

Sismos en el Área Metropolitana de San Salvador del 16 al 24 de febrero de 2004

Introducción.

Durante la madrugada del 16 de febrero de 2004 se generó una serie de sismos que tuvo como epicentro el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), prolongándose hasta el 24 de febrero.

Los epicentros de los sismos fueron localizados en las faldas del volcán de San Salvador, creando gran inquietud en la población debido a que muchos los asociaron con actividad volcánica.

Con el propósito de determinar las causas del origen de la actividad se presenta información relacionada con la ocurrencia de los sismos y su respectivo análisis.

Características de la Sismicidad

La actividad sísmica inició durante la madrugada del 16 de febrero y se extendió hasta el 24 de ese mismo mes. Durante este periodo la red de monitoreo sísmico del SNET registró 64 sismos, de los cuales 10 fueron sentidos por gran parte de la población del Área Metropolitana de San Salvador. Las intensidades de estos sismos oscilaron desde II hasta IV de intensidad en la escala de Mercalli Modificada. En la figura N° 1 se muestra el número de sismos por hora desde el 16 hasta el 24 de febrero.

Nótese en la figura 1, el 44 % de los sismos ocurrieron aproximadamente en las primeras 7 horas del día 16 de febrero (de las 00:06 a.m. a las 06:27 a.m.), el resto ocurrieron entre las 11:32 a.m. del día 16 a las 3:28 a.m. del día 24. En general, todos los periodos de sismicidad mostrados en la figura N° 1 estuvieron acompañados por sismos sentidos.

Los sismos principales de la serie ocurrieron a las 00:06 y 00:07 (hora local) del 16 de febrero, con magnitudes (MI) de 3.6 y 3.7 respectivamente.

Es importante mencionar que el reporte preliminar de la magnitud de estos sismos fue de 3.3, pero al incorporar más información proveniente de otras estaciones, los valores fueron

2004 216	656	13.713	-89.212	5.2	7	0.3	1.5	---	
2004 216	744	13.733	-89.213	4.6	8	0.3	1.2	---	
2004 216	744	13.687	-89.248	8.7	7	0.0	1.8	---	
2004 216	825	13.718	-89.226	6.2	10	0.2	2.4	2.2	II
2004 216	932	13.699	-89.241	7.1	7	0.1	1.7	---	
2004 216	1732	13.731	-89.231	7.6	19	0.3	3.0	3.4	III
2004 216	1753	13.693	-89.239	6.0	7	0.2	1.9	---	
2004 216	1755	13.692	-89.227	4.6	7	0.2	1.8	---	
2004 217	2110	13.686	-89.152	1.2	6	0.3	1.4	---	
2004 218	22	13.703	-89.233	8.0	16	0.2	2.4	2.7	II
2004 218	132	13.725	-89.216	6.1	8	0.3	1.7	1.8	
2004 218	1241	13.696	-89.243	9.1	7	0.1	---	---	
2004 218	1843	13.712	-89.229	8.8	18	0.2	3.0	3.2	III
2004 218	1852	13.709	-89.235	8.4	11	0.2	2.3	2.8	II
2004 218	1920	13.700	-89.211	1.1	5	0.3	1.3	---	
2004 218	1954	13.675	-89.261	8.5	8	0.2	1.8	---	
2004 220	1227	13.712	-89.228	8.4	17	0.3	---	3.0	III
2004 220	1227	13.677	-89.215	6.0	7	0.2	1.8	2.7	
2004 220	1235	13.686	-89.222	3.6	6	0.1	1.4	---	
2004 220	1605	13.729	-89.219	7.3	6	0.3	1.6	---	

