

SISMO DE MAGNITUD M_w 7.4 DEL 7 DE NOVIEMBRE DEL AÑO 2012

Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos
Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
INSIVUMEH

2014-11-07

Resumen

En el presente informe se abarcan los aspectos más importantes del sismo de magnitud 7.4 del 7 de noviembre de 2012 en la república de Guatemala. Se describe el marco geotectónico, la sismicidad debida a las diferentes fuentes sismogénicas y un resumen de la sismicidad histórica del país. Un resumen de la actividad sísmica del año 2012 anterior al evento del 7 de noviembre, es incluido. Posteriormente se describen las características técnicas del sismo, incluyendo ubicación geográfica, placas tectónicas involucradas, alertas de tsunamis consideradas y una estimación del desplazamiento del terreno debido al evento sísmico ocurrido. Una parte importante abarca el monitoreo de réplicas asociadas al evento principal, el comportamiento temporal y la energía sísmica liberada durante esta serie de eventos sísmicos. Para finalizar, se presenta un resumen de los efectos del sismo en la república de Guatemala, donde se incluye un mapa de iso-intensidades sísmicas y un mapa de daños reportados.

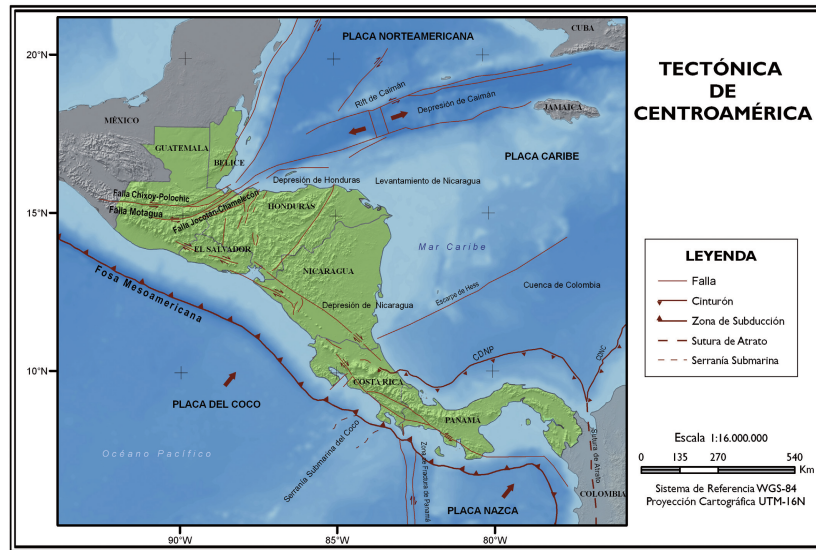
1. Marco geotectónico de Guatemala

La república de Guatemala se encuentra ubicada en una región donde coinciden tres placas tectónicas, estas son: la de Cocos, la del Caribe y la de Norte América (Figura 1a). La interacción entre estas placas libera energía periódicamente en forma de sismos, constituyendo de esa manera una constante amenaza sísmica.

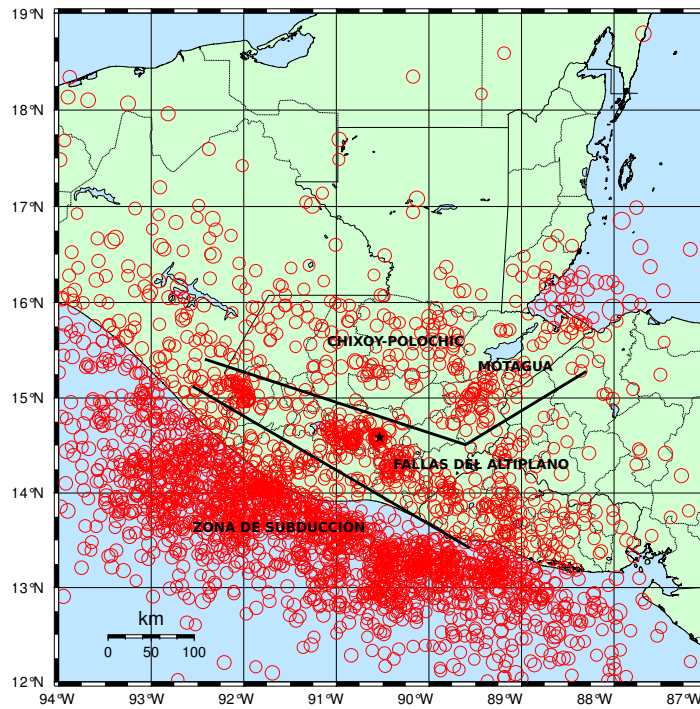
Las principales fuentes sísmicas (Figura 1b), que coinciden con los límites entre placas, son la zona de subducción (interacción de la placa de Cocos y del Caribe), el sistema de grandes fallas de Polochic-Motagua (asociado al límite de las placas de Norte América y del Caribe), y los sistemas de fallas en el interior de la Placa del Caribe: la franja del Arco Volcánico y la región de grabenes entre la Falla del Motagua y el Arco Volcánico (Molina, et.al. 2009).

