

# EXPERIENCIAS E IDEAS PARA EL AULA

## RECURSOS AUDIOVISUALES SOBRE TSUNAMIS EN INTERNET

### *Tsunami audiovisual resources on the Internet*

Manuel González-Herrero (\*), Juan Antonio López-Martín (\*\*), Pedro Alfaro (\*\*\*) y José Miguel Andreu (\*\*\*)

#### RESUMEN

Presentamos una selección de páginas web que contienen recursos audiovisuales sobre tsunamis (esquemas, mapas, animaciones, vídeos, imágenes de satélite, fotografías, etc.). Este material gráfico puede ser utilizado por los docentes, como complemento a las tradicionales clases teóricas, para la preparación de seminarios, talleres, presentaciones por ordenador, entre otros. La avalancha de información publicada en Internet sobre el tsunami del Índico de 2004 ha puesto de manifiesto el gran potencial que tiene en la docencia de las Ciencias de la Tierra.

#### ABSTRACT

We present a web site selection which contains audiovisual resources on tsunamis (diagrams, maps, animations, videos, satellite images, photographs, etc.). This graphic material can be used by lecturers as a complement to traditional theory classes, in order to prepare seminars, workshops, computer-aided presentations, etc. The enormous amount of information published about the 2004 Indian Ocean tsunami on the Internet reveals the great potential of this resource in teaching Earth Sciences.

**Palabras clave:** tsunami, Internet, páginas web, recursos educativos, riesgos geológicos.

**Keywords:** tsunami, Internet, web sites, educational resources, geological hazards.

#### INTRODUCCIÓN

Cuando ocurrió la catástrofe del 26 de diciembre de 2004 a todos los que firmamos este artículo se nos ocurrió la misma idea: una herramienta tan sencilla y barata como la cultura científica de los ciudadanos habría evitado esta catástrofe humanitaria. De nuevo se puso de manifiesto, como en tantas otras ocasiones, la utilidad de las Ciencias de la Tierra para nuestra Sociedad.

Poco tiempo después decidimos preparar un seminario para nuestros estudiantes, explicando las razones geológicas de esta catástrofe, cómo se podría haber prevenido y predicho, dónde ocurren habitualmente los tsunamis, cuántos se han producido en nuestras costas, etc. Para preparar estos seminarios encontramos información muy valiosa en Internet, especialmente por la actualización de sus contenidos (localización y magnitud del terremoto del 26 de diciembre, efectos del tsunami en diferentes lugares, horario de propagación, etc.), así como por la abundancia de recursos audiovisuales.

Este artículo no pretende mostrar un listado de páginas web donde encontrar información general

sobre tsunamis, ya que en este mismo monográfico se incluye un volumen considerable de información. Nuestra intención ha sido seleccionar aquellas páginas con recursos audiovisuales (esquemas, mapas, animaciones, vídeos, imágenes de satélite, fotografías, etc.) que sirvan a los docentes como complemento para preparar seminarios, talleres o presentaciones por ordenador, entre otros.

Además de los numerosos recursos audiovisuales, una de las grandes ventajas de Internet respecto a las publicaciones más tradicionales, es que proporciona información actualizada sobre eventos geológicos ocurridos en el Planeta: terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, creación de nuevas islas volcánicas, etc. Un ejemplo de ello ha sido precisamente el tsunami del Índico de 2004, con una avalancha de información realmente espectacular. Durante los meses siguientes a la catástrofe en Internet se ha podido consultar abundante información sobre las características geodinámicas del maremoto, las características físicas del tsunami, sus efectos geológicos en la costa, el número de víctimas, las campañas de ayuda humanitaria, etc.

(\*) I.E.S. La Arboleda, C Padre Ellacuría 13, 11500 El Puerto de Santa María (Cádiz) mglezh@mundivia.es

(\*\*) I.E.S. Ramón Arcas, Avda. Juan Carlos I, 72, Lorca (Murcia) juanan66@serconet.com

(\*\*\*) Dpto. Ciencias Tierra y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, Campus de San Vicente del Raspeig, Apdo. 99, 03080 Alicante, pedro.alfaro@ua.es / andreu.rodas@ua.es

En el primer capítulo de este trabajo hemos incluido varias páginas de carácter general que explican las características físicas y los efectos de los tsunamis. Seguidamente hemos seleccionado varios sitios web sobre los fenómenos que los desencadenan. A continuación, se relacionan varias páginas sobre los principales tsunamis ocurridos en el Mundo y en España, haciendo especial hincapié en el tsunami de 2004 en el Índico y en el de 1755 en las costas de Cádiz y Huelva (terremoto de Lisboa). El siguiente capítulo se centra en las redes de alerta, por una parte, y en las medidas de prevención, por otra, especialmente aquellas relacionadas con la educación de los ciudadanos. Posteriormente, en el capítulo específico de recursos audiovisuales proporcionamos varias direcciones donde se pueden descargar mapas, fotografías, vídeos, animaciones, esquemas, etc. Finalmente, hemos añadido una selección de páginas centradas en algunos aspectos geológicos relacionados con el tsunami (o con el terremoto que lo provocó) y que consideramos de interés para los docentes de las Ciencias de la Tierra.

