Enjambre sísmico en el Departamento de Ahuachapán, zona occidental de El Salvador, Diciembre 2006

Resumen

Distintos municipios del departamento de Ahuachapán, en la zona occidental de El Salvador, fueron afectados por un enjambre sísmico iniciado el sábado 17 de diciembre de 2006. El sismo de mayor tamaño ocurrió el día 20 a las 11:07 (hora local) con una magnitud de 4.6 (Ml) e intensidad en la Escala Mercalli Modificada de VI-VII en Atiquizaya-Turín.

Entre el día 17 de diciembre de 2006 y el 8 de enero de 2007, la red de monitoreo sísmico del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) registró un mil 139 sismos, de los cuales al menos 157 fueron reportados como sentidos por la población. Este enjambre causó daños en más de 1,500 viviendas ubicadas en los municipios de Atiquizaya, San Lorenzo, Turín, El Refugio y Ahuachapán.

Según los datos históricos registrados por equipos sismológicos, entre el año de 1959 al presente, el sismo de mayor magnitud generado por rompimiento de la corteza superficial en la zona del departamento de Ahuachapán, ha sido el suscitado el 20 de diciembre de 2006, a las 11:07am.

Marco Geológico local

El área afectada por el enjambre sísmico se ubica al Norte de la cadena de volcanes Ilamatepec-Apaneca sobre depósitos de piroclastos e ignimbritas de diferente composición, intercaladas con lava intermedia proveniente de los volcanes que conforman dicha cadena (figura 1).

Las rocas de mayor edad son lava y estratos no diferenciados máficos de la Formación Bálsamo, los cuales afloran en los cañones más profundos del río Paz y hacia el Sur de la cadena volcánica de Apaneca. Estos depósitos son cubiertos por piroclastos (depósitos de caída e ignimbritas) y lava que conforman la cadena volcánica pertenecientes a la Formación San Salvador.

En adición a los volcanes de Apaneca y hacia el Norte del área afectada, se encuentra una serie de conos de escoria y cráteres de explosión de edad reciente. Entre estos cráteres se ubica el de San Lorenzo, el cual alberga la población del mismo nombre. Este es un cráter generado por erupciones freatomagmáticas que al igual que los conos de escoria al Oeste de la zona, se alinean en fallas profundas con una dirección predominante Norte-Sur, las cuales han propiciado el ascenso de magmas basálticos en la zona.

Estructuralmente, la zona es afectada por tres sistemas de fallas: un sistema de fallas con dirección predominante N-S (norte-sur), un segundo sistema de fallas de dirección NE-SO (noreste-suroeste) y un tercer sistema de fallas de dirección ONO-ESE (oeste-noroeste-este-sureste).

El primero Norte-Sur, se puede observar entre Candelaria de La Frontera y San Lorenzo donde fallas extensionales han facilitado el ascenso de magma que dio origen a los volcanes de la zona, incluyendo: El Chingo, la Olla y el cráter de San Lorenzo. Estas fallas se asocian al graben de Ipala, estructura regional que es producto del movimiento de las placas Caribe y Norte América.

La ciudad de Ahuachapán y el área al Norte de esta ciudad hasta la frontera con Guatemala es dominada por fallas de dirección NE-SO. Estas fallas, debido a su buena representación morfológica, permiten inferir que son relativamente jóvenes. Las fallas antes mencionadas presentan movimientos oblicuos, es decir, una combinación de movimiento vertical y horizontal.

Finalmente, en algunos sectores alrededor de la ciudad de Chalchuapa y Juayúa se observan claros alineamientos morfológicos que indican la presencia de fallas de dirección ONO-ESE, las cuales podrían asociarse a la continuación del graben central de El Salvador y una extensión de la falla de Jalpatagua, dentro del territorio de Guatemala.