En promedio, anualmente el 65 % a 70 % de los eventos sísmicos tienen origen en la zona de subducción, el 15 % a 20 % en los sistemas de fallas del Altiplano y el 5 % a 10 % está asociada a los sistemas Chixoy-Polochic-Motagua (sismología, INSIVUMEH, 2006).

El sismo del 7 de noviembre de 2012 se generó en la zona de subducción, en la latitud de este sismo, la Placa de Cocos se mueve al nor-noreste con respecto a la Placa del Caribe a una velocidad aproximada de 77 mm/año, y se subduce debajo de América Central en la Fosa Mesoamericana



(a) Marco geotectónico de Centro América. Tomado de: Benito, Ma.B., et. al. 2009.



(b) Distribución de epicentros de sismos con magnitudes mayores a 4 (M_c) y profundidades menores a 30 km, durante el período de 1984 a 2005.

Figura 1: Las principales fuentes sísmicas de Guatemala derivan de la interacción de tres placas tectónicas mayores (Cocos, Caribe y Norte América) y el sistema de fallas generadas por acumulación de esfuerzos en la placa del Caribe.

(IRIS report, nov. 2012). A diferencia del terremoto de 1976 que tuvo su origen en la zona del sistema de fallas Polochic-Motagua.

2. Sismicidad histórica

Históricamente, cada uno de los sistemas de fallas ha producido gran cantidad de eventos sísmicos importantes, entre ellos varios destructores. En el siglo XX se tienen registrados 18 eventos que generaron intensidades sísmicas mayores o iguales a VII en la escala de Mercalli Modificada, en distintos sitios del país. Los más importantes, debido al área afectada o a los daños causados, fueron (Molina, et. al. 2009):

19 de abril de 1902

Región afectada: zona sur-occidente; Ms 7.9; IMM VIII; Origen: zona de subducción. Generó los mayores daños en Quetzaltenango, San Marcos y San Pedro Sacatepéquez (San Marcos). Se reportaron derrumbes en Cerro Quemado y licuefacción en Ocosingo. Se estima que murieron alrededor de 1 500 personas. Se sintieron un gran número de réplicas, principalmente en las zona costera.

25 de enero de 1918

Región afectada: zona central; Ms 6.2; IMM VIII; Origen: graben de Ciudad de Guatemala. Éste fue el sismo de mayor magnitud de una serie de eventos que tuvo lugar desde finales de diciembre de 1917 hasta finales de enero de 1918. Los sismos anteriores a éste ya habían causado daños graves en Ciudad de Guatemala y Amatitlan. Se reportaron sismos con magnitudes entre Ms 5.1 a 6.2.

6 de agosto de 1942

Región afectada: zona del altiplano; Ms 7.9; IMM VIII; Origen: zona de subducción. Los peores daños se reportaron en Chimaltenango y Sacatepéquez, fue sensible en el sureste de México. Las réplicas se sintieron hasta el mes de septiembre. Murieron 38 personas y las pérdidas fueron estimadas en 1 millón de dólares americanos. Se produjeron deslizamientos que bloquearon la carretera CA-1.

4 de febrero de 1976

Región afectada: zona del altiplano central; Ms 7.5; IMM IX; Origen: Falla del Motagua. Las poblaciones de San Juan y San Pedro Sacatepéquez registraron los mayores daños. Este terremoto causó 23 000 muertos 76 000 heridos y dejó 255 000 casas destruidas. Hubo gran cantidad de deslizamientos en el altiplano central y licuefacción en el departamento de Izabal. Afectó a 17 de los 23 departamentos del país. La traza de la falla fue observada a lo largo de 229 km, con un desplazamiento promedio, lateral-izquierdo, de 1 m. Se registró un pequeño tsunami de 45 cm de amplitud en el mareógrafo de Puerto Cortés, Honduras. Las réplicas duraron varios meses y el evento activó el sistema de Fallas de Mixco, en el extremo oeste del graben de la Ciudad de Guatemala.

3. Sismicidad durante el año 2012

En el transcurso del año 2012, la Red Sísmica Nacional ha registrado los eventos sísmicos ocurridos en el territorio nacional y las regiones aledañas (Figura 2). En total se reportaron 73 sismos sensibles hasta antes del 7 de noviembre, la mayoría ubicada en el área gobernada por la subducción en el pacífico y en los sistemas de fallamientos entre la falla del Motagua y el arco volcánico. De éstos, alrededor de 13 se reportaron sensibles en la zona sur-occidental y occidental del país, sin

