

Potencial sísmico de Costa Rica y de la península de Nicoya, y prevención

DOUGLAS SALGADO

Los países desarrollados califican los *grandes desastres* como tales siempre que excedan considerablemente la capacidad de autoayuda de las regiones afectadas requiriendo asistencia a nivel suprarregional o internacional (Munich Re Group 2000). Por lo general, un *gran desastre* es catalogado así por las agencias internacionales vinculadas al tema de ayuda humanitaria cuando el número de víctimas mortales llega a miles, o, según las condiciones económicas del país afectado, si se causan daños a la economía nacional.

No obstante, debe tenerse en consideración que estas definiciones que intentan aproximar indicadores cuantitativos para medir el impacto de daño físico y su expresión monetaria en muchos de los casos no se ajustan a países del Tercer Mundo o economías en vías de desarrollo, que carecen de criterios para sistematizar la multiplicidad de vulnerabilidades, convirtiéndose éste en el factor más complejo de la ecuación $R = A * V$ (riesgo = amenaza * vulnerabilidad), y, no obstante, el factor con mayor número de posibilidades para trabajar efectivamente en la reducción del riesgo.

Es claro que las economías centroamericanas, además de su exposición a las amenazas hidrometeorológicas, están permanentemente caracterizadas por una alta exposición a la dinámica de la tectónica de placas y fallas locales con potencial para generar sismos destructivos. Por otra parte, el detonante principal del riesgo ha sido el acumulado histórico de la construcción múltiple de vulnerabilidades, entre las que sobresalen la pobreza, el deterioro ambiental, la falta de políticas idóneas en prevención de riesgos, el desorden y el caos territorial, la densificación de áreas urbanas y ciudades de manera informal y en función del mercado de bienes raíces, los nulos o escasos controles de planificación física unido a la ausencia de criterios para la incorporación de las amenazas naturales y vulnerabilidades en el contexto del desarrollo local.

En Centroamérica se conocen dos tipos principales de sismos peligrosos. Los primeros son los *sismos de la zona de subducción*, que ocurren frente a la costa pacífica y en los bordes Caribe-Atlántico, caracterizados por la dinámica de la *tectónica de placas*. Los sismos producto de este proceso pueden llegar a ser tan energéticos que causan daños en grandes extensiones

territoriales. La palabra *tectónica*, del latín *tektonikós*, significa *construcción*, entonces puede entenderse como: *construcción de placas*. Esta teoría propone que los primeros 100 km de la superficie terrestre corresponden a una capa denominada litósfera, capa fragmentada en varias placas rígidas e independientes, las cuales forman continentes u océanos. Dichas capas, continentales u oceánicas, se mueven entre sí sobre capas más blandas y viscosas conocidas como astenósfera, desplazadas con ayuda de corrientes magmáticas a muy altas temperaturas y a velocidades del orden de varios cm/año. Los sismos por subducción pueden originar tsunamis, produciendo olas de diverso tamaño, producto de la perturbación del fondo marino por la energía del sismo. Series de olas pueden alcanzar la costa generando una “invasión” del mar que dependerá en gran parte de las características del fondo marino (relieve), la geometría y la geomorfología de la costa. El referente en el tiempo más cercano con características de desastre fue el tsunami frente a la costa pacífica de Nicaragua, en 1992, con muertes y destrucción de viviendas e infraestructura.

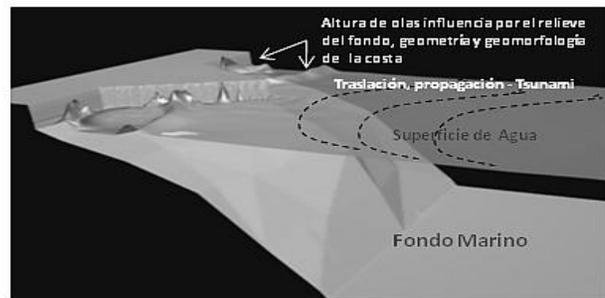


Figura obtenida de modelación por computadora, mostrando los efectos del relieve del fondo, la geometría y forma de la línea de costa y su influencia en la inundación y altura de los Trenes de olas productos de un tsunami idealizado. Imagen Adaptada de T. Katada, Universidad de Gunma, con fines didácticos

El segundo tipo de sismo peligroso es el que ocurre en *fallas locales*. A lo largo de toda Centroamérica existe una gran cantidad de fallas locales, menos grandes, pero no con menos riesgos, en gran parte por factores de alta vulnerabilidad. El potencial en la región se aproxima a los sismos de grado seis escala de Richter, pero los sismólogos han evaluado estadísticamente los hipocentros de fallas locales, que pueden estar cerca de la superficie (a menos de 10 km) y, por

El autor, geógrafo especialista en gestión del riesgo, es funcionario de la Comisión Nacional de Emergencias.