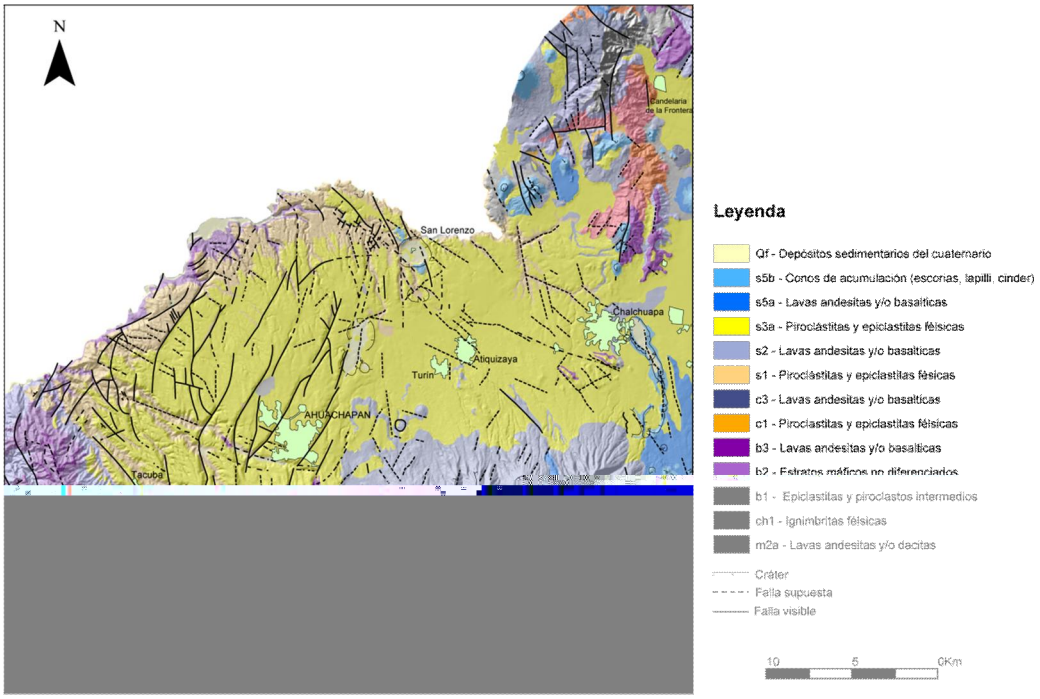


Figura 1: Mapa Geológico, según Misión Geológica Alemana en El Salvador.

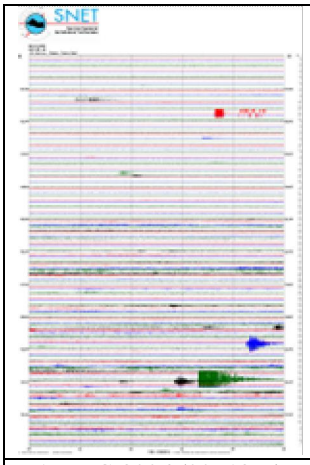
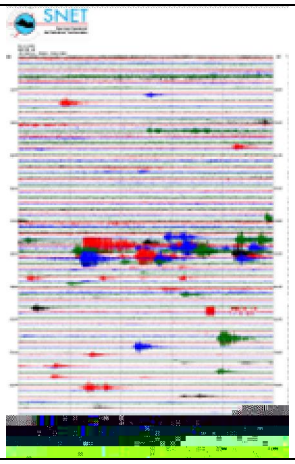
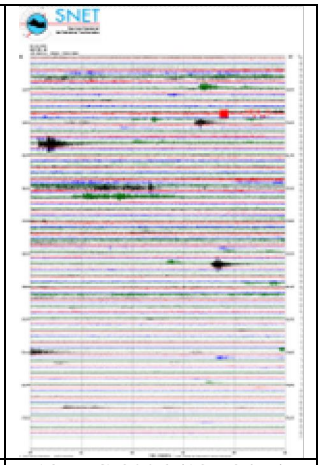
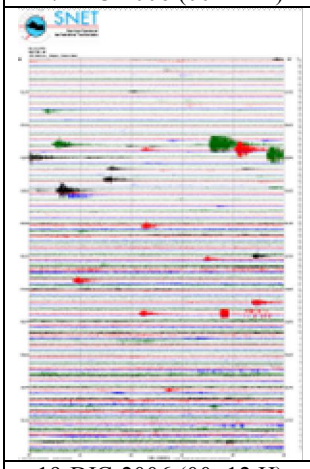
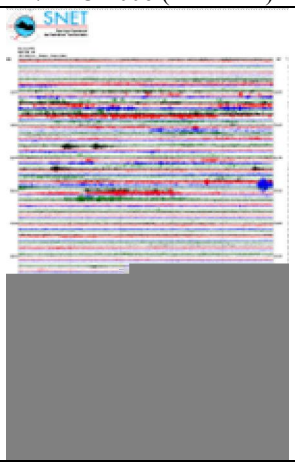
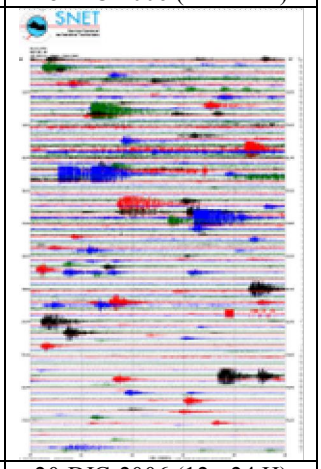
Evolución de la actividad sísmica

