SERENDIPIA®

ciencia

Año III. No. 21. Marzo-Abril 2011. Ejemplar Gratuito.

EDICIÓN ESPECIAL

Japón, 11.03.11

contenido

3 editorial
Comprender para prevenir

6 exclusiva
11.03.11: El informe

articulos especiales

18 11.03.11: La Tierra
Dr. F. Ramón Zúñiga Dávila-Madrid y M. en C. Ángel G. Figueroa Soto

23 11.03.11: El Agua
Dr. Carlos Mendoza

29 11.03.11: El Fuego
Dr. Gerardo Carrasco Núñez

artículos

11 píldoras médicas
Accidentes en niños

12 e3
Fukushima y los problemas de las megatecnologías

13 ciencia hoy
La administración del ciclo de vida del producto

14 neuronovedades
Cómo regula el cerebro el sentimiento de la envidia (Parte II)

15 ecología hoy
La hipótesis de los subrogados ecológicos

DIRECTORIO

Directora
L.P.C. Julieta Isabel Espinosa Rentería

Subdirector, Arte y Diseño
L.A.P. Jorge Arturo Alcántara Muñoz

Redacción
L.P.C. Julieta Isabel Espinosa Rentería

Fotografía
L.A.P. Jorge Arturo Alcántara Muñoz

Portada
L.A.P. Jorge Arturo Alcántara Muñoz

Contacto Serendipia:
Tel. (442) 2.62.89.67
e-mail: revista.serendipia@gmail.com

SERENDIPIA®

Serendipia, revista bimensual marzo-abril de 2011 Editor responsable: Julieta Isabel Espinosa Rentería. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2008-082215295800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 14264. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11837. Domicilio de la publicación: 3ª Cerrada de St. Andrew´s Old No. 14 Balvanera Polo & Country Club C.P. 76920 Corregidora, Querétaro. Imprenta: Impresos de Alta Calidad San Juan S. de RL. de CV. Zenzontle No. 9 Col. Lomas de Guadalupe. San Juan del Río, Querétaro. Distribuidor: Julieta Isabel Espinosa Rentería. 3ª Cerrada de St. Andrew´s Old No. 14 Balvanera Polo & Country Club C.P. 76920 Corregidora, Querétaro. Serendipia cuenta con un tiraje de 4,000 ejemplares distribuidos en el estado de Querétaro. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial del contenido de ésta revista, sin la autorización expresa de los titulares de los derechos. Serendipia no se hace responsable del contenido de los anuncios ni de las ofertas realizadas por sus anunciantes.

Comprender para prevenir

La Ley General de Protección Civil, en su artículo 3° párrafo XVIII, define *desastre* "como el estado en que la población de una o más entidades federativas, sufre severos daños por el impacto de una calamidad devastadora, sea de origen natural o antropogénico, enfrentando la pérdida de sus miembros, infraestructura o entorno, de tal manera que la estructura social se desajusta y se impide el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad, afectando el funcionamiento de los sistemas de subsistencia".

El 11 de marzo, Japón fue sujeto del máximo desastre registrado en su historia; calamidad de naturaleza geológica que, más allá de atraer la completa atención del mundo, cuestionó el débil fundamento que sostiene la relación del hombre con el planeta a consecuencia de su ignorancia e indiferencia.

Descritos por la ciencia y estudiados de manera continua hasta hoy, los procesos naturales de la Tierra comparten su dinamismo y complejidad. Características que, por su falaz interpretación, han constituido un obstáculo a su conocimiento y aprehensión.

En atención a lo anterior es que en la presente edición, Serendipia reúne a tres investigadores del Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México para explicar, desde una perspectiva académica, los fenómenos geológicos que giraron en torno al desastre japonés del 11 de marzo.

Son los Drs. Ramón Zúñiga, Carlos Mendoza y Gerardo Carrasco, quienes, acompañados de una selección de imágenes referentes al trabajo efectuado por la *Japanese Red Cross Society*, brindan la información suficiente para incentivar la reflexión de sus lectores e incorporar en su actuar la cultura de la prevención.

11.03.11: EL INFORME

MAGNITUD:

9,0

Medida cuantitativa del tamaño de un sismo en su fuente, relacionada con la energía sísmica liberada durante el proceso de ruptura de la falla. Es un parámetro independiente del sitio de observación y es determinada mediante la medición de la máxima amplitud de las ondas en un sismograma.

FECHA-TIEMPO:

11 de marzo de 2011

14:46:23 JST (Tiempo Japonés Estándar)
05:43:23 UTC (Tiempo Universal Coordinado)

La fecha y el tiempo, conocidos como tiempo de origen, indica el momento en el que inicia la ruptura de la falla. Los sismólogos utilizan el Tiempo Universal Coordinado para evitar confusiones causadas por las zonas horarias locales y los horarios de ahorro de energía.

REGIÓN:

Costa oriental de Honshu, Japón

El nombre de la región es un nombre generado automáticamente por el esquema sísmico y de regionalización geográfica Flinn-Engdahl (F-E), propuesto en 1965, aprobado en 1974 y revisado en 1995.

© IFRC

REFERENCIA:

129 km (80 millas) Este (E) de Sendai, Honshu, Japón.
177 km (109 millas) Este (E) de Yamagata, Honshu, Japón.
177 km (109 millas) Este Noreste (ENE) de Kukushima, Honshu, Japón.
373 km (231 millas) Noreste (NE) de Tokio, Japón.

Distancias y direcciones de puntos de referencia geográfica cercanos al terremoto. Los puntos de referencia son pueblos, ciudades y accidentes geográficos mayores.

HIPOCENTRO:

130 km Este Sureste (ESE) de la Península de Ojika
Latitud: Norte (N) 38,1
Longitud: Este (E) 142,9
Profundidad focal: 24 km

Punto de la falla en el que la ruptura es originada y donde es generado el primer pulso de las ondas longitudinales registrado en las estaciones sismológicas; es definido a partir de las coordenadas de longitud y latitud, así como por la profundidad focal.

MECANISMO:

Falla inversa originada por un eje compresivo Oeste Noroeste-Este Sureste (ONO-ESE). Este tipo de falla es caracterizado porque el labio levantado está apoyado sobre el plano de falla.