Obviamente, con el paso del tiempo algunas de estas páginas cambiarán de dirección o dejarán de estar publicadas en Internet, pero en el texto incorporamos la máxima información sobre las instituciones u organismos que las publican con el propósito de facilitar su seguimiento en el futuro.

Finalmente, nos gustaría animar a todos los docentes a usar Internet como complemento a los textos tradicionales y revistas especializadas, y a aprovechar su principal virtud en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra: información “casi en tiempo real” sobre fenómenos naturales ocurridos en el Planeta. Esta cualidad, si se utiliza en su justa medida, dinamiza y acerca al estudiante las Ciencias de la Tierra al mundo real que le rodea. El problema nunca ha sido el instrumento sino cómo se utiliza; en el caso particular de Internet tan perjudicial puede ser su abuso como su no uso.

En el año 2004 ha sido el tsunami del Índico, pero en los próximos años ocurrirán en nuestro Planeta fenómenos naturales de gran espectacularidad que serán seguidos por los medios de comunicación y que en algunos casos, desgraciadamente, tendrán consecuencias catastróficas.

## ¿QUÉ ES UN TSUNAMI? CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y EFECTOS

[http://www.puc.cl/sw\\_educ/geo\\_mar/html/h71.html](http://www.puc.cl/sw_educ/geo_mar/html/h71.html)

Página en castellano de la Universidad Pontificia Católica de Chile que contiene información sobre los mecanismos generadores, características físicas e impacto de los tsunamis. Trata de forma específica los tsunamis que han afectado a la costa chilena y analiza el sistema de alarma en el Pacífico y el riesgo existente en la costa chilena ante nuevos eventos. Presenta figuras que ilustran los diversos aspectos tratados.

[http://www.prh.noaa.gov/itic/sp/library/pubs/great\\_waves/tsunami\\_great\\_waves\\_tc.html](http://www.prh.noaa.gov/itic/sp/library/pubs/great_waves/tsunami_great_waves_tc.html)

Documento en español de varias instituciones internacionales (NOAA, COI, LDG, SHOA) que tiene como objetivo mejorar la conciencia y el conocimiento sobre los tsunamis, para intentar disminuir el número de personas damnificadas por los efectos de los mismos. Su carácter divulgativo hace que los contenidos sean presentados de forma muy asequible para la población en general, por lo que puede ser de gran utilidad para su empleo en los niveles de enseñanza más bajos.

## ¿CÓMO SE ORIGINAN? TIPOS DE TSUNAMIS

Como se ha comentado a lo largo de este monográfico los terremotos son, sin duda, los fenómenos naturales responsables de la mayor parte de tsunamis. Sin embargo, con periodos de recurrencia de varias decenas o centenas de miles de años se pueden producir tsunamis desencadenados por el impacto de asteroides o por el colapso de edificios volcánicos. También los movimientos de ladera en mares o lagos pueden desencadenar tsunamis de menor importancia.

### Terremotos

<http://tsunami.jrc.it/model/equakes.asp?type=2>

Página del *Joint Research Centre* de la Comisión Europea en la que se muestra un modelo, que en función de los datos de diferentes terremotos acontecidos en el Planeta, puede ser aplicado de forma automática para aquellos sismos que tienen lugar bajo agua y presentan una magnitud superior a 6,5. Este modelo permite realizar un análisis de probabilidad sobre la capacidad de desarrollar tsunamis, así como elabora mapas y animaciones de la propagación teórica del mismo en función del tiempo.

<http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/>

Esta página presenta información sobre la generación de tsunamis a partir de terremotos. El aspecto más interesante lo representa la explicación de casos hipotéticos y situaciones reales a partir de animaciones y simulaciones.

### Colapso de edificios volcánicos

[http://www.iris.edu/about/ENO/iows/2\\_2003a.htm](http://www.iris.edu/about/ENO/iows/2_2003a.htm)

Página del IRIS (*Incorporated Research Institutions for Seismology*) que muestra esquemas en los que se representa la predicción del tsunami que provocaría el hipotético colapso de un flanco de unos 500 km<sup>3</sup> de roca del volcán Cumbre Vieja de la isla de La Palma (Canarias). La secuencia de imágenes muestra la hipotética evolución desde dos minutos hasta nueve horas después de producirse el colapso. Los colores rojos y azules muestran respectivamente las zonas elevadas y deprimidas en el océano. Se ofrecen datos de la altura en metros que alcanzarían

los senos y crestas de las olas respecto del nivel del mar antes del colapso.

<http://www.drgeorgepc.com/TsunamiVolcanicMechanisms.html>

Esta página ofrece un extracto de la conferencia presentada por el Dr. Paradas-Carayannis en el año 2004 en Puerto Rico. En ella se analizan, de forma resumida, los diferentes mecanismos que originan colapsos y movimientos de masa en los edificios volcánicos, así como su potencial en la generación de tsunamis. Entre los aspectos más relevantes destacan la espectacularidad de las fotografías de satélite de diversos ejemplos de todo el mundo, así como la amplia relación bibliográfica incluida al final de la página.

