Segundo enjambre sísmico en la zona del Golfo de Fonseca durante el año 2006

Resumen

Entre el 22 de octubre y el 15 de noviembre del 2006 se registraron 1591 sismos en la zona del Golfo de Fonseca, de los cuales 35 fueron reportados como sentidos, principalmente por la población que reside en la isla de Meanguera del Golfo. Los sismos más intensos ocurrieron los días 25 (12:15 hora local) y 27 (18:53 hora local), con magnitudes de 5.0 (Ml) y 5.3 (Ml) respectivamente. Estos sismos fueron percibidos por habitantes de las ciudades de La Unión, San Miguel y Chinameca. La máxima intensidad en la escala de Mercalli Modifica fue de V en la isla de Meanguera del Golfo.

Este es el segundo enjambre generado por el sistema de fallas de la corteza superficial durante el 2006. El primero ocurrió entre los meses de febrero-marzo.

Comportamiento de la sismicidad entre el 22 de octubre y el 15 noviembre

El día 22 de octubre del 2006 se registró un incremento en la sismicidad del área del Golfo de Fonseca, registrándose 38 sismos de los cuales uno fue sentido en Meanguera del Golfo con una intensidad de III en la escala de Mercalli Modificada (MM). Los días 23 y 24 la sismicidad se mantuvo dentro de su comportamiento normal (ver figura 1).

El día 25 a las 12:15 (hora local) ocurrieron dos sismos, de los cuales el más intenso tuvo una magnitud de 5.0 (Ml), con intensidades comprendidas entre IV-V (MM) en el área de Meanguera del Golfo. Posteriormente la actividad sísmica en la zona se incrementó de manera significativa, registrándose 63 sismos entre las 12:15 y las 13:00 horas (ver sismogramas en figura 1).

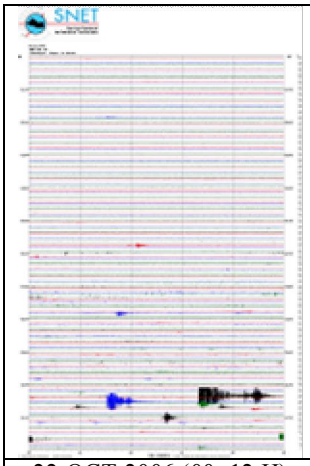
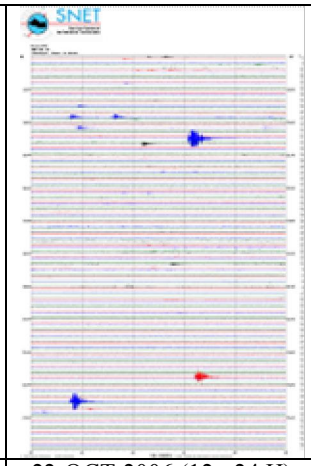
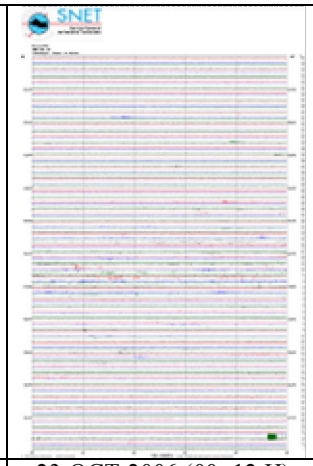
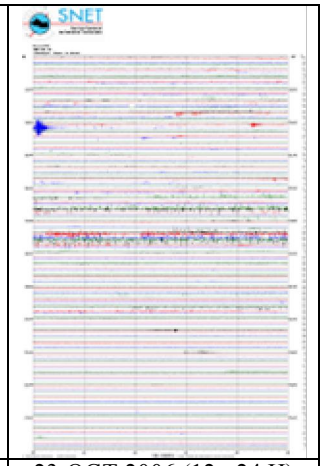
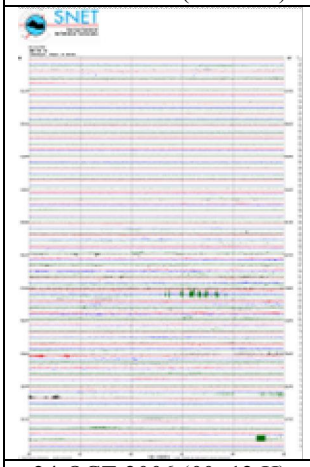
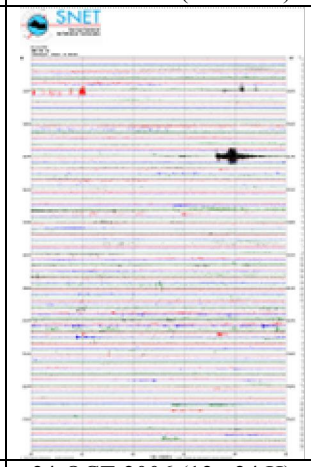
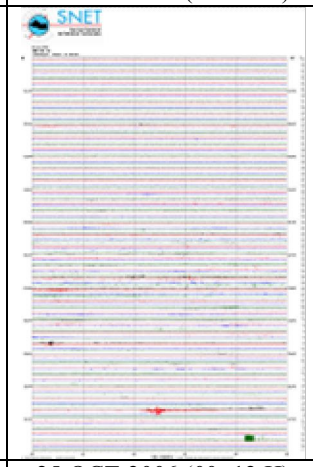
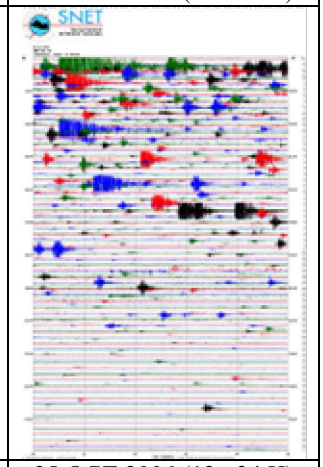
Al finalizar el día 25 se habían registrado 548 sismos, de los cuales al menos 14 fueron sentidos por la población cercana al área epicentral. Aproximadamente 19 horas después del sismo de magnitud 5.0 la sismicidad había disminuido significativamente, registrándose entre 0 y 4 sismos por hora desde las 7 horas del día 26 hasta las 18 horas del día 27 (ver figura 2).

