con 15 años de edad cuando ocurrió el tsunami, sobrevivió al subir por entre las ramas de un ciprés ubicado en un llano al oeste de Maullín (foto de la derecha). Mientras el Sr. Ramírez estaba a salvo sobre el árbol, las aguas del tsunami se arremolinaban en torno a éste. El agua subió casi 5 metros sobre el nivel del mar y llegaron a cubrir un par de metros de la base del ciprés.

En las cercanías de Quenuir, en la desembocadura del río Maullín,

Estalino Hernández se subió a un árbol arrayán para escapar de las olas. Mientras trepaba al árbol, las aguas del tsunami le llegaban hasta la cintura. No lejos de allí, el nivel de las turbulentas aguas subió casi 10 metros sobre el nivel del mar. Aunque el Sr. Hernández sobrevivió al tsunami, perdió a su hijo de 13 años. Quenuir tuvo otras 104 víctimas, la mayoría de las cuales trataron de huir del terremoto tomando sus botes pero fueron alcanzados por la primera ola del tsunami.

Tierra adentro de Quenuir, María Vera, que estaba embarazada, subió junto a otras ocho personas a un árbol localizado en una planicie al norte del río Maullín (foto inferior). Durante la noche, las olas del tsunami pasaron por debajo de ellos, removiendo los suelos arenosos de la zona.



María Vera, embarazada y a un kilómetro de la zona alta más cercana, escapó del tsunami chileno de 1960 encaramándose a un árbol en las cercanías de Quenuir (Chile). Ramón Ramírez (a la derecha, en 1989) junto al ciprés en que estuvo a salvo mientras las turbulentas aguas del tsunami se arremolinaban en su base.



Aférrese a algún objeto flotante

Si lo alcanza un tsunami, busque algo que pueda usar como balsa

Una madera flotante salvó a Nelly Gallardo durante el tsunami de 1960. El terremoto que lo provocó ocurrió cuando ella estaba cerca de la costa occidental de Maullín (Chile).

Poco después del sismo, la Sra. Gallardo se dirigió tierra adentro por terrenos bajos donde las aguas de la primera ola le llegaban hasta las rodillas.

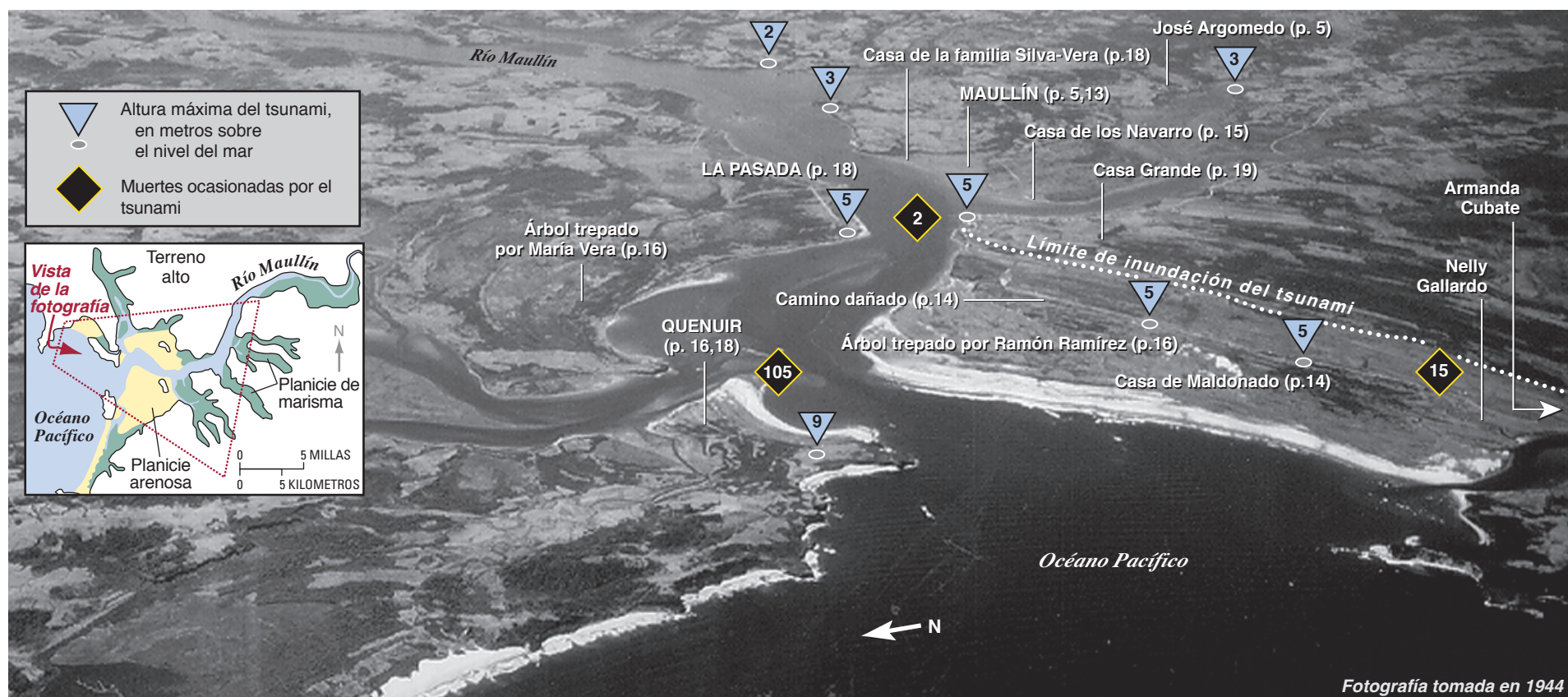
Al volver a la costa para revisar su casa, pronto se encontró con la segunda ola que la dejó semiaturdida y que por su turbulencia le impidió nadar. Lo siguiente que la Sra. Gallardo recuerda es flotar sobre un poste. Se trataba de una viga de madera, de esas que se utilizan para atar caballos, en la que intentaba mantenerse a horcajadas. Después de unas horas, al atardecer, la corriente llevó al poste y a