### Impacto de asteroides

<http://www.1.tpgi.com.au/users/tps-seti/spacegd7.html#tsunamiimpact>

Página del *Australian Spaceguard Survey* desarrollada por el profesor Michael Paine en la que se estudia la probabilidad y los efectos que causaría un tsunami provocado por el impacto de un asteroide en un océano. Se establece un método para estimar el riesgo al que estarían expuestas las regiones costeras ante un tsunami generado por el impacto de un meteorito (Fig. 1). Cabe resaltar la multitud de enlaces que ofrece con las últimas noticias aparecidas en la prensa y con diversas publicaciones relacionadas con tsunamis, especialmente con el tsunami del Índico.

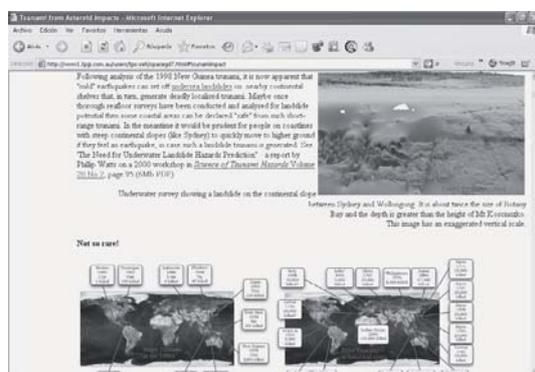


Fig. 1. Página del Australian Spaceguard Survey donde se analiza el riesgo de tsunamis por impactos de asteroides en el océano y desde donde se puede acceder a numerosos recursos educativos y científicos.

## TSUNAMIS EN EL MUNDO

### Principales tsunamis ocurridos en el Planeta

[http://tsun.sccc.ru/tsulab/On\\_line\\_Cat.htm](http://tsun.sccc.ru/tsulab/On_line_Cat.htm)

Base de datos de tsunamis on-line, en el Pacífico, Atlántico y Mediterráneo, del *Novosibirsk Tsunami Laboratory* (NTL) perteneciente a la Academia Rusa de la Ciencia. En cada una de estas zonas se pueden localizar los eventos por distintos parámetros (coordenadas geográficas, fecha, profundi-

dad, magnitud, intensidad, causa del tsunami, número de víctimas...). Contiene datos de eventos acontecidos desde 1628 a.C. hasta la actualidad.

[http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/database\\_devel.html](http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/database_devel.html)

Página del *Pacific Marine Environmental Laboratory* (PMEL) en la que se encuentra recopilada información, desde 1996, de los tsunamis recientes. Para cada uno de ellos existe información complementaria mediante enlaces a diferentes sitios web.

### Tsunami del Índico de 2004

<http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/sumatra05/>

Informe del tsunami realizado por el ITST (*Sumatra International Tsunami Survey Team*) compuesto por científicos de Japón, Estados Unidos, Francia e Indonesia. En este documento cabe destacar la información relativa a diversos procesos geológicos (depósitos de arenas, subsidencia, respuesta de la costa) originados como consecuencia de la acción del tsunami.

<http://www.ess.washington.edu/tsunami/Sumatra.htm>

Página de *Earth and Space Sciences* de la Universidad de Washington en la que se realiza una descripción del tsunami del 26 de diciembre de 2004, insertando enlaces externos en los que se pueden consultar los aspectos más relevantes del origen y consecuencias del mismo. Abunda la información gráfica (fotos, vídeos, figuras, animaciones...), existiendo la posibilidad de profundizar en los contenidos de mayor interés para cada usuario.

## TSUNAMIS EN ESPAÑA

### Tsunamis que han afectado a la Península

<http://www.geo.ign.es/servidor/sismo/cnis/catsunami.html>

En la página del Instituto Geográfico Nacional, y en concreto en la sección de sismología, se puede consultar el catálogo de los tsunamis que han afectado a las costas españolas desde el año 218 a.C. hasta la actualidad. En este trabajo proporcionamos la dirección actual en la que se encuentra la tabla, aunque está prevista una migración de los contenidos del sitio web de Geofísica del Instituto Geográfico Nacional a la dirección [www.mfom.es/ign](http://www.mfom.es/ign).

### El tsunami del terremoto de Lisboa de 1755

<http://www.esi.unav.es/assignaturas/ecologia/Hipertexto/08RiesgN/116TerLisb.htm>

Hemos querido destacar este tsunami que se originó como consecuencia de un terremoto con epicentro en la falla Azores-Gibraltar, a 37°N y 10°W, y que afectó de forma intensa a Portugal y al Sur de España, causando en las costas de Huelva y Cádiz casi dos mil víctimas. Entre las referencias históricas sobre este tsunami hemos seleccionado la página de la Escuela Superior de Ingenieros de la Uni-

versidad de Navarra ya que, además, contiene información del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos (ITGE, 1988) sobre los efectos del tsunami en las costas españolas y portuguesas.