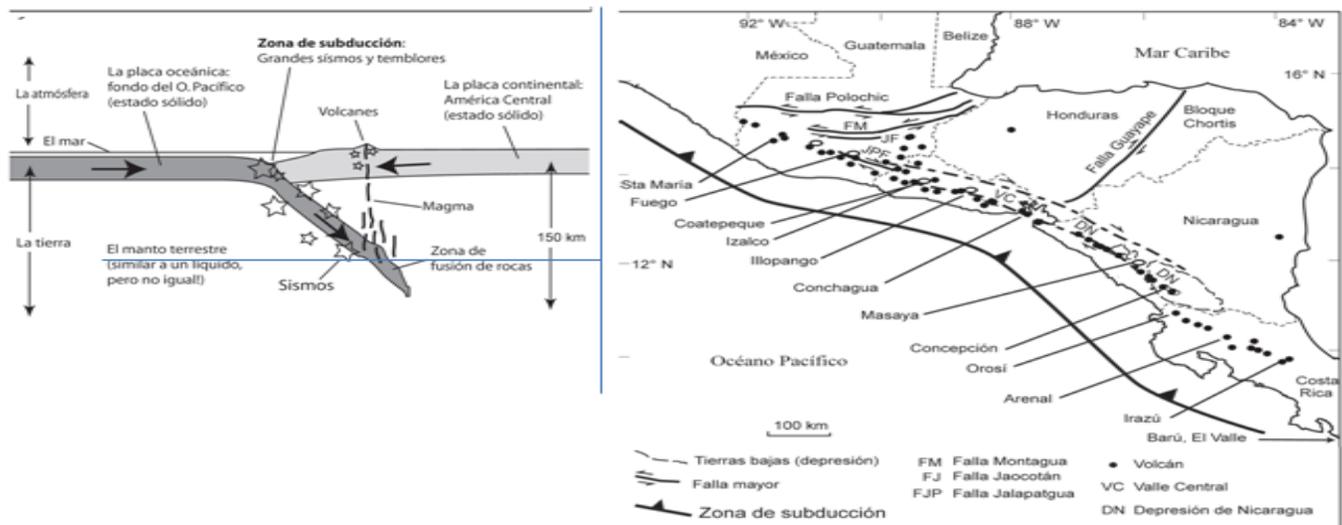


Fig. 1. Lado izquierdo: Esquema idealizado del proceso de tectónica de placas y la subducción como dinámica generadora de sismos importantes. Lado derecho: Gráfica que muestra a la región centromericana con en el eje o fosa mesoamericana, producto de la colisión de placas. En la que se aprecia el vulcanismos asociado y su principales exponente actuales. Adaptada y modificada de Pastor y Rodríguez, 2008, en Evaluación y Prevención de Riesgos Ambientales en Centroamérica.

tanto, sus efectos pueden causar daños importantes, inclusive connotar desastres locales significativos, caso del reciente terremoto de Cinchona, cordillera Volcánica Central en Costa Rica.

La tectónica de placas como teoría ha venido en constante evolución conceptual desde planteamientos como los de Alfred Wegener. La teoría de la deriva continental fue propuesta originalmente por este científico en 1912, quien la formuló basándose, entre otras cosas, en la manera en que parecen encajar las formas de los continentes (deriva continental), y de esfuerzos internacionales de geólogos y sismólogos, entre los que destacan Tuzo Wilson, Walter Pitman, y geofísicos como Harry Hess y Alan Cox, y sismólogos

como Linn Sykes, Hiroo Kanamori y Maurice Ewing, entre otros, que han acumulado información y conocimiento acerca de la estructura de los continentes, las cuencas oceánicas y el interior de la Tierra.