su jinete a la copa de un arrayán medio hundido. Las ramas del árbol sostuvieron a la Sra. Gallardo y a otras dos personas durante toda la noche.

Mientras esto le sucedía a la Sra. Gallardo, el tejado de su casa servía de bote salvavidas para Armanda Cubate, Nelson, su sobrino de 4 años, y otras 5 personas. Esta casa, construida en una zona baja al oeste de Maullín resistió al

terremoto y a las dos primeras olas del tsunami, pero fue arrastrada por la tercera ola, que también derribó el árbol al que había subido el padre de Armanda Cubate para escapar del tsunami. Él y su esposa perecieron ahogados durante el tsunami.

Más tarde, los sobrevivientes que se encontraban en el techo recuperaron el cuerpo de la señora que flotaba en el agua.



Como muestra esta foto de 1944 de la desembocadura del río Maullín (Chile), el tsunami chileno de 1960 inundó 3 kilómetros tierra adentro desde la playa que está en primer plano a la derecha. En la mayor parte de esta área inundada, el tsunami alcanzó una altura de 4,5 metros sobre el nivel del mar. Tras ser alcanzadas por el tsunami, Nelly Gallardo flotó algunas horas sobre un poste de madera y Armanda Cubate flotó sobre el techo de una casa (véase margen derecho de la foto). Ellas sobrevivieron al tsunami, pero otras 15 personas que se encontraban cerca perecieron.

Las olas dejarán diferentes tipos de desechos

Un tsunami puede dejar arena, restos de casas y cuerpos humanos

“El maremoto fue tan grande que hasta sacó a los muertos de sus tumbas”. Esto suelen decir los habitantes de Quenuir (Chile), un poblado en la desembocadura del río Maullín (fotografía de la página 17), cuando se refieren al tsunami de 1960. En Quenuir, el tsunami mató a 105 personas, la cuarta parte de su población total. Además de sus víctimas, el pueblo también perdió a muchos de sus muertos. El cementerio del poblado se hallaba en un terreno arenoso que el tsunami arrasó completamente. Los escombros del cementerio fueron transportados hasta 5 kilómetros río

arriba. Allí, cerca de La Pasada, Tulio Ruiz encontró cruces y un ataúd completo.