## PREDICCIÓN Y PREVENCIÓN DE TSUNAMIS

### Redes de alerta

<http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/Dart/>

El Programa de investigación sobre Tsunamis del PMEL (*Pacific Marine Environmental Laboratory*) tiene como objetivo detectar tsunamis en Hawái, California, Oregon, Washington y Alaska. En esta página existe un apartado dedicado a educación en el que se explica el funcionamiento de su sistema de alerta. Entre su contenido destacan especialmente sus magníficas ilustraciones (esquemas y fotografías) de los sensores de presión, las boyas y los centros de alerta (Fig. 2).

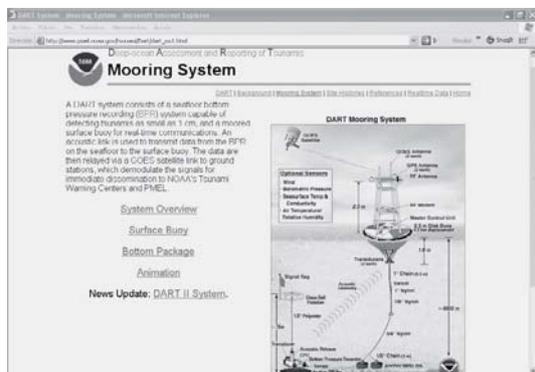


Fig. 2. Página web del Programa de investigación sobre Tsunamis del PMEL (Pacific Marine Environmental Laboratory) donde se explica el funcionamiento de los sistemas de alerta.

### Medidas preventivas

<http://www.tsunamiwave.info/>

Página del ITIC (*International Tsunami Information Centre*) que fue creado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO. Este Centro mantiene y desarrolla relaciones con investigadores científicos, organizaciones académicas, agencias de defensa civil y con el público en general para llevar a cabo su misión de atenuar los peligros asociados a tsunamis, mejorando la preparación de la población ante un posible tsunami en el Océano Pacífico.

<http://pubs.usgs.gov/circ/c1218/>

Este documento, traducido al español, contiene una recopilación de entrevistas con supervivientes de los tsunamis de Chile, Hawái y Japón (Fig. 3). A partir de estas impresionantes experiencias, un grupo de expertos proporciona consejos sobre cómo actuar frente a un tsunami. Consideramos que esta información u otra similar es imprescindible en la enseñanza de cualquier riesgo natural. Como se pu-



Fig. 3. Página web con relatos de supervivientes de los tsunamis ocurridos en Chile, Japón y Hawai, en la que se incluye un interesante apartado con consejos sobre cómo actuar en caso de tsunami.

do comprobar en el pasado tsunami del Índico de 2004, la educación salva vidas.

## RECURSOS

### Fotografías

<http://www.waveofdestruction.org>

Abundante información gráfica, entre las que se encuentran numerosas colecciones de fotografías sobre el tsunami del Índico de 2004.

### Animaciones

<http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/visualization/collections/tsunami.html>

Interesante selección de recursos gráficos sobre tsunamis (Fig. 4). Entre ellas destaca, por su interés docente, la animación del tsunami del Índico realizada por Kenji Satake. En ella los trenes de olas están coloreados en rojo (crestas) y azul (senos). Si observamos detenidamente la animación, en aquellos lugares de la costa en los que el primer tren de olas que llega es de color rojo (cresta), la primera manifestación del tsunami fue la inundación de la costa, mientras que en los que llega un seno (color azul) tuvo lugar un retroceso súbito del agua. Por ejemplo, en algunos lugares de la costa



Fig. 4. Página web desde la que se puede acceder a una gran cantidad de animaciones y simulaciones de tsunamis (Science Education Resource Center).

de Tailandia el mar retrocedió más de 300 m durante varios minutos, antes de la llegada de las primeras grandes olas.

### Videos

<http://tsunami.jrc.it/Videos/videos.asp>

<http://www.asiantsunamivideos.com>

La primera página pertenece al *Joint Research Centre* de la Comisión Europea, mientras que la segunda es una página personal. Ambas incluyen una selección de vídeos en varios formatos (mpeg, avi, ...), que se pueden descargar, visualizar e insertar en presentaciones de ordenador. Existe una gran variedad en la temática de estas secuencias de vídeo. Algunos de ellos tienen un gran valor pedagógico, ya que muestran cómo se podría haber evitado la catástrofe, al observarse varios de los fenómenos que precedieron la llegada de las primeras olas destructivas:

– *Retirada del agua previa a la llegada de las grandes olas.* Esta retirada de varias decenas, e incluso, centenares de metros mar adentro había sido descrita en las crónicas de varios tsunamis como el de Lisboa (1755), Chile (1960), Alaska (1964). En todos estos casos, esta repentina retirada del mar había despertado la curiosidad de la población que acudía a la costa a observar este insólito fenómeno natural, viéndose a continuación atrapados por la llegada de las grandes olas.

– *Las olas más destructivas suelen ir precedidas de otras de menor altura.* En alguno de los vídeos se observa como las primeras de ellas erosionan las playas, causando sólo algunos daños materiales. Sin embargo, al cabo de unos minutos (suficientes para haber evacuado a la población) se produce la llegada de las olas más destructivas que, desgraciadamente, causaron numerosas víctimas.

En otros vídeos se reconoce el fenómeno de amontonamiento. Muchas personas asocian un tsunami a olas gigantescas. Sin embargo, según la configuración batimétrica de la costa es posible que sólo se generen olas de pequeña altura, pero que son capaces de inundar la costa con consecuencias catastróficas.

