

EL SISMO DE SIPI, CHOCO
DEL 4 DE ENERO DE 2014

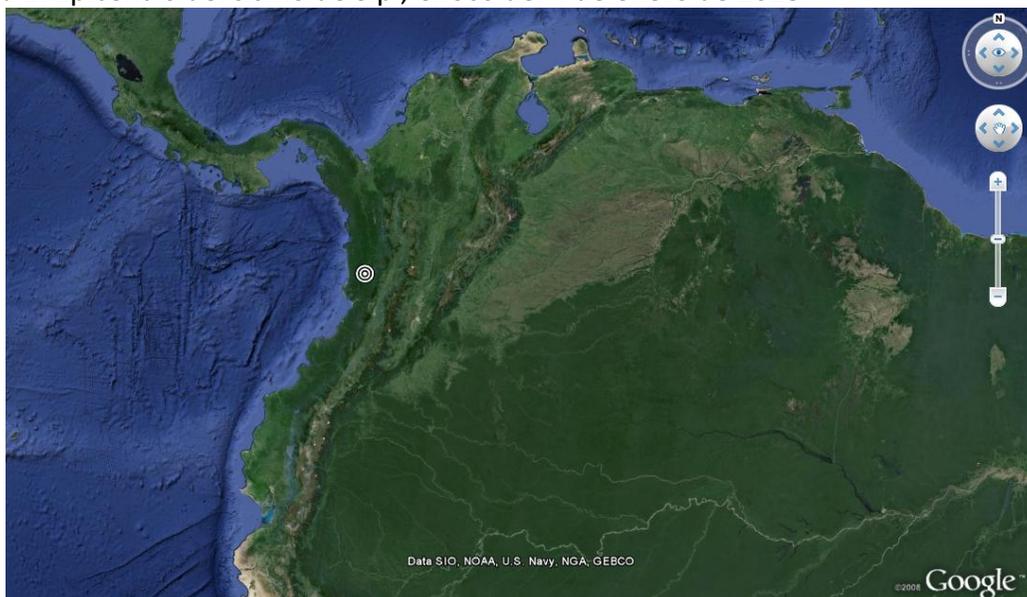
Aspectos sismológicos y movimiento fuerte