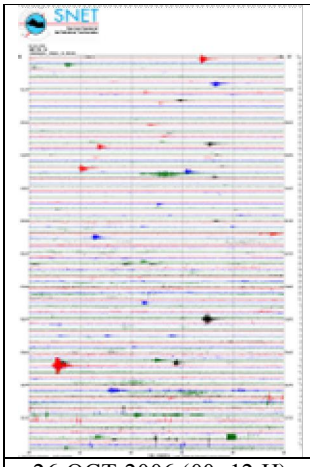
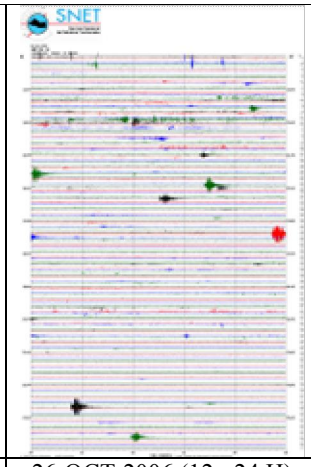
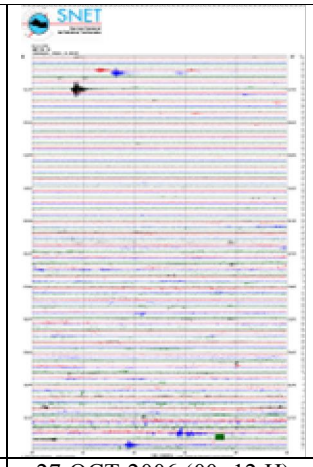
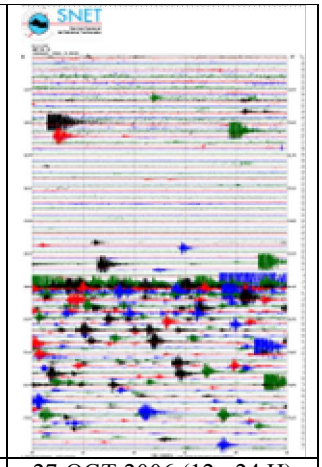
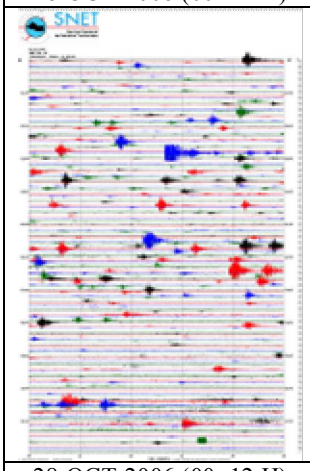
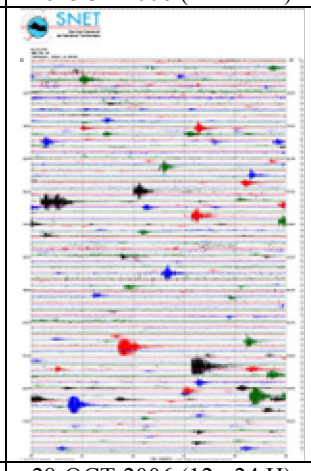
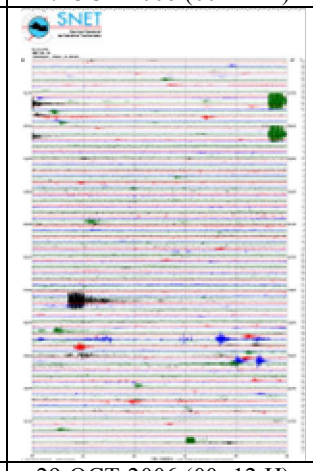
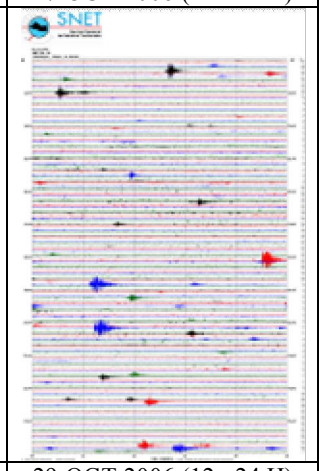
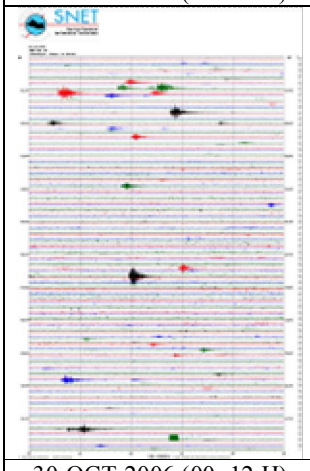
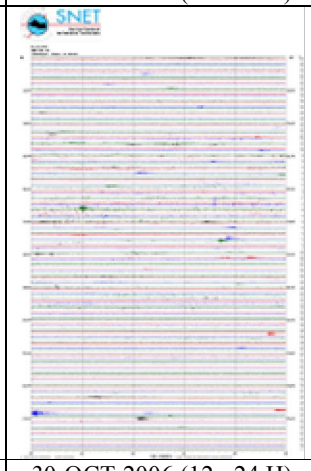
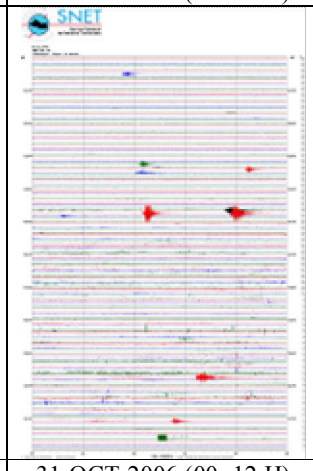
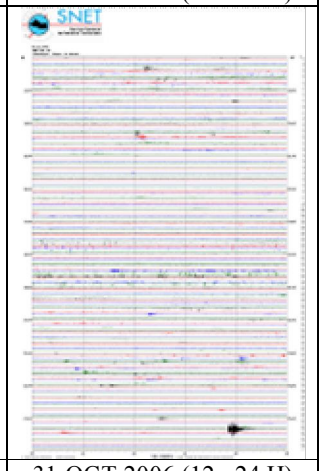
El comportamiento de la sismicidad en las primeras horas del día 27, indicaba que la actividad sísmica en la zona volvía a la normalidad, sin embargo a las 18:53, ocurrió el sismo de mayor magnitud de este enjambre (Ml =5.3), con un intensidad de V (MM) en Meanguera del Golfo. Este evento fue seguido por una serie de réplicas, contabilizando 259 sismos durante ese día, de los cuales al menos 11 fueron reportados como sentidos. El día 28 se registraron 325 sismos, de los cuales 6 fueron reportados como sentidos. El comportamiento temporal de los sismos se muestra en las figuras 1 y 2.