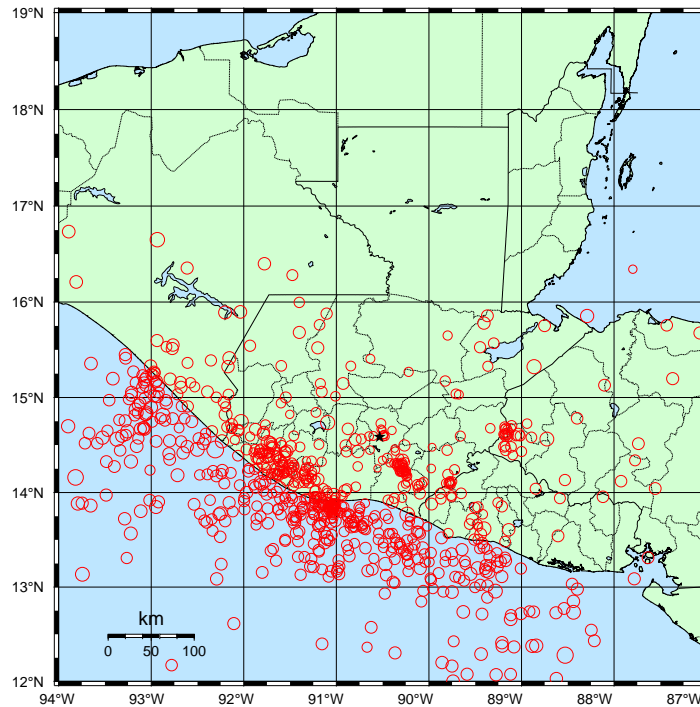


Figura 2: Sismicidad registrada del 1 de enero al 7 de noviembre de 2012. La mayoría de sismos se encuentran distribuidos en la zona de subducción.

que éstos hayan sido estrictamente premonitores del sismo del 7 de noviembre.

Como actividad sísmica sobresaliente se tuvo el enjambre sísmico en la región que comprende el departamento de Chiquimula (específicamente en el municipio de Esquipulas) y la frontera con Honduras. Este enjambre se atribuye a un fallamiento local. Se localizaron nuevos sismos moderados en el departamento de Santa Rosa, donde en el 2011 tuvo lugar un enjambre sísmico importante.

4. Sismo del 7 de noviembre

El 7 de noviembre de 2012 a las 10 horas 35 minutos 47,8 segundos (hora local) se generó un sismo de magnitud M_w 7.4 (USGS) frente a las costas de Retalhuleu a aproximadamente 200 km de la capital (Figura 3), sensible en todo el territorio nacional, con excepción de algunas regiones de Petén, en el sur de México y en El Salvador, afectando principalmente la región sur-occidental y occidental del país, causando los peores daños desde el terremoto de 1976.

Se tuvo un lamentable saldo de 45 personas fallecidas (CONRED, noviembre 2012), se interrumpieron los servicios de telefonía y energía eléctrica y se reportaron cuantiosos daños de infraestructura en varios departamentos del país. Gran parte de la población afectada fue evacuada de los sitios considerados en riesgo (ver EFECTOS DEL SISMO).

El sismo se originó en la zona de subducción, en las costas de Retalhuleu, como consecuencia del movimiento de falla inversa entre la placa de Cocos y la placa del Caribe (Figuras 4a y 4b). Se estimó una profundidad de 33.2 km para el foco o hipocentro del sismo.

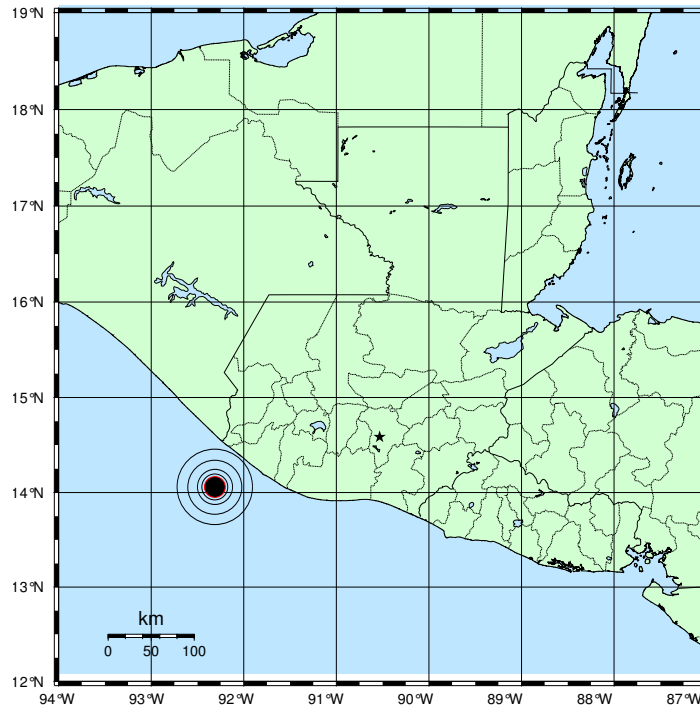


Figura 3: Ubicación del sismo de Mw 7.4. El sismo se ubicó en las costas del pacífico, con coordenadas: latitud 14.05800 N, longitud 92.31200 W, con una profundidad de 33.2 km.