Bogotá, enero de 2014

EL SISMO DE SIPI, CHOCO DEL 4 DE ENERO DE 2014

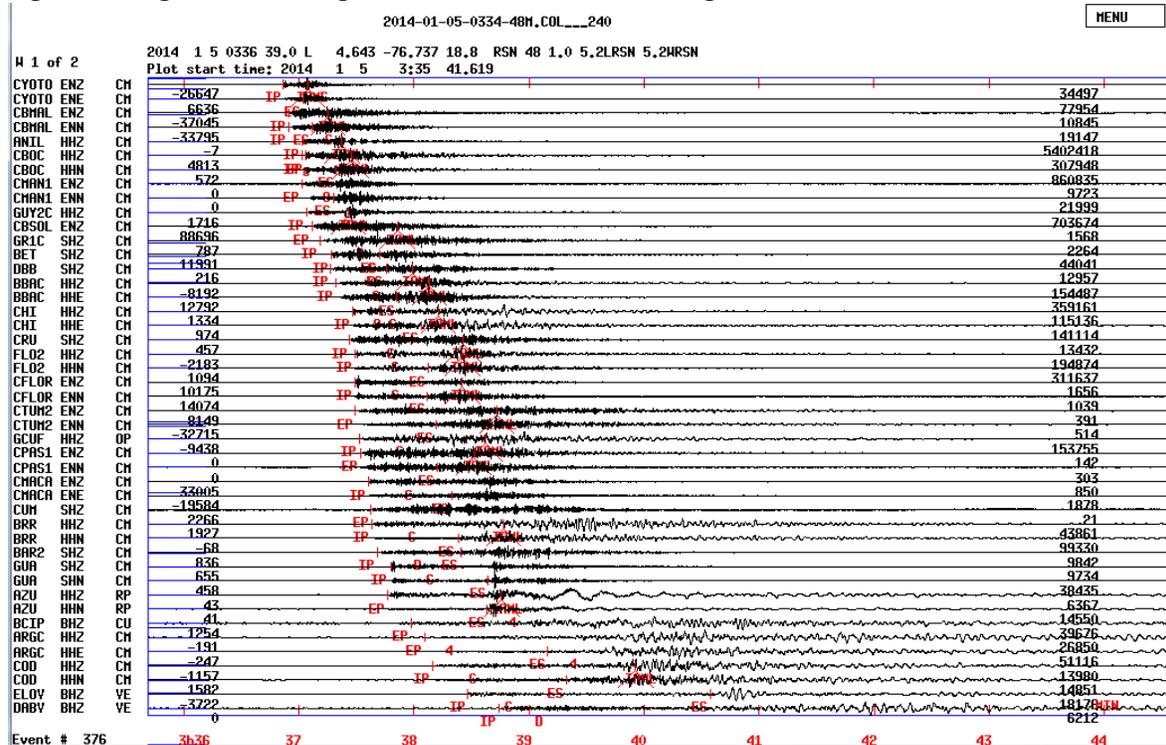
El día 4 de enero de 2014 a las 10:36:38 p.m. Hora Local (2014-01-05 03:36:38 Hora U.T), se presentó un sismo de magnitud M_w 5.2. La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), lo localizó a 22.5 Km al Noroeste de la Cabecera Municipal de Sipi (Chocó), en las coordenadas $4.676^\circ N$ y $76.817^\circ W$ y profundidad 32 km (figura 1). Se reportó como sentido en los departamentos de: Andes, Bello, Envigado, Jardín, Medellín, Antioquia, (Antioquia), Bogotá D. C., Villamaria, Manizales, Popayán, Santander de Quilichao, Morales, (Cauca), Chía, Girardot, (Cundinamarca), Neiva (Huila), Armenia, La Tebaida, Montenegro, Quimbaya, Salento (Quindio), Dos Quebradas, Marsella, Pereira (Risaralda), Chaparral, Ibague, Saldana (Tolima), Ansermanuevo, Buenaventura, Buga, Cali, Candelaria, Cartago, Dagua, Florida, Guacari, Palmira, Roldanillo, Sevilla, Tulua, Versailles, Yumbo (Valle del Cauca).

Figura 1. Epicentro del sismo de Sipi, Choco del 4 de enero de 2013



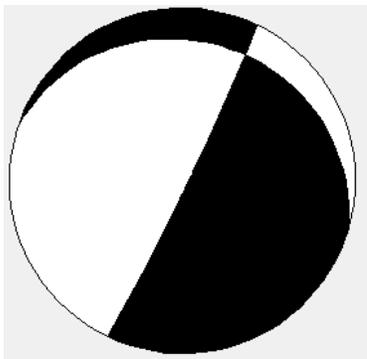
En la figura 2 se observa los sismogramas de algunas estaciones de la RSNC del SGC donde se registró el sismo.

Figura 2. Registro sismológico del evento sísmico en algunas estaciones de la RSNC del SGC.



MECANISMO FOCAL

El mecanismo focal calculado por el proyecto del Global Centroid-Moment-Tensor (GCMT) a partir de la inversión del tensor momento es:



Tiempo centroide: 03:36:43.3 CMT
 Duración media: 1.7
 Tiempo centroide menos tiempo hipocentro: 1.9
 Tensor de Momento: Exp=24 -0.392 1.040 -0.653
 -1.080 -2.660 0.554
 Mw= 5.6 Ms= 5.3
 Plano falla: strike= 288 dip= 20 slip= -8
 Plano falla: strike= 26 dip= 87 slip= -109

Tomado de: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>

GEOLOGÍA ÁREA EPICENTRAL DE LA ZONA DEL SISMO

La sismicidad reportada en este informe ocurre en el flanco W de la Cordillera Occidental, cuenca del río Sipi, afluente del río San Juan, departamento del Choco. Entre 20 a 30 km al SE del borde SE del Cinturón deformado de Itsmina.