El total de sismos registrados entre el 22 de octubre y el 15 de noviembre fue de 1591, de los cuales 35 fueron reportados como sentidos por la población. En la figura 3 se

muestra el número de sismos por día, en donde se puede apreciar que los días de mayor actividad corresponden al periodo comprendido entre el 25 y 30 de octubre. Hubo reporte de eventos sentidos hasta el día 29.

El conteo de sismos por día se realizó tomando de referencia la estación más cercana a la fuente sísmica, la cual está ubicada a unos 20 kilómetros del área epicentral en el volcán Conchagua (CNCH).

			
22-OCT-2006 (00 -12 H)	22-OCT-2006 (12 - 24 H)	23-OCT-2006 (00 -12 H)	23-OCT-2006 (12 - 24 H)
			
24-OCT-2006 (00 -12 H)	24-OCT-2006 (12 - 24 H)	25-OCT-2006 (00 -12 H)	25-OCT-2006 (12 - 24 H)

			
26-OCT-2006 (00 -12 H)	26-OCT-2006 (12 - 24 H)	27-OCT-2006 (00 -12 H)	27-OCT-2006 (12 - 24 H)
			
28-OCT-2006 (00 -12 H)	28-OCT-2006 (12 - 24 H)	29-OCT-2006 (00 -12 H)	29-OCT-2006 (12 - 24 H)
			
30-OCT-2006 (00 -12 H)	30-OCT-2006 (12 - 24 H)	31-OCT-2006 (00 -12 H)	31-OCT-2006 (12 - 24 H)

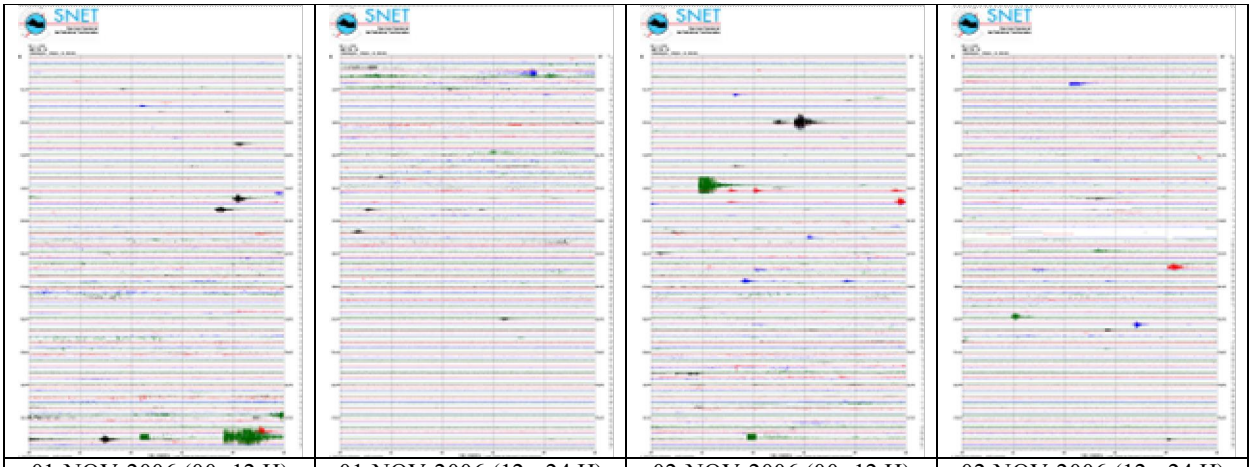


Figura 1: Registro sísmico en estación Conchagua (CNCH) ubicada a unos 20 Km. del área epicentral, durante el período del 22 de octubre al 2 de noviembre del 2006, cada sismograma corresponde a 12 horas de registro.