Sismos en el Área Metropolitana de San Salvador del 16 al 24 de febrero de 2004

2004 222	640	13.643	-89.132	7.9	4	0.2	1.1	---	
2004 222	1329	13.714	-89.232	5.7	7	0.2	1.8	---	
2004 223	418	13.706	-89.229	9.2	14	0.2	2.6	2.7	II
2004 223	526	13.723	-89.222	5.2	9	0.3	2.0	1.8	
2004 223	628	13.709	-89.228	6.7	13	0.2	2.2	2.1	
2004 223	704	13.689	-89.225	1.1	4	0.2	1.4	---	
2004 223	753	13.680	-89.154	1.0	6	0.5	1.7	---	
2004 223	2055	13.718	-89.224	5.7	11	0.3	2.3	2.2	
2004 223	2120	13.725	-89.221	5.9	8	0.4	2.1	2.1	
2004 223	2216	13.724	-89.219	5.4	8	0.3	2.1	2.0	
2004 224	612	13.707	-89.231	6.6	12	0.2	2.6	2.5	II
2004 224	710	13.701	-89.238	7.2	8	0.2	1.9	---	
2004 224	928	13.687	-89.147	2.1	6	0.2	1.5	---	

En la figura N° 2 se presenta los epicentros de los sismos localizados, observándose una alineación con tendencia predominante en la dirección Noreste-Suroeste.

Las magnitudes de los sismos localizados oscilan entre 1.1 y 3.7, y han sido calculadas usando la duración de la señal sísmica (Mc) y/o la máxima amplitud (MI). En la figura N° 3 se puede apreciar que los valores de magnitud tendieron a disminuir con el transcurso del tiempo.

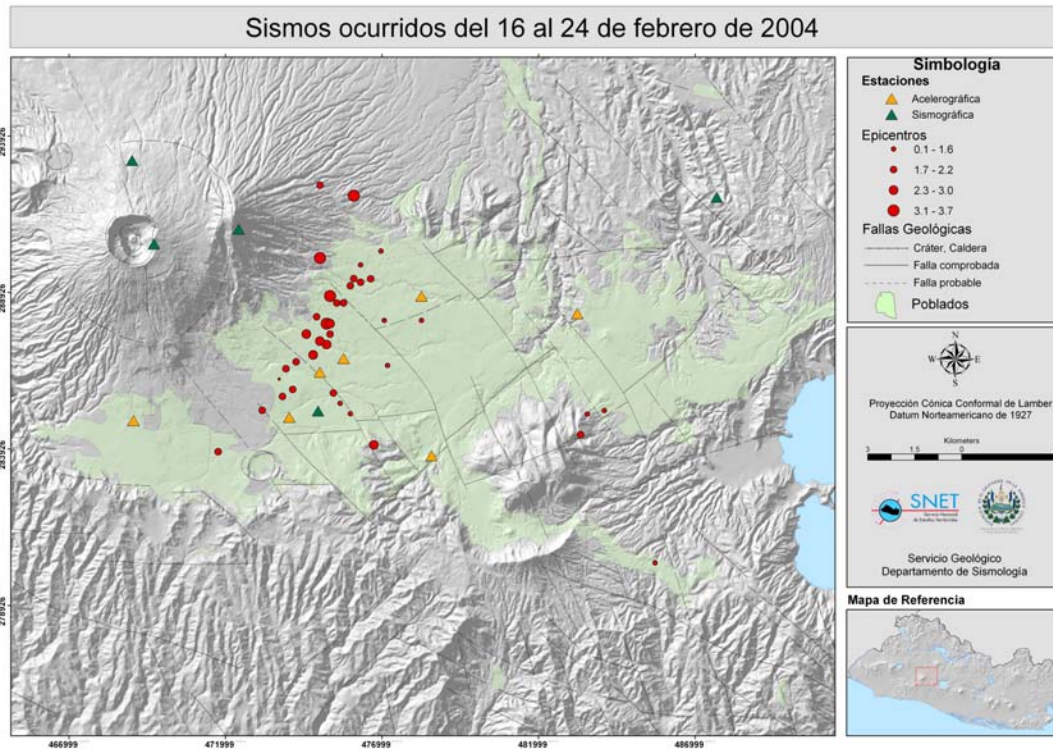


Figura N° 2: Ubicación de los epicentros de los sismos ocurridos entre el 16 y 24 de febrero del 2004 y las principales fallas geológicas de la zona. También se muestra la Red de monitoreo sísmico del SNET.