OBSERVACIÓN DEL TSUNAMI (TIEMPO Y ALTURA MÁXIMA):

Soma (Fukushima):	marzo 11	15:50 JST	+7,3 m ≤
Oarai (Ibaraki):	marzo 11	16:52 JST	+4,2 m
Kamaishi (Iwate):	marzo 11	15:21 JST	+4,1 m ≤
Miyako (Iwate):	marzo 11	15:21 JST	+4,0 m ≤
Ishinomaki (Miyagi):	marzo 11	15:20 JST	+3,3 m ≤
Ofunato (Iwate):	marzo 11	15:15 JST	+3,2 m ≤
Mutsu (Aomori):	marzo 11	18:16 JST	+2,9 m
Nemuro (Hokkaido):	marzo 11	15:57 JST	+2,8 m
Tokachi (Hokkaido):	mazro 11	15:57 JST	+2,8 m ≤
Urakawa (Hokkaido):	marzo 11	16:42 JST	+2,7 m

Ola marina u ola de marea de gran longitud de onda, producida por el desplazamiento vertical del fondo oceánico durante un terremoto; cerca de las costas puede alcanzar gran altura y causar destrucción. También pueden ser originados por avalanchas submarinas y explosiones volcánicas.

© IFRC

INTENSIDAD SÍSMICA:

7 (máxima)	Kurihara, Miyagi, Japón.
6+	28 ciudades y pueblos en las prefecturas de Miyagi, Fukushima, Ibaraki y Tochigi.
6-	Percibida en todo el país desde Hokkaido hasta Kyushu.

Medida cualitativa o cuantitativa de la severidad de la sacudida del terreno producida por un sismo en determinado lugar. Es una medida subjetiva, no instrumental, de los efectos aparentes causados por el evento.

RÉPLICAS:

Mayor: marzo 11, 15:15 JST, magnitud 7,7
Del 11 al 20 de marzo: 375
M ≤ 5,0: 318
M ≤ 6,0: 54
M ≤ 7,0: 3

Secuencia de sismos menores que ocurren después del evento principal, o sea, el mayor sismo de la sede. Están concentradas en una zona que coincide, generalmente, con el área de ruptura y de liberación de energía, es decir, el área donde el evento principal tuvo su origen.

PÉRDIDAS HUMANAS:

8 133 muertes confirmadas al 20 de marzo.

HERIDOS:

2 612 heridos confirmados al 20 de marzo.

DESAPARECIDOS:

12 272 personas reportadas como desaparecidas al 20 de marzo.

PERSONAS DESPLAZADAS Y/O EVACUADAS:

362 887 personas al 20 de marzo.

ALBERGUES:

Más de 2 150 centros de evacuación en 16 prefecturas, en mayor medida, escuelas y edificios públicos.

VIVIENDAS DESTRUIDAS:

14 413 viviendas destruidas en su totalidad.

VIVIENDAS AFECTADAS:

98 466 viviendas dañadas por el terremoto y el tsunami.

VÍAS DE COMUNICACIÓN DAÑADAS:

1 431 caminos, puentes y ferrocarriles dañados por los derrumbamientos presentados.

Fuentes:
International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies
Japan Meteorological Agency (JMA)
U.S. Geological Survey (USGS)

© IFRC

Accidentes en niños

Dr. Carlos M. Arróyave Hernández
carlosarroyave@live.con.mx

Hay numerosas razones por las cuales un niño puede sufrir un accidente, pero no muchos accidentes pueden ser prevenidos. Mencionaré dos causas que pueden evitarse, una dentro de casa y otra en la vía pública.

Al hacer una revisión de lo conocido, encontramos que los accidentes en casa pueden dividirse en dos grupos: aquellos que no son reportados médicamente y aquellos en los que el niño tiene que acudir a un hospital para ser atendido debido a su importancia. En este último grupo, ubicamos que el lugar en donde se suceden es la recamara, la sala, la cocina y el patio.

En la cocina, hay que tener cuidado con los líquidos en ebullición y la presencia de frascos con sustancias tóxicas al alcance del menor; ya que los accidentes de esta naturaleza son más frecuentes en niños de dos a cinco años de edad y tienen por resultado -en orden de frecuencia- una quemadura, seguida de una fractura de hueso largo, la ingestión de sustancias tóxicas o de un cuerpo extraño, la herida de partes blandas y, por último, un trauma en la cabeza.

Es debido, sin embargo, tener en mente que hay otros accidentes menos frecuentes pero que pueden llevar hasta la muerte, sea por asfixia, sofocación o estrangulamiento siendo el mecanismo, el aprisionamiento entre los barrotes de la cama o asfixia con la ropa. Es curioso, pero los meses en que ha sido reportado mayor número de problemas son enero y febrero, seguidos de agosto y octubre; mientras que el horario de mayor ocurrencia corresponde a la tarde.

Los accidentes automovilísticos son una causa casi prevenible. Su primera causa es el exceso de velocidad. No más de 20% de los vehículos en circulación siguen los reglamentos de tránsito en cuanto a los límites permitidos. Además, los niños pequeños, se supone deberían ir sujetos en asientos especialmente diseñados en la parte trasera del vehículo. Es obvio que no es permitido el que los menores viajen sentados en las piernas del operador del vehículo y, mucho menos, que éstos dirijan el volante. El uso del celular está prohibido por la mayoría de los reglamentos de tránsito, aunque han sido publicados escasos resultados que demuestran lo contrario. Se ha observado que la función cerebral disminuye cuando se está contestando o marcando un teléfono celular, ya no se diga chateando con éste. El cambio de un disco o la sintonización adecuada de una estación de radio es otra causa de distracción reportada, sobre todo, en adolescentes.

Tener cuidado del lugar en donde son guardadas las herramienta y los objetos punzocortantes.

Fukushima y los problemas de las megatecnologías

Dr.Luca Ferrari Pedraglio
luca@geociencias.unam.mx

El sismo de magnitud 9,0 que sacudió a Japón el pasado 11 de marzo provocó no sólo grandes pérdidas humanas y materiales, sino también un renovado cuestionamiento sobre la seguridad de la energía nuclear, debido a la serie de graves accidentes ocurridos en la central de Fukushima.

Con sus seis reactores enfriados por agua, la central de nuclear de Fukushima podía producir 4,7 Gigawatt de energía eléctrica, siendo una de las 15 centrales nucleares más poderosas del mundo. La central fue construida y puesta en marcha entre 1971 y 1979, bajo criterios antisísmicos modelados sobre un evento máximo inferior al del 11 de marzo y una ola de tsunami de 5,7 m. El primer reactor de la central, construido en 1967, estaba programado para ser desactivado a principio de este año pero las autoridades reguladoras japoneses autorizaron mantenerlo activo por otros 10 años.