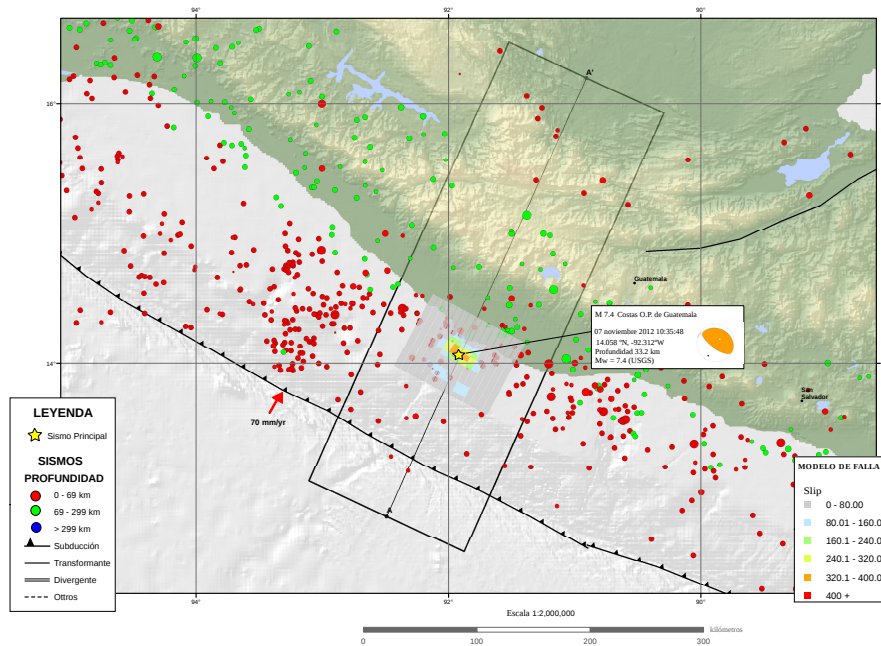
El Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (Pacific Tsunami Warning Center, PTWC) informó a las 10 h 41 min (hora local) que no se reportaba alerta de Tsunami, dejando abierta la posibilidad debido a la zona donde se ubicó el hipocentro (Tsunami Bul. No. 001). Posteriormente (12 h 26 min, hora local) reportó la detección de un Tsunami de proporciones pequeñas que llegó a las costas de El Salvador a la estación de Acajutla, con una amplitud de 7 cm y un período de 28 min (Tsunami Bul. No. 002), catalogándolo como no destructivo.

Según el Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas -SIRGAS-, estimaciones preliminares indican un desplazamiento horizontal máximo del terreno de 4.3 cm en la estación COAT (Coatepeque), en dirección Sur-Oeste a consecuencia del sismo (Figura 5). En la misma dirección se reporta un desplazamiento horizontal de 1.7 cm para la estación HUEH (Huehuetenango). Existen otros registros de desplazamientos horizontales significativos en otras estaciones (mayores a 6 mm) y son despreciables los desplazamientos verticales del terreno en todos los casos (SIRGAS, nov. 2012).

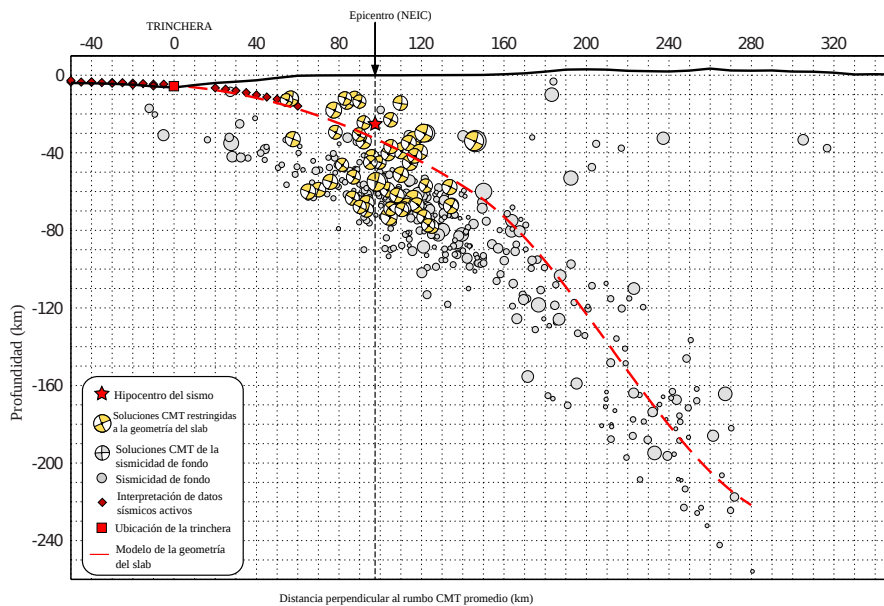
5. Réplicas asociadas

Cuando ocurre un sismo de magnitud considerable las rocas que se encuentran en el área de la zona de ruptura sufren un reacomodo, lo que genera una serie de temblores en la zona que reciben el nombre de réplicas. El número de las réplicas puede variar desde unos cuantos hasta cientos de eventos en los próximos días o semanas de ocurrido el sismo principal (Reporte, SSN, México, nov. 2012).

Posterior al evento principal se generaron una serie de réplicas de magnitudes bajas a modera-



(a) Ubicación del sismo de Mw 7.4 y sismicidad histórica.



(b) Perfil de profundidades del sismo de Mw 7.4 y sismicidad histórica.