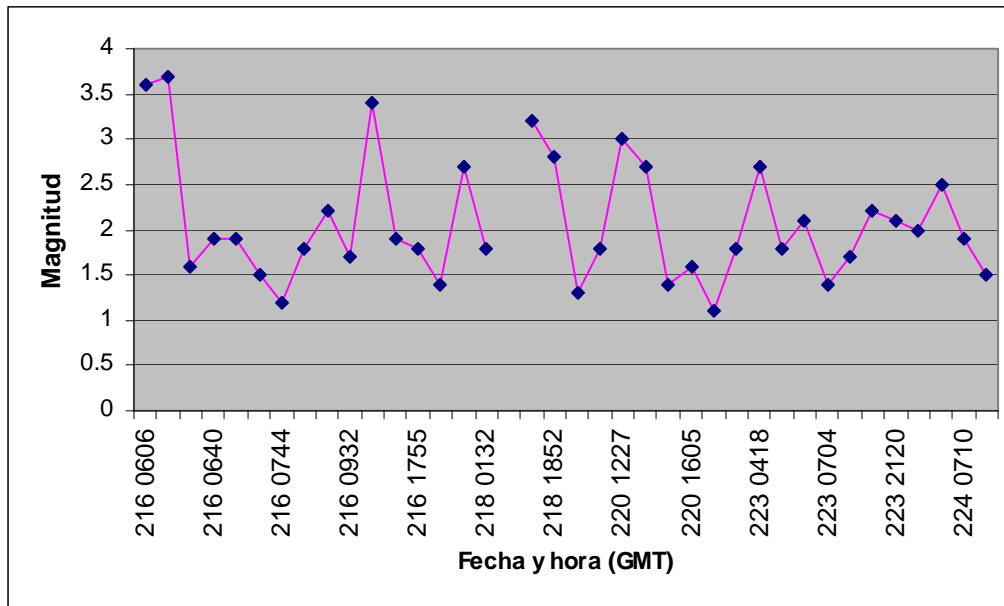


Figura N° 3: Magnitud de los sismos localizados en el AMSS durante el período del 16 al 24 de febrero de 2004.

Con relación a las profundidades focales, el 82% estuvo comprendida entre 4 y 10 kilómetros. Para visualizar la dirección predominante de los hipocentros se trazaron perfiles en profundidad en las direcciones Noreste-Suroeste, Norte-Sur y Este-Oeste, mostrando la tendencia a disminuir en la dirección noreste-suroeste. Véanse figura 4a, 4b y 4c.

Adicionalmente, se indica que algunos de los sismos localizados activaron las estaciones de la red de registro de movimientos fuertes (acelerógrafos), ubicadas en la Universidad de El Salvador (UES), Universidad Don Bosco (UDBS), Oficinas del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Santa Tecla (MAG) y el SNET. La máxima aceleración registrada para esta serie sísmica fue de 16.5 cm/seg² en la estación UESS para el sismo de las 00:07 del día 16 de febrero. La tabla N° 2 muestra el resumen de las aceleraciones máximas registradas.