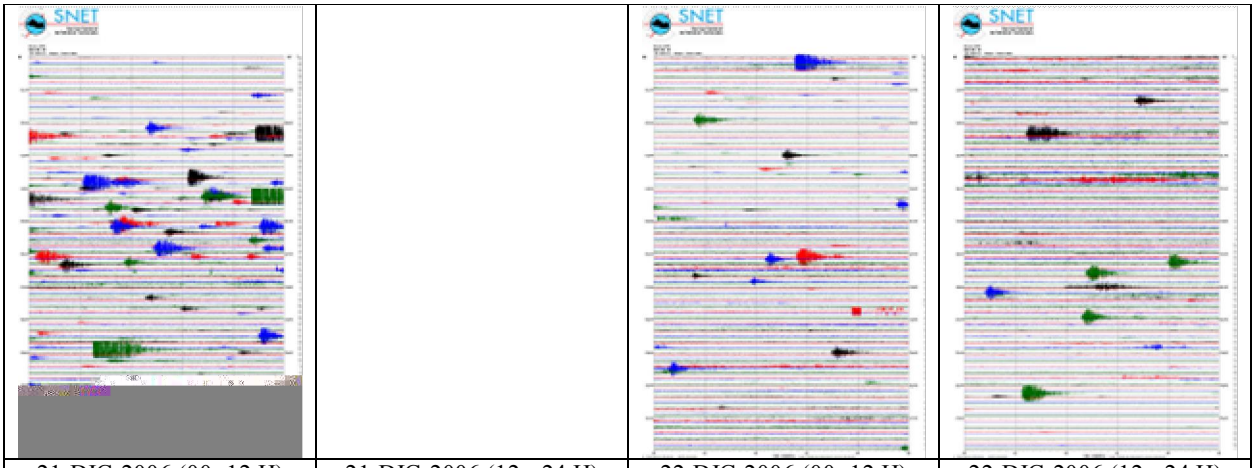
El enjambre sísmico que afectó algunos municipios del departamento de Ahuachapán inició el día domingo 17 de diciembre de 2006. El primer sismo reportado como sentido

por la población ocurrió a las 9:58 (hora local) con magnitud de 3.4 (Ml) y una intensidad de III en la escala de Mercalli Modificada (MM) en la ciudad de Atiquizaya.

Para el día 17 de diciembre, la Red de Monitoreo Sísmico del SNET registró un total de 106 sismos, de los cuales 5 fueron reportados como sentidos por la población. La máxima magnitud e intensidad registrada para el día 17 fue de 3.5 (Ml) y IV (MM) respectivamente. Durante ese día se observaron períodos alternos de incremento y descensos del número de sismos por hora (ver figura 2).

La actividad sísmica para el día 18 fue similar al día anterior (104 sismos registrados y 9 sentidos). En horas de la tarde y noche esta actividad bajó significativamente (ver figura 2 y 3).

			
17-DIC-2006 (00 -12 H)	17-DIC-2006 (12 - 24 H)	18-DIC-2006 (00 -12 H)	18-DIC-2006 (12 - 24 H)
			
19-DIC-2006 (00 -12 H)	19-DIC-2006 (12 - 24 H)	20-DIC-2006 (00 -12 H)	20-DIC-2006 (12 - 24 H)



21-DIC-2006 (00 -12 H)	21-DIC-2006 (12 - 24 H)	22-DIC-2006 (00 -12 H)	22-DIC-2006 (12 - 24 H)

Figura 2: Registro del enjambre sísmico en la zona occidental de El Salvador (municipios de San Lorenzo, Atiquizaya, El Refugio, etc), en estación sísmica El Retiro (RTR) ubicada en la falda Nor-noroccidental del volcán de Santa Ana, aproximadamente a unos 16 kilómetros al sureste de la ciudad de Atiquizaya. Cada figura representa 12 horas de registro.

En comparación con los días anteriores, la actividad sísmica del día 19 de diciembre, se mantuvo relativamente baja (ver figura 2, 3 y 4), registrándose 41 sismos, de los cuales 5 fueron reportados como sentidos.

A las 00:28 (hora local) del día 20, la sismicidad incrementó abruptamente (ver figuras 2, 3, y 4), registrándose en las primeras ocho horas más de 300 sismos, de los cuales al menos 90 fueron percibidos por la población. Ese mismo día se generó el sismo de mayor magnitud, el cual ocurrió a las 11:07 con magnitud de 4.6 e intensidad de VI-VII (MM) en Atiquizaya-Turín. En total, se registraron 480 eventos, de los cuales al menos 105 fueron sentidos.

Después del 20 de diciembre, la sismicidad decreció paulatinamente, lo cual puede observarse en las figuras 3 y 4.