El tsunami también depositó arena en los sectores ribereños del río Maullín, parte de ella sobre las tierras de Juan Vera. Él y su esposa, María Silva, vivían en una zona baja, a más de 2 kilómetros al este de Maullín. El terremoto sorprendió a la Sra. Silva en casa mientras su esposo se encontraba en la zona elevada cercana. Su hogar fue destruido, pero la Sra. Silva pudo escapar y reunirse con su esposo en un lugar seguro. Juntos vieron cómo el tsunami inundaba su terreno y se llevaba los restos de su casa. Al día siguiente, el

Sr. Vera encontró una capa de arena de varios centímetros de espesor que cubría gran parte de su terreno.

Muchas casas de la costa fueron arrastradas tierra adentro por el tsunami de 1960. Después de huir hacia una zona elevada en las cercanías de Queule, Filiberto Henríquez vio como algunas casas del pueblo se alejaban flotando. Recuerda que algunas parecían barcos con sus chimeneas humeantes. Los restos de algunas casas fueron trasladados casi dos kilómetros río arriba de Queule (según información facilitada por Wolfgang Weischet; véase la página 6).

Sin embargo, la casa de Margarita Liempí fue depositada intacta por las olas del tsunami; ni siquiera los vasos de cristal se quebraron.

En Mehuín, cerca de Queule, Jacinto Reyes ayudó a sepultar algunas de las víctimas del tsunami. Entre ellas se encontraban los padres de dos niñas que fueron halladas con algunos rasguños entre unos matorrales. No todos los cuerpos se encontraron de inmediato; casi 10 días después de la catástrofe, el Sr. Reyes descubrió cuerpos medio enterrados en la arena que estaban siendo comidos por los pájaros.

El tsunami chileno de 1960 depositó una capa de arena sobre parte de las tierras de Juan Vera cerca de Maullín (Chile). Cuando se tomó esta fotografía en 1989, la capa de arena aún era visible en la orilla de un estero mareal (foto superior derecha, véase localización en el mapa en el interior de la tapa). Una capa similar del tsunami de Cascadia de 1700 cubre los restos de un campamento de pescadores indígenas en la ribera del río Salmón en Oregón (foto inferior derecha; véase la localización en la página 3).



El sismo puede provocar el ascenso o el descenso de ciertas zonas costeras

Un gran terremoto puede hacer que las zonas costeras desciendan permitiendo que las mareas las inunden

El terremoto chileno de 1960 no solo generó el tsunami que acabó con la vida de Ramón Atala (véase el relato de la página 13), sino que también arrasó sus plantaciones de pinos, convirtiendo sus terrenos en marismas. La plantación se encontraba en una zona baja alrededor del establo del Sr. Atala (véase el relato de la página 15). Durante el terremoto, toda la zona se hundió. Como las mareas comenzaron a inundar la plantación, el suelo se volvió demasiado húmedo y salino para que los árboles pudieran sobrevivir.

En muchos otros lugares de la costa del sur de Chile ocurrió lo mismo que en la plantación del Sr. Atala. El movimiento

tectónico provocado por el terremoto de 1960 hizo descender el nivel de algunas zonas hasta 2,5 metros (8 pies), (véase el diagrama B, página 3). El mar comenzó a cubrir praderas, granjas y bosques. En 2010, el terremoto de magnitud 8,8 que asoló Chile provocó un levantamiento de tierras de 1 a 2 metros en la mitad sur del litoral afectado, y 0,5 metros de subsidencia en la parte norte. En la meridional península de Arauco, la elevación del suelo dejó a moluscos y algas a la intemperie de forma permanente (véase la fotografía).



En la Isla Santa María (arriba), la elevación de la costa causada por el terremoto de 2010 dejó a la intemperie a algas coralinas (blancas), moluscos y algas marinas.