Figura 4: Localización de epicentros e hipocentros del sismo de Mw 7.4 y sismicidad histórica. Con parámetros sísmicos estimados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (con excepción de los parámetros de localización). Puede observarse el sistema de falla inversa debido a la subducción producida por la interacción de la placa de Cocos y la del Caribe. Fuente: USGS.



Figura 5: Estaciones GNSS (GPS+GLONASS) de operación continua, donde se indica el código de estación y un vector proporcional al desplazamiento horizontal del terreno estimado. Fuente: www.sirgas.org

das. Sin embargo, una réplica de magnitud considerable ocurrió el 11 de noviembre a las 16 horas 15 minutos y 6.7 segundos (hora local), con magnitud M_c 6.1 siendo la réplica más importante ocurrida.

Otras réplicas de magnitudes significativas fueron M_c 5.1, M_c 4.9, M_c 4.8 y M_c 4.6. En total se han registrado aproximadamente 225 réplicas con magnitudes entre 3.5 y 6.1 en una distribución de área proyectada de aproximadamente 10 000 km² (Figura 6). De éstas 12 fueron sensibles.

Los eventos considerados como réplicas se dieron mayormente en los 20 días posteriores al evento principal, paulatinamente éstas fueron disminuyendo en magnitud y frecuencia de ocurrencia al irse disipando la energía almacenada en las regiones de acumulación de esfuerzos en la corteza, en la zona de subducción (Figuras 7 y 8).

Según estimaciones realizadas, el sismo principal liberó aproximadamente el 97% del total de la energía por ondas sísmicas, liberándose el 3% a través de las ondas sísmicas de las réplicas (sismología, INSIVUMEH, 2012).

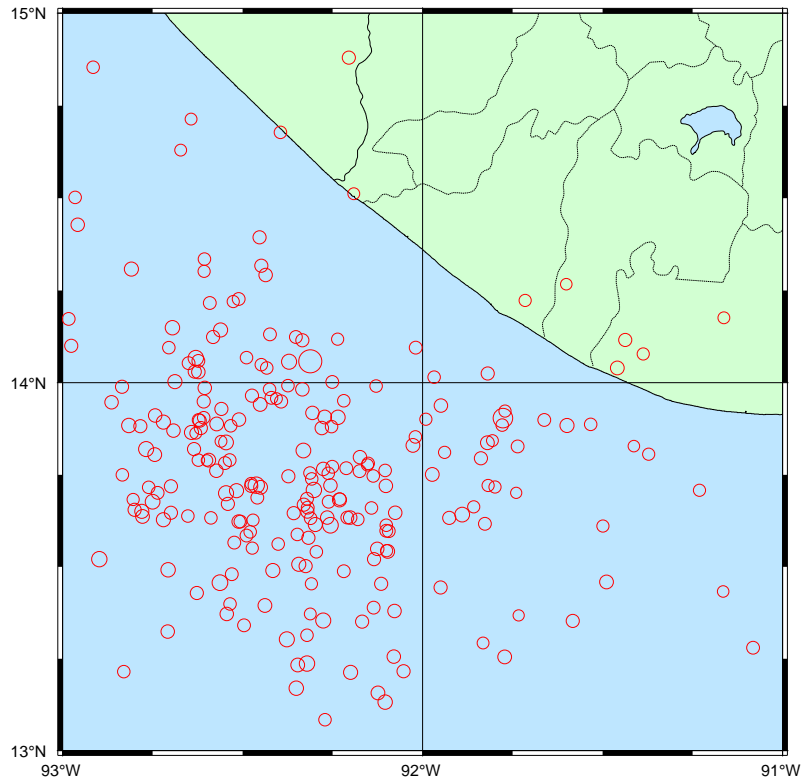


Figura 6: Ubicación de réplicas posterior al evento sísmico de Mw 7.4 del 7 de noviembre de 2012.

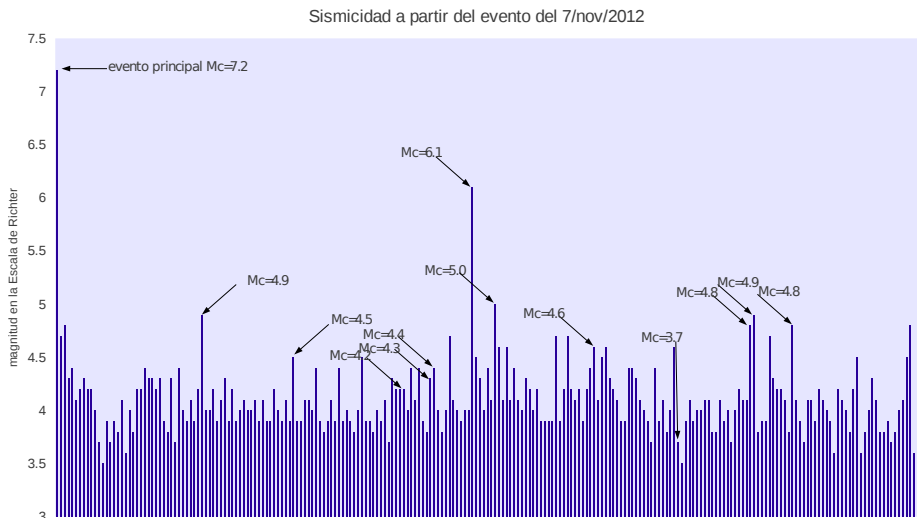


Figura 7: Magnitudes del evento principal y réplicas asociadas a partir del 7 de noviembre de 2012. Las magnitudes indicadas corresponden a los eventos sensibles reportados. Alrededor de 225 réplicas fueron registradas por la red sísmica nacional en los 20 días posteriores al sismo principal.