### Imágenes de satélite

[http://www.gesource.ac.uk/hazards/tsunami2004\\_full.html](http://www.gesource.ac.uk/hazards/tsunami2004_full.html)

[http://www.digitalglobe.com/tsunami\\_gallery.html](http://www.digitalglobe.com/tsunami_gallery.html)

En estas dos páginas se pueden consultar dos series “antes-después” de imágenes de satélite del tsunami del Índico de 2004.

<http://www.crisp.nus.edu.sg/tsunami/tsunami.html>

Además de algunas imágenes de satélite, se pueden descargar “vuelos digitales” en los que se observan los daños del tsunami del Índico de 2004.

### Enciclopedia on line

<http://es.wikipedia.org/wiki/Tsunami>

Interesante enciclopedia digital en castellano que aborda el tema de los tsunamis. Además de la definición incluye algunas nociones sencillas sobre la física de los tsunamis, así como una breve descripción de algunos de los tsunamis históricos y de los sistemas de alerta. Al tratarse de una enciclopedia libre, es un documento vivo, en el que la información va aumentando y completándose con el tiempo. El principal inconveniente de este tipo de publicaciones electrónicas es la fiabilidad de sus contenidos ya que la entrada de información es libre.

### Preguntas más frecuentes sobre tsunamis

[http://www.prh.noaa.gov/itic/library/about\\_tsu/faqs.html](http://www.prh.noaa.gov/itic/library/about_tsu/faqs.html)

<http://www.tsunami.org/faq.htm>

Este recurso de preguntas frecuentes (FAQ: *Frequently Asked Questions*) es muy utilizado en las páginas web americanas. Hemos seleccionado la del *Pacific Tsunami Museum* de Hilo (Hawai) y la del *Internacional Tsunami Information Center* de Honolulu (Hawai).

### Glosarios

<http://www.prh.noaa.gov/itic/library/pubs/glossary/glossary.html>

Glosario de términos relacionados con los tsunamis del *International Tsunami Center*, perteneciente a la NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*) de los Estados Unidos.

### ALGUNOS FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS CON LOS TSUNAMIS

Los tsunamis, sobre todo aquellos ligados a terremotos de gran magnitud, producen algunos fenómenos geológicos curiosos que permiten relacionar su estudio con otras disciplinas o ramas científicas como la Geomorfología, la Hidrogeología, la Estratigrafía, la Paleontología y la Ecología, entre otras.

A continuación incluimos una pequeña selección de fenómenos relacionados con los tsunamis (o con los terremotos responsables), y algunas direcciones donde encontrar información adicional para aquellas personas que pueden estar interesadas en uno o varios de estos procesos.

### Contaminación de acuíferos

<http://igrac.nitg.tno.nl/tsunami1.html>

Perteneciente a *The International Groundwater Resources Assessment Centre*, esta página está dedicada al impacto de los tsunamis sobre las aguas subterráneas. La página, de carácter específicamente hidrogeológico, se organiza básicamente en tres aspectos. El primero describe el impacto que el tsunami de diciembre del 2004 causó en los abasteci-

mientos de agua potable en diferentes áreas del Índico. El segundo analiza los procesos y mecanismos de la intrusión marina relacionados con los tsunamis. Y por último, el tercero presenta una breve descripción de los posibles efectos que este tipo de eventos dejan sobre las aguas subterráneas. A pesar de abordar algunos aspectos muy específicos, los numerosos esquemas (Fig. 5), así como las animaciones facilitan la comprensión de los fenómenos de intrusión marina asociados a tsunamis.

**Tsunamis en el registro estratigráfico: tsunamitas**

<http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/srilanka05>

En el USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) existe un equipo de trabajo dedicado a analizar la huella que los grandes tsunamis dejan en el registro estratigráfico a través de sedimentos (principalmente arenosos). La datación de estos depósitos arenosos (tsunamitas) permite identificar paleotsunamis, cuestión de gran interés para calcular la peligrosidad de tsunamis de una región determina-

da. En España, Luque et al. (2001) identificaron depósitos de tsunamis en la flecha litoral de Valdela-grana (Cádiz) y en las marismas de Doñana (Huelva), los cuales han sido relacionados con un tsunami ocurrido posiblemente en el año 216-218 a.C. Estos estudios son muy útiles para calcular los periodos de recurrencia de eventos como el terremoto de Lisboa de 1755.

**Emersión de arrecifes**

Algunos científicos han comprobado como en las inmediaciones de las zonas de subducción, los terremotos de gran magnitud (generadores de tsunamis) producen movimientos verticales en la superficie terrestre que afectan al crecimiento y desarrollo de los corales. Aunque este fenómeno no tiene relación directa con los tsunamis sino con sus terremotos responsables, hemos considerado interesante incluirlo en este trabajo por su gran interés científico. Para una mejor comprensión del fenómeno hemos añadido a continuación un apartado sobre las zonas de acoplamiento.