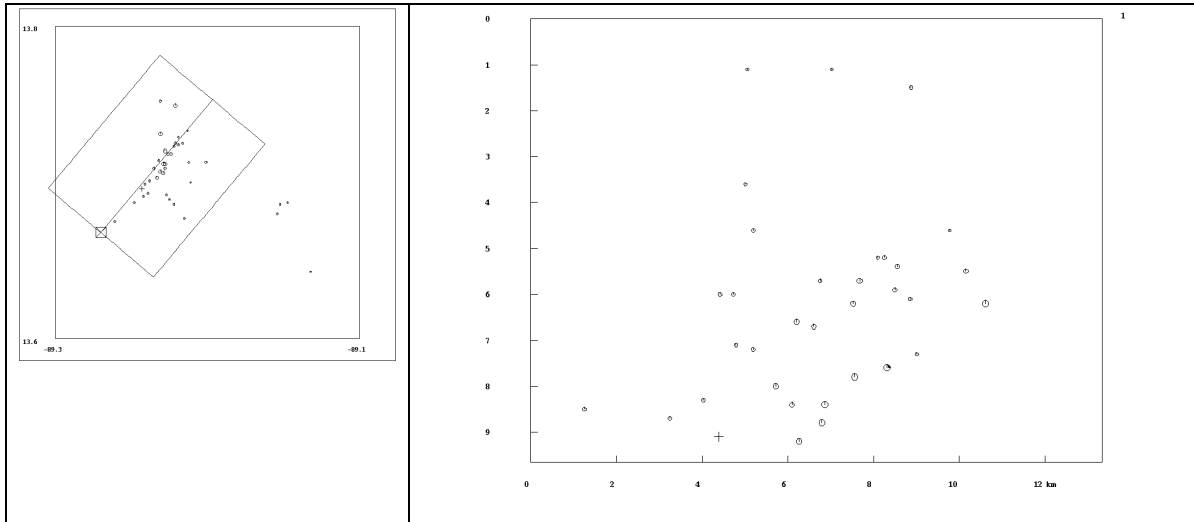


Figura N° 4a: Distribución de epicentros (izquierda) e hipocentros (derecha). Perfil hipocentral trazado en las dirección noreste-suroeste.

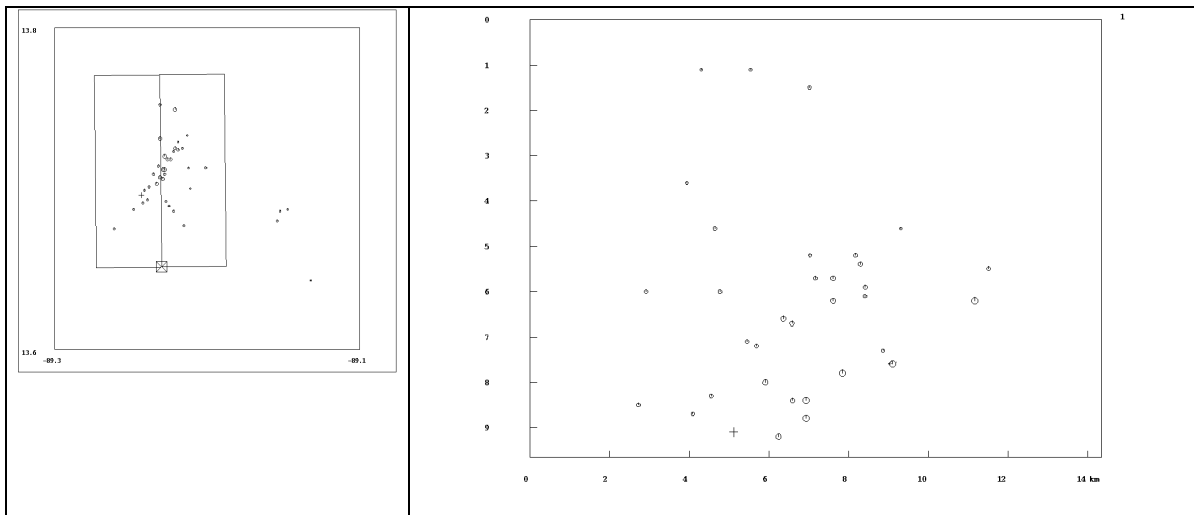


Figura N° 4b: Distribución de epicentros (izquierda) e hipocentros (derecha). Perfil hipocentral trazado en las dirección Norte-sur.