En Costa Rica, los avances sobre el conocimiento de la dinámica de tectónica, así como los sismos por fallamiento local, provienen de esfuerzos de investigación y documentación en los últimos 20-25 años, tanto de la Universidad Nacional Autónoma como de la Universidad de Costa Rica. Destacan en ello A. Astorga, F. Güendel, M. Protti, P. Denyer, W. Montero y A. Climent, entre otros.

Las experiencias más recientes en Costa Rica en el manejo de desastres demuestran que para reducir la

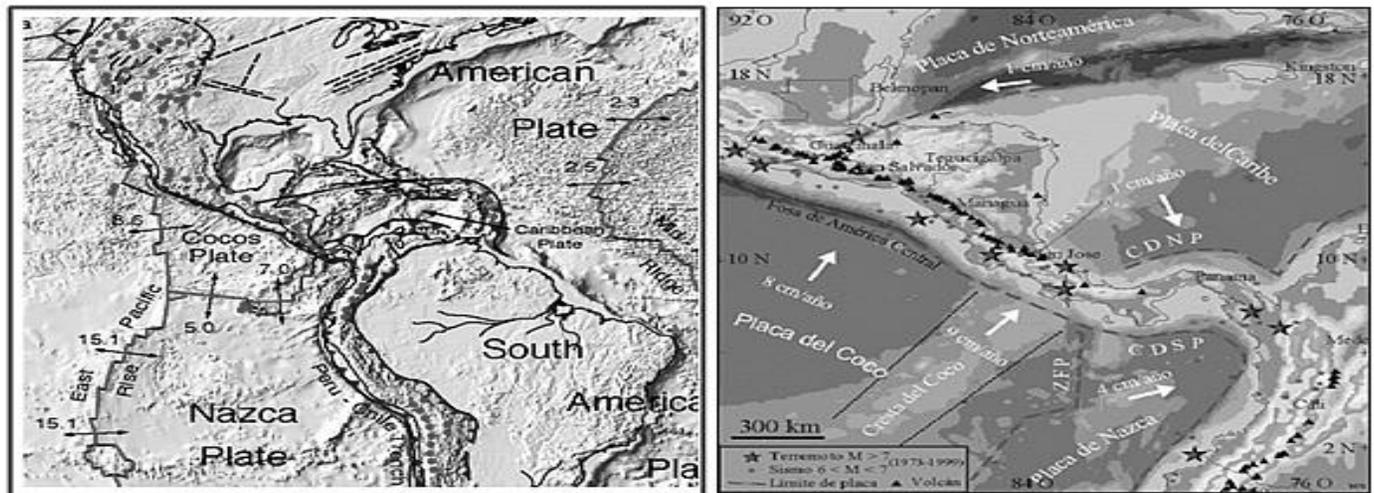
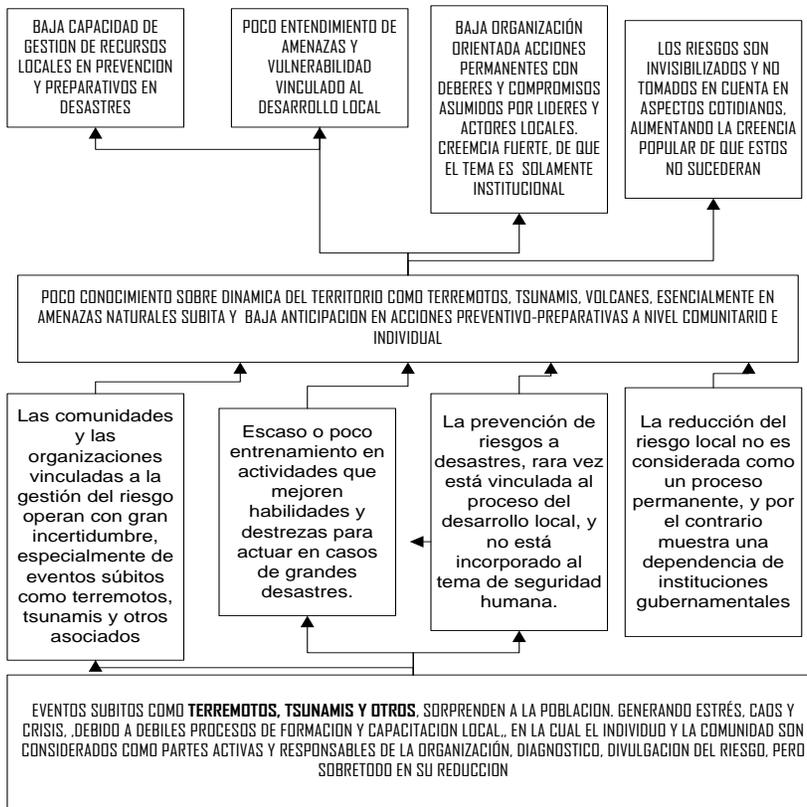