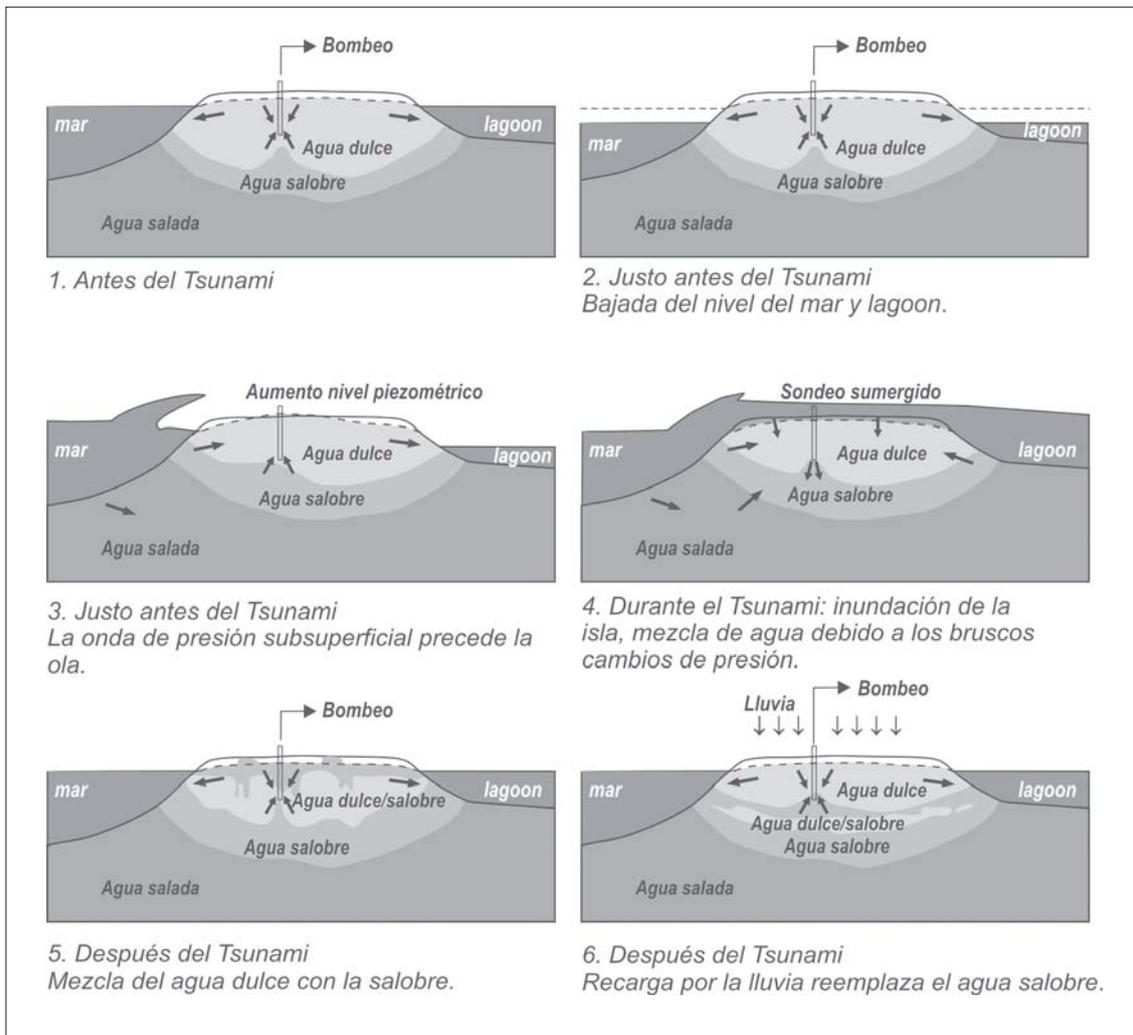


Fig. 5. Efectos de un tsunami en las aguas subterráneas de una isla arrecifal. Esquema modificado de IGRAC (International Groundwater Resources Assessment Centre).

### ¿Qué son las zonas de acoplamiento?

Se sabe que la mayoría de los grandes tsunamis son provocados por terremotos localizados en las zonas de subducción ya que en ellas se dan tres condiciones indispensables: (1) se localizan las fallas de mayor longitud de nuestro Planeta (“megacabalgamientos”) capaces de producir terremotos de magnitud superior a 9,0, (2) estas fallas tienen una componente de desplazamiento vertical muy notable y (3) se localizan en el fondo de los océanos y mares.