Tal vez tenga que dar cobijo

Albergue a sus vecinos

Semanas después del terremoto tsunamigénico de 1960, Yolanda Montealegre albergó a 40 familias en “Casa Grande”, una antigua casona ubicada en las afueras de Maullín (Chile) (véase la localización en la fotografía de la página 17). La Sra. Montealegre huyó de su casa minutos después del terremoto; desde una zona elevada observó la llegada de la segunda ola del tsunami que siguió al sismo. A la mañana siguiente, encontró su casa en buenas condiciones y con el suelo seco. Las familias que albergó fueron parte del millón de chilenos que se quedaron sin hogar tras el terremoto tsunamigénico.

El terremoto chileno de 1960 provocó que bajara el nivel del suelo de este matadero y de la «Casa Grande» ubicados en las afueras de Maullín (Chile). El matadero quedó inundado por las altas mareas pero «Casa Grande», el hogar de Yolanda Montealegre, se salvó de la inundación porque se encontraba situada en una zona ligeramente más elevada. Tras el sismo y el tsunami, la Sra. Montealegre albergó a 40 familias.



Créditos y fuentes

Personas entrevistadas

[Por orden alfabético del primer apellido. Los números indican la edad en el año 1960; no se indica la edad si no fue registrada. Los nombres en negrita corresponden a personas mencionadas o que aparecen en alguna fotografía del folleto.]

Maullín, Quenuir y La Pasada(Chile)

Ricardo Águila (34), Juan Águila (36), Carlos Andrade (12), **José Argomede Hernández** (22), José Asencio Cárcamo (45), Elisa Asencio Téllez (19), **Eduardo Atala B.** (42), Reinaldo Cárcamo (52), Hernán Cárcamo Gómez (33), Víctor Chávez Villegas (56), **Armanda Cubate** (38), Nelson H. Cubate O. (4), **Palmira Estrada Estrada** (27), **Nelly Gallardo** (23), René García Silva (39), Hermógenes Gómez Rival, Adelina Gómez Rival (44), Felisa del Rosario Hernández Paredes (39), **Estalino Hernández** (54), Gaspar Hernández, Tulio Hernández, René Leichterle Krebs (43), **René Maldonado** (30), Alejandrino Mancilla, Antonio Segundo Mancilla (22), Bernarda Mancilla S. (23), **Yolanda Montealegre Mücke** (40), Rodrigo Morales, Fidel Navarro (50), Oscar Navarro Navarro (34), **José Miguel Navarro Silva** (44), Enoc Ojeda (20), José B. Ojeda Muñoz (40), Julia Paredes Toledo (54), **Ramón Ramírez Solís** (15), Braulio Reyes, Jorge Ruiz (34), **Tulio C. Ruiz** (23), José Rupertino Sánchez Gallardo (15), René Serón (36), **María Isolina Silva** (29), Domitila Solís (50), Pedro Soto (62), **Nabih Soza** (23), Gastón Ezequiel Toledo Arria (22), José Elizardo Torralbo (27), **María Vera** (42), Guillermina Vera Mancilla (39), **Juan Vera Mancilla** (34), el padre de Ángela Vera Reyes.

Valdivia, Puerto Saavedra, Mehuín y Queule (Chile)

Denis García (75), Erna Espinosa, Elsira Flores, **Filiberto Henríquez Jaramillo** (32), **Martín Huaracán**, Hernán Liempí (11), **Margarita Liempí** (18), **Vitalia Llanquimán**, Matrimonio Moraga, Gilberto Nahuelpán Liempí (25), Daniel Nahuelpán Rumillanca (32), **Juan Peña**, Alberto Perón Antilco (23),

Jacinto Reyes Reyes (54), **Jovita Riquelme** (45), Alejandro Villagrán Rojas (25), Andrea de Mehuín, Erasmo de Mehuín (23), Diodema de Mehuín (35).

Onagawa y Miyako (Japon)

Endo Fukuei (40), Moriai Miya (40), Moriai Mutsuhara (22), **Takanohashi Go** (12), Yamasaki Nori (26), **Yamazaki Toshio**, Kimura Tsuneo (28).

Hilo (Hawái)

Carol D. Brown (16) y **Jerry P. Eaton** (33).