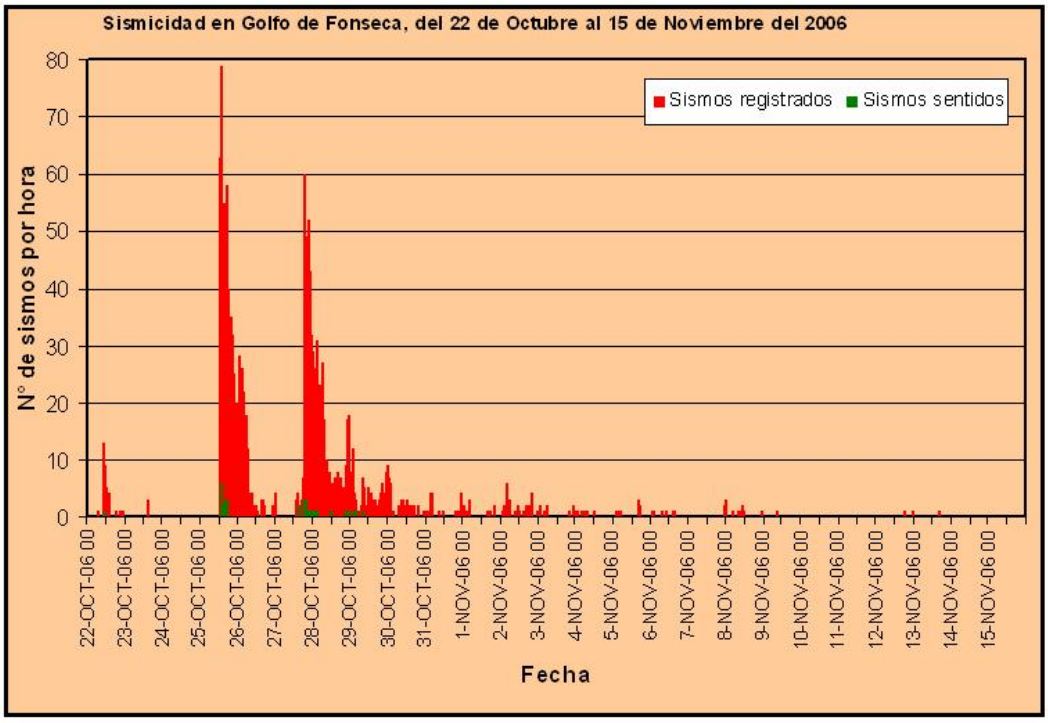
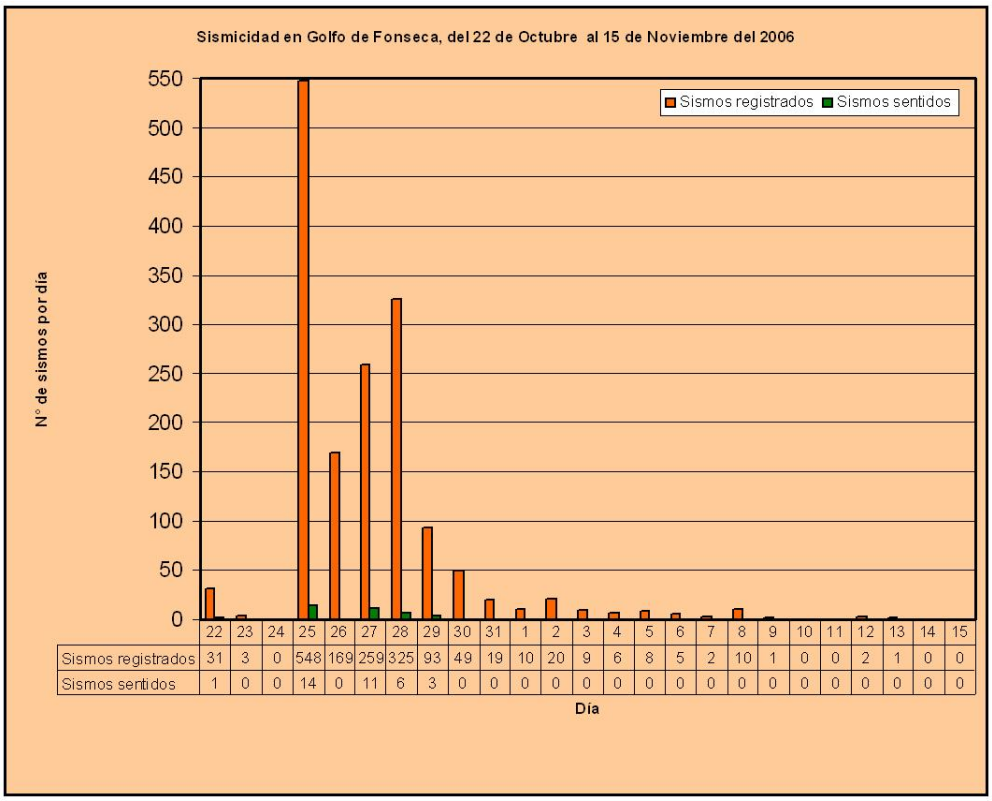


Figura 2: Número de sismos por hora en el área del golfo de Fonseca, para el período del 22 de octubre al 15 de noviembre del 2006 (ver registro de sismos en figura 1).



	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sismos registrados	31	3	0	548	169	259	325	93	49	19	10	20	9	6	8	5	2	10	1	0	0	2	1	0	0
Sismos sentidos	1	0	0	14	0	11	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3: Número de sismos por día en el área del golfo de Fonseca, para el período del 22 de octubre al 15 de noviembre del 2006 (ver registro de sismos en figura 1).

Parámetros sísmicos obtenidos

Del total de sismos, sólo fue posible calcular la ubicación y magnitud para 56 eventos, ya que el resto no fueron registrados al menos por tres estaciones. Los resultados son mostrados en la tabla 1. Es importante mencionar que en el procesamiento de la información, adicionalmente a la red sísmica nacional, se utilizaron datos de la red acelerográfica del SNET y de las estaciones de la red sísmica de INETER en Nicaragua. Es importante señalar que la incorporación de esta información contribuyó en la obtención de parámetros más confiables. El área epicentral se muestra en detalle en la figura 4.

En lo concerniente a las profundidades focales obtenidas, las mismas no superaron los 10 kilómetros (ver tabla 1). Se realizó una evaluación de la variación de la profundidad con respecto a la diferencia entre los tiempos teóricos y observados de los arribos de las fases sísmicas (RMS), observándose que el menor RMS corresponde a una profundidad de 5 km.

Para algunos sismos no fue posible obtener un valor de profundidad focal confiable mediante un análisis directo de las fases sísmicas, por lo que se optó por fijar este parámetro en 5 kilómetros en cada caso particular.

Con relación a las magnitudes de los sismos localizados, las mismas oscilaron entre 2.2 y 5.3. La figura 5 presenta el comportamiento de este parámetro con respecto al tiempo, observándose que sólo 13 eventos mostraron valores superiores a 3.5.

Los dos sismos con magnitudes mayores o iguales a 5.0 se registraron por las estaciones acelerográficas ubicadas en la Base Naval de La Unión, en la ciudad de San Miguel y en Chinameca. Los valores máximos para cada evento fueron de 25.25 y 31.24 cm/seg^2 y se registraron en el acelerógrafo instalado en la Base Naval. La tabla 2 muestra el detalle del procesamiento de la información acelerográfica.