Energía sísmica liberada por las réplicas del sismo de Mw 7.4 en intervalos de 24 horas a partir del sismo principal.

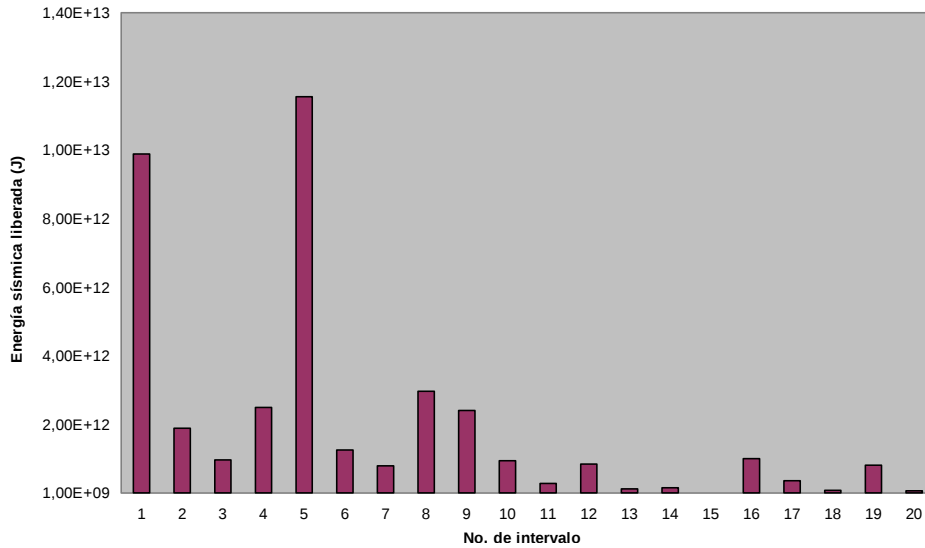


Figura 8: Estimación de la energía por onda sísmica en joules, liberada por las réplicas del sismo de Mw 7.4 en intervalos de 24 horas (se omite la energía estimada para el sismo de Mc 6.1 para la mejor apreciación en la escala vertical). Puede observarse la disminución progresiva de energía sísmica liberada en los días posteriores al evento principal.

6. Efectos del sismo

El sismo fue localizado en el Océano Pacífico en las costas de Retalhuleu a aproximadamente 50 km de la costa y a una profundidad de 33.2 km. Fue reportado sensible en la mayor parte del territorio nacional, con excepción del departamento de Petén. Los efectos del mismo fueron más severos en la región occidental y sur-occidental del país.

Se estimó una intensidad sísmica máxima de VII en la escala de Mercalli Modificada en las áreas más afectadas y una intensidad de V en la Ciudad Capital (Figura 9).

Para un sismo de esta magnitud, un evento más profundo causaría menos daños pero sería sentido en un radio mucho mayor. Mientras que las ondas sísmicas se propagan alejándose del hipocentro, su energía es expandida sobre una gran área del frente de onda. Una menor cantidad de energía por unidad de área del frente de onda conlleva a que las amplitudes de las oscilaciones de las ondas sísmicas sean más pequeñas (IRIS report, nov. 2012).

Con un hipocentro a una profundidad de aproximadamente 33.2 kilómetros, las amplitudes de las oscilaciones superficiales del suelo producidas por este evento fueron mayores en regiones más cercanas al hipocentro que en regiones más alejadas como la ciudad capital y los demás departamentos. No descartando la vulnerabilidad de las estructuras y efectos de sitio, como contribución a los daños producidos.

El fuerte sismo dejó un saldo de 45 personas fallecidas y se tuvo el recuento de 133 municipios afectados (aproximadamente el 40 % de municipios del país) de 11 departamentos del territorio nacional, los departamentos afectados fueron: Huehuetenango, Quetzaltenango, Quiché, Retalhuleu, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá, Suchitepéquez, Totonicapán, Chimaltenango y Guatemala. Se

