Tsunami Asia 2004

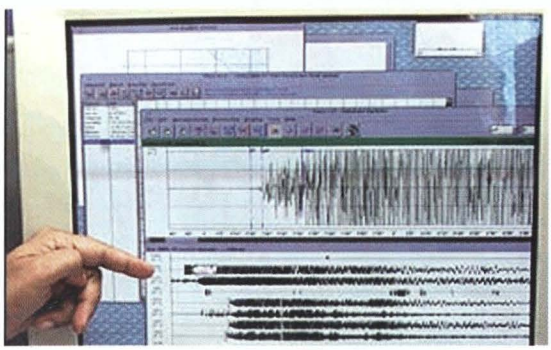
Jorge Paz Acosta

Un sismo submarino con una magnitud de 9,0 grados en la escala de Richter hizo temblar el sudeste del océano Índico el 26 de diciembre de 2004 provocando la muerte de 300.000 seres humanos. El sismo, que se originó en el mar cerca de la costa norteña de la isla Indonesia de Sumatra, provocó un tsunami que afectó las áreas costeras de países asiáticos de Indonesia, Tailandia, Malasia, Birmania, Bangladesh, Sri Lanka, India, Islas Maldivas, e incluso en lugares lejanos como Somalia, Kenya y Tanzania a miles de kilómetros al oeste del epicentro. El presente artículo ha sido desarrollado motivado en el lamentable desastre ocurrido en el sudeste asiático y con el único propósito de analizar la información disponible, y sobre la base de esta situación, contribuir a comprender este fenómeno natural que permita, de alguna forma, afrontar con éxito situaciones similares, considerando que nuestro territorio, por su ubicación geográfica y su condición de país marítimo, se encuentra expuesto en todo momento.

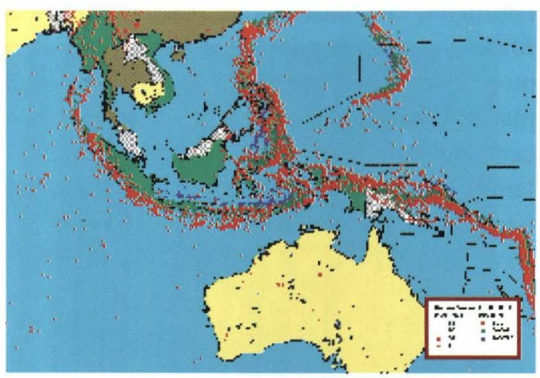
Características del sismo

El sismo que originó el tsunami en el sudeste asiático el domingo 26 de diciembre ocurrió a 6:58:50 hora local (0:58:50 GMT). Los datos preliminares indican que el sismo fue registrado por The Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) con una magnitud de 8,5, y el US Geological Survey con 8,1, posteriormente, la magnitud fue confirmada en 9,0 grados.

El hipocentro del sismo se registró en la posición 3°19.00'N y 95°51.24'E a 160 Km. del oeste de Sumatra, a una profundidad de 30 Km. del lecho marino. La duración del sismo fue de 3'20".



Registro del sismo, 9,0 grados en la escala de Richter (AP).



Mapa histórico de sismicidad 1900-2004, experimental (PTWC).

Es el quinto en magnitud de todos los ocurridos desde el comienzo del siglo pasado. El sismo más intenso de este siglo ocurrió el 22 de mayo de 1960 en Chile con una magnitud de 9,5 grados. La onda sísmica desencadenó marejadas y erupciones volcánicas. El 28 de marzo de 1964 en Alaska se registró un sismo de 9,2 grados que generó un tsunami que afectó una gran zona de Alaska y la provincia canadiense de Columbia Británica. Murieron 125 personas. Así mismo, el 9 de marzo de 1957 en Alaska un sismo de 9,1 grados estremeció las islas de Andreanov. El sismo desencadenó la primera erupción del volcán Vsevidof en dos siglos. No hay cifras sobre muertos y, finalmente, el 4 de noviembre de 1952

en Rusia, un sismo de 9,0 grados generó un tsunami que llegó a las islas de Hawai. No se informó de muertos.

Placas tectónicas

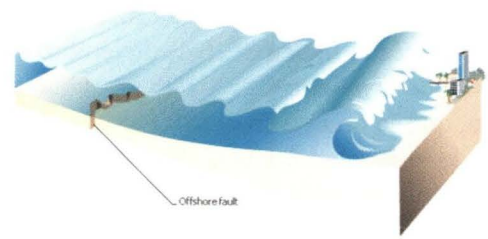
Siete a nueve placas tectónicas principales cubren la superficie de la Tierra. A ellas hay que añadir diversas placas menores. Las placas son losas enormes de roca semisólida bajo los continentes y océanos. Varían en tamaño de centenares hasta miles de kilómetros de extensión y de 15 a 200 Km. de espesor. Los sismos, volcanes y corrimientos de la tierra se producen cuando las placas tectónicas colisionan, van a la deriva o se deslizan entre sí. La "zona de subducción" se produce cuando las placas tectónicas colisionan. Producen los sismos más poderosos porque tienen grandes líneas continuas de falla. El sismo del sudeste asiático causó una ruptura que se extendió 1.000 Km. a lo largo de la falla que separa las Placas India y Birmania. El efecto del sismo fue exacerbado por el hecho de que la ruptura de la falla ocurrió a 30 km. debajo de la superficie de la tierra. Si el sismo hubiera ocurrido a una profundidad entre 100 a 300 Km., entonces su energía hubiese sido atenuada entre sí. El sudeste asiático y Golfo de Bengala se caracterizan por ser una zona compleja donde confluyen las placas India, Australia, Birmania, Euroasiática al norte y la de Filipinas al este. Es una zona de gran deformación por la gran velocidad de desplazamiento de la placa India –se mueve entre 6 y 10 centímetros por año– con respecto a las otras y, por tanto, es una zona capaz de generar grandes sismos y tsunamis.