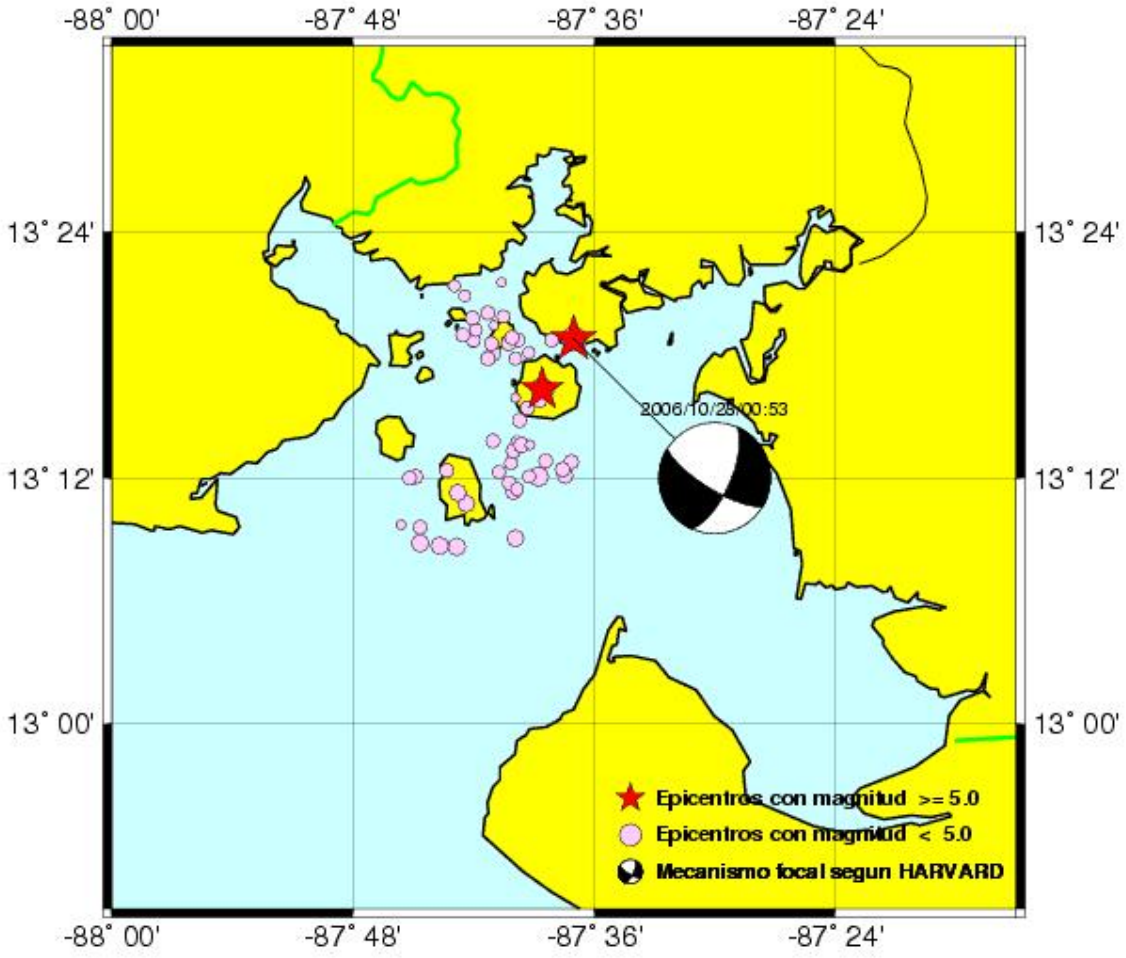


Figura 4: Ubicación epicentral de sismos ocurridos entre el 22 de octubre y el 2 de noviembre del 2006, en la tabla 1 se muestra los parámetros detallados de cada sismo. Los sismos de mayor magnitud son representados por una estrella y ocurrieron los días 25 (Ml = 5.0) y 27 (Ml = 5.3). Para el sismo del día 27 se muestra el mecanismo focal.

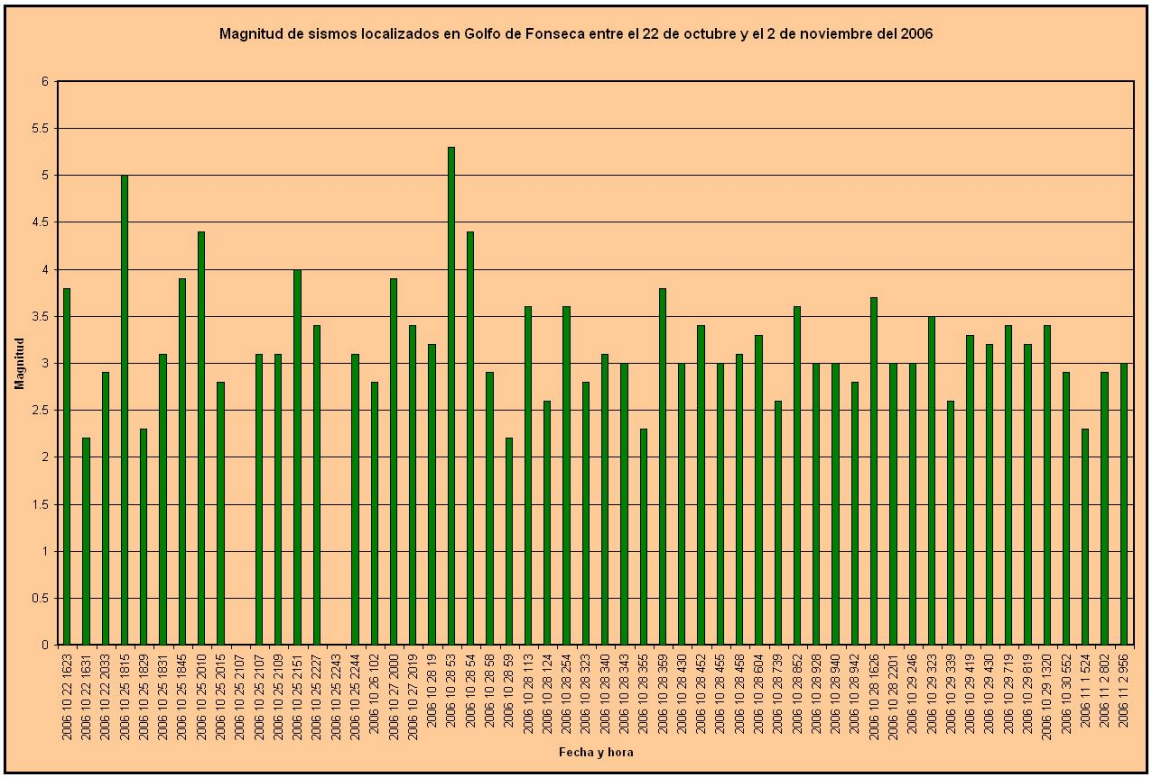


Figura 5: Magnitudes de sismos ocurridos en el área del golfo de Fonseca entre el 22 de octubre y 2 de noviembre del 2006.