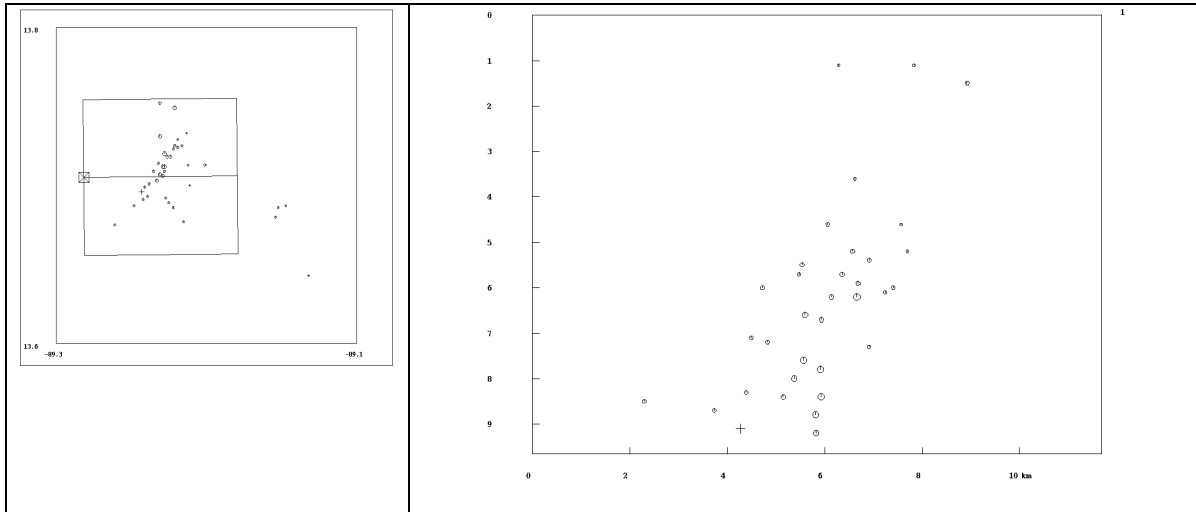


Figura N° 4c: Distribución de epicentro (izquierda) e hipocentros (derecha). Perfil hipocentral trazado en las dirección Este-Oeste.

Tabla N° 2: Aceleraciones máximas registradas.

No	Estación	Coordenadas Estación		Fecha sismo (UTC)	Hora (UTC)	A max (cm/seg ²)		
		Latitud	Longitud			Este	Norte	Vertical
1	UDBS	13.715	-89.155	16/02/2004	06:06	8.234	-8.586	6.622
2	UDBS	13.715	-89.155	16/02/2004	06:07	-7.932	7.915	7.568
3	UDBS	13.715	-89.155	16/02/2004	17:31	-5.007	4.858	-5.194
4	UDBS	13.715	-89.155	18/02/2004	18:43	5.181	-4.598	-3.103
5	UDBS	13.715	-89.155	20/02/2004	12:27:07	-3.031	-3.585	-2.235
6	UDBS	13.715	-89.155	20/02/2004	12:27:21	2.325	1.351	-1.212
7	MAGT	13.684	-89.286	16/02/2004	06:06	10.554	12.846	6.708
8	MAGT	13.684	-89.286	16/02/2004	06:07	10.452	12.695	8.251
9	MAGT	13.684	-89.286	16/02/2004	17:31	4.376	3.757	-3.307
10	MAGT	13.684	-89.286	18/02/2004	18:43	2.948	3.097	2.759
11	MAGT	13.684	-89.286	20/02/2004	12:27:07	1.830	3.960	-2.557
12	MAGT	13.684	-89.286	20/02/2004	12:27:21	1.151	1.289	1.304
13	UESS	13.719	-89.200	16/02/2004	06:06	-9.553	7.489	-7.810
14	UESS	13.719	-89.200	16/02/2004	06:07	-15.888	-15.763	-16.495
15	UESS	13.719	-89.200	16/02/2004	15:26	1.159	0.323	3.168
16	UESS	13.719	-89.200	16/02/2004	17:31	-7.809	-6.056	-4.171
17	UESS	13.719	-89.200	18/02/2004	00:21	3.462	2.118	-2.348
18	UESS	13.719	-89.200	18/02/2004	18:43	-5.475	-3.688	3.150
19	UESS	13.719	-89.200	18/02/2004	18:52	2.599	-2.228	3.150
20	UESS	13.719	-89.200	20/02/2004	12:27:07	-4.703	4.707	-5.709
21	UESS	13.719	-89.200	20/02/2004	12:21:21	-1.555	1.760	1.761
22	UESS	13.719	-89.200	23/02/2004	04:18	2.585	-2.377	-2.484
23	SNET	13.698	-89.173	16/02/2004	06:06	-3.897	-3.561	4.754
24	SNET	13.698	-89.173	16/02/2004	06:07	8.199	5.212	6.623
25	SNET	13.698	-89.173	16/02/2004	17:31	2.599	2.390	-2.840
26	SNET	13.698	-89.173	20/02/2004	12:27:07	3.267	-1.714	1.410
27	SNET	13.698	-89.173	20/02/2004	12:27:21	-0.968	0.554	1.009

Mecanismo Focal.