Al momento del sismo, tres de los seis reactores estaban apagados por mantenimiento, mientras que los otros tres fueron apagados automáticamente por el sistema de seguridad. Sin embargo, el tsunami que siguió al terremoto inundó partes de la central estropeando los generadores de emergencia que alimentaban el sistema de enfriamiento de los reactores; por consecuencia, la temperatura se elevó notablemente y hay indicios de una fusión parcial del núcleo con explosiones e incendios que dañaron ulteriormente la estructura y provocaron una fuga de radiactividad, cuya gravedad hasta ahora no ha sido cuantificada exactamente.

El accidente de Fukushima tiene varias enseñanzas. La primera es que la energía nuclear no será nunca segura en un país caracterizado por alta sismicidad y numerosos volcanes activos como Japón, pero también como una buena mitad del territorio nacional. Incluso Alemania, un país que tiene un nivel de sismicidad muy bajo y no tiene volcanes, ha decidido no prolongar la actividad de sus reactores más antiguos –de la generación de los de Fukushima– y desde tiempo está promoviendo otras formas de energías renovables y limpias.

Por otro lado, el accidente de Fukushima nos enseña la vulnerabilidad de las grandes obras tecnológicas. Como en el caso del accidente de la *Deepwater Horizons* y su enorme vertido de petróleo en el Golfo de México, estamos viendo que las *megatecnologias* producen *megadesastres*.

Finalmente, podemos preguntarnos porqué Japón construyó una central tan grande con seis reactores nucleares tan cercanos uno al otro junto al mar. Aún cuando gastan menos de la mitad que los estadounidenses, los 128 millones de japoneses tienen un alto nivel de consumo. Sin embargo, el país no tiene petróleo ni gas natural y depende en 85% de energía importada. En esta situación, la energía nuclear había sido impulsada como una posible solución para continuar con el crecimiento económico y poblacional, un proceso que ocurrió también a nivel mundial después de las crisis energéticas de carácter geopolítico de los años 70.

Este nuevo accidente parece indicar que la única solución pasa por la reducción de los consumos a niveles sustentables por las energías renovables, al tiempo que enfrentamos el problema del crecimiento constante de la población.

La administración del ciclo de vida del producto

Dr. Víctor Manuel Castaño Meneses
castano@fata.unam.mx

La Administración del Ciclo de Vida del Producto (PLM, por sus siglas en inglés) es una estrategia empresarial consistente en tener un depósito común para todo el conocimiento, datos y proceso relacionados con el producto. Esta estrategia permite a las empresas innovar, desarrollar, soportar y retirar sus productos de manera eficiente; además de lograr las mejores prácticas y lecciones aprendidas en productos, procesos y capital intelectual para su uso futuro; acelerar la innovación y el lanzamiento de productos exitosos.

Como una estrategia de tecnologías de la información, construye una estructura de datos coherente que habilita, en tiempo real, la colaboración virtual y compartimiento de datos entre los equipos participantes; minimiza los problemas de transición de datos; administra los costos de desarrollo del producto; y aumenta la cadena de valor.

Algunas de las funciones desarrolladas en la Administración del Ciclo de Vida del Producto son: Planeación de Recursos de la Empresa (ERP), Administración de la Cadena de Suministro (SCM) y Administración de la Relación con el Cliente (CRM).

AMR reporta los siguientes resultados de la implementación de la PLM: cambios de ingeniería 90% más rápidos, ahorro en suministro de materiales de 5% y ahorro en los costos de documentación de 80%.

La PLM ha sido aplicada con éxito en los siguientes sectores industriales: aeroespacial, automotriz, electrónica, embalaje, ciencias de la salud, etc., e incluye: Ingeniería del Concepto, Ingeniería del Producto, Ingeniería de Manufactura, Validación y Prueba del Producto, Manufactura y Producción, Venta y Distribución, Experiencia del Cliente, Mantenimiento y Reparación, así como Disposición y Reciclado.

Existe una diversidad de software aplicado en las diferentes etapas de la PLM; así para modelado y diseño están las aplicaciones: ECEM, CATIA, SOLID EDGE, SOLID WORK, NX DE SIEMENS, entre otros; para el análisis para Ingeniería: ANSYS, NASTRA, CAELINUX, CATIA, ALGOR, etc.; mientras que para realizar las actividades de planeación de la producción, manufactura y ensamble: TECNOMATIX, DELMIA, UNISOFT, OPENCIM, etc.

Uno de los problemas actuales es la integración de los diferentes sistemas y el manejo de bases de datos comunes. En muchos casos, hay cierta compatibilidad pero es necesario establecer los procesos de comunicación. CATIA, DELMIA y ANSYS podrían ser una buena opción para integrar los sistemas, aunque otra posibilidad serían los sistemas de SIEMENS que emplea NX, NASTRA y TECNOMATIK para realizar las diferentes tareas de la PLM.

Artículo en coautoría con
G. Ayala Landeros
Centro de Física Aplicada
y Tecnología Avanzada
Universidad Nacional
Autónoma de México

Cómo regula el cerebro el sentimiento de la envidia Parte II

Dra. Sofía Yolanda Díaz Miranda
yoldi@servidor.unam.mx

Cuando se produce una pérdida de control de la emociones, se desencadena en el sistema límbico del cerebro, específicamente en la amígdala, una reacción antes de que la información llegue al neocortex o área del cerebro pensante.

La función del sistema límbico es importante en la vida emocional, ya que está ligado con los afectos y las pasiones, y asume el control antes de que la parte del cerebro pensante haya tomado una decisión.

Actualmente, los modelos propuestos para estudiar la neurobiología de la emoción consideran la dicotomía subcortical-cortical, o límbica-no límbica, así como la distinción hemisferio derecho-hemisferio izquierdo.

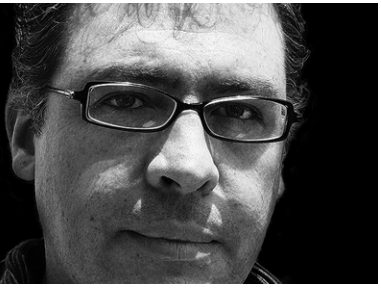
Un ejemplo de que la envidia es uno de los sentimientos más negativos y vacíos, experimentados por el hombre, fue mostrado en el estudio publicado en la revista americana dedicada a las investigaciones en neuroimagen (*Human Brain Mapping*), la cual reveló que la envidia activa una área del cerebro llamada estriado ventral, ligada a los estímulos de recompensa.

Los autores del estudio, de la Universidad de Haifa en Israel, diseñaron experimentos basados en un juego que tenía que ver con ganar y perder dinero. Reportaron que los participantes mostraban alegría y satisfacción (y mayor actividad del estriado ventral) aún cuando perdían dinero, siempre y cuando, la pérdida de sus contrincantes hubiera sido mayor; pero cuando obtenían ganancias menores que las obtenidas por los adversarios, los jugadores no demostraban satisfacción, expresaban envidia. Es decir, las bases de este sentimiento están en la comparación con el semejante y el deseo de que al otro le vaya mal.