Elaboración del folleto

Entrevistas (C, Chile; J, Japón)

Brian F. Atwater (C, J), Joanne Bourgeois (C), José Ulloa Cortés(C), Marco A. Cisternas Vega (C), Héctor Jiménez Núñez (C), Marcelo López Bermedo (C), Carlos Pineda (C), Musumi Satoko (J), Mary Ann Reinhart (C), Adriana Sandoval Lagos (C), Tsuji Yoshinobu (J), Ueda Kazue (J) y David K. Yamaguchi (J).

Entrevistas (Hawái)

Adaptadas de las historias de supervivientes de *Tsunami!*, de Walter C. Dudley y Min Lee, 1998 (University of Hawaii Press), completadas con entrevistas realizadas por Walter C. Dudley, Peter H. Stauffer y James W. Hendley II.

Fotografías

Marco A. Cisternas Vega (pág. 8, 19), Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile (pág.7, portada), Fuerza Aérea de Chile, Servicio Aerofotogramétrico (pág. 15, imagen 16019), Honolulu Advertiser (pág. 12), Ilustre Municipalidad de Maullín (pág. 5, 13, 19), Diego Muñoz (pág. 8), Pacific Tsunami Museum (pág. 9, 12), Saint-Amand (1963; ppág. 6 y 14), Hellmuth Sievers (pág.8), Universidad de Tokio (pág. 10, 11) y U.S. Defense Mapping Agency (pág. 16, imagen 503-333; pág. 17, imagen 552.R.13), UNESCO/Daniel Melnick (pág. 14), Constanza Vallejos (pág.2), A. Yamauchi (pág. 14), María Carolina Zúñiga (pág.7). Centro

Internacional de Información sobre los Tsunamis (pág.4).

Revisiones críticas

Sally Atwater, Sergio Barrientos, Eddie Bernard, Jan Bono, Steven R. Brantley, Gary Brown, George Crawford, Lori Dengler, Rich Eisner, Stephanie Fritts, Imamura Fumihiko, Eric Geist, Helen Gibbons, Frank González, Dick Hagemeyer, T.J. Harmon, Víctor Huérfano, Chris Jonientz-Trisler, Hal Mofjeld, Alan Nelson, Dave Oppenheimer, Jim Phipps, George Priest, Peter Stauffer, Uri Ten Brink, Barbara Thurman, Vasily Titov, John Vollmer, Christa von Hillebrandt-Andrade, Susan Beck.

Otras colaboraciones

Mario Pino (Universidad Austral de Chile); Carolina Villagrán y Sergio Barrientos (Universidad de Chile); Equipo de investigación Gracilaria de Maullín (Universidad Austral de Chile). Isoda Hisako, Kishimoto Kiyo y Satake Kenji (Geological Survey of Japan); Murakami Yoshikane, Sato Hiroshi y Watanabe Tokio (Universidad de Tokio, Instituto de Investigación Sísmica); Abe Motomu (pueblo de Onagawa) y Ota Yoko.

Información complementaria

Terremoto y tsunami chileno de 1960

Berkman, S.C. y Symons, J.M., sin fecha de publicación: The tsunami of May 22, 1960, as recorded at tide stations, U.S. Coast and Geodetic Survey, 79 págs.

Cisternas, M., Atwater, B.F., Torrejón, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Youlton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shishikura, M., Rajendran, C.P., Malik, J.K., Rizal, Y. y Husni, M.: Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake. *Nature*, 2005, v. 437, págs. 404-407.

Berkman, S.C. y Symons, J.M., sin fecha de publicación: The tsunami of May 22, 1960, as recorded at tide stations, U.S. Coast and Geodetic Survey, 79 págs.

Dudley, W.C. y Lee, M.: *Tsunami!*, University of Hawaii Press, 1998, 362 págs.

Eaton, J.P., Richter, D.H. y Ault, W.U.: The tsunami of May 23, 1960, on the Island of

Hawaii, Seismological Society of America Bulletin, 1961, v. 51, no. 2, págs. 135-157.

Griffin, Wallace: Crescent City's dark disaster, Crescent City Printing Co., 1984, 188 págs.

Japan Meteorological Agency: The report on the tsunami of the Chilean earthquake, 1960, Technical Report of the Japan Meteorological Agency No. 8, 1961, 389 págs.

Lachman, R., Tatsuoka, M. y Bonk, W.J.: Human behavior during the tsunami of May 1960, *Science*, 1961, v. 133, págs. 1405-1409.