Figura. 2. Lado izquierdo, mapa representando los límites actuales de las placas tectónicas dominantes en Centromérica según "Digital Tectonic Activity Map of the Earth" de la Agencia Estadounidense de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Lado derecho, Mapa esquemático mostrando los límites de placas, Fosa (producto de la colisión de placas), velocidades promedio de movimiento cm/año y ubicación de sismos mayores a 7.0 escala Richter.

ARBOL DE PROBLEMAS APROXIMADO A LA GESTION DE RIESGOS A E
DESASTRES POR EVENTOS SUBITOS TALES COMO TERREMOTOS



Elaboración propia. 2009

magnitud de pérdidas humanas y materiales es necesario incorporar procesos locales en gestión del riesgo estrechamente articulados con procesos de capacitación y educación a la población para trascender, de la atención de emergencias, a una *gestión preferentemente preventiva* con actores debidamente sensibilizados y “empoderados”. Es decir, no se puede esperar el “próximo desastre” para luego repasar lo que debió corregirse y hacerse colectivamente, y no se hizo.

Al respecto, es importante resaltar la importancia de cambiar actitudes de la sociedad costarricense e incorporar, en la cultura en general, las lecciones aprendidas de eventos pasados y recientes. Precisamente, en el año 2002, el Instituto de Estudios de Población (Idespo, Universidad Nacional) desarrolló un estudio denominado “La población costarricense de la Gran Área Metropolitana frente a sus valoraciones ante desastres naturales”, y estableció que cuando se habla de desastres lo primero en que piensa la población costarricense de la Gam es en un terremoto, obtenido de un 53 por ciento de los entrevistados. Además, los encuestados consideraron que estaban expuestos a una gran cantidad de desastres, tales como terremotos, tornados, rayos y huracanes. No obstante, la percepción colectiva sugiere que el evento de mayor probabilidad de ocurrencia durante la vida es un terremoto. Luego, el 27 por ciento, de estratos medios y altos de la Gam, evidenció no estar nada preparado para enfrentar una emergencia derivada de

las amenazas mencionadas anteriormente. Otro dato significativo lo constituye el hecho de que un 15% de la población entrevistada desconoce si en el centro educativo de los hijos hay planes de emergencia. El estudio resalta que en cuatro de cada cinco hogares no existe plan de emergencia en caso de enfrentar un desastre.

El estudio de Idespo correlaciona con el “árbol de problemas” anterior elaborado a partir de múltiples talleres con organizaciones de base local para enfrentar desastres, como comités locales de emergencias, municipalidades y asociaciones de desarrollo comunitarias, validado en el Taller sobre Potencial Sísmico de Guanacaste, realizado en julio de 2009 en conjunto con el Ovsicori y la Comisión Nacional de Emergencias con líderes comunitarios de Guanacaste

Basándose en el comportamiento histórico tanto espacial como temporal de sismicidad, investigadores como Nishenko y Panagiotopoulos estimaron posibilidades para la ocurrencia de futuros sismos en la región de Guanacaste, basadas principalmente en las investigaciones de F. Güendel (Ovsicori-Universidad Nacional) y K. McNally (Char-

les Richter Sismological Lab, California University), que profundizan sus observaciones utilizando datos locales y tomando en cuenta además patrones de liberación de energía, sosteniendo que existe una alta probabilidad de generación de un sismo en la región Chorotega (Costa Rica), delimitando una zona epicentral en la península de Nicoya y sugiriendo que la actividad sísmica en Costa Rica ocurre con períodos de recurrencia de 40 a 50 años. Ambos investigadores establecieron que los ciclos de alta liberación de energía se caracterizan por la ocurrencia de sismos de subducción con magnitud superior a siete (Protti *et al.* 2001).

Según González y Protti, (2005), “la ausencia de un terremoto importante desde octubre de 1950 en el segmento de Nicoya, y la ocurrencia de los sismos en 1990 en la entrada al golfo de Nicoya al sureste, y en 1992 frente a Nicaragua al noroeste, han permitido determinar la extensión geográfica de lo que definieron Protti *et al.* (2001) como la ‘brecha sísmica de Nicoya’”.