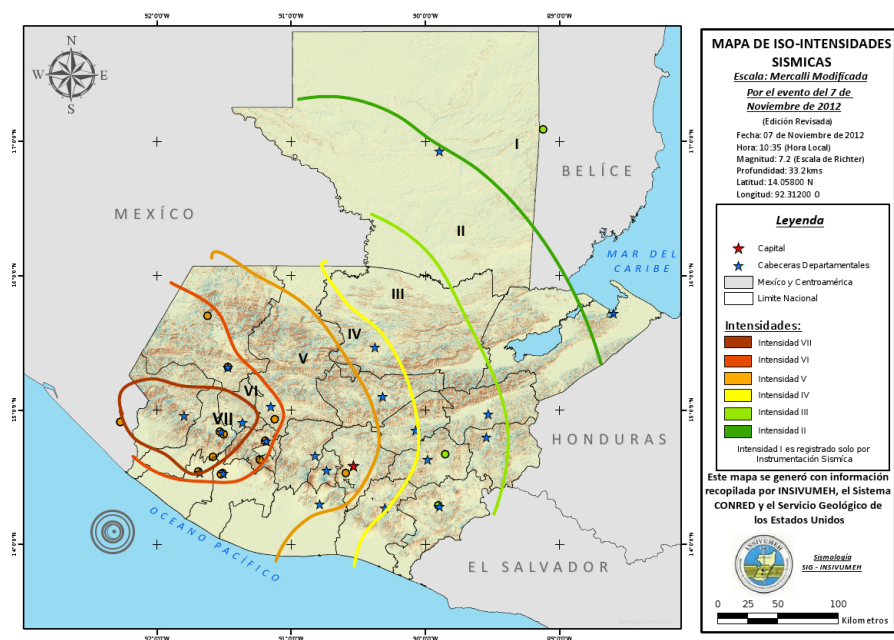


Figura 9: Mapa de iso-intensidades. Escala Modificada de Mercalli.

reportaron 31 mil 387 viviendas con daños leves, moderados y severos (De León Villeda, D. CONRED 2013).

Según estimaciones de CONRED, resultaron 3 millones 409 mil 188 personas afectadas; 22 mil 215 damnificadas; 30 mil 479 evacuadas y 9 mil 831 personas albergadas en 82 centros habilitados (CONRED, bol. 2965). Ver Figura 10.

Pese a lo descrito en párrafos anteriores, lugares más cercanos al epicentro en la costa del pacífico (Suchitepéquez, Retalhuleu y el norte de San Marcos y Huehuetenango) sufrieron menos destrozos. Es necesario un estudio amplio para determinar la causa de esta distribución de daños que puede deberse a la geología del área afectada (principalmente suelos del terciario y cuaternario, incluyendo tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos variados, Bonis et. al., 1970), la topografía, la configuración de las estructuras, entre otras causas.

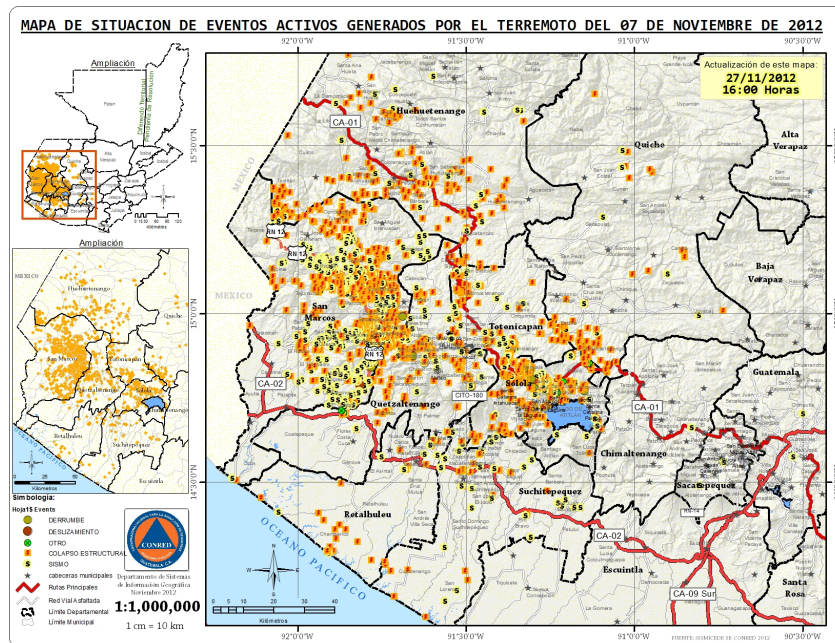


Figura 10: Mapa de situación de eventos activos generados por el sismo de magnitud Mw 7.4 al día 27 de noviembre de 2012. Se muestran los sitios donde se reportaron daños. (www.conred.gob.gt)

7. Conclusiones

- El sismo de magnitud Mw 7.4 y las réplicas asociadas tuvieron epicentros en la zona de subducción en el océano pacífico. Ésta zona sismogénica se ha mantenido en constante actividad sísmica según los registros históricos existentes y genera un buen número de los sismos registrados en la actualidad.
- Por las características físicas del sismo de Mw 7.4 el sismo fue sensible en el territorio nacional y en regiones de México, El Salvador, Honduras y Belice. Habiendo sido reportado por buena cantidad de instituciones sismológicas internacionales.
- Se generó un tsunami no destructivo, de pequeñas proporciones, detectado por la estación de Acajutla en El Salvador y publicado por el Pacific Tsunami Warning Center.
- El Sistema de Referencia Geocéntrica para Las Américas, reportó un despazamiento del terreno máximo de 4.7 cm en su estación COAT, de Coatepeque y desplazamientos menores en otras estaciones.
- Se registró una serie de réplicas relacionadas al evento sísmico principal (aproximadamente 225 en los posteriores 20 días a partir del 7 de noviembre). La réplica más importante tuvo una magnitud de Mc 6.1. Se estimó que el sismo principal liberó el 97% del total de la energía por onda sísmica y el 3% fue liberado por las réplicas asociadas.
- Los movimientos del terreno producidos por el sismo de magnitud Mw 7.4 del 7 de noviembre de 2012 generaron los mayores impactos sociales desfavorables desde el terremoto del 4 de febrero de 1976, principalmente en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Sololá, Totonicapán, Huehuetenango y Quiché.
- Las intensidades sísmicas estimadas en la escala de Mercalli Modificada, se encuentran entre VII, en los lugares más afectados, hasta II en las regiones más alejadas y que no reportaron ningún daño, dentro del territorio nacional.