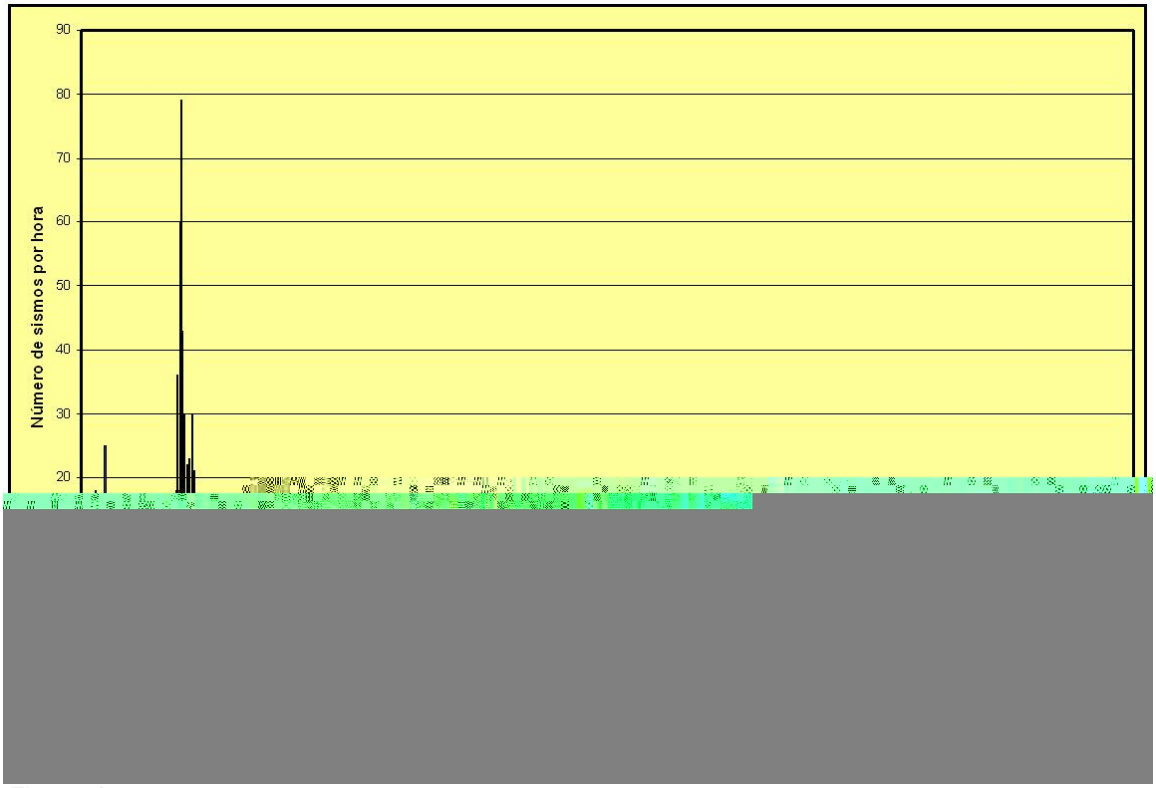


Figura 3: Número de sismos por hora registrados entre el 17 de diciembre de 2006 y el 15 de enero de 2007 en la zona occidental de El Salvador (municipios de San Lorenzo, Atiquizaya, El Refugio, entre otros.

Figura 4: Número de sismos por día registrados entre el 17 de diciembre del 2006 y el 15 de enero del 2007 en la zona occidental de El Salvador (municipios de San Lorenzo, Atiquizaya, El Refugio, etc).

Características de la sismicidad

Los epicentros del enjambre sísmico se encuentran principalmente ubicados entre los municipios de San Lorenzo, Atiquizaya, Turín y El Refugio (ver figura 5). De los 1,139 sismos ocurridos entre el 17 de diciembre de 2006 y 8 de enero de 2007, solamente 430 fueron localizados, debido a que los restantes no fueron registrados en al menos tres estaciones de la red de monitoreo sísmico .

En la figura 5 se observan varios epicentros dispersos, los cuales en su mayoría fueron localizados usando entre tres y cuatro estaciones de la red sísmica.