De acuerdo con el mecanismo focal publicado en el Catálogo de Harvard (http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html), el sismo del día 27 a las 18:53 (hora local) fue generado por una falla de desgarre. Al comparar los posibles planos de fallas con las ubicaciones de todos los epicentros, estos sugieren que el plano de falla más probable corresponde a una orientación nor-noreste con movimiento lateral derecho (ver figura 4). Sin embargo existe la posibilidad que estos sismos pudieran haber sido generados por todo un sistema de fallas en la zona.

Es importante destacar que esta zona en particular está influenciada por los esfuerzos generados por cuatro procesos tectónicos que generan sismicidad en la zona: 1) la convergencia entre las placas tectónicas Coco y Caribe; 2) sistema de fallas transcurrentes de Guayape; 3) sistema de fallas extensionales asociadas al graben de Tegucigalpa; y 4) sistema de fallas transcurrentes relacionadas al graben central de El Salvador.

Cada uno de estos sistemas de fallas se considera activo y puede de manera independiente generar su propia sismicidad. Sin embargo, la alta densidad de fallas en el área puede generar una interacción entre los sistemas de fallas produciéndose efectos como los observados en el presente enjambre. Es decir, que aparentemente la

sismicidad del 25 de octubre acelera el proceso de una segunda falla, la cual produjo la sismicidad del 27 de octubre. La figura 4, muestra dos alineaciones de los epicentros que podría indicar la ubicación de las fallas activadas.

Tabla 1: Parámetros principales de sismos ocurridos en la zona del golfo de Fonseca entre el 22 de octubre y el 2 de noviembre del 2006. La hora mostrada corresponde al tiempo UTC, para conocer tiempo local restar 6 horas del tiempo UTC.

Año	Mes	Día	Hora y minutos (UTC)	Segundos	Latitud Norte (grados)	Longitud Oeste (grados)	Prof. (km)	N° Est.	RMS	Mag (C)	Mag (L)
2006	10	22	1623	13.7	13.179	-87.706	0.3	5	0.4	3.2	3.8
2006	10	22	1631	26	13.359	-87.677	0	4	0.3	2.2	
2006	10	22	2033	12.2	13.229	-87.664	4.5	6	0.4	2.9	
2006	10	25	1815	41.4	13.272	-87.643	5	19	0.4		5
2006	10	25	1829	4	13.265	-87.665	5	6	0.2	2.3	
2006	10	25	1831	56	13.247	-87.662	3.4	9	0.3	3.1	
2006	10	25	1845	49.9	13.144	-87.714	0.1	15	0.4	3.8	3.9
2006	10	25	2010	25.1	13.201	-87.646	6.4	9	0.4		4.4
2006	10	25	2015	50.2	13.297	-87.665	5.9	3	0.2	2.8	
2006	10	25	2107	1.2	13.343	-87.714	0	4	0.2		
2006	10	25	2107	20	13.312	-87.7	0	11	0.4	3.1	
2006	10	25	2109	35.3	13.214	-87.64	5.8	11	0.4	3.1	
2006	10	25	2151	25.1	13.145	-87.728	0.8	16	0.5	3.7	4
2006	10	25	2227	32.4	13.213	-87.619	4.7	13	0.3	3.4	
2006	10	25	2243	5.1	13.269	-87.679	4.4	9	0.3		
2006	10	25	2244	10.9	13.16	-87.744	0.1	10	0.3	3.1	
2006	10	26	102	18.9	13.212	-87.669	6	6	0.2	2.8	
2006	10	27	2000	32.1	13.147	-87.744	1.8	15	0.3	3.6	3.9
2006	10	27	2019	7.2	13.201	-87.748	3.3	11	0.3	3.4	
2006	10	28	19	42.3	13.206	-87.722	1	12	0.5	3.2	
2006	10	28	53	55.7	13.313	-87.617	5	20	0.4		5.3
2006	10	28	54	58.6	13.313	-87.617	5	1	0.1		4.4
2006	10	28	58	27.4	13.331	-87.675	0.2	4	0.2	2.9	
2006	10	28	59	44.9	13.324	-87.683	4.5	4	0.4	2.2	
2006	10	28	113	58.1	13.189	-87.667	3.4	13	0.5	3.5	3.6
2006	10	28	124	0.1	13.356	-87.716	1	4	0.3	2.6	
2006	10	28	254	39.7	13.301	-87.684	5	11	0.4	3.6	
2006	10	28	323	2	13.205	-87.679	8.4	10	0.3	2.8	
2006	10	28	340	34.3	13.257	-87.655	2.8	8	0.5	3.1	
2006	10	28	343	5.4	13.312	-87.663	0	8	0.3	3	