Con el objeto de determinar el tipo de movimiento de la falla durante la ruptura en la fuente generadora de los sismos, se obtuvo el mecanismo focal del evento de las 00:06 a.m. del 16 de febrero (hora local). El método utilizado se basó en la identificación de las polaridades de la onda P, separando dos posibles planos de falla, ortogonales entre sí. El método no permite definir cual de los dos planos corresponde a la ruptura, sin embargo esta información puede complementarse con la observación de la distribución espacial de los epicentros, fallas geológicas en la zona y manifestaciones de esa ruptura en la superficie.

En la parte inferior derecha de la figura N° 5 se presentan diferentes soluciones de planos ortogonales para el sismo en cuestión. Nótese que todas las soluciones están concentradas en un rango de azimut¹ reducido, lo cual indica que se tiene una cobertura apropiada de estaciones alrededor del epicentro. En la parte izquierda de la figura N° 5 se muestran los epicentros de toda la serie sísmica así como el plano de falla resultado del análisis. Puede apreciarse que existe una alineación de los epicentros con la dirección noreste-suroeste, lo cual es congruente con la dirección de uno de los de planos mostrados en la esfera focal.

Los resultados sugieren un movimiento transcurrente lateral derecho. Es importante notar que los mecánicos focales obtenidos para los terremotos de 1951 (Jucuapa-Chinameca), 1965 y 1986 (AMSS) han sido también de este tipo (véase parte superior derecha de la figura 5).

¹ Dirección de los planos de falla con respecto al Norte.

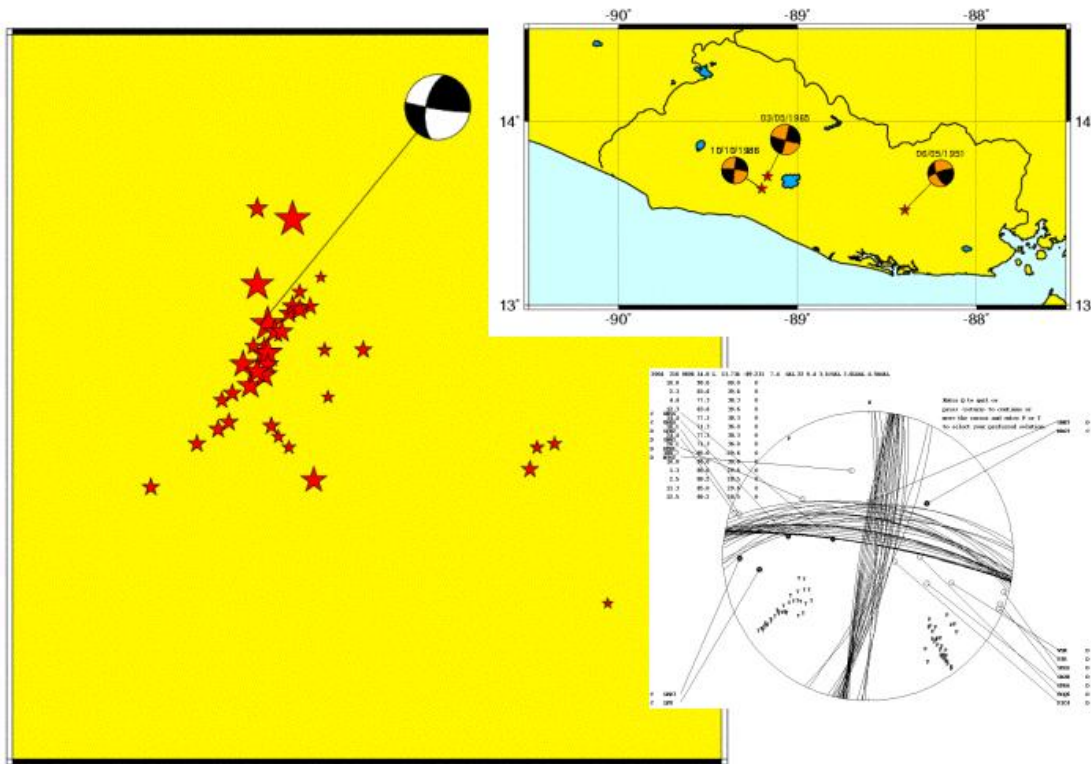


Figura N° 5: Mecanismo focal para el sismo de las 00:06 del día 16 de febrero.