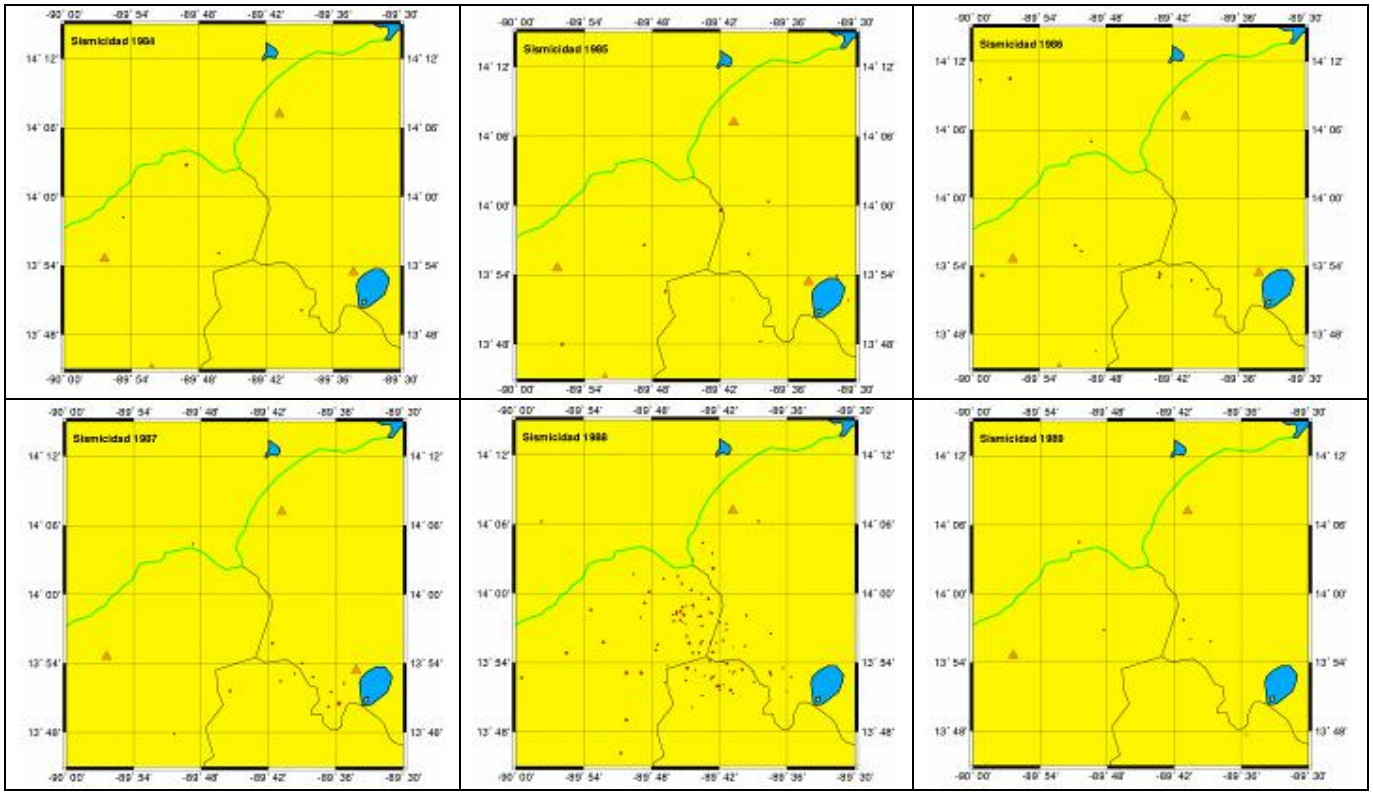
Se considera que los eventos que mejor representan el área epicentral son aquellos que fueron calculados utilizando más de 6 estaciones y al mismo tiempo registrado por las estaciones sísmicas ubicadas al noreste (RBDL) y suroeste (CUS1). Esta restricción muestra un área epicentral más definida y que podría asociarse con la prolongación del graben de Ipala en territorio salvadoreño (ver figura 6).

Figura 17: Número de sismos localizados por día en la zona occidental de El Salvador entre los años 1959 al 2006.