Aunque este sentimiento ha sido aceptado como exclusivo de la conducta humana, experimentos del grupo del investigador F. Lange de la Universidad de Viena, demostraron que a diferencia de los monos, los canes no podían distinguir las sutilezas de un trato justo o injusto pero podían, sin embargo, mostrar envidia.

En su estudio, los investigadores trataron que los animales *dieran la patita* la mayor cantidad de veces posible y descubrieron que dejaban de hacerlo más rápido, si a su lado había otro perro que recibía una recompensa y ellos no. Durante el ejercicio, las mascotas se veían claramente más estresados, dudaban más y prestaban más atención al animal de al lado que cuando estaban solos y se les pedía que hicieran lo mismo. No obstante, los perros no mostraban mayor afección si el otro animal recibía algún tipo de alimento mejor que el de otros, siempre y cuando, ellos recibieran también algo a cambio. Esto es un ejemplo de la emulación, deseo de algo que no se posee.

La envidia es el sentimiento del seguidor que nunca logró nada. Para Miguel de Unamuno, "la envidia es mil veces más terrible que el hambre, porque es hambre espiritual".



La hipótesis de los subrogados ecológicos

Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez-Yurrita
pgutierrezy@ipn.mx

Muchos años hace que dirigí un par de proyectos de investigación cuyo producto final, además de sentar las bases para una gestión integral del embalse conocido como Zimapán bajo una Norma Oficial Mexicana de pesca, arrojó dos tesis de doctorado, dos de maestría y otras más de licenciatura.

Lo relevante es que todos estos trabajos, en su conjunto, dieron una visión del funcionamiento ecológico mucho más amplia e interesante que si sólo hubiera salido una tesis o un artículo. La razón, muy simple. Cuando había que hacer trabajo de campo, íbamos todos a trabajar y, así, todos nos enterábamos de lo que hacían los demás y nos ayudábamos mutua e intelectualmente. El enfoque de los proyectos fue integral y holístico.

De esta forma, nos dimos cuenta de que las variables ambientales estaban estadísticamente correlacionadas y subrogadas, unas con respecto de otras, entre las escalas regionales y locales; y que la sinergia entre ellas generaba procesos ecológicos que no hubieran sido posibles sin la interacción de las variables implicadas. Esto es, detectamos varias propiedades emergentes de los ecosistemas que reforzaron nuestra teoría de sistemas complejos en red, incluyendo su interacción con el hombre (manejo del agua y de la pesca) y de éste con la economía (pesquería hasta comerciar el producto).

La hipótesis de factores subrogados en Ecología ha sido la más olvidada por los tomadores de decisiones, tal vez por la complejidad que entraña su discurso técnico o porque nunca supimos dejarla bien clara y probada sistemáticamente. Pero ahora, cuando la crisis de la biodiversidad se potencia con la del cambio climático y no se sabe cómo medirla, se ha posicionado como la mejor opción con fines de conservación biológica. En realidad, varias hipótesis olvidadas son ahora las que orientan los estudios de gestión integral de los recursos naturales, pero la unión de la hipótesis de paisajes con la de factores ambientales subrogados con enfoque holístico llevan la delantera.

La biodiversidad no puede medirse directamente, pero la cuantificación de la riqueza específica y de algunos elementos morfológicos del paisaje han servido como factores *subrogados verdaderos*, validados por la administración pública, *stakeholders* y ONG ambientalistas, porque son criterios operativos que buscan la representación de las diferentes formas de vida, entendida como especies biológicas.

Sin embargo, dado que algunos factores subrogados verdaderos no son cuantificables con facilidad o es muy costosa su medición, se usan más a menudo factores *subrogados estimados*, como la diversidad biológica y la curva acumulada de especies. Los subrogados estimados son más bien indicadores ecológicos que ayudan a predecir los subrogados verdaderos. Así, la hipótesis dice que cuando la cuantificación del factor del subrogado estimado represente fielmente al de un subrogado verdadero, se tendrá el valor del indicador ecológico que necesitamos.

Finalmente, todos estos factores interconectados entre sí, medidos en y a diferentes escalas espacio-temporales representan lo que en realidad deseamos medir, en este caso, la biodiversidad.

11.03.11: LA TIERRA

Dr. F. Ramón Zúñiga Dávila-Madrid y M. en C. Ángel G. Figueroa Soto

© IFRC

En las islas del Archipiélago Japonés, el viernes 11 de marzo, la gente realizaba a media tarde sus tareas cotidianas cuando, poco después de las 14 h 46, comenzó a sentir las primeras vibraciones que caracterizan a un sismo. Al principio, numerosas personas pensaron que sería uno más de los típicos sismos que afectan a la región y que la vibración no tardaría en disminuir, tal y como ocurrió con el sismo de magnitud 7 sucedido en la misma zona dos días antes; sin embargo, la vibración fue cada vez más fuerte y no cedió sino hasta pasados tres minutos, y hasta cinco en algunos sitios.

En Tokio, a 376 km del epicentro, las personas percibieron que las vibraciones tuvieron un período relativamente grande, más grande que el de los sismos de mediana magnitud que experimentan de manera frecuente en esta zona, además de la larga duración del movimiento fuerte. Sin embargo, la gente ubicada en la región más cercana al epicentro del sismo, es decir en la región de Tohoku al noreste de la isla principal, debió haber sentido una fuerte vibración rápida seguida de movimientos lentos con grandes amplitudes, que con alta probabilidad fueron los causantes de los colapsos durante esa etapa.

Dicho fenómeno tiene por causa la mayor atenuación que experimentan las ondas de alta frecuencia en comparación con la de las ondas de baja frecuencia (mayor período), que tardan más en atenuarse con la distancia. Relación que también explica el que las personas sientan un sismo como *trepidatorio*, si están cerca del epicentro o como *oscilatorio*, si están lejos de él.

Al finalizar su etapa inicial, la gente en Japón –que tuvo la fortuna de resultar ilesa– no se percató de que había experimentado uno de los mayores sismos de los que exista registro en la Tierra: el cuarto mayor, luego del sismo de Sumatra en 2004 de magnitud 9,1 (igualado en magnitud al sismo de Kamchatka en 1952), el sismo de Alaska en 1964 de magnitud 9,2 y el mayor sismo registrado, el de Chile en 1960 que alcanzó una magnitud de 9,5.