Los mapas geológicos del área epicentral, Plancha 222 - Sipí (Cossio, 2002) y 241 - Cucurupi (Montoya, 2002), indican que las rocas que conforman la cordillera son de edad Cretácico, y se encuentran en contacto con rocas Terciarias del Neógeno. Las unidades Cretácicas corresponden a la Formación Penderisco -Miembro Urrao (K2pu) de naturaleza sedimentaria y la Formación Barroso (K2bb) de origen volcánico y afinidad oceánica (Pl. 222: Cossio, 2002). Al sur se documentan la Formación Río Piedras (K2E1p) de naturaleza sedimentaria sin metamorfismo y la Formación Cisneros unidad de origen sedimentario, afectadas por metamorfismo regional de bajo grado y metamorfismo dinámico. Las unidades terciarias se encuentran al W de las unidades cretácicas mencionadas. En la plancha 222-Sipí se traza una falla geológica de dirección SW-NE, que pone en contacto el Miembro Urrao (K2pu) al oriente con la Formación Barroso (K2bb) al lado W, esta falla se interrumpe al sur del río Sipi. Hacia el sur en la plancha 241 – Cucurupi, en la zona epicentral se han trazado dos lineamientos fotogeológicos dentro de la Formación Río Piedras, uno de dirección SW-NE, y otro NNW-SSE.

SECUENCIA DE REPLICAS

Hasta el día 13 de enero se registraron 74 réplicas localizables con profundidad menores a 49 km, estas se muestran en la tabla 1 y en la figura 3 se muestra un mapa de sus localizaciones. Esta serie de réplicas corresponde a un proceso secundario de relación de las concentraciones de los esfuerzos producidos por la ruptura dinámica del sismo principal. Estos sismos generalmente se localizan en toda el área de ruptura y sus alrededores, y su ocurrencia decae de manera exponencial con el tiempo (figura 4), la distribución de las magnitudes en la secuencia de réplicas se observa en la figura 5.

En general las réplicas se concentran alrededor del sismo principal en un área menor de 29 x 29 km.

Tabla 1: Información de tiempo, localización y magnitud de las réplicas.

Año	mes	Día	Hora (UT)	Minuto	Segundo	Latitud	Longitud	Profundidad [km]	MI	Mw
2014	1	5	3	36	39.1	4.643	-76.739	19.6	5,2	5.2
2014	1	5	3	45	49.3	4.561	-76.589	0.0	2,0	
2014	1	5	3	46	32.2	4.578	-76.619	21.7	2,1	
2014	1	5	3	51	26.2	4.622	-76.685	20.0	1,8	
2014	1	5	3	55	15.6	4.581	-76.643	17.5	1,8	
2014	1	5	3	55	44.5	4.601	-76.661	19.3	2,0	
2014	1	5	3	59	33.7	4.602	-76.628	20.9	1,0	
2014	1	5	4	1	20.3	4.622	-76.686	18.0	1,9	
2014	1	5	4	4	41.8	4.603	-76.659	22.0	1,4	
2014	1	5	4	6	25.0	4.585	-76.669	18.8	2,0	
2014	1	5	4	7	40.9	4.561	-76.610	15.5	1,3	
2014	1	5	4	7	41.1	4.560	-76.599	15.8	1,3	
2014	1	5	4	13	0.5	4.586	-76.665	13.2	1,3	
2014	1	5	4	18	47.7	4.577	-76.630	27.9	1,1	
2014	1	5	4	23	0.1	4.589	-76.653	18.9	2,1	
2014	1	5	4	24	47.9	4.571	-76.633	16.4	0,7	
2014	1	5	4	27	28.9	4.602	-76.621	22.0	1,6	
2014	1	5	4	30	8.4	4.640	-76.685	21.5	2,5	
2014	1	5	4	35	4.6	4.580	-76.658	20.0	2,2	
2014	1	5	4	36	46.1	4.619	-76.635	33.8	1,2	
2014	1	5	4	41	36.8	4.580	-76.647	21.2	1,1	
2014	1	5	4	53	17.9	4.585	-76.625	22.9	1,0	
2014	1	5	4	59	26.5	4.594	-76.662	19.6	1,4	
2014	1	5	5	23	28.9	4.623	-76.685	20.0	2,3	
2014	1	5	5	34	16.1	4.684	-76.537	24.0	1,7	
2014	1	5	5	50	56.2	4.578	-76.657	23.1	1,5	
2014	1	5	8	19	14.7	4.630	-76.692	21.7	1,5	
2014	1	5	8	19	15.4	4.584	-76.644	18.1	1,5	
2014	1	5	9	9	12.2	4.701	-76.771	22.8	1,4	
2014	1	5	9	25	4.3	4.611	-76.689	32.1	1,3	
2014	1	5	10	19	28.2	4.625	-76.688	18.2	3,1	3.4
2014	1	5	11	21	6.1	4.760	-76.748	21.8	1,8	
2014	1	5	11	53	39.1	4.640	-76.734	16.5	2,3	
2014	1	5	12	9	44.4	4.619	-76.661	21.6	1,7	
2014	1	5	12	24	38.2	4.556	-76.551	0.0	1,8	
2014	1	5	12	39	46.0	4.585	-76.627	18.4	2,1	
2014	1	5	13	26	57.7	4.606	-76.686	6.1	2,0	
2014	1	5	13	56	26.8	4.613	-76.686	18.8	2,8	