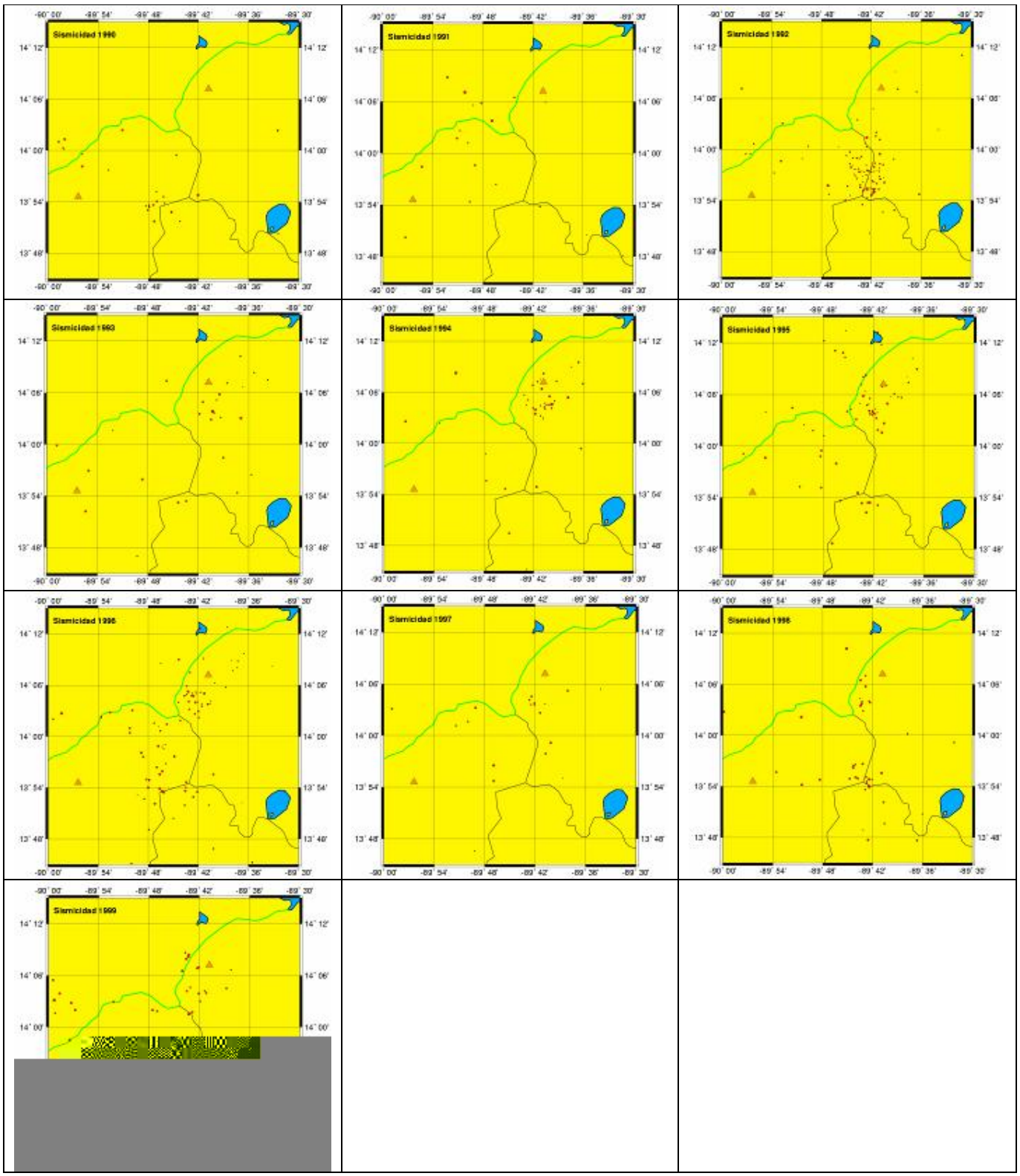
Tabla 2: Resumen de series sísmicas ocurridas en zona occidental de El Salvador entre los años 1990 y 2006.

Fecha	Zona	N° de sismos registrados	Sismos sentidos	Máxima magnitud	Fuente
del 29 al 31 de Marzo de 1990	Juayua-Apaneca	> 150	> 20	?	Reportes de actividad símica diaria, marzo 1990.
Julio de 1992	Ahuachapán	463	?	?	Reportes de actividad sísmica diaria.
12 de septiembre de 1993	Candelaria de la frontera	18	1	3.5 (Mc)	Marroquín y Torres, 1993.
2 de Enero de 1994	Candelaria de la frontera	31	0	3.1 (Mc)	Marroquín y Torres, 1994-a.
del 10 al 11 de agosto de 1994	Candelaria de la frontera	82	0	3.1 (Mc)	Marroquín y Torres, 1994-b.
3 de mayo de 1996	Atiquizaya -San Lorenzo	11	0	2.5 (Mc)	Torres y Vásquez, 1996-a.
del 25 al 26 de septiembre de 1996	San Lorenzo - Frontera con Guatemala	29	0	3.0 (Mc)	Torres y Vásquez, 1996-b.
4 de febrero de 1998	Juayua	16	1	3.0 (Mc)	Torres, 1998.
del 24 de abril al 3 de mayo de 1998	San Lorenzo	106	0	?	Centro de Investigaciones Geotécnicas, 1998.
del 3 al 6 de julio del 2003	Los Naranjos	154	1	3.1 (Mc)	Sitio WEB -SNET
del 6 al 8 de febrero del 2004	Candelaria de la Frontera, Volcan Chingo y poblados aledaños	100	1	2.4 (Mc)	Sitio WEB -SNET
12 de julio del 2004	Zona de Los Naranjos	46	0	2.1 (Mc)	Sitio WEB -SNET
26 de septiembre del 2004	Zona de Juayua	27	6	3.3 (Mc)	Sitio WEB -SNET
14 de diciembre del 2004	Zona de Juayua	53	2	2.4 (Mc)	Sitio WEB -SNET