El sismo fue originado por el rompimiento y desplazamiento de un pedazo aproximado de corteza de 700 km^2 x 200 km^2, como resultado del proceso de subducción de la placa del Pacífico por debajo de un segmento de la Placa de Norteamérica; en efecto, la placa de Norteamérica llega hasta Asia, mientras que el suroeste de Japón está localizado en la placa Eurasiática que está siendo subducida por la placa Filipina.

Para comprender la proporción de un megasismo de magnitud 9,0 como el antes descrito, es preciso hacer un cálculo aproximado referido a la cantidad de poder explosivo (energía) que tuvo la bomba atómica que desoló Hiroshima, es decir, a unas 15 mil toneladas de TNT o 15 kilotones; con base en ello, el sismo de Japón liberó una energía equivalente a 1 145 272 bombas de Hiroshima (más de un millón).

A efecto de comparación, cabe también mencionar que el sismo ocurrido en 1985 en México, de magnitud 8,1, liberó una cantidad equivalente a 58 171 bombas de Hiroshima, lo cual ilustra el problema de cuantificar un fenómeno en una escala logarítmica como la de la

magnitud, aún cuando ambos sismos han sido clasificados como *mayores de 8,0*.

Una vez terminada la ruptura inicial, el proceso desencadenó una serie de rupturas secundarias en el volumen afectado por el sismo principal, denominadas réplicas. Al término de la presente edición, han sido reportadas más de 700 réplicas en una gran área costera de Japón, de las cuales, 40 han presentado magnitudes por encima de 6,0 (dos de ellas de magnitud superior a 7,0). Para un sismo de esta envergadura son esperados cientos de réplicas, de magnitud mediana a grande, en una etapa de varios años, ya que la actividad de las réplicas depende de la magnitud.

El sismo, como fue mencionado, tuvo por causa un deslizamiento en una superficie de fractura, que llegó a ser de casi 4 m en la zona de máximo desplazamiento. Dadas las características del tamaño del área de ruptura y su ubicación con respecto al fondo marino (la fractura causativa fue localizada a 25 km de profundidad aproximada del fondo marino), el deslizamiento produjo un movimiento vertical que generó el desplazamiento de un gran volumen de agua, traducido en un tsunami.

Japón no es ajeno a la ocurrencia de tsunamis, de hecho, forman parte del folclor e historia del país. La palabra *tsunami* proviene del japonés y significa *ola de la bahía* u *ola del puerto*.

Un tsunami viaja, a partir de la fuente, a una velocidad semejante a la de un avión trasatlántico (como 800 km/h), por lo que los embates de la *ola* (lo más correcto sería pensar en una elevación del nivel del mar) fueron sentidos pocos minutos después del sismo en las costas japonesas (en la zona de Sendai los pobladores tuvieron un tiempo de alerta previo al tsunami de ocho a 10 minutos).

La destrucción que siguió a esté fenómeno fue total en aquellas zonas alcanzadas por el volumen de agua, el cual acarreó todo tipo de escombro a su paso incrementando su poder destructivo. El fenómeno tardó aproximadamente 12 h en llegar a las costas de Baja California y 15 h en llegar a las costas de Guerrero y Oaxaca, donde no causó mayores daños.

Ahora bien, Japón es una zona de alta frecuencia de ocurrencia de sismos, pero ¿son conocidos otros eventos semejantes que hayan afectado la misma región? Para responder esta pregunta, primero, hay que acotar que el mayor sismo registrado en esta región alcanzó *sólo* una magnitud de 8,5 en 1896, y que el tsunami que le sucedió causó la muerte de más de 27 000 personas; mientras que, por otra parte, el mayor sismo que antecedió al ocurrido en 2011 tuvo lugar en 1933 con una magnitud de 8,3, cuyo tsunami causó más de 3 000 muertes. Al momento escribir de escribir este artículo, hay noticia de más de 5 500 muertes causadas por el sismo y tsunami de Sendai, aunque la lista de desaparecidos es de más de 10 000.

Otro dato de relevancia es que el sismo, del que se tiene noticia, que más mortandad ha causado en Japón es el gran terremoto de Kanto en 1923, con más de 140 000 muertes; registro que junto con los anteriores, permite concluir que, en efecto, han ocurrido sismos semejantes en la región en cuanto a su poder destructivo pero, tomando en consideración la magnitud, el sismo de 2011 está en una categoría aparte y no hay registro de otro similar.

Las placas tectónicas tienen un movimiento promedio ocasionado por el arrastre del movimiento de convección en el manto terrestre y por fuerzas gravitacionales. Los sismos de gran magnitud ocurren porque dicho movimiento se presenta frecuentemente

© IFRC

en las fronteras entre placas como deslizamientos súbitos y no de forma continua, una vez que la placa se sobrepone a la resistencia o fricción. Existen, sin embargo, algunas regiones de movimiento continuo en dichas fronteras, además de que recientemente han sido detectados sismos *lento*s, los cuales tardan varios meses en un evento de desplazamiento (detectado únicamente mediante sistemas GPS geodésicos), no ocasionan vibraciones perceptibles por los humanos o las estructuras, pero sí liberan parte de la energía acumulada.

Los megasismos son sismos cercanos o mayores a los 9,0 grados. Desde 1900 sólo han ocurrido en el planeta cinco sismos con magnitud 9,0 o mayor y 16 con magnitud 8,5 o mayor, lo que deja ver que no son muy frecuentes. Generalmente, un megasismo ocurre en una región que ha presentado sismos de menor magnitud, los cuales aparentemente *rompen* segmentos individuales de la placa tectónica. El megasismo puede ser visualizado como un rompimiento de más de uno de estos segmentos pero, a la fecha, no es sabido cuándo o cómo se dan las condiciones para que una ruptura crezca hasta sobrepasar las posibles barreras entre un segmento y otro.

¿Podría ocurrir un sismo de esta magnitud en México? Desafortunadamente, la respuesta es afirmativa. El registro histórico nos muestra varios sismos con características que podrían ser tomadas como indicio de que llegaron a una gran magnitud. Entre ellos destaca el terremoto ocurrido el 28 de marzo de 1787 en las costas de Oaxaca-Guerrero, ya que la zona estimada de daños (considerando la baja densidad de población de la época) fue mucho mayor de lo que hemos experimentado en épocas recientes; dicho evento, incluso, causó un tsunami de graves consecuencias (el más grande conocido en México), por lo que tampoco estamos exentos de este tipo de amenaza.

¿Cómo debemos enfrentar este tipo de fenómenos? De acuerdo con lo antes expuesto, la energía involucrada en los procesos terrestres está muy lejos del alcance de los humanos, sin embargo, es posible tener una mejor preparación ante la eventualidad de un sismo o un tsunami. La palabra clave es *prevención*, la cual requiere de una buena planeación y, por lo tanto, de un alto grado de conocimiento del fenómeno. Hemos avanzado mucho en este sentido, pero todavía hay mucho camino por recorrer.