2014	1	5	15	22	16.4	4.557	-76.578	19.8	1,8	
2014	1	5	16	47	26.9	4.593	-76.603	6.3	1,8	
2014	1	6	1	32	2.1	4.588	-76.649	18.3	1,8	
2014	1	6	3	41	12.3	4.578	-76.642	18.7	2,0	
2014	1	6	6	27	2.8	4.576	-76.718	18.3	1,7	
2014	1	6	7	44	37.7	4.602	-76.685	24.1	1,7	
2014	1	6	8	48	51.9	4.603	-76.779	14.1	1,2	
2014	1	6	15	15	41.3	4.582	-76.649	18.2	1,2	
2014	1	6	18	22	50.6	4.603	-76.703	20.0	1,1	
2014	1	7	0	20	45.6	4.615	-76.580	48.6	1,8	
2014	1	7	3	5	39.0	4.591	-76.759	20.6	1,7	
2014	1	7	9	14	34.7	4.620	-76.618	44.7	1,2	
2014	1	7	10	12	37.6	4.568	-76.624	16.9	0,8	
2014	1	7	12	25	39.5	4.589	-76.686	20.6	1,0	
2014	1	7	13	5	33.1	4.583	-76.618	22.5	1,4	
2014	1	7	17	4	48.7	4.675	-76.713	25.0	3,1	3.4
2014	1	8	2	23	26.7	4.592	-76.649	23.6	2,6	3.1
2014	1	8	3	27	14.7	4.584	-76.654	16.3	1,6	
2014	1	8	15	51	5.5	4.621	-76.673	17.0	2,3	
2014	1	8	17	54	44.0	4.589	-76.634	18.6	1,7	
2014	1	8	22	40	39.6	4.569	-76.661	20.5	1,6	
2014	1	8	23	21	34.2	4.615	-76.718	22.3	1,4	
2014	1	9	0	5	12.9	4.578	-76.690	17.7	1,8	
2014	1	9	4	20	17.0	4.584	-76.683	21.4	0,9	
2014	1	9	10	19	54.0	4.593	-76.652	0.0	2,1	
2014	1	9	19	53	24.6	4.571	-76.616	20.0	1,6	
2014	1	9	21	32	25.6	4.639	-76.657	0.0	1,9	
2014	1	10	0	53	31.0	4.582	-76.599	0.0	1,2	
2014	1	11	2	31	33.1	4.572	-76.643	18.4	1,6	
2014	1	11	10	46	25.9	4.599	-76.633	0.5	0,8	
2014	1	12	6	10	32.1	4.580	-76.764	21.0	1,1	
2014	1	12	9	15	34.7	4.799	-76.790	21.4	1,1	
2014	1	12	11	42	30.7	4.597	-76.640	20.0	1,3	
2014	1	12	21	22	57.6	4.578	-76.617	1.4	1,5	
2014	1	13	18	53	49.7	4.612	-76.627	37.1	2,1	
2014	1	13	22	13	1.6	4.554	-76.568	0.0	1,4	

Figura 3. Mapa de Replicas registradas y localizadas por la RSN del SGC.