Esta brecha, según Protti, Güendel y Malavassi (2001), y González y Protti (2005), corresponde a un segmento de la zona de subducción ubicado costa afuera y por debajo de la península de Nicoya en el noroeste de Costa Rica. Según los autores, este segmento de la trinchera o fosa Mesoamericana, donde la placa del Coco se subduce por debajo de la placa del Caribe, ha sufrido tres rupturas, documentadas en

tiempos históricos, produciendo grandes eventos en 1853, 1900 y 1950.

Desde el punto de vista de la planificación y la prevención de desastres, la evaluación de la potencialidad de manifestaciones de energía, en sismos grandes, es considerada como una ventana de oportunidades, en los siguientes aspectos:

- Ha generado un avance en el conocimiento de los procesos de subducción y aumentado considerablemente la información sobre la dinámica y evolución de la corteza terrestre en esta parte del planeta.

- Ha permitido aumentar la investigación de eventos pasados (terremotos), permitiendo mejorar los escenarios de efectos e impacto de un futuro terremoto en la región Chorotega.

- Definitivamente, ha promovido un cambio en la forma en que debería enfrentarse la crisis por terremotos en el futuro. En primer lugar, debido a que es una región que está vinculada a la colisión y subducción de placas tectónicas, y que ha producido terremotos en el pasado. En segundo lugar, actores claves e institucionales han iniciado verdaderas medidas de mitigación y reducción del futuro impacto. Así, la Caja Costarricense del Seguro Social ha implementado el reforzamiento físico de los hospitales de Anexión y Liberia, y actualmente mediante el Departamento de Arquitectura e Ingeniería conduce un “Diagnóstico de Vulnerabilidad Hospitalaria ante Desastres”, no solo en Guanacaste sino en todo el país. Algunos comités locales de emergencias, como los de Nicoya, Cóbano y Liberia, han incluido en sus agendas de trabajo acciones vinculadas con los preparativos. No obstante, aún se encuentran vacíos importantes en el nivel comunitario, necesarios de llenar con la finalidad de desmitificar el efecto de “el próximo” o “el más grande terremoto”, puesto en la agenda por medios de comunicación mercantilistas e inescrupulosos en el manejo de la noticia e información científica.

- Luego, con el avance del conocimiento, unido a la evolución en la forma de cómo expresar la “noticia científica” a la población para no aumentar el estrés colectivo debido a la incertidumbre, tanto en el tema de la dinámica de placas y su influencia en el territorio, como en los aspectos míticos asociados al terremoto en sí, en 2009 se detecta que existe una mejor aceptación, principalmente por parte de actores sociales locales¹, en desarrollar acciones en el *antes*. En la actualidad es posible detectar organización con delegación de funciones en caso de ocurrencia de sismos, talleres autónomos en los cuales se delibera sobre la participación comunitaria, simulacros en algunas escuelas, principalmente por el interés y la proactividad de docentes en inculcar medidas preventi-

vas. Es claro que hace falta una política para generar un mayor efecto multiplicador, para trascender, del ardid mediático centrado en lo fenoménico y del titular amarillista-mercantil del *cuándo ocurrirá*, a una propuesta cultural basada en la seguridad humana y el desarrollo, donde se fomente el conocimiento debido a que prácticamente debe convivirse con el riesgo sísmico en todo el país, pero sobre todo medidas anticipadas de forma cotidiana.

Del análisis e interpretación de la información derivada de posibles escenarios de un terremoto en la región de Guanacaste, utilizando las investigaciones desarrolladas por Ovsicori-Una y el Laboratorio Nacional de Modelos y Materiales Estructurales de la Universidad de Costa Rica, la CNE y los comités locales de emergencias de la región Chorotega, delimitan tres áreas diferenciadas por el nivel de impacto probable:

1. *Área de impacto severo*: con intensidades Mercalli Modificada de hasta VIII (daño considerable), con posibilidades de presentarse fenómenos de licuefacción de suelos, sobre todo hacia las cercanías del valle del río Tempisque y playas del golfo y península de Nicoya. Esta área abarca partes de la península de Nicoya hasta bahía Culebra al norte, además de las áreas bajas del valle del río Tempisque, el golfo de Nicoya, la ciudad de Puntarenas y alrededores, hasta el valle del río Barranca.