No obstante a lo expuesto anteriormente, el mapa de fallas del AMSS no presenta una fractura en la dirección noreste-suroeste, lo que podría indicar que existe una falla en esta zona de la ciudad, la cual no había sido identificada anteriormente.

Actividad Tectónica o volcánica?:

En vista que los sismos fueron originados en la falda Este–Sureste del volcán de San Salvador, estos causaron inquietud en la población del AMSS. Muchas personas hicieron la interrogante que si los sismos estaban asociados con actividad del volcán.

De acuerdo con la vigilancia que, continuamente realiza la unidad de Vulcanología del SNET y la Universidad de El Salvador, en el volcán de San Salvador, no se observó ningún cambio en los valores de las temperatura tomadas en las fumarolas, cambios en los análisis químicos de las aguas de pozos y vertiente, cambios en la emisión de gases, entre otros.

Considerando como eventos principales los sismos de las 00:06 y 00:07 del 16 de febrero, se realizó el análisis del comportamiento de réplicas (Ley de Omori), obteniendo para las primeras 10 horas un decrecimiento exponencial, es decir que el número de réplicas disminuyó exponencialmente en el tiempo. El resto de sismos ocurrieron en un lapso de tiempo mayor y de forma esporádica. (Véase figura N°6).

Cabe mencionar que este tipo de comportamiento es congruente con sismos de origen tectónico. En caso de una actividad volcánica se esperaría que el número de eventos aumentara en el tiempo, pero esto no fue lo observado.

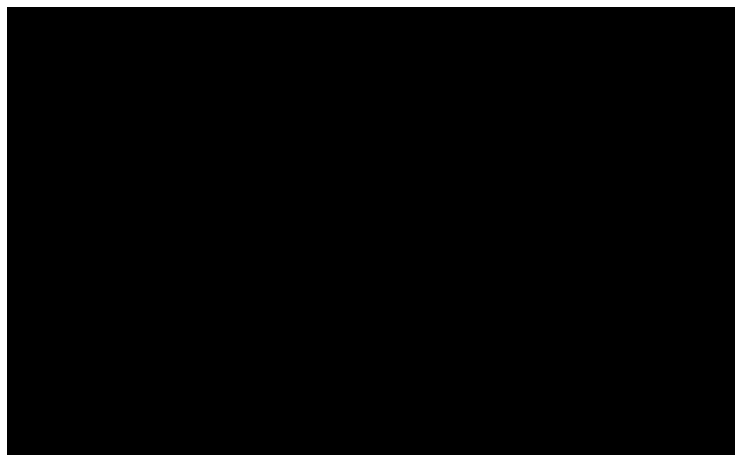


Figura N° 6: Comportamiento de réplicas.

Sismos en el Área Metropolitana de San Salvador del 16 al 24 de febrero de 2004

Discusión

Los resultados obtenidos del análisis de la sismicidad indican que la fuente generadora podría atribuirse a la activación del sistema de fallas geológicas del AMSS.

La distribución de epicentros y el mecanismo focal del sismo principal sugieren la existencia de una posible falla en la dirección noreste-suroeste del tipo transcurrente.

Hasta esta fecha no hay evidencia que relacione directamente esta serie sísmica con actividad del volcán de San Salvador, ya que no se observa cambio en los parámetros que se monitorean de forma continua y sistemática en el volcán.

Cabe mencionar que en la madrugada del 10 de octubre del 2003 se registró una serie de sismos similares a los ocurridos del 16 al 24 de febrero del 2004. Los detalles de la actividad se encuentran en:

<http://www.snet.gob.sv/Geologia/Sismologia/sisextra42003.html>