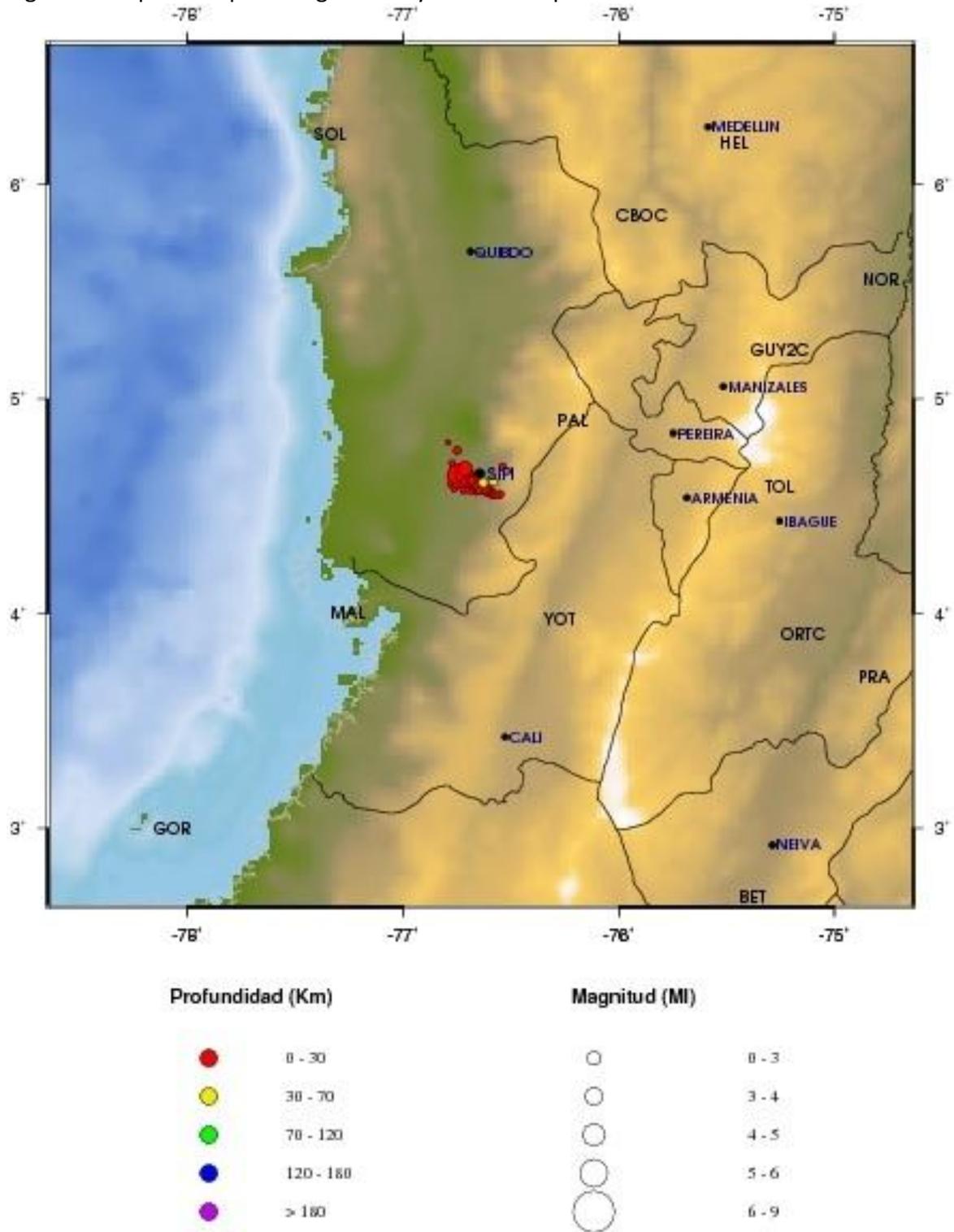


Figura 4. Distribución en días del número de réplicas del sismo del 4 de enero de 2014 con magnitudes locales $M_L > 0.7$, hasta nueve días después del sismo principal.