2. *Área de impacto importante*: Las intensidades Mercalli Modificadas esperadas serán del orden de VII (daño moderado en estructuras), aunque no se esperan daños severos en carreteras y puentes algunos de éstos pueden salir temporalmente de operación, algunos deslizamientos también pueden obstruir el paso en rutas de topografía abrupta (Cambronero, norte de Esparza, norte de Liberia, Cañas, Bagaces, Jacó y otras). Daños importantes en estructuras con deficiencias constructivas u omisión del Código Sísmico de Costa Rica.

3. *Área de impacto moderado*: Se utilizaron observaciones de patrones de efectos como el sismo de Limón (1991) y otros, sobre el valle Central en 1991, sobresaliendo desorden vial (caos en el tráfico), estrés en la población (en especial en aquéllas con conocimiento nulo de la dinámica sísmica, mitos o apreciaciones erróneas de medios de comunicación irresponsables), posibilidad de daños en ventanas, caída de objetos pequeños, repellos y grietas en edificios con deficiencias en construcción u omisiones de los códigos constructivos. Del valle Central, es importante su región occidental (San José y alrededores, Heredia, Alajuela, Atenas, Naranjo, San Ramón, Grecia), así como la porción sur de la región de San Carlos (Zarcelo, Ciudad Quesada, Fortuna, Tilarán).

¹ Taller técnico con comités locales de emergencias en la Universidad Nacional, realizado en conjunto con la CNE y el Ovsicori en julio de 2009.

contiene los parámetros adecuados para el sector de las construcciones y el desarrollo de nueva infraestructura. Omitir su aplicación significaría prácticamente aumentar la vulnerabilidad al daño sísmico, con consecuentes pérdidas materiales importantes.

Los nuevos diseños en cualquier tipo de infraestructura deben incluir los aspectos sismorresistentes idóneos, pero a la vez la calidad de la construcción debe contener los materiales adecuados para cumplir con la norma sismorresistente. De otra manera, lo que está en el plano y en el diseño debe reflejar exactamente lo que se construye. En muchos casos, en Costa Rica se ha detectado que aunque el plano indicaba los elementos estructurales para crear las condiciones sismorresistentes, en la práctica constructiva fueron eliminados, o, en el caso de viviendas, las proporciones de los materiales tales como el mortero o el cemento o las varillas de paredes o muros no eran las correctas (Moas 1993), quizás con la finalidad de ahorrar costos, pero creando un aumento de la vulnerabilidad de la infraestructura.

En las estructuras actualmente construidas es clave obtener una valoración de un perito o profesional responsable, especialmente para detectar elementos vulnerables en el diseño y la construcción, unido al fomento de la cultura de transferencia del riesgo, como las pólizas de riesgo sísmico. No obstante, es necesario desarrollar los mecanismos y soluciones para aquellas poblaciones que por nivel de ingreso no puedan adoptar estos mecanismos de transferencia.

En la actualidad es necesario fortalecer las capacidades familiares, comunitarias y municipales en prevención (primordialmente), basándolas en la cooperación mutua, la organización y el trabajo mancomunado, de forma horizontal y bajo esquemas educación y capacitación permanente.

Especialistas en prevención y atención de desastres

han establecido que una población poco educada, poco entrenada e inculta en prevención y preparativos, sufrirá el síndrome de demora en el auxilio, especialmente de instituciones de atención. La respuesta a desastres observada por causa de terremotos (debido a su carácter súbito) establece que la primera respuesta demora aproximadamente entre ocho y 72 horas, y el auxilio elemental proviene de la población afectada en el área de impacto. La referencia de lo anterior está documentada en los terremotos *Gemelos* de El Salvador (13 de enero y 13 de febrero de 2000), en el terremoto de Kobe, Japón (enero de 1995), en el terremoto de Armenia, en Colombia (25 de enero de 1999). En Costa Rica, el terremoto de Pérez Zeledón, en 1983, el de Limón, de 1991, y el reciente de Cinchona, en 2009. Al respecto, tanto la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres (Naciones Unidas), como Japón, uno de los países con mayor desarrollo en materia de prevención sísmica, impulsan en la actualidad la tríada: *ayuda a sí mismo, ayuda mutua y ayuda institucional* basada en el enfoque de fomento de capacidades en todos los estratos de población, intercambio de información y conocimiento unido a la comunicación del riesgo sísmico, y adopción de contramedidas que se aplican día a día.