Un ejemplo de los resultados de las investigaciones sismológicas es la mejora en la capacidad de resistencia de las estructuras; tal fue el caso de Chile en 2010, donde para la magnitud del sismo (8,8), el número de colapsos y muertes estuvo muy por debajo de lo que podría esperarse sin un buen nivel de construcción –es decir, buenos códigos de construcción–; situación contraria a lo ocurrido en Haití. Sin embargo, lo sucedido en Japón es una muestra clara de que, a pesar de ser uno de los países más avanzados tecnológica y científicamente del mundo, no ha llegado al nivel de prevención suficiente para evitar un desastre como el ocasionado por el sismo y el tsunami.

Una cosa es segura, los datos aportados por el sismo de Japón en 2011 proporcionarán materia de estudio para muchos años que será invaluable. Es necesario seguir trabajando en todos los niveles, científico, social y político, para tener mejores condiciones para afrontar el peligro ante un gran sismo o ante otros sismos potencialmente dañinos.

11.03.11: EL AGUA

Dr. Carlos Mendoza

© IFRC

El sismo de Japón del 11 de marzo de 2011 es uno de los terremotos más fuertes que han ocurrido en la historia documentada de ese país y del mundo entero. Le ha sido asignada una magnitud (M) de 9,0 en la escala de Richter, lo cual corresponde al sismo número cuatro en la lista de los sismos más fuertes registrados durante la época instrumental en Sismología (más o menos desde 1900). Sólo los sismos de Sumatra de diciembre de 2004 (M 9,1), el de Alaska de marzo de 1964 (M 9,2) y el de mayo de 1960 en Chile (M 9,5) han sido de mayor magnitud.

Estos terremotos grandes, generalmente, ocurren como resultado de un deslizamiento repentino en las fronteras de contacto de las placas tectónicas litosféricas que componen la superficie de la Tierra. En el caso de Japón, la placa del Pacífico –que incluye la mayor parte del Océano Pacífico– se mueve hacia el oeste chocando con la litosfera continental en Japón y deslizándose por debajo del Arco Japonés (proceso de *subducción*).

Dicho movimiento, por lo general, ocurre de manera lenta y continua (por ejemplo, aproximadamente 80 mm/año en la región donde ocurrió el sismo de Japón), acumulando esfuerzos entre las dos placas. Este esfuerzo acumulado eventualmente sobrepasa la resistencia del material, lo que da por resultado un deslizamiento repentino en la zona de contacto entre las dos placas liberando energía sísmica (sismo interplaca).

En zonas de subducción, como la de Japón, los sismos interplaca generados a causa del deslizamiento repentino en la frontera de contacto pueden, además, deformar el suelo en la superficie de la región epicentral del sismo (o sea, en la zona inmediatamente arriba de donde ocurre el temblor). Cuando el sismo ocurre debajo del fondo del mar, esta deformación vertical del suelo puede generar un desplazamiento de la columna de agua superior, iniciando un tsunami.

En el caso de Japón, el tsunami que se generó azotó las costas del

© IFRC

noreste de la isla de Honshu minutos después de haber ocurrido el sismo y, alcanzó alturas de hasta 10 m y penetraciones de agua de hasta 10 km al interior de la costa. El tsunami, además, se propagó a lo largo del Océano Pacífico motivando la emisión de alertas tanto en las islas de Hawai como en las regiones costeras del oeste de Norteamérica, México, Centroamérica y Sudamérica, ubicadas a más de 5 000 km de distancia. Como será expuesto más adelante, estos sistemas de alerta son de mayor beneficio para las regiones alejadas del área donde ocurre el sismo que genera el tsunami.

Para entender el tsunami y sus efectos es importante, primero, saber a qué corresponde el fenómeno. Un *tsunami* (literalmente *onda de puerto*, en japonés) es básicamente una serie de ondas oceánicas que se extienden hasta el fondo del mar, a diferencia de las olas típicas generadas por el viento que se observan y se mantienen cerca de la superficie. La vida de un tsunami se puede dividir en tres etapas generales: generación, propagación e inundación.

La etapa de generación corresponde a la formación inicial del tsunami que, como ha sido mencionado, puede ser resultado de un movimiento vertical del fondo del mar precipitado por la ocurrencia de un sismo interplaca en una zona de subducción. Cabe indicar que para generar un tsunami destructivo, como el que ocurrió en Japón, se necesita desplazar un gran volumen de agua; o sea y de manera general, son los sismos más grandes de subducción los que resultan en mayor desplazamiento de agua, al generar mayores deformaciones verticales que afectan grandes áreas del fondo del mar.

Aparte de un origen tectónico, los tsunamis también pueden ser generados por otros mecanismos como, por ejemplo, el impacto de algún cuerpo sólido como un meteorito o por la rápida caída de grandes volúmenes de material debido a deslizamientos submarinos de masa o colapsos en erupciones volcánicas. En todos los casos, sin embargo, hay un rápido e importante desplazamiento vertical de agua que da inicio a una serie de ondas oceánicas, que se propagan tanto hacia la costa como en otras direcciones.

En la etapa de propagación, la velocidad (V) de las ondas del tsunami está ligada a la profundidad (h) del mar por la cual se propagan y está dada por la ecuación: $V = \sqrt{gh}$, donde g es la constante de gravitación de la Tierra. Esto significa que las mayores velocidades de las ondas se observan en mar abierto, a diferencia de las que se observan cerca de la costa donde la profundidad es mucho menor.

Entre más grande sea la profundidad, más larga es la longitud de la onda. Esto significa que en mar abierto, la onda tiene una longitud muy larga (del orden de 200 km - 300 km) y se propaga a una velocidad muy alta (mayor a 700 km/h, o sea, parecido a la velocidad de un avión de pasajeros).

La amplitud de la onda, por su parte, es mínima (menos de 1 m), lo que implica que, a pesar de su alta velocidad, el tsunami es casi imperceptible en mar abierto. Sin embargo, la onda contiene una gran cantidad de energía debido a su larga longitud y se propaga por largas distancias alcanzando atravesar mares enteros. En el caso del tsunami producido por el terremoto de Sumatra en 2004, por ejemplo, atravesó todo el Océano Índico causando severos estragos en las costas de Sri Lanka, India y Tailandia, ubicadas a más de 2 000 km de distancia después de 2 h de haber ocurrido el terremoto.