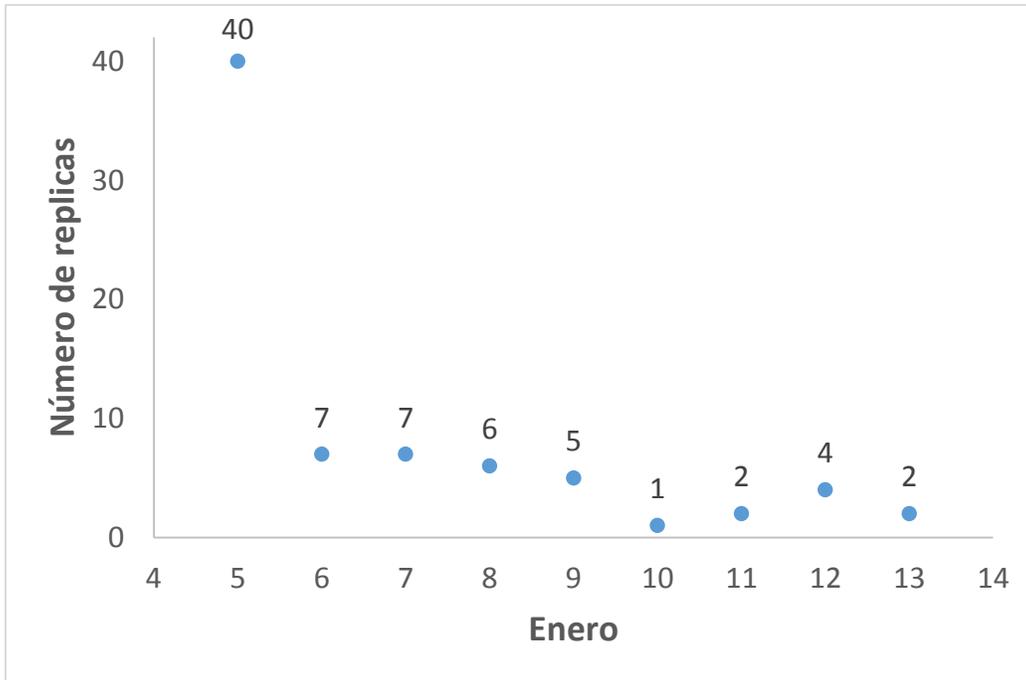
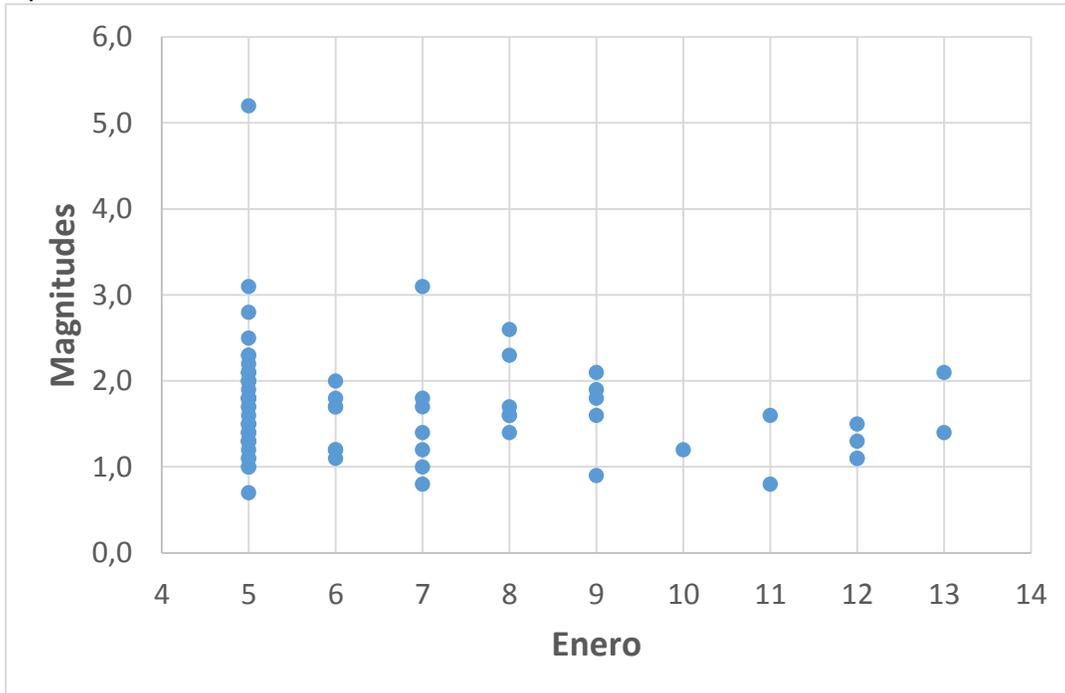