27 de febrero al 1 de marzo del 2005	Cerro Los Naranjo, Cerro El Águila y alrededores, Departamentos de Santa Ana y Sonsonate	21	0	2.8 (Mc)	Sitio WEB -SNET
7 al 13 de abril del 2005	Atiquizaya, Turín, Chalchuapa y otras ciudades aledañas, Departamentos de Ahuachapán y Santa Ana	183	24	3.5 (Mc)	Sitio WEB -SNET
3 al 15 de mayo del 2005	Cordillera Apaneca – Lamatepec	767	76	5.0 (Ml)	Sitio WEB -SNET
del 17 de diciembre del 2006 al 8 d enero del 2007	Atiquizaya, San Lorenzo, El Refugio, Ahuachapán y otras ciudades aledañas	1139	157	4.6 (Ml)	Este informe



Enjambre sísmico en el Departamento de Ahuachapán, zona occidental de El Salvador, Diciembre 2006



Enjambre sísmico en el Departamento de Ahuachapán, zona occidental de El Salvador, Diciembre 2006

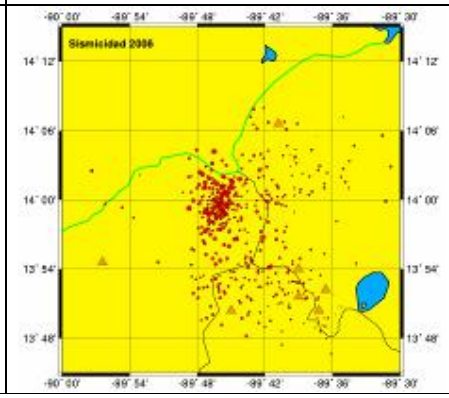


Figura 18: Epicentros de sismos ocurridos por año en la zona occidental de El Salvador. En los mapas se muestra un área que comprende aproximadamente las coordenadas geográficas de -89.5° a -90.0° longitud Oeste y de 13.75° a 14.25° latitud Norte.

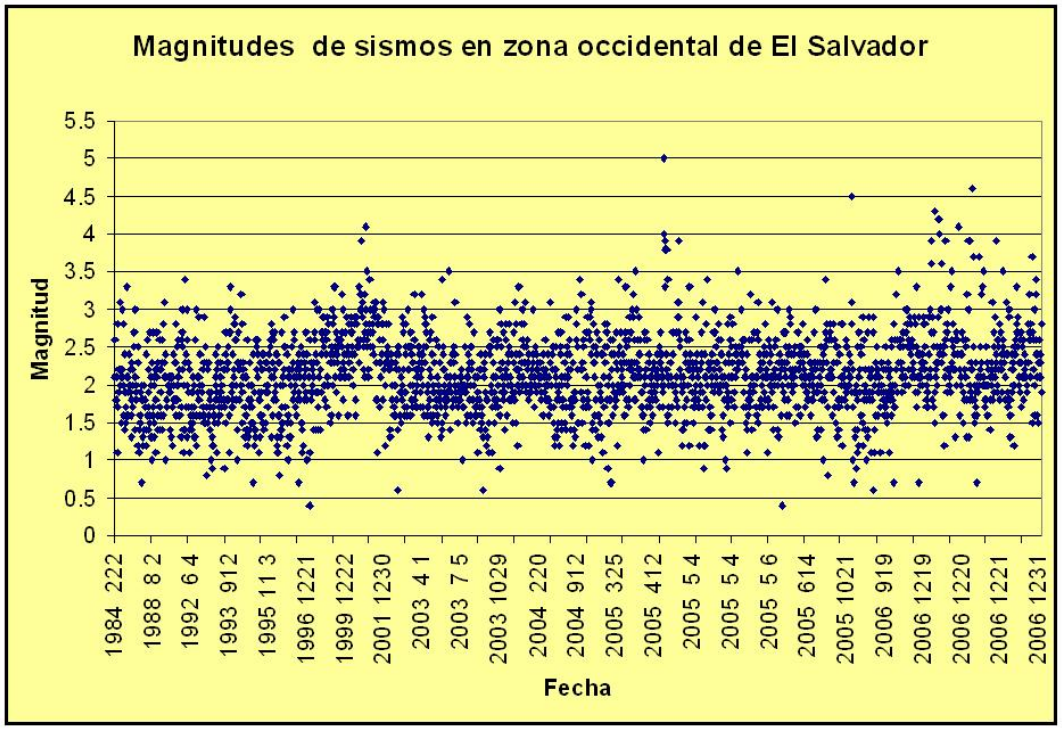


Figura 19: Magnitudes de sismos localizados en zona occidental de El Salvador entre los años de 1984 al 2006, los epicentros de estos sismos son mostrados en la figura 18.