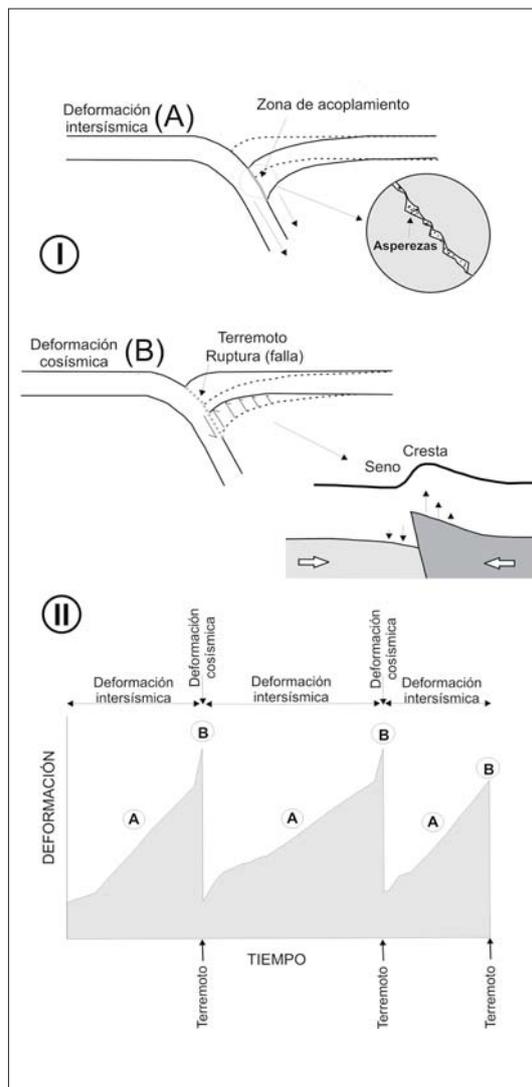


Fig. 6. Esquema simplificado de la generación de grandes terremotos en una zona de subducción. IA. Deformación inter-sísmica: el movimiento continuo de subducción entre la placa cabalgante y la cabalgada se bloquea por la resistencia que ofrecen las asperezas de la zona de acoplamiento. IB. Deformación cosísmica: el repentino desplazamiento de la corteza oceánica en la vertical provoca una deformación de la columna de agua desarrollando un seno y una cresta. II. Esquema del “ciclo del terremoto” en las zonas de subducción.

Si el movimiento convergente entre dos placas de una zona de subducción fuese continuo no se producirían apenas terremotos, al menos, de gran magnitud. Desafortunadamente, entre la placa cabalgada y la cabalgante existe una zona de contacto, también denominada **zona de acoplamiento** (Fig. 6) que es la que se “rompe” cada cierto tiempo provocando grandes terremotos. El movimiento continuo de subducción se bloquea en estas zonas de acoplamiento debido al rozamiento existente entre ambas placas. Habitualmente, la placa que subduce “arrastra” lentamente a la placa cabalgante (y por consiguiente el continente y sus islas), provocando una subsidencia de varios milímetros al año (a esta deformación continua y lenta se le conoce como inter-sísmica) (Fig. 6 IA). Al cabo de varios centenares o miles de años, cuando el esfuerzo acumulado en la zona de acoplamiento supera un cierto valor crítico (en función del rozamiento en la zona de acoplamiento), se produce un terremoto de gran magnitud que permite recuperar en parte su posición inicial (Fig. 6 IB). Este terremoto produce una elevación repentina de la placa que ha estado hundiéndose (deformación cosísmica), lo que favorece la generación de tsunamis. Este comportamiento se repite a lo largo del tiempo (ciclo del terremoto) (Fig. 6 II).

<http://cais.gsi.go.jp/Research/topics/topic041226/simeuluee.html>

En el caso particular del terremoto del Índico de 2004, algunas islas de la microplaca de Sunda (placa cabalgante) sufrieron una espectacular rotación horaria (Fig. 7). En esta página se puede observar la rotación que sufrió la isla de Simeulue; mientras que la mitad occidental de la isla se elevó algo más de 1,5 m, la parte oriental se hundió 0,5 m. También se observan algunas fotografías de arrecifes emergidos por el terremoto. Un fenómeno similar ocurrió en las islas de Andaman y Nicobar.

<http://www.tectonics.caltech.edu/sumatra/paleo.html>

Algunos científicos han estudiado la morfología de microatolones detectando la existencia de escalones en su topografía. Estos escalones los relacionan con emersiones o hundimientos repentinos ligados a grandes terremotos. Estos científicos han conseguido datar por métodos radiométricos los corales y han correlacionado los escalones de los microatolones con antiguos tsunamis. Sus estudios tienen gran interés, por tanto, en las estimaciones de peligrosidad sísmica y de tsunamis de una región. Es interesante la animación realizada por el California Institute of Technology (parte superior de la página web) (Fig. 8) que muestra el modelo de crecimiento de estos microatolones y su relación con los movimientos del nivel del mar, tanto los lentos (deformación inter-sísmica) como los bruscos (deformación cosísmica).