- La ubicación del hipocentro del sismo de Mw 7,4 y la distribución de daños sugiere una respuesta de sitio como explicación de los efectos ocurridos.

8. Recomendaciones

- De acuerdo a las experiencias adquiridas durante el monitoreo de la sismicidad mencionada en el presente informe, se hace evidente el fortalecimiento y la modernización de la Red Sísmica Nacional. Esperando con esto la pronta puesta a disposición de la información y la compatibilidad con resultados de instituciones sismológicas internacionales.
- Fortalecer los mecanismos para el conocimiento de alerta de tsunamis, para contar con esta información en un tiempo prudencial, después de ocurrido un sismo de magnitud potencialmente generador de este fenómeno.
- Dar seguimiento a la actualización de resultados que publique el Sistema de Referencia Geocéntrica para Las Américas respecto al desplazamiento del terreno a causa del sismo del 7 de noviembre.
- Relocalizar los eventos sísmicos posteriores al sismo del 7 de noviembre, considerados como réplicas, para una mejor estimación de las magnitudes y el área de ruptura de la corteza, en la zona de subducción.
- Debido a la forma cualitativa de la estimación de las intensidades sísmicas asignadas a cada región y el tiempo necesario para la elaboración de un mapa de iso-intensidades, es recomendable proponer y realizar las gestiones para el establecimiento de una red de acelerómetros en el país, para la estimación instrumental de intensidades sísmicas en un intervalo de tiempo considerablemente menor.
- Proponer un estudio extenso para la distribución de daños provocados por el sismo del 7 de noviembre incluyendo condiciones específicas de sitio.
- Disponer información técnica de utilidad para el proceso de reconstrucción de las áreas afectadas por el sismo de Mw 7.4 del 7 de noviembre de 2012.

Referencias

- [1] Bonis, S., et. al. *Mapa Geológico de la República de Guatemala*. Escala: 1:500 000. 1era ed. IGN, 1970.
- [2] CONRED, *Boletín 2965*. Guatemala, 17 de noviembre de 2012. <http://www.conred.gob.gt/sitio2014/>
- [3] De León V., D. Dirección de Comunicación Social, Secretaría Ejecutiva de la CONRED. Comunicación directa. Guatemala, enero de 2013.
- [4] INSIVUMEH. *Boletines especiales, sismo M7,2 y réplicas asociadas*. Guatemala, Noviembre 2012.
- [5] INSIVUMEH. *Distribución Espacial de Eventos Sísmicos en Guatemala, Período de Registro: 1984-2005*. Guatemala, febrero, 2006. Disponible en: <http://insivumeh.gob.gt/folletos.html>
- [6] INSIVUMEH. Documento interno: *Estimación de la Energía Liberada por Ondas Sísmicas, Sismo M7,2 y Réplicas Asociadas*. Guatemala, noviembre de 2012.
- [7] Instituto de Geofísica, Servicio Sismológico Nacional de México. *Reporte de Sismo, 7 de noviembre de 2012, Chiapas (Mw 7,3)*. Chiapas, México, noviembre 2012.
- [8] IRIS Report: *Magnitud 7,4 Offshore Guatemala, Wednesday, November 7, 2012 at 16:35:50 UTC*. Disponible en: <http://www.iris.edu/hq/retm/archive>
- [9] Molina, E. y Benito, Ma. B. “Capítulo 6: Estudio de la amenaza sísmica en Guatemala”. En: Benito, Ma. B. Y Torres, Y. (eds.). *Amenaza sísmica en América Central*. Madrid: Entimema, 2009. p. 145-167.
- [10] Pacific Tsunami Warning Center/NOAA/NWS. *Tsunami Bulletin Number 001* Issued at 1641Z 07 nov 2012.
- [11] Pacific Tsunami Warning Center/NOAA/NWS. *Tsunami Bulletin Number 002* Issued at 1826Z 07 nov 2012.
- [12] Sistema de Referencia Geocéntrico Para las Américas. *SIRGAS y el terremoto del 7 de noviembre en Guatemala*. Subcomisión 1,3b de la IAG, Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del IPGH, Noviembre de 2012. Disponible en: http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/SIRGAS_y_el_terremoto.en_Guatemala_Nov_2012.pdf
- [13] USGS. *Cosatal Guatemala Earthquake of 07 November 2012*. Disponible en: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/2012/20121107.php>