Discusión Final

De acuerdo a las características de las señales sísmicas registradas, el origen de la actividad sísmica ocurrida durante diciembre de 2006 y enero de 2007 podría ser atribuido al movimiento de fallas geológicas locales en la zona que forma parte del graben de Ipala.

Los eventos locales con magnitudes superiores a 4 tienen probabilidad de generar daños a la infraestructura de la zona y ello dependerá de la vulnerabilidad de la infraestructura y a las características geológicas de los suelos. En marzo de 1963 un enjambre sísmico causó daños en Ahuachapán, y en esa ocasión el sismo de mayor magnitud fue de 4.3 (Mb).

De acuerdo a los daños observados en las viviendas, es evidente que estos fueron originados por dos razones fundamentales. En primer lugar, se cita la falta de capacidad de las viviendas de adobe de resistir fuerzas laterales, y en segundo lugar, se observaron muchas viviendas con sistemas constructivos deficientes. También cabe indicar que en el caso de aquellas viviendas construidas con un sistema estructural adecuado, específicamente aquellas con marcos estructurales de concreto, no sufrieron ningún tipo de daños.

En cuanto a la concentración de daños en el centro de San Lorenzo, se presume que éste fenómeno haya sido causado por dos factores. En primer lugar, en el centro del poblado es donde se encuentran las viviendas más antiguas, las cuales son en su

gran mayoría de adobe y en segundo lugar, a que se haya producido un efecto local debido a la presencia de estratos blandos en el centro de San Lorenzo. Esto último deberá ser investigado y comprobado posteriormente.

Con base en la experiencia de esta serie de sismos, es importante señalar que los sistemas y prácticas constructivas en la zona rural deben ser mejorados, específicamente aquellas viviendas que son construidas con adobe y que por su bajo costo son muy populares en el campo. A este respecto, algunas de las principales universidades del país (UCA-UES) en colaboración con el Viceministerio de Vivienda y la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) han estado investigando nuevas tecnologías que permitan mejorar el comportamiento de las estructuras en la zona rural.

Referencias:

Boletín Sismológico del Servicio Geológico Nacional de El Salvador, Enero-abril 1963, Volumen IX.

Centro de Investigaciones Geotécnicas, Departamento de Investigaciones Sismológica (1998). Reporte Preliminar de Actividad Sísmica Extraordinaria.

Jiménez Murillo, Diana Elizabeth (2006). Caracterización de los Enjambres Sísmicos ocurridos en Abril y Mayo del 2005 en la Zona Occidental de El Salvador. Tesis para optar al título de Licenciada en Física. Universidad de El Salvador, El Salvador.

Marroquín, Griselda y Rodolfo, Torres (1993). Enjambre Sísmico Candelaria de La Frontera. Informe Interno, Departamento de Investigaciones Sismológica, Centro de Investigaciones Geotécnicas.

Marroquín, Griselda y Rodolfo, Torres (1994-a). Enjambre Sísmico Candelaria de La Frontera del 10 al 11 de agosto de 1994. Informe Interno, Departamento de Investigaciones Sismológica, Centro de Investigaciones Geotécnicas.

Marroquín, Griselda y Rodolfo, Torres (1994-b). Enjambre Sísmico Candelaria de La Frontera 2 de enero de 1994. Informe Interno, Departamento de Investigaciones Sismológica, Centro de Investigaciones Geotécnicas.

Rivas, José Antonio (1994). Localización y Determinación del Mecanismo Focal Compuesto del Enjambre Sísmico Ocurrido del 1 al 15 de Julio de 1992 en la Zona Occidental de El Salvador C. A. Tesis para optar al título de Licenciado en Física, Universidad de El Salvador, El Salvador.

Torres, Rodolfo y Hugo, Vásquez (1996-a). Reporte de Actividad Sísmica dentro del Territorio Ocurrida el 3 de mayo de 1996. Informe Interno, Departamento de Investigaciones Sismológica, Centro de Investigaciones Geotécnicas.

Torres, Rodolfo Elías y Hugo Ricardo, Vásquez (1996-b). Actividad Sísmica en el Área de San Lorenzo y la Frontera con Guatemala, durante el 25 y 26 de septiembre de

1996. Informe Interno, Departamento de Investigaciones Sismológica, Centro de Investigaciones Geotécnicas

Torres, Rodolfo (1998). Reporte de Actividad Sísmica al Norte de Juayúa, Departamento de Sonsonete el 4 de febrero de 1998. Informe Interno, Departamento de Investigaciones Sismológica, Centro de Investigaciones Geotécnicas.