Lander, J.F., Lockridge, P.A. y Koach, M.J.: Tsunamis affecting the west coast of the United States 1806-1992, National Oceanic and Atmospheric Administration, NGDC Key to Geophysical Records Documentation No. 29, 1993, 242 págs.

Lockridge, P.A.: Tsunamis in Peru-Chile, National Oceanic and Atmospheric Administration, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, Report SE-39, 1985, 97 págs.

Lomnitz, C.: Major earthquakes and tsunamis in Chile during the period 1535 to 1955, *Geologische Rundschau*, Bd. 59, 1970, págs. 938-960.

Plafker, G. y Savage, J.C.: Mechanism of the Chilean earthquakes of May 21 and 22, 1960, *Geological Society of America Bulletin*, 1970, v. 81, págs. 1001-1030.

Saint-Amand, P., ed.: Special issue—oceanographic, geologic, and engineering studies of the Chilean earthquakes of May 1960, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1963, v. 53, no. 6, págs. 1123-1436.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile: El maremoto del 22 de Mayo de 1960 en las costas de Chile (2d ed.), Valparaíso, SHOA, 2000, 72 págs.

Shepard, F.P., MacDonald, G.A. y Cox, D.C.: The tsunami of April 1, 1946, *Scripps Institution of Oceanography Bulletin*, 1950, v. 5, págs. 391-528.

The Committee for Field Investigation of the Chilean Tsunami of 1960: Report on the Chilean tsunami of May 24, 1960, as observed along the coast of Japan, Tokyo, Maruzen Co., Ltd., 1961, 397 págs.

Terremoto y tsunami chileno de 2010

Bray, J. y Frost, D.: Geo-engineering Reconnaissance of the 2010 Maule, Chile Earthquake, Report No. GEER-022 of the NSF Sponsored GEER Association Team, 2010, 1 pág.

Earthquake Engineering Research Institute: The Mw 8.8 Chile Earthquake of February 27, 2010, EERI Special Earthquake Report — June 2010, 2010, 20 págs.

Fariás, M., Vargas, G., Tassara, A., Carretier, S., Baize, S., Melnick, D. y Bataille, K.: Land-level changes produced by the Mw 8.8 2010 Chilean earthquake, *Science*, 2010, 329 (5994), 916-916.

Franco, G., Siembieda, W., Tardanico, R.: Report from Social Science & Policy Team—Talca and Constitución., An EERI Report from the Field. Report of the NSF Sponsored GEER Association Team, 2010.

Fritz, H.M., C.M. Petroff, P.A. Catalan, R. Cienfuegos, P. Winckler, N. Kalligeris, R. Weiss, S.E. Barrientos, G. Meneses, C. Valderas-Bermejo, C. Ebeling, A. Papadopoulos, M. Contreras, R. Almar, J. C. Dominguez y C. E. Synolakis: Field survey of the 27 February 2010 Chile tsunami, In *Tsunamis in the World Ocean: Past, Present, and Future, Volume II*, Kenji Satake, Alexander Rabinovich, Utku Kanoglu, Stefano Tinti, eds., *Pure Appl. Geophys.*, 2011, vol. 168, no. 11, págs. 1989-2010. DOI:10.1007/s00024-011-0283-5

Marín A et al.: The 2010 tsunami in Chile: Devastation and survival of coastal small-scale fishing communities, *Marine Policy*, 2010, doi:10.1016/j.marpol.2010.06.010

Melnick, D., Cisternas, M., Moreno, M. y Norambuena, R.: Estimating coseismic coastal uplift with an intertidal mussel: calibration for the 2010 Maule Chile earthquake (Mw 8.8), *Quaternary Science Reviews*, 2012, 42, págs. 29-42.

Morton, R.A., Buckley, M.L., Gelfenbaum, G., Richmond, B.M., Cecioni, A., Artal, O., Hoffman, C. y Perez, F.: Geological impacts and sedimentary record of the February 27, 2010, Chile tsunami—La Trinchera to Concepcion, U.S. Geological Survey Open-File Report, 2010, 2010-1116, 28 págs.