Resulta urgente el desarrollo de campañas de divulgación e informativas con el fin de promover conciencia del beneficio del diseño y la construcción con normas sismorresistentes de acuerdo con el estado de la tecnología y el conocimiento, abocadas a la protección de la vida y el patrimonio de los habitantes.

En el caso de Cinchona -según Carmona (2009)-, investigaciones post-terremoto detectaron “una serie de fallas en la construcción de muchas de las viviendas dañadas” [que] “provocó el colapso parcial o total de más de 1.000 viviendas en la zona del epicentro”. Carmona establece que el estudio realizado reveló

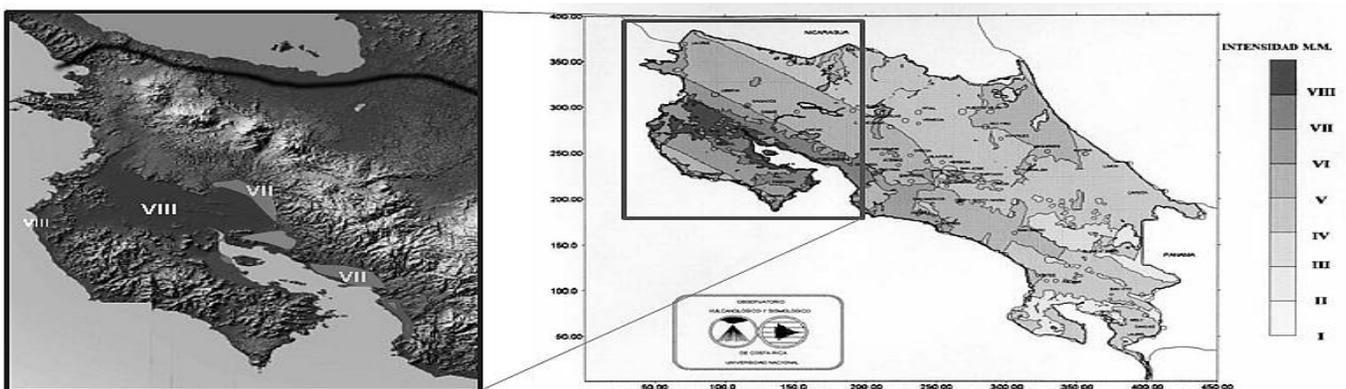


Fig. 3. Esquema modificado y adaptado de OVSICORI-Universidad Nacional, mostrando la distribución de intensidades Mercalli. En el lado izquierdo, se han sobrepuesto de forma generalizada las distribuciones VII y VIII Mercalli, derivadas del mapa de intensidades Mercalli Modifica (mapa lado derecho). En caso sismos superiores a 7.0, en estas zonas se potencian daños importantes a estructuras mal diseñadas (VII Mercalli) y daños leves en estructuras bien construidas, grietas en pendientes y suelos con contenidos importantes de humedad (III Mercalli). Fuente: Instituto de Vulcanología y Sismología, Universidad Nacional Autónoma

diversas fallas en el tipo de terreno donde se levantaron las edificaciones, en los materiales utilizados, la mano de obra y el tipo de diseño que se llevó a cabo. El Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos destaca algunos problemas encontrados relativos a la vulnerabilidad constructiva, a saber:

1. Deslizamientos: muchas casas tuvieron que soportar fuertes empujes de tierra por el deslizamiento de los terrenos; en muchos casos existía una carencia de muros de retención de protección.

2. Fallas estructurales: muchas casas mostraron fallas estructurales de importancia por la ausencia del acero de refuerzo o por un pobre detallado de sus conexiones. Algunos de los errores encontrados fueron: desplazamiento lateral entre dos paredes por la no existencia de acero horizontal, falta de anclaje entre la pared y la viga corona, conexión deficiente entre dos paredes ortogonales, separaciones en paredes por una pobre colocación del acero de refuerzo, esquinas de viviendas desintegradas por falta de acero en el parapeto, carencia de acero en las vigas banquina, uso de varilla lisa como acero vertical, ausencia de aros en la viga corona y empalmes inadecuados de su acero longitudinal, estructuras de madera muy flexibles con carencia de arriostramiento y conexiones débiles, y desplazamientos laterales o colapso total de tapicheles de mampostería fueron unas de las fallas estructurales más difundidas en las viviendas, también acero longitudinal insuficiente en la intersección de dos paredes.