La última etapa de la evolución del tsunami, la etapa de inundación, es claramente la más importante desde el

punto de vista del peligro que implica para las comunidades costeras. En esta etapa, las ondas del tsunami van llegando a la costa con una velocidad que va disminuyendo mientras se acercan a la playa, debido al decremento en la profundidad del mar.

Cuando llegan las ondas del tsunami a la zona costera, la velocidad de propagación del tsunami ya ha disminuido significativamente (hasta 30 km/h - 40 km/h típicamente). Al tomar en cuenta que las ondas iniciales del tsunami van disminuyendo su velocidad más rápido que las que le siguen, las distancias entre las ondas se van acortando mientras se acercan a la costa (hasta unos 10 km de longitud). Este proceso crea una compresión y acumulación de energía que genera un inesperado incremento en la altura de la onda al llegar a la costa, lo que produce ya sea una ola destructiva o una marea alta que inunda la zona costera.

La altura de agua en algunos tsunamis históricos ha alcanzado valores muy altos (por ejemplo, hasta 30 m en el caso del tsunami de Sumatra en 2004). Cabe indicar, sin embargo, que la altura de agua observada en la costa puede ser muy variable y depende de la forma de la superficie del fondo del mar; o sea, tanto protuberancias como cañones en el fondo del mar afectan las velocidades y direcciones de las ondas complicando la interacción entre mar y costa, y dificultando una estimación precisa de la altura esperada en un punto dado. Por esto, es importante conocer a detalle el relieve del fondo del mar (batimetría) en zonas costeras susceptibles al impacto de un tsunami, para poder modelar o simular la altura de agua esperada y, por ende, identificar el peligro que pueda existir.

Existen programas de alerta a nivel mundial diseñados para notificar a las comunidades costeras del posible impacto de un tsunami. Estos sistemas de alerta generalmente han sido formados a razón de tsunamis destructivos que han resultado en grandes desastres en los últimos 50 años. Por ejemplo, el sistema de alerta de tsunamis del Océano Pacífico (*Pacific Tsunami Warning Center*, por su nombre en ingles) se formó después del tsunami generado por el terremoto de Chile en 1960 –el terremoto más grande que conocemos en la historia instrumental de Sismología. El tsunami se propagó a lo largo del Océano Pacífico causando daños en las costas de Norteamérica, Asia y las islas de Hawai. El impacto en Hilo, Hawai fue devastador ocasionando la muerte de más de 60 personas.

Los sistemas de alerta están basados en la idea de que se pueda, primero, identificar un sismo capaz de generar un tsunami (sismo tsunamigénico) y, después, utilizar la ubicación del sismo para estimar los tiempos de arribo del tsunami a puntos alejados del sismo. Entonces, el primer paso es saber que ha ocurrido un sismo con un alto potencial para generar un tsunami.

Sistemas actuales de alerta dependen del cálculo correcto tanto de la localización y profundidad del sismo como de su magnitud, tomando en cuenta que son los sismos de mayor magnitud (mayor a 7,0) –que ocurren en zonas de subducción a profundidades menores a 35 km– los que generalmente son capaces de generar un tsunami. Si ocurre un sismo con estas características, es emitida una notificación indicando que ha ocurrido un sismo potencialmente tsunamigénico y son calculados los tiempos de viaje de las ondas del tsunami para pronosticar el tiempo de arribo del mismo en zonas costeras.

Otro componente importante del sistema es el monitoreo del mar, a

partir de una red extensa de mareógrafos y/o sensores de presión de agua, para verificar que realmente se haya generado un tsunami. En el caso de haber evidencia de que el sismo generó un tsunami, se mantiene la alerta y, de ser necesario, se modifican los tiempos de arribo basados en los tiempos de viaje observados entre mareógrafos; de otra manera, es cancelada la alerta.

Queda claro que estos sistemas de monitoreo y alerta benefician, principalmente, a las comunidades costeras ubicadas a grandes distancias del terremoto. Para la zona local cercana al terremoto es muy difícil emitir una notificación oportuna, ya que hay muy poco tiempo después del terremoto tanto para localizar el sismo como para tratar de identificar los tiempos de arribo del tsunami. Por esta razón, lo más importante para los habitantes de zonas costeras es reconocer que cuando sienten un temblor fuerte es necesario desalojar el área y trasladarse tierra arriba; es decir, para las regiones locales, la notificación de un posible tsunami es el terremoto mismo.

En este sentido, una de las actividades más importantes para reducir el impacto de un tsunami en puertos y comunidades, ubicadas cerca de zonas de subducción, es la educación de la población para que sepa qué hacer en caso de sentir un terremoto fuerte.

Las costas del oeste y sur de México se encuentran cerca de zonas de subducción, en las que se generan sismos fuertes capaces de generar un tsunami; incluso, ha habido varios sismos históricos y recientes que han producido tsunamis en México afectado las zonas costeras. Ejemplo de ello fue el sismo M 8,0 de Colima-Jalisco en octubre de 1995, que generó alturas de agua de 1 m - 5 m causando severos daños cerca de Manzanillo por las inundaciones.

Existe pues la posibilidad de generación de tsunamis locales en México, debido a sismos en la zona de subducción productores de desplazamientos del fondo del mar cerca de la costa. Es importante tomar en consideración, sin embargo, que para generar un tsunami destructivo, parecido al que afectó a Japón, el sismo probablemente tendría que ser de una magnitud comparable a los más grandes terremotos conocidos hasta la fecha. En caso de haber un terremoto fuerte de esta magnitud, los tiempos disponibles para notificar a la población local serían cortos, de ahí que lo más importante sería contar con un programa establecido de educación y desalojamiento para reducir el impacto sobre los habitantes de las regiones costeras.

El otro peligro para la costa mexicana sería el impacto de un tsunami distante generado en algún otro lugar del Pacífico. En ese caso, sería importante atender las notificaciones del sistema de alerta del *Pacific Tsunami Warning Center* e implementar programas de desalojamiento, en caso de presentarse una amenaza de tsunami a raíz de uno de estos terremotos.

11.03.11: EL FUEGO

Dr. Gerardo Carrasco Núñez

© IFRC

La Tierra es un sistema complejo que ocupa un lugar particular en el Universo, reúne una serie de características especiales que lo distinguen del resto de los planetas y lo hacen ser un sitio único en el mismo, donde ha sido posible la evolución de la vida y su adaptación al entorno.

Nuestro planeta no es un ente aislado y dista mucho de ser un cuerpo inerte que ha permanecido así por siempre; por el contrario, es un sistema dinámico en el que interactúan no sólo la biosfera, la atmósfera y las demás capas que protegen al planeta, sino el Sol y todos los demás cuerpos que forman parte del espacio sideral.