UNESCO Rapid Response Survey, 2010.

Winckler, P., Reyes, M. y Sepúlveda, I.: Evaluación del Tsunami del 27-02-2010 en Poblado de San Juan Bautista, Isla Robinson Crusoe, Archipiélago Juan Fernández. Universidad de Valparaíso, 2010 UV.

Referencias (mapas regionales, pág. 4)

Barkan, R. y ten Brink, U.: Tsunami Simulations of the 1867 Virgin Island Earthquake: Constraints on Epicenter Location and Fault Parameters, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 2010, 100(3), págs. 995-1009.

Barrientos, S.E.: Earthquakes in Chile, 2007, *Earthquakes in Chile*, Moreno, T.: The geology of Chile, Geological Society Publishing House, 2007, págs. 263-287.

Carena, S.: Subducting-plate Topography and Nucleation of Great and Giant Earthquakes along the South American Trench, *Seismological Research Letters*, 2011, 82(5), págs. 629-637.

Devora, S., Antonio, J. y Sanz, S. F. F.: Catalog of Tsunamis on the Western Coast of Mexico, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, Report SE-50, Boulder, CO, 1993.

Farreras, Salvador: Tsunamis en México. Oceanografía Física en México (editor: MF Lavín), Monografía, 1997, (5), págs. 1-25.

Fritz, H. M., Hillaire, J. V., Molière, E., Wei, Y. y Mohammed, F.: Twin Tsunamis Triggered by the 12 January 2010 Haiti Earthquake, *Pure and Applied Geophysics*, 2012, págs. 1-12.

Kelleher, J. A.: Rupture zones of large South American earthquakes and some predictions, *Journal of Geophysical Research*, 1972, 77(11), págs. 2087-2103.

Mercado-Irizarry, A. y Liu, P. L. (Eds.): Caribbean tsunami hazard. World Scientific Publishing Company Inc, 2006.

Sladen, A., Tavera, H., Simons, M., Avouac, J. P., Conca, A. O., Perfettini, H. y Cavagnoud, R.: Source model of the 2007 Mw 8.0 Pisco, Peru earthquake: Implications for seismogenic behavior of subduction megathrusts, *Journal of Geophysical Research*, 2010, 115(B2), B02405.

Uri, S., Bakun, W. H. y Flores, C. H.: Historical perspective on seismic hazard to Hispaniola and the northeast Caribbean region, *Journal*

of Geophysical Research, 2011, 116(B12), B12318.

Terremoto y tsunami de Cascadia en 1700

Atwater, B.F. y Hemphill-Haley, E.: Recurrence Intervals for Great Earthquakes of the Past 3,500 Years at Northeastern Willapa Bay, U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington, 1997, 1576, 108 págs.

Atwater, B.F., Yelin, T.S., Weaver, C.S. y Hendley, J.W. II: Averting surprises in the Pacific Northwest, U.S. Geological Survey Fact Sheet, 1995, 111-95, 2 págs.

Atwater, B.F., Musumi-Rokkaku, S., Satake, K., Tsuji, Y., Ueda, K. y Yamaguchi, D.K.: The orphan tsunami of 1700—Japanese clues to a parent earthquake in North America, U.S. Geological Survey Professional Paper 1707, 2005, published jointly with University of Washington Press, Seattle, 133 págs. [<http://pubs.usgs.gov/pp/pp1707/>].

Clague, J.J.: Evidence for large earthquakes at the Cascadia subduction zone: Reviews of Geophysics, 1997, v. 35, págs. 439-460.

Satake, K., Shimazaki, K., Tsuji, Y. y Ueda, K.: Time and size of a giant earthquake in Cascadia inferred from Japanese tsunami record of January 1700, *Nature*, 1996, v. 379, págs. 246-249.

Satake, K., Wang, K. y Atwater, B.F.: *Fault slip and seismic moment of the 1700 Cascadia earthquake inferred from Japanese tsunami descriptions*, *Journal of Geophysical Research*, 2003, v. 108, 2325, doi:10.1019/2003JB002521.