Es necesidad y prioridad evaluar y reforzar infraestructura indispensable o esencial para la comunidad en caso de desastre. Clínicas, centros de salud, hospitales, albergues multiuso, puentes claves, acueductos, pozos, telecomunicaciones, energía, entre otros. Importante, con el concurso directo de las municipalidades, es la creación y aumento de capacidades locales para responder en caso de emergencia a causas de eventos súbitos. Al respecto, la municipalidad como instancia de administración territorial, debe incluir en su planificación y administración el funcionamiento o apoyo del comité local de atención de desastres, y, en la medida de lo posible, con participación de líderes comunitarios interesados en impulsar la prevención como elemento cotidiano y de desarrollo.

Es estratégico reforzar la prevención y respuesta bajo un esquema inter-instituciones, estableciendo claramente los roles de coordinación, empezando por la reacción del nivel local y posteriormente por la del nivel regional. En desastres severos, en que se supere la capacidad local y regional, es fundamental contar con una adecuada coordinación y capacidad de respuesta nacional, fundamentada en el conocimiento de la amenaza y el desarrollo de escenarios de intervención rápida, previamente ensayados.

Las experiencias derivadas de los terremotos severos sugieren que no basta solo con conocer la vulne-

rabilidad física de la infraestructura según sector (energía, telecomunicaciones, transporte, salud), sino que hay que estimar la vulnerabilidad en su funcionalidad antes, durante y después de la crisis.

Es imprescindible conocer la vulnerabilidad de la infraestructura a nivel cantonal (municipios). Cada municipalidad o área cubierta por los comités locales de emergencias deben procurar tener informes que indiquen sus debilidades y sus daños potenciales frente a distintas amenazas naturales. Esta información debe estar disponible y asequible para los grupos organizados en el nivel comunitario, y debe ser utilizada en el desarrollo de planes de respuesta y de mitigación según cobertura (cantón, distrito, barrio, familia). Debe actualizarse regularmente.

Es fundamental que los acueductos institucionales o administrados por comunidades procuren obtener un mantenimiento y presupuesto idóneos, con el objetivo de mejorar su resistencia y garantía de funcionamiento post-terremoto. En algunos es necesario considerar los elementos vitales para su activación, como los accionados por bombas que requieren la utilización de energía eléctrica; por tanto, hay que aumentar la redundancia en su operación.

Finalmente, no se trata del lugar donde ocurrirá el próximo, sino de la adopción por parte de la sociedad costarricense -en especial por parte de actores en los niveles de conducción del país y de actores institucionales no gubernamentales- de deberes, compromisos y acciones básicas orientadas a la seguridad humana como principio cotidiano, unido a un remozamiento de los programas educativos formales (Ministerio de Educación, universidades) en la construcción de la ciudadanía preventiva que deberá convivir en un territorio con una importante exposición, en tiempo y espacio, a los terremotos, entre otros riesgos subyacentes y potenciales.

Referencias bibliográficas

- Climont, A. et al. 2003. *Amenaza sísmica y vulnerabilidad física de la ciudad de Cañas, Guanacaste, Costa Rica*. s.l. Costa Rica.
- Carmona, C. 2009. *Terremoto de Cinchona reveló errores constructivos* [versión electrónica]. San José. En: www.cfia.or.cr/boletin_UPADI/descargas%202009/actualidad/abril/Art_terremoto.pdf
- González, V. y M. Protti. "Afinamiento del potencial sísmico y monitoreo de la brecha sísmica en Nicoya", en *Ambientico* 147, diciembre de 2005.
- Instituto de Estudios Sociales en Población. 2002. *La población urbana costarricense frente a los desastres naturales*. s.l. En <http://www.una.ac.cr/idespo/pdf/pulso/ops1.pdf>
- Moas, M. 1993. *Manual para la construcción de viviendas de un piso con bloques de concreto*. Comisión Nacional de Emergencias. San José.
- Munich Re Group. "Natural Catastrophes, The Current Position", en: *Topics* 2000. En: http://www.munichre.com/publications/302-02354_en.pdf
- Protti, M., F. Güendel y E. Malavassi. 2001. *Evaluación del potencial sísmico de la Península de Nicoya*. Editorial Funa. Costa Rica.