Placas tectónicas y epicentro en el Océano Índico (BBC).

Características del Tsunami

Un tsunami (ísˆig, palabra de origen japonés que literalmente significa gran ola en el puerto) es una ola o un grupo de olas de gran energía que se produce cuando algún fenómeno extraordinario (sismo submarino, explosión volcánica submarina, deslizamiento submarino o la caída de un meteorito en el océano) desplaza una gran masa de agua verticalmente. Se calcula que el 90% de los tsunamis son provocados por sismos. Es preciso señalar que "no todos los sismos que ocurren en el mar generan tsunamis". La energía de un tsunami depende de su altura (amplitud de la onda) y velocidad. Este tipo de olas remueve un volumen de agua muy superior a las olas superficiales producidas por el viento. Para que se origine un tsunami deben concatenar tres parámetros, esto es que el epicentro del sismo se localice en el mar, que la magnitud sea mayor a 7,0° en la escala de Richter y que el hipocentro, es decir, el punto focal del sismo se encuentre a una profundidad menor de 60 Km. del lecho marino. En el caso del tsunami del océano Índico se presentaron los tres parámetros: sismo localizado en el mar, magnitud de 9,0 en la escala de Richter y el hipocentro ubicado a 30 Km. de profundidad.



Generación y propagación de un tsunami.

Propagación del Tsunami

Las olas del tsunami son ondas imperceptibles a bordo de embarcaciones en alta mar y no pueden ser vistas desde el aire. Al llegar a aguas poco profundas, su velocidad de propagación disminuye y la longitud de onda aumenta, alcanzando a veces alturas superiores a los 20 m. Los tsunamis que se generan pueden ser de origen cercano, cuando el impacto en las costas se produce entre 10 a 30 minutos, o de origen lejano, cuando las ondas atraviesan grandes dis-



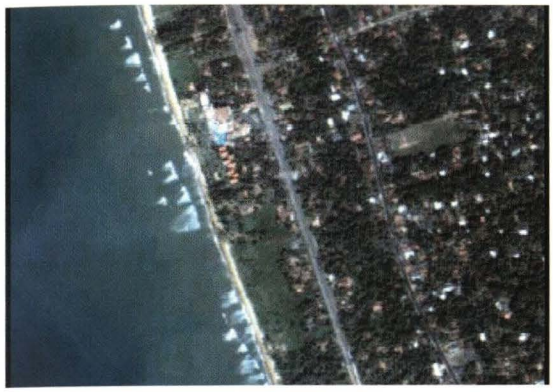
Representación de la propagación del tsunami (BBC).



Arribo del tsunami a las costas de Kalutara en Sri Lanka (DIGITAL GLOBE).

tancias desde el epicentro y de tener conocimiento las poblaciones, tienen el tiempo suficiente para efectuar la evacuación de la zona de peligro. El sismo del sudeste asiático generó un tsunami de origen cercano con olas de hasta 10 m. de altura. En Indonesia, la isla occidental de Sumatra fue la más cercana al epicentro del sismo. La onda arribó a pocos minutos de generado el sismo, afectando las provincias de Banda Aceh y Sumatra del Norte. En Sri Lanka las olas arribaron en menos de 2 horas afectando una amplia zona de la costa oriental desde Jaffna en el norte hasta las populares playas en el sur. Los distritos de Muttur y Trincomalee fueron arrasados por olas de hasta 6 m. de altura. Malasia se encuentra muy cerca del epicentro, parte de su territorio fue protegida por Sumatra, pero la isla de Penang y las provincias de Kedah y Perak sufrieron daños importantes. En la costa suroccidental de Tailandia las olas destructivas arribaron en 2 horas afectando los puntos turísticos de las islas de Phuket y Phi Phi y las costas de Phang Nga y Krabi. En la presente página se pueden apreciar imágenes satelitales de las costas afectadas por el tsunami. Curiosamente también están disponibles algunas imágenes de los lugares mucho antes del tsunami, lo que nos puede ayudar a ver en perspectiva los efectos.