2006	10	28	355	39.6	13.162	-87.76	1.3	4	0.4	2.3	
2006	10	28	359	50.3	13.188	-87.713	1.3	16	0.5	3.8	3.6
2006	10	28	430	17.9	13.312	-87.635	0.2	8	0.5	3	
2006	10	28	452	23.6	13.222	-87.667	3.7	7	0.4	3.4	
2006	10	28	455	25.7	13.272	-87.639	1.7	8	0.4	3	
2006	10	28	458	56.9	13.309	-87.685	0	4	0.2	3.1	
2006	10	28	604	30.1	13.309	-87.671	2.2	10	0.4	3.3	
2006	10	28	739	23.8	13.348	-87.707	0	5	0.3	2.6	
2006	10	28	852	59.4	13.227	-87.66	4.1	10	0.4	3.6	
2006	10	28	928	26.8	13.314	-87.668	0	5	0.3	3	
2006	10	28	940	58.1	13.334	-87.688	0	5	0.2	3	
2006	10	28	942	55.4	13.269	-87.642	6.1	5	0.3	2.8	
2006	10	28	1626	0.6	13.151	-87.665	2.2	7	0.7	3.7	
2006	10	28	2201	59.8	13.2	-87.753	5.5	5	0.4	3	
2006	10	29	246	43.1	13.23	-87.684	5.9	8	0.5	3	
2006	10	29	323	8.8	13.202	-87.624	7.3	10	0.5	3.5	
2006	10	29	339	37.8	13.302	-87.654	1.2	4	0.1	2.6	
2006	10	29	419	17	13.263	-87.645	2.3	7	0.4	3.3	
2006	10	29	430	43.9	13.196	-87.67	1.7	9	0.6	3.2	
2006	10	29	719	40	13.297	-87.688	0.2	10	0.4	3.4	
2006	10	29	819	40.3	13.33	-87.701	0	9	0.3	3.2	
2006	10	29	1320	46.9	13.207	-87.626	6.2	10	0.6	3.4	
2006	10	30	552	58.3	13.191	-87.664	7.9	7	0.4	2.9	
2006	11	1	524	24.8	13.227	-87.653	4.4	6	0.5	2.3	
2006	11	2	802	59.8	13.201	-87.654	9	5	0.5	2.9	
2006	11	2	956	6.9	13.241	-87.685	5	6	0.4	3	

Tabla 2: Datos de aceleraciones máximas registradas por las estaciones ubicadas en Base Naval de la Unión (LUNA), Universidad de El Salvador en San Miguel (SMIG) y Unidad de Salud de Chinameca (UCHI).

No	Archivo EVT	Estación	Fecha del sismo	Hora (UTC)	A max (cm/seg^2)		
					Este-Oste	Norte-Sur	Vertical
1	CI118	LUNA	22-Oct-2006	16:23	2.371	2.692	1.345
2	CI128	LUNA	25-Oct-2006	18:15	-17.844	-25.248	12.873
3	BS033	SMIG	25-Oct-2006	18:15	5.674	4.146	2.810
4	BE032	UCHI	25-Oct-2006	18:15	3.300	2.981	2.227
5	CI129	LUNA	25-Oct-2006	18:45	3.710	-2.392	-1.735
6	CI130	LUNA	25-Oct-2006	20:10	-7.206	-5.308	2.832
7	CI139	LUNA	27-Oct-2006	20:00	-2.785	-2.144	1.620
8	CI140	LUNA	28-Oct-2006	00:53	31.239	-23.187	-9.235
9	BS034	SMIG	28-Oct-2006	00:53	6.575	-6.265	-4.555
10	BE033	UCHI	28-Oct-2006	00:53	4.575	3.421	-2.696
11	CI141	LUNA	28-Oct-2006	00:54	-3.822	4.559	2.709

12	CI142	LUNA	28-Oct-2006	01:13	3.843	-3.189	1.996
13	CI144	LUNA	28-Oct-2006	03:59	-3.906	2.745	-2.318

Enjambres sísmicos históricos

Anteriormente, la zona del golfo de Fonseca ha sido afectada por enjambres similares, siendo los más relevantes los ocurridos en febrero/1991, abril/1999, septiembre/2002 y febrero/2006. La tabla 3 muestra un breve resumen de cada uno de ellos.

Tabla 3: Datos sobre enjambres ocurridos en la zona de golfo de Fonseca entre los años 1991 y 2006.

Período de enjambre	Fecha de inicio	Días de máxima sismicidad	Sismos registrados	Sismos localizados	Sismos sentidos	Máximas magnitudes	Máxima aceleración Pico	Estación sísmica permanente más cercana	Estaciones temporales
Feb-mar/1991	22/02/1991	?	7211 (según estaciones portátiles) entre febrero 25 y marzo 31.	72(usando sólo datos de estaciones portátiles)	151 en Conchagua	3.4 (Mc) el día 22 de febrero, pero es ubicado frente a Costa del Departamento de La Unión	no se tuvo registro acelerográfico	Estación en volcán de San Miguel (VSM), San Miguel, a unos 55 km.	3 estaciones portátiles con registro análogo en papel ahumado, en alrededores del volcán Conchagua, La Unión
Abr/1999	02/04/1999	3 de abril	87 (entre el 2 y 15 de abril) según red permanente; 219 (según estación portátil) entre el 7 y 15 de abril, instalada en Isla Meanguera del Golfo.	87 (usando sólo red de estaciones permanentes)	87 en Meanguera del Golfo, 2 de ellos sentidos en San Salvador	5.3 (MC) el día 2 de abril a las 10:22 PM y 5.8 (Mc) el día 3 de abril a las 04:10 AM (hora local)	47 cm/seg^2, para el sismo de 5.3 y 15 cm/seg^2 para el sismo de 5.8, en estación Puerto Cutuco, La Unión, a unos 30 km.	Estación en volcán de San Miguel (VSM), San Miguel, a unos 60 km.	1 estación sísmica y 1 estación acelerográfica con registro análogo en papel ahumado y película fotográfica respectivamente, en isla Meangera del Golfo.
Sep/2002	04/09/2002	5 y 6 de septiembre	no se tenia registro digital en forma continua	33 (usando redes de SNET e INETER)	1 en el Departamento de La Unión)	3.9 (MC) el día 9 de septiembre	no se tuvo registro acelerográfico	Estación Conchagua (CNCH), La Unión, a 33 km.	No

Feb-mar/2006	18/02/2006	19-20 de febrero y 5 de marzo	418 entre el 18 de febrero y 29 de marzo	66	2 en Departamento de La Unión, uno de ellos fue sentido en San Salvador	5.7 (Ml)	31 cm/seg2, en estación LUNA, La Unión, a 35 km. del epicentro	Estación Conchagua (CNCH), La Unión, a unos 35 km.	No
Oct-Nov/2006	22/10/2006	25, 26, 27 y 28 de octubre (con más de 150 sismos por día.	1591 (entre el 22 de octubre y el 15 de noviembre)	56	35	5.0 y 5.3 (ML) los días 25 a las 12:15 y 27 a las 18:53 (hora local)	31.24 cm/seg2, en estación LUNA, La Unión, a 24 km. del epicentro	Estación Conchagua (CNCH), La Unión, a unos 24 km. del área epicentral	Se tenian 2 estaciones portátiles pero a mas de 60 km del área epicentral.