Figura 5. Distribución en días de las magnitudes en la secuencia de réplicas del sismo del 4 de enero de 2014 con magnitudes locales $M_L > 0.7$, hasta nueve días después del sismo principal.



MOVIMIENTO FUERTE

Después del sismo, se extrajeron los acelerogramas de las estaciones que cuentan con conexión remota a nuestra oficina central en Bogotá. Se realizó el procesamiento básico de los acelerogramas el cual consiste en la conversión de la señal de unidades de cuentas a unidades de aceleración en gales o cm/s^2 ; remoción de línea base y aplicación de un filtro pasa banda que conserve la señal casi en su forma original.

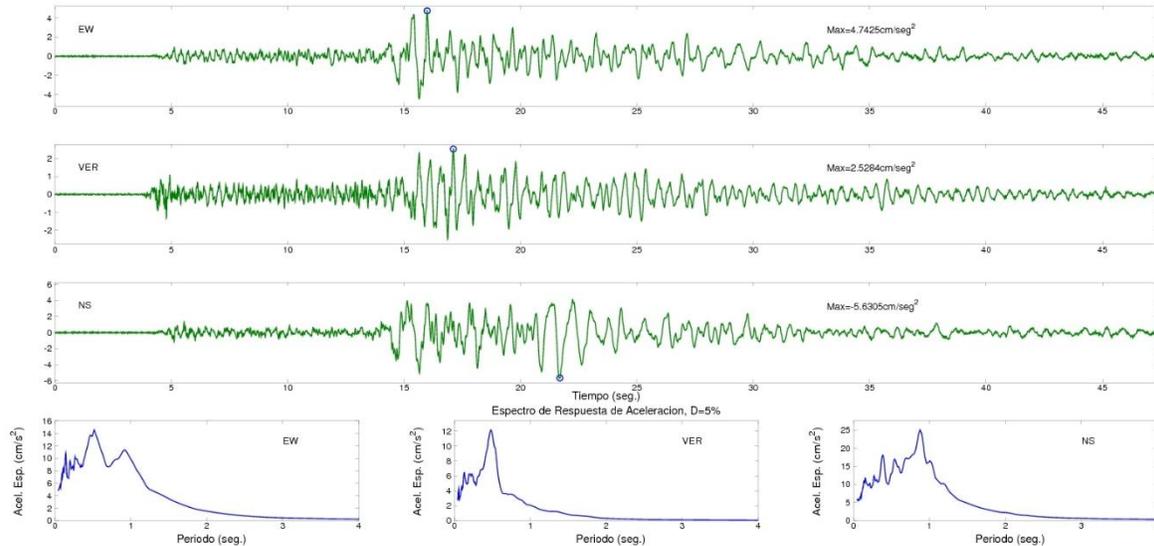
Las aceleraciones máximas (PGA) de las tres componentes del movimiento (Este-Oeste, Norte-Sur y Vertical) registradas hasta la fecha de emisión de este informe se presentan en la Tabla 2; así como la distancia hipocentral. En la figura 6 se muestran las aceleraciones máximas registradas y el espectro de respuesta para un amortiguamiento del 5%, de las tres componentes de la estación Cali SGC – RAC02.

Tabla 2. Aceleraciones máximas registradas (PGA) y distancia hipocentral de algunas estaciones de acelerógrafos que registraron el sismo del 9 de Enero de 2014, $M_w = 5.2$.

ESTACIÓN	CÓDIGO	GEOLOGÍA	DISTANCIA HIPOCENTRAL	