El tsunami también se propagó a diferentes partes del mundo a través de los océanos, afortunadamente no causó mayores daños que los presentados en el sudeste asiático, debido principalmente a la atenuación de la energía en su período de propagación y a las barreras naturales como son las costas cercanas al epicentro. A continuación, describiremos algunos impactos en el mundo: en Estados Unidos, la energía del tsunami atravesó el océano Pacífico causando fluctuaciones de las olas de 22 cm. en San Diego y California, y 6 cm. en Hilo, Hawai. En la Antártida, a 8.900 Km. del epicentro, en la base japonesa de



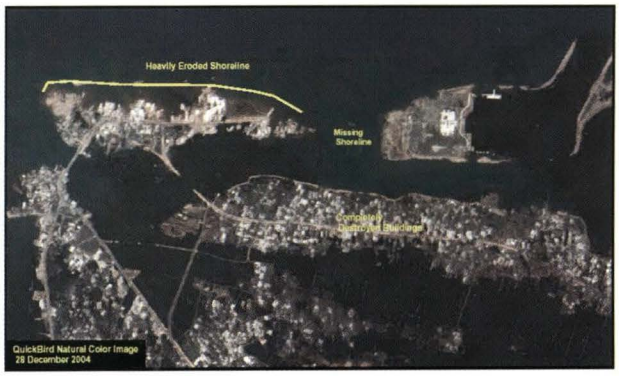
Costas de Kalutara en Sri Lanka en condiciones normales de mar, 1 de enero de 2004 (DIGITAL GLOBE).



Retroceso del mar de Kalutara en Sri Lanka minutos previos al arribo del tsunami, 26 de diciembre de 2004 (DIGITAL GLOBE).

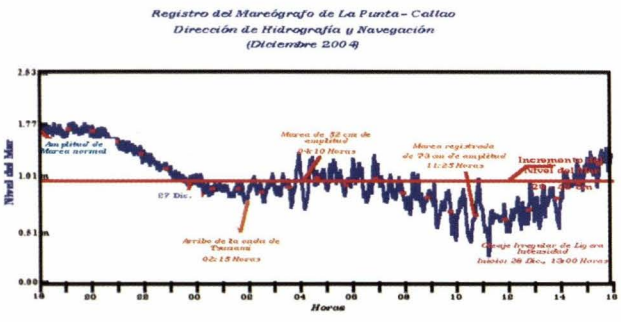


Costa de Banda Aceh en Sumatra, antes del tsunami 23 de junio de 2004 (DIGITAL GLOBE).



Costa de Banda Aceh en Sumatra, después del tsunami, 28 de diciembre de 2004 (DIGITAL GLOBE).

Showa se presentaron fluctuaciones en el oleaje de 73 cm. En Chile, causó fluctuaciones de las olas de 19 cm. en Iquique. En el océano Atlántico, los efectos del tsunami se sintieron en las costas de Brasil, a más de 15.500 Km. del epicentro, los mareógrafos de Bahía de Guanabara (Río de Janeiro) y en Arraial-do Cabo registraron variaciones de marea de 30 cm. a partir de las 21 horas del 26 de diciembre hasta las 11 horas del lunes 27 (hora local). Las olas arribaron en forma de marea cada 40 minutos. En Perú, la Dirección de Hidrografía y Navegación a través de sus estaciones mareográficas registró el tsunami del océano Índico el día 27 de diciembre a 00:45 hora local, es decir después de 28 horas, presentando fluctuaciones en el oleaje de 18 cm. en Matarani. En el Callao, se registró variaciones de marea 73 cm. y en Chimbote de 58 cm. (amplitud máxima). Es preciso señalar que no causó daños a las poblaciones de las zonas costeras y sólo fueron registrados por instrumentos mareográficos.



Fuente: DHN

Daños causados

El número, aún provisional, de víctimas debido al tsunami y las inundaciones siguientes es de 300.000, aunque miles de personas siguen desaparecidas, y más de un millón sin casa. Los gobiernos, como organizaciones no gubernamentales, temieron que el número de víctimas se duplique debido a la posibilidad de epidemias relacionadas con la contaminación del agua, como el cólera y la disentería.

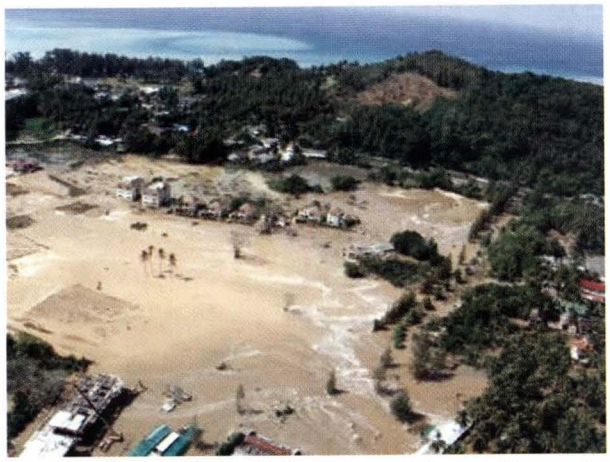
Organizaciones de ayuda humanitaria han reportado que cerca de un tercio de las víctimas fatales fueron niños. Esto es consecuencia de la alta proporción de menores en las poblaciones de las zonas afectadas, y también del hecho de que los niños pudieron oponer menos resistencia para evitar ser arrastrados por el mar. La cifra de muertos es particularmente alta por ser la primera vez en más de 100 años que un tsunami en el océano Índico ha afectado las costas, con lo cual, los países afectados estaban poco preparados para ello e incluso sus pobladores no supieron reconocer las señales de advenimiento del tsunami (ALERTA NATURAL). El último tsunami que tuvo lugar en la zona fue debido a la erupción volcánica del Krakatoa en 1883 con olas que alcanzaron hasta 40 m. de altura y destruyeron 163 aldeas, a lo largo de la costa de Java y Sumatra, pereciendo un total de 36.000 personas.

Impactos en la salud

Como consecuencia del tsunami se ha registrado brotes epidémicos. Según la Secretaría de Salud Mexicana afirmó que diariamente se registraron 1.200 casos de cólera, dengue y paludismo, debido a los estancamientos de agua y la gran cantidad de personas fallecidas que permanecieron apiladas durante semanas en la playa. La ruptura y colapso del sistema de alcantarillado contribuyó a contaminar más las aguas estancadas, poniendo en riesgo la poca agua potable disponible en el sector. Esta situación se agravó en la mayoría de los casos debido a las condiciones precarias y de pobreza extrema en la po-



Arribo del tsunami a las costas del sudeste asiático.



Poblado de la isla Phuket, Tailandia, inundada por el tsunami.

blación ocasionando que los habitantes sufran infecciones gastrointestinales. Así mismo, se presentaron casos de dermatosis, hipertensión, enfermedades respiratorias agudas y deshidratación en menores de edad. Para combatir el dengue y el paludismo, se efectuaron fumigaciones con insecticidas, además de suministrar toneladas de medicamentos para el tratamiento de diversas enfermedades y otras infecciones comunes en estos casos.

Impactos económicos

Desde el punto de vista económico se pueden visualizar dos niveles de impacto, uno de nivel macroeconómico que está ligado a los preceptos de la Cooperación Económica del Asia Pacífico (APEC) a los que pertenecen Indonesia, Tailandia y Malasia, y otro de carácter microeconómico que corresponde a los impactos locales en cada uno de los países afectados. Desde el punto de vista interno de cada país, sí se identifican impactos importantes ya que se afectó la infraestructura local como, por ejemplo, la relacionada con hospitales, escuelas, viviendas, agua potable y energía eléctrica.

En el sector turismo, Sri Lanka registró pérdidas por 300 millones de dólares ocasionando el cierre de hoteles en el Este y Sureste de la isla y la consiguiente caída del turismo, aunque se esperaba recuperar su oferta hotelera, para lo cual, con India, destinará ocho millones de dólares en fomentar el turismo en el mercado exterior.

En el sector pesquero, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) informó que el tsunami causó efectos devastadores. En Sri Lanka murieron más de 7.500 pescadores y otros 5.600 siguen desaparecidos. Más de 5.000 pescadores de este país y sus familias se han visto obligados a desplazarse, y el 80% de los barcos resultaron destruidos. Los puertos pesqueros quedaron devastados, incluyendo infraestructuras, tales como fábricas de hielo, cámaras de refrigeración, talleres y varaderos. Las pérdidas sufridas en la industria de la pesca generaron 287.000 nuevos pobres. Mil criaderos de peces del norte de Sumatra fueron destruidos. En Tailandia, 386 aldeas de pescadores perdieron 4.500 barcos pesqueros.



Centros vacacionales del sudeste asiático devastados por el tsunami.



Complejo turístico destruido en Tailandia (GETTY IMAGES).

Se estima que los daños en este rubro asciendan a 16,6 millones de dólares. Según el Banco Asiático de Desarrollo (BAD) en su informe anual indicó que el tsunami creó dos millones de nuevos pobres en Asia, de los cuales casi un millón se encuentran en Indonesia, llevando el índice de pobreza del archipiélago a 18,7%. En India, 644.000 nuevos pobres se sumaron a los 261,26 millones de los ya existentes. Finalmente, Asia proseguirá su crecimiento en los dos próximos años: entre 6,7% y 7,2% en Extremo Oriente, y entre 6,2 y 6,9% en el sur de Asia, según el BAD.



Embarcaciones pesqueras varadas en la ciudad.

Impactos en el medio ambiente

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) informó que las fuentes naturales de agua de los países del océano Índico afectadas por el tsunami fueron contaminadas por agua salada y desechos. De acuerdo con el primer estudio sobre el impacto ambiental, realizado por esta Organización, no sólo las reservas de agua fresca de estos países se encuentran amenazadas, sino distintas es-



Isla Phi Phi, Tailandia, sufrió el impacto del tsunami.

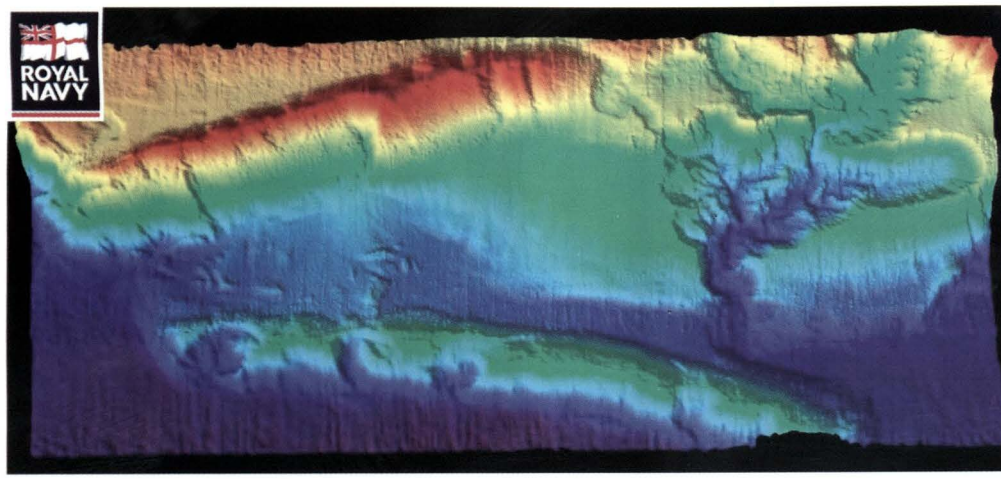


Marina Madras, India, revela la fuerza de la naturaleza (AFP).

pecies animales han sufrido el impacto del desastre natural. Los pozos poco profundos y las reservas de agua subterránea, especialmente en pequeñas islas, están contaminadas con agua salada, algo que afecta a la agricultura. Asimismo, señala que un gran número de tortugas han sido consumidas en Sri Lanka debido a la carencia de pescado, y en Seychelles, el tsunami acabó con playas donde esta especie tenía su nido. Por otra parte, miles de redes de pesca fueron arrastradas por el mar sin que aún hayan sido retiradas, lo que representa una amenaza para peces, aves y mamíferos. Existen indicios de que el tsunami fue menos dañino en áreas coralinas, así como donde había dunas de sal vegetal y manglares, lo que expresa la necesidad de preservar estos lugares. "Una de las conclusiones clave es que los ecosistemas costeros protegen a las personas", según Pasi Rinne, responsable del Grupo de Trabajo del Tsunami del PNUMA. Según el informe, "Sri Lanka ofrece una de las mejores pruebas de cómo los ecosistemas costeros intactos, con corales en buen estado, actúan de parachoque ante oleajes agresivos", "la mayor parte de los parques nacionales de Yala y Bundala se salvaron del daño porque la vegetación de la costa y las dunas pararon por completo el tsunami", añade, mientras que "las zonas costeras más dañadas fueron áreas mineras donde los corales estaban en muy mal estado". En Somalia, donde 650 kilómetros de costa se vieron afectados por el tsunami, el informe apunta a que el impacto fue mayor "debido a que los manglares habían sido talados para ser utilizados como leña o material de construcción".

Impactos hidrográficos

Las primeras imágenes del fondo marino afectado por el tsunami muestran grietas de varios kilómetros en el lecho del océano Índico. Dichas imágenes digitales fueron registradas por un buque de la Real Armada Británica frente a las costas de Sumatra y podrían ser empleadas para ayudar a los gobiernos a desarrollar un sistema de alerta temprana contra tsunamis en la región. Según dijo Tim Henstock, científico del HMS *Scott*, "se pueden ver enormes pilas de lodo, quizás de cientos de metros de espesor". Las imágenes presentan "marcas de deslizamiento" de más de 10 km. de ancho, como consecuencia del tsunami. Concretamente, las marcas señalan una línea donde la placa tectónica de India chocó con la placa



Batimetría 3D en el océano Índico (Royal Navy UK).

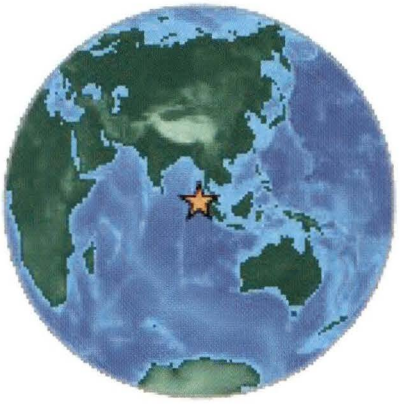
de Birmania, la cual terminó encima de ella, empujándola hacia abajo. Las imágenes fueron registradas con un sonar de haces múltiples o multihaz, el cual detectó desfiladeros de 1.500 m. de altura, los cuales fueron alzados en la placa de Birmania luego de la colisión. Esas crestas empujaron el agua marina hacia arriba generando las olas que barrieron las costas de la región.



Daños a restos arqueológicos (DIGITAL GLOBE).

Impactos geofísicos

El geofísico de la NASA, Richard Gross, sostiene que el sismo provocó que el planeta gire 3 microsegundos más rápido. Sin embargo, agregó que el cambio es posiblemente demasiado pequeño como para poder medirlo, pues sólo se pueden registrar modificaciones a partir de los 20 microsegundos (millonésima de segundo). Por otro lado, el director del Programa Científico del Telescopio Espacial Hubble, John Marchetto, explicó que "Ha habido un cambio en la posición del eje de la tierra de un milésimo de segundo de arco. En términos mensurables uno necesita los telescopios más sofisticados de la Tierra o del espacio para poder medir. Ni nuestros ojos ni nuestro sentido lo pueden detectar".



Impactos geográficos

Dentro de los impactos geográficos, se encuentran una serie de consecuencias producidas por el sismo y tsunami, como el desplazamiento, levantamiento o hundimiento de diferentes islas, el cambio en la topografía y morfología de la región. Dichos cambios se deben principalmente a la energía liberada por el sismo, el tsunami y por las constantes réplicas.

Impactos arqueológicos

Entre los sitios dañados que integran la lista del Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) se encuentran la antigua ciudad de Galle y sus fortificaciones, en Sri Lanka. La ciudad costera de Galle fue fundada en desarrollo en el siglo XVIII, antes de la llegada de los británicos. Galle es el mejor ejemplo de una ciudad fortificada construida por europeos en el sur y sudeste de Asia que refleja la interacción entre los estilos arquitectónicos europeos y las tradiciones de Asia meridional. También sufrieron daños los santuarios de los siglos VII y VIII de Mahabalipuram y los Templos del Sol de Konarak, en los estados indios de Tamil Nadu y Orissa, respectivamente, y el Parque Nacional Ujung Kulon, en la isla Indonesia de Sumatra.

Ayuda internacional

Fue tal la devastación causada por el sismo y tsunami que el G-7 (Grupo de los siete países más industrializados del mundo, conformado por EE.UU., Japón, Alemania, Francia, Italia, Canadá y el Reino Unido) anunció un acuerdo para que los países más afectados puedan congelar el pago de la deuda externa, lo que permitirá ahorrar 5.800 millones de dólares este año. La suspensión de la deuda será voluntaria para esos países, hasta que el Banco Mundial (BM) y el Fondo Monetario Internacional (FMI) hayan concluido una evaluación de todas sus necesidades de reconstrucción y de requerimientos financieros. Gobiernos y organizaciones humanitarias de todo el mundo se están esforzando en ofrecer ayuda y soporte técnico. En Ginebra, la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media



Zona Comercial en Phuket, destruida por el tsunami.

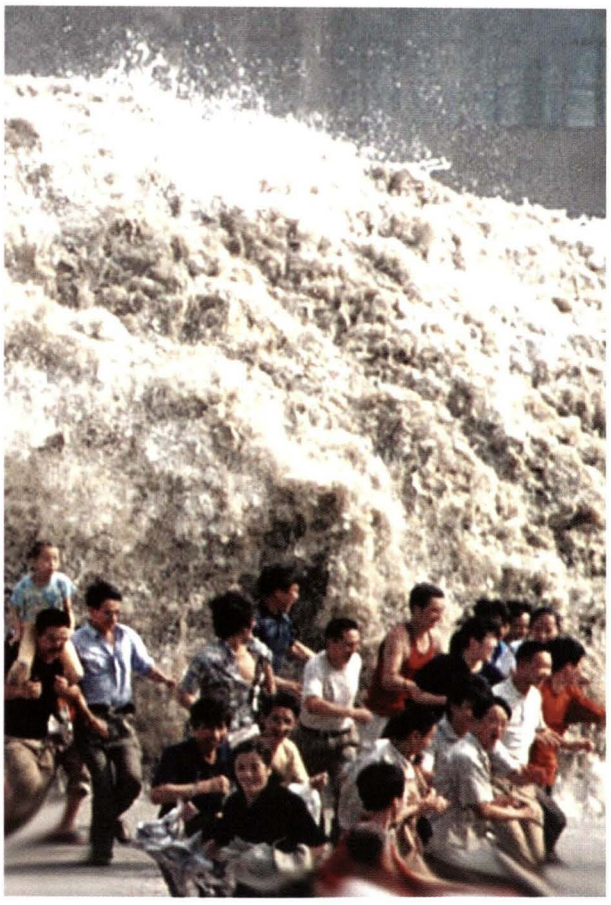
Luna Roja han reunido cerca de 6,5 millones de dólares para "ayuda inmediata". La Comisión Europea donó 4 millones de dólares para "necesidades vitales iniciales", y que una cantidad sustancialmente mayor se entregaría más adelante. Diferentes personalidades mundiales se han hecho presentes para colaborar, entre los que destacan Michael Schumacher, campeón de fórmula 1 aportó 7 millones de euros y William Henry III Gates (Bill Gates) quien ha donado 3 millones de dólares. Es decir, personas anónimas, personajes famosos, organismos públicos y privados, gobiernos liderados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), activaron sus mecanismos de ayuda para actuar con celeridad en el sudeste asiático. Sin embargo, sumas mucho mayores y personal será necesario debido a la extensión de los daños.

Lecciones aprendidas

Los aproximadamente 300.000 muertos, los miles de desaparecidos y los incalculables daños económicos que ha provocado el tsunami más potente simbolizarán siempre la incertidumbre de la vida sobre un planeta geológicamente activo. Por eso, es tan importante extraer lecciones del sismo y tsunami del



Pobladores asiáticos y turistas corriendo de la ola destructiva.



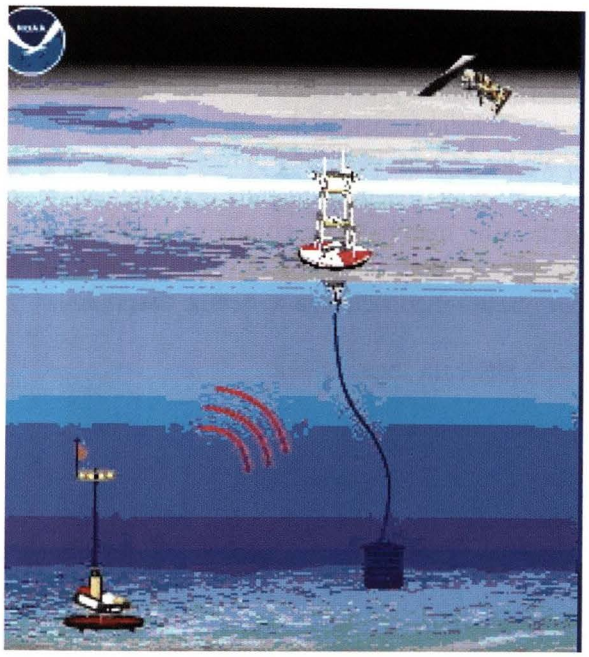
Ola tsunamigénica de 7 m. sobre personas (Asia 2004).

océano Índico. Se confirma, una vez más, que para el caso de tsunamis de origen cercano, la mejor alerta es la variación del nivel del mar, es decir, el avance o retroceso del mar luego de producido el sismo (ALERTA NATURAL). Sin embargo, la falta de cultura entre los pobladores y turistas sobre este tipo de "alerta natural" llevó a muchos a curiosear en la zona intermareal que se encontró sin agua o a seguir con sus actividades cotidianas; cuando arribó el tsunami a las costas, les sorprendió con los resultados que ya conocemos. La "alerta natural" proporciona los minutos necesarios para evacuar la zona de inundación. Se pudo evitar la pérdida de miles de vidas humanas para los países que circundan el océano Índico si se hubiese contado con un Sistema de Alerta de Tsunamis de origen lejano. Las olas gigantes (tsunamis) son provocadas por movimientos sísmicos, vulcanología submarina, deslizamientos submarinos o la caída de un meteorito. Ante la presencia de un fenómeno de estas características, existe una tecnología preventiva muy eficaz. Otro aspecto importante a considerar es la instrucción que debe poseer la población que habita las zonas costeras y están expuestos a fenómenos tsunamigénicos. Desde 1883, no se había producido otro tsunami en la región. Las seis generaciones que han transcurrido han olvidado

aquel episodio y las autoridades no se preocuparon por hacerlo recordar. Los pobladores deben tener el conocimiento necesario para actuar acertadamente ante una situación real, esto significa tener conocimiento del fenómeno en sí y sus características, de los sistemas de Alerta instalados, del tipo de construcciones que se requieren, del conocimiento y señalización de las rutas de evacuación y las zonas de refugio, es decir, una educación de prevención. El Sistema Internacional de Alerta de Tsunamis en el Pacífico registró el Tsunami de Asia, sin embargo no hubo un sistema de comunicaciones apropiado que permitiera dar aviso sobre el desastre a los países afectados. La Administración Nacional Atmosférica y Oceanográfica de EE.UU. (NOAA) avisaron a Indonesia sobre el fenómeno, pero no sirvió de nada debido a la falta de un sistema de comunicaciones eficaz de defensa civil. El tsunami generó también una gran "ola" de solidaridad, multiplicándose las donaciones de los países, de entidades y ciudadanos a través de Organizaciones No Gubernamentales, quienes se apresuraron a acudir al escenario de la tragedia en donde están realizando una encomiable labor. Otro aspecto importante en señalar es el relacionado con el desarrollo de actividades en la línea costera que está también detrás de muchas de las víctimas del tsunami asiático. Hace menos de 100 años, del mar llegaban sólo los corsarios y los tsunamis, por lo que nadie se instalaba a vivir en la costa. Sin embargo, actualmente es todo lo contrario, debido a las actividades socioeconómicas. Esa ocupación trae cambios en los ecosistemas costeros, en los que el cemento ha sustituido a la duna, al manglar, al coral o a la vegetación, que frenarían parte del impacto de un tsunami. Al destruirse las construcciones, las víctimas y los daños son superiores. Ante esta situación los países ribereños y en especial aquellos que desarrollan sus actividades frente al mar, deben tener en cuenta estos factores. Finalmente, el manejo de las zonas afectadas postsunami ha sido efectivo, con lo cual se pudo controlar que el riesgo de enfermedades y epidemias aumente debido a las zonas inundadas y la carencia de Servicios Públicos Esenciales.

Avances tecnológicos

Los expertos afirman que es absolutamente imposible prever un sismo. Sin embargo, cada año se logra avanzar en el conocimiento de estos fenómenos de la litosfera. El Laboratorio de Grandes Terremotos de la Academia de Ciencias Rusa elabora cada seis meses un mapa de riesgo de áreas geográficas. Bajo la dirección de Vladimir Keilis-Borok, los matemáticos y físicos de este Centro utilizan la estadística para sus previsiones. Algunos de los mapas de riesgo se elaboran en colaboración con otros institutos de países que solicitan su participación. Por su parte, en Estados Unidos, científicos tratan de llegar a sus predicciones por medio de la observación de cambios físicos, químicos y electromagnéticos. Un equipo acaba de instalar sensores en la falla de San Andrés, California. En función a cálculos y experimentos, los investigadores del mundo van reduciendo las expectativas del riesgo en el tiempo y espacio. La región de Sumatra figuraba en los mapas de riesgo rusos porque estadísticamente algún día tendría que suceder un sismo. Pero no todos los sismos causan tsunamis; sólo lo hacen aquellos que se producen bajo el mar, cerca del fondo marino y en los que hay un movimiento vertical.



Proyecto del Programa DART (NOOA).

De ahí que muchas alertas sean fallidas porque, primero se detecta el sismo y luego hay que confirmar si se producirá una ola gigante. Por otro lado, los tsunamis en el caso del océano Pacífico se detectan con unos sensores de presión que se instalan en el fondo del mar, a veces a 4.000 y 5.000 metros de profundidad.

Estos aparatos analizan la mayor presión que ejerce sobre el fondo una ola gigante. La señal es trasmitida a una boya de superficie que la envía a un satélite y de ahí a la sala de control del Sistema Internacional de Alertas de Tsunami, en Honolulu. Cada vez son más sofisticados estos aparatos de última generación que cuestan 250.000 dólares con la instalación y 50.000 dólares su mantenimiento anual. Según Phil McFadden, Jefe del Servicio de Geociencia de Australia, con un coste entre 15 y 20 millones de dólares y en tan sólo 12 meses, el océano Índico podría

contar con un Sistema de Alerta de Tsunamis. Pero de nada vale detectar las olas gigantes si luego no hay una labor educativa profunda y un sistema eficaz de aviso a la población costera. Lo único que nos queda es aprender de estos eventos y comprender que frente a la naturaleza no tenemos ninguna oportunidad de doblegarla, sino más bien, de convivir con ella y entender que ella siempre tenderá a recuperar el equilibrio que por nuestra inconsciencia le hemos despojado.

Impactos geográficos

Dentro de los impactos geográficos, se encuentran una serie de consecuencias producidas por el sismo y tsunami, como el desplazamiento, levantamiento o hundimiento de diferentes islas, el cambio en la topografía y morfología de la región. Dichos cambios se deben principalmente a la energía liberada por el sismo, el tsunami y por las constantes réplicas.

Bibliografía

- *Tsunamis, Ministerio de Defensa-Marina de Guerra del Perú- Dirección de Hidrografía y Navegación. 2002*
- *Tsunamis,UNDHA/Geneve- INDECI-MGP,1994*
- *Revista Española de Defensa. Año 18-No. 203-Enero 2005*
- *http://www.hidronav.marina.mil.pe*
- *http://wwwneic.cr.usgs.gov*
- *http://news.bbc.co.uk/*
- *http://www.prh.noaa.gov*
- *http://www.ineter.gob.ni/geofisica/tsunami/*
- *http://www.reuters.es*
- *http://www.europapress.es*
- *http://www.prensalatina.com.mx*
- *http://www.belt.es/*
- *http://www.pnuma.org*
- *http://www.vtv.gov.ve/*
- *http://www.terra.com.mx*
- *http://www.solociencia.com/geologia/*
- *http://www.digitalglobe.com*



Jorge Manuel Paz Acosta (Arequipa, 1965)

Capitán de Fragata en actividad. Se graduó como Alférez de Fragata en la Escuela Naval del Perú en 1987. Es calificado en Ciencias del Ambiente. Ha realizado el curso de Comando y Estado Mayor en la Escuela Superior de Guerra Naval, el curso de Estado Mayor Conjunto en el Centro de Altos Estudios Nacionales, los cursos de Post-Grado en Sedimentología y Morfología Marina, Sensoramiento Remoto aplicado a Oceanografía y Sistemas Estuarinos en la Universidad de Concepción – Chile y la Maestría en Ciencias con mención en Gestión Ambiental en la Universidad Nacional de Ingeniería.

Actualmente es el Jefe del Departamento de Difusión y Doctrina de la Dirección General de Política y Estrategia del Ministerio de Defensa.