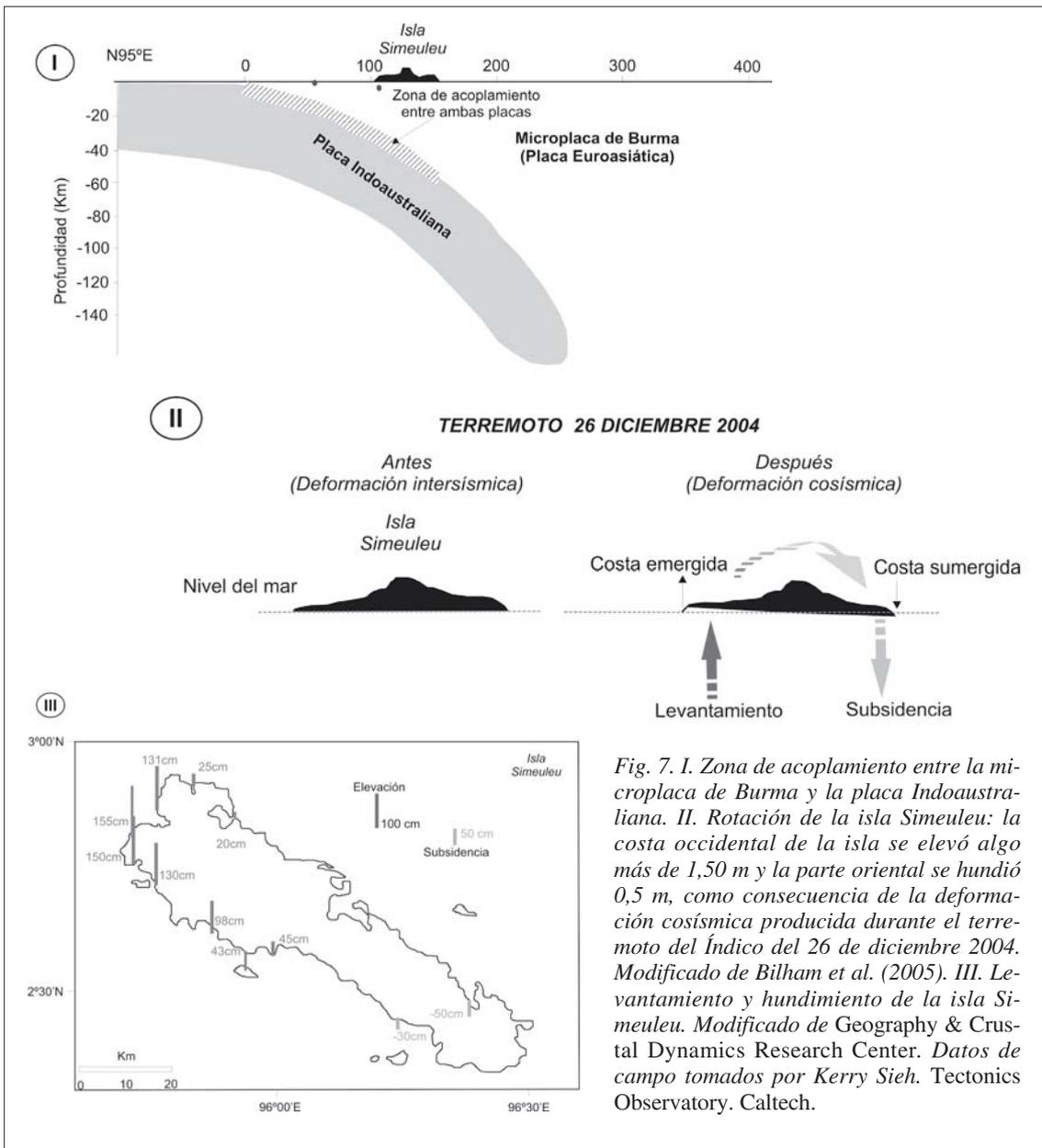


Fig. 7. I. Zona de acoplamiento entre la microplaca de Burma y la placa Indoaustraliana. II. Rotación de la isla Simeuleu: la costa occidental de la isla se elevó algo más de 1,50 m y la parte oriental se hundió 0,5 m, como consecuencia de la deformación cosísmica producida durante el terremoto del Índico del 26 de diciembre 2004. Modificado de Bilham et al. (2005). III. Levantamiento y hundimiento de la isla Simeuleu. Modificado de Geography & Crustal Dynamics Research Center. Datos de campo tomados por Kerry Sieh. Tectonics Observatory. Caltech.

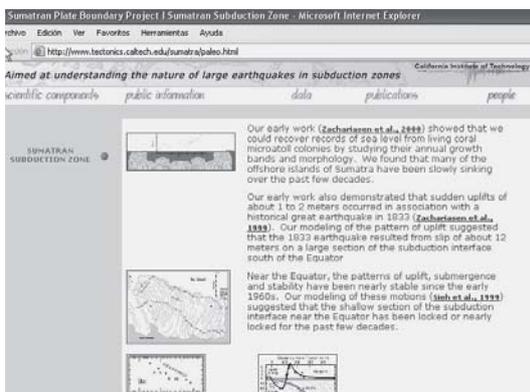


Fig. 8. Página del California Institute of Technology que relaciona la morfología de los microatolones de coral con emersiones o hundimientos repentinos ligados a grandes terremotos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los grupos de investigación VIGROB2004-102 y S03/085 de la Generalitat Valenciana.

## BIBLIOGRAFÍA

Bilham, R., Engdahl, E.R., Feldl, N. y Satyabala, S.P. (2005). Partial and Complete Rupture of the Indo-Andaman plate boundary 1847-2004. *Seism. Rev. Lett.* En: <http://cires.colorado.edu/~bilham/IndonesiAndaman2004.htm>.

Luque, L., Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J. y Silva, P.G. (2001). Tsunami deposits as paleoseismic indicators: examples from the Spanish coast. *Acta Geológica Hispánica*, 36, 3-4, 197-211.

ITGE (1988). Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos. Madrid. ■