Discusión Final

Desde 1999, el catálogo de Harvard http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html) muestra 4 mecanismo focales para el área del golfo de Fonseca y todos ellos sugieren que el mecanismo de ruptura obedece al movimiento de una falla de desgarre (ver figura 6).

Al comparar la distribución espacial de los enjambres de septiembre/2002, febrero/2006 y octubre/2006, se observa una ligera alineación de epicentros en la dirección noreste-suroeste, así como una migración de esos alineamientos hacia el noroeste, acercándose más hacia el territorio salvadoreño. (Ver figura 6).

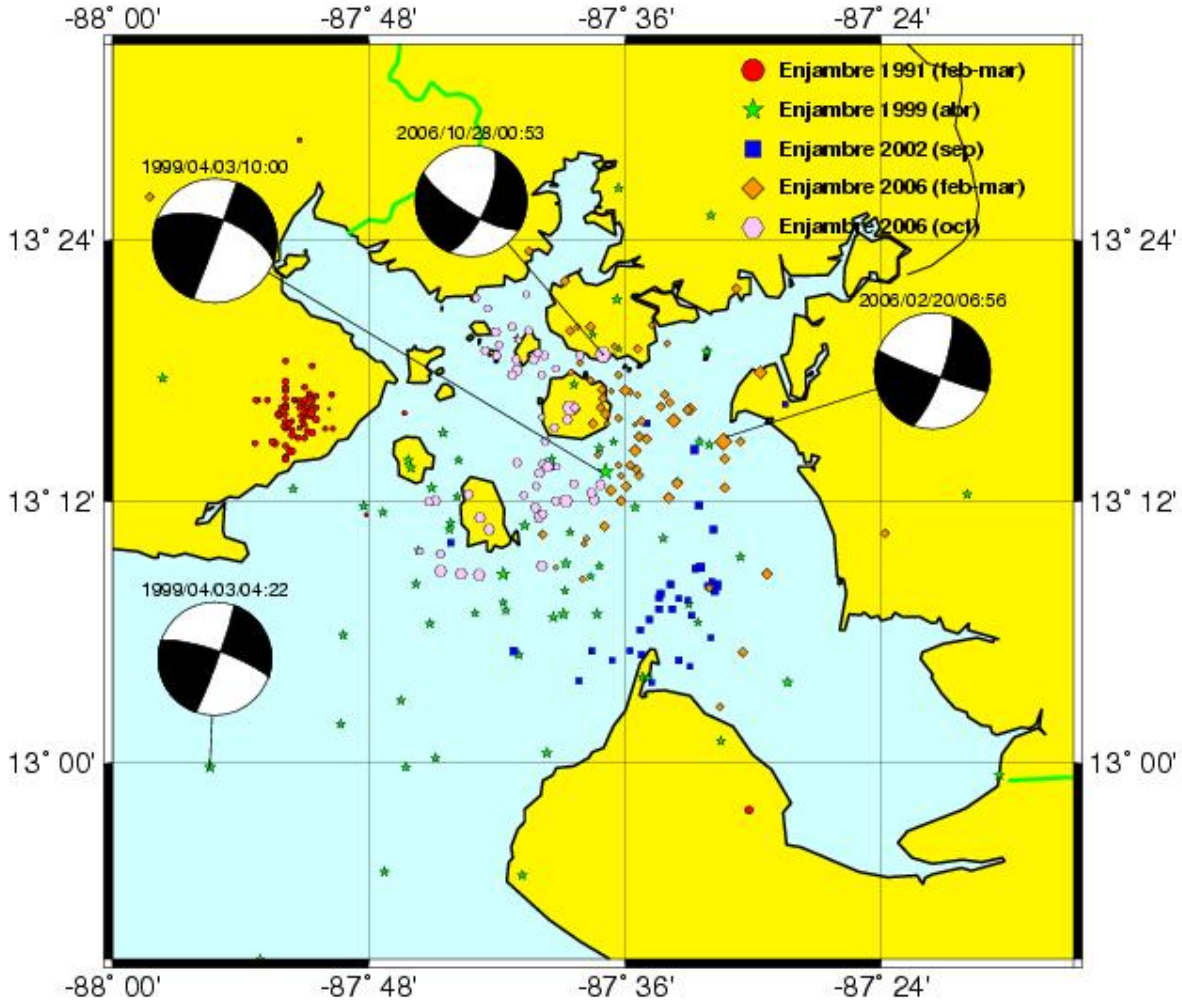


Figura 6: Enjambres sísmicos en la zona del golfo de Fonseca ocurridos en febrero-marzo/1991, abril/1999, septiembre/2002, febrero/2006 y octubre-noviembre/2006. Se muestran los mecanismos focales de los siguientes sismos: 3 de abril de 1999 a las 04:22 y 10:00, 20 de febrero del 2006 a las 06:56 y 20 de octubre del 2006 a las 00:53 (hora UTC).

En vista de lo anterior, y de acuerdo con las características de las señales sísmicas analizadas, así como los valores de magnitud y profundidades focales observadas, la causa de esta actividad sísmica podría asociarse al movimiento de fallas geológicas locales en la zona.

El comportamiento temporal de este enjambre ha sido similar al ocurrido en ocasiones anteriores, manifestándose con más de un evento de magnitud considerable en el transcurso de horas o días, siendo congruente con lo observado en otras zonas sísmicas del país (Jucuapa y Chinameca en 1951, San Salvador en 1986, San Vicente en 1999, etc). Este aspecto, en conjunto con la distribución espacial de los epicentros, podría manifestar el efecto que tiene la liberación de energía de una falla determinada

en el estado de esfuerzos del sistema de fallas circundantes o cercanas a la zona, haciendo que las mismas adelanten temporalmente la liberación de la energía acumulada.