Tsuji, Y., Ueda, K. y Satake, K.: Japanese tsunami records from the January 1700 earthquake in the Cascadia subduction zone, *Zisin*, 1998, v. 51, p. 1-17 (en japonés con resumen, figuras y leyendas en inglés).

Yamaguchi, D.K., Atwater, B.F., Bunker, D.E., Benson, B.E. y Reid, M.S.: Tree-ring dating the 1700 Cascadia earthquake, *Nature*, 1997, v. 389, págs. 922-923; corrección en v. 390, pág. 352.

Otras fuentes

En comparación con los del tsunami del Japón (pág. 3), los datos relativos a la altura de las olas del de 1960 son mucho más precisos.

Estos datos provienen de informes del Organismo Meteorológico del Japón (1961), y han sido compilados por Satake y otros (2003), y Atwater y otros (2005). La comparación con las alturas de 1700 no está ajustada a los cambios del nivel terrestre ocurridos entre 1700 y 1960; la realización de este ajuste incrementaría en algunos decímetros la mayoría de las alturas de 1700 (Tsuji y otros, 1998).

Nikita Kruchev (pág. 4) se refería a la misión U-2 de Francis Gary Powers. Su cita proviene de una entrevista realizada después de la cancelación de la cumbre con Dwight Eisenhower en París. El *New York Times* publicó una transcripción parcial el 19 de mayo de 1960. El 23 de mayo la tensión Este-Oeste continuaba siendo portada, sin embargo, ese día el *New York Times* daba a conocer un primer cable periodístico sobre el terremoto tsunamigénico de Chile del 22 de mayo de 1960. Esta noticia se mantendría en portada los días 24 y 25 de mayo mientras se informaba de las pérdidas que el tsunami había ocasionado en Hawái y el Japón, y compartiría portada solamente con las noticias sobre el espionaje estadounidense y soviético, y sobre un satélite estadounidense para la detección de misiles.

Los datos relativos a la altura de las olas del tsunami y al número de decesos se han extraído de las entrevistas y los estudios realizados entre 1988 y 1989. Las alturas han sido aproximadas al metro; sin embargo, en algunos puntos específicamente señalados por sobrevivientes ha sido posible obtener una mayor precisión. La cifra de 105 muertes en Quenuir la facilitó René Serón. En su calidad de funcionario, en 1960 el Sr. Serón registró nacimientos, defunciones y todo tipo de asuntos oficiales de Quenuir. En 1989, recordaba que antes del tsunami el pueblo contaba con unas 50 casas, una iglesia, un cementerio y tenía de 400 a 450 habitantes.

Información sobre los riesgos vinculados a los tsunamis disponible en Internet

<http://www.ioc-tsunami.org/>

<http://www.tsunamiwave.info>

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



En entrevistas realizadas algunos decenios después: sobrevivientes en Chile, Hawái y Japón recuerdan el tsunami generado por el terremoto de magnitud 9,5 que estremeció a Chile en 1960. Sus historias contienen lecciones de supervivencia en caso de tsunami:

- Muchos sobrevivirán al terremoto
- Haga caso de los avisos de la naturaleza
- Tenga en cuenta la tradición oral
- Cuando el mar se retire, desconfíe
- Se generarán muchas olas
- Vaya a un sitio elevado y permanezca allí
- Siga los avisos oficiales
- No se ocupe de sus pertenencias
- Las vías tal vez no estén transitables
- Suba a un piso superior o al tejado
- Encarámese a un árbol
- Aférrese a algún objeto flotante
- Las olas dejarán diferentes tipos de desechos
- El sismo puede provocar el ascenso o el descenso de ciertas zonas costeras
- Tal vez tenga que dar cobijo

La mayor parte de este folleto es una copia de la Circular 1218 del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), material liberado para uso público.

La Circular 1218 puede consultarse en la página: <http://pubs.usgs.gov/circ/c1218/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Comisión
Oceanográfica
Intergubernamental

Elaborado en cooperación con el Servicio Geológico de los Estados Unidos, la Universidad Austral de Chile, la Universidad de Tokio, la Universidad de Washington, el Servicio Geológico del Japón, el Museo de Tsunamis del Pacífico, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, el programa Explora y el Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis COI/UNESCO-NOAA.