Es importante considerar, también y de manera específica, todos los procesos que ocurren en el interior de la Tierra, responsables de gran parte de los fenómenos naturales que estremecen de manera cotidiana la vida de sus habitantes en diversas regiones del mundo, como los terremotos y los volcanes.

Aunque dichos fenómenos ocurren de manera cotidiana en el mundo, cierto es que sólo nos acordamos de sus terribles efectos cuando se manifiestan con gran intensidad sobre la superficie terrestre y, es especial, cuando lo hacen cerca de regiones pobladas o en áreas que cuentan con alguna infraestructura importante. Su ocurrencia no responde a cuestiones aleatorias inexplicables, más bien se relaciona a mecanismos asociados a procesos geológicos de gran escala que han actuado en la Tierra por miles de millones de años.

La corteza terrestre es la parte más externa de la Tierra, una zona fría que contrasta con el interior de la Tierra, donde cantidades extraordinarias de calor conforman los llamados núcleo y manto terrestres. El manto es la región en la que son generados los importantes movimientos de convección que permiten el ascenso de calor a las capas superiores de la corteza terrestre, de forma tal, que funciona como el motor que causa el desplazamiento de la corteza superior, fragmentada

en grandes zonas conocidas como placas tectónicas.

El movimiento relativo de tales placas provoca que, en algunos sitios, éstas choquen, se separen o se desplacen de manera lateral. Así, es que no es difícil imaginar que los límites de dichas placas son los sitios más activos y, a la vez, más vulnerables de la corteza terrestre. La distribución de esos límites de placas son bien conocidos y existen mapas a nivel global que muestran su configuración de manera bastante precisa.

Conocer cómo y en dónde ocurren estos procesos permite entender su naturaleza y, explicar el cómo y el porqué ocurren en determinadas regiones del planeta. Es así que es posible ubicar en el mundo al Cinturón Circunpacífico de Fuego, la región más activa de la Tierra, donde han ocurrido con elevada frecuencia la mayor parte de los más grandes terremotos registrados en nuestro planeta –con magnitudes superiores a 8,0 en la escala de Richter– incluyendo el más grande de ellos acontecido en Chile, en 1960, con una magnitud de 9,5. Sismos similares en magnitud al apenas sucedido el 11 de marzo en Japón sólo han sido registrados en Sumatra, en 2004, y en la península de Kamchatka, en 1952.

El Cinturón Circunpacífico de Fuego concentra a la mayor cantidad de volcanes activos de la Tierra, los cuales comúnmente forman parte de grandes cadenas montañosas que se extienden desde la Patagonia, en la parte más meridional de Chile, siguiendo a lo largo de la cordillera de Los Andes hasta conectar con otros segmentos en Centroamérica, México y la costa del Pacífico de los Estados Unidos hasta Alaska, para de ahí continuar a la Península de Kamchatka en Rusia, siguiendo a lo largo de la costa oriental de Japón, el Archipiélago de las Filipinas y otras islas en el Pacífico sur.

Estas cordilleras volcánicas están particularmente asociadas a procesos en los que el movimiento relativo de las placas hace que éstas colisionen, lo cual suscita que una de ellas se desplace por debajo de la otra, en un proceso conocido como subducción. La placa que subduce, al llegar a determinada profundidad (alrededor de 100 km), libera fluidos que favorecen la fusión de las rocas y el ascenso de magma hacia la superficie de la Tierra formando las cadenas volcánicas con el paso del tiempo.

Aunque tanto los temblores como los volcanes están comúnmente asociados a los mismos procesos tectónicos, en este caso a la subducción de las placas tectónicas, es importante aclarar que se trata de fenómenos independientes en lo que respecta a su origen. Mientras que un terremoto representa un proceso de ruptura y acomodo de capas de la corteza terrestre como respuesta de un movimiento discreto de las placas, un volcán resulta de procesos más complejos y prolongados que involucran el ascenso de magma o material fundido que aprovecha zonas de debilidad, como fracturas, para llegar hasta la superficie de la corteza.

Aún cuando la actividad volcánica puede generar sismos, éstos siempre son de muy baja magnitud y su ocurrencia está restringida a una distancia cercana al centro volcánico. Por su parte, terremotos, como el apenas ocurrido el pasado 11 de marzo del presente, fue un evento generado a muy poca profundidad (apenas 30 km) y se ubicó a una distancia intermedia entre el límite del choque de placas (subducción) –también conocido como trinchera– y la costa del Japón; sin embargo, no tuvo relación alguna con la actividad volcánica registrada en la

región suroccidental del Archipiélago de Japón, justamente, el día siguiente al terremoto del norte de Japón.

Otros volcanes que han entrado en actividad los días subsecuentes al gran terremoto del 11 de marzo, han sido eventos totalmente independientes. Hay que tomar en cuenta que la actividad volcánica es un fenómeno bastante común en la Tierra, ya que en promedio suceden poco más de 50 erupciones volcánicas por año, con diferentes grados de intensidad eruptiva. La mayor ocurrencia de estas erupciones tiene lugar, en efecto, en alguna porción del Cinturón Circunpacífico de Fuego.

Lo anterior manifiesta cómo la ubicación de Japón, a lo largo de la trinchera de Japón, explica la gran actividad sísmica y volcánica que ha tenido ese país a lo largo de millones de años desde su origen. De hecho, Japón es una de las zonas de subducción más representativas de dichos procesos en el mundo, en donde la placa del Pacífico subduce o pasa por debajo de la parte oriental de la placa Euroasiática.

Cierto es que, aunque los grandes terremotos ocurren con poca frecuencia, el estar en una zona tan activa como Japón (sísmica y volcánica) marca al lugar como una zona de constante peligro; un sitio en el que no puede descartarse, de manera alguna, la posibilidad de que un nuevo evento catastrófico vuelva a ocurrir en el futuro. No obstante, al considerar las enormes cantidades de energía liberadas durante los procesos de marzo, las probabilidades de una incidencia próxima se ven disminuidas.

De cualquier forma, es importante reforzar las medidas de prevención que puedan ayudar a mitigar los efectos, tanto directos como secundarios, asociados a estos fenómenos naturales. De gran utilidad será la elaboración de planes de ordenamiento territorial en cada país, encaminados a la construcción de estrategias para reducir los peligros potenciales, tanto naturales como los derivados del trabajo humano, a fin de salvaguardar la vida y los bienes de la población.

Es importante recordar un viejo proverbio japonés que dice: “una calamidad ocurre justo en el momento en el que uno olvida su terror”. Desafortunadamente, es común olvidarnos de que vivimos en un planeta vivo que en cualquier momento se manifiesta para mostrar la dinámica interna que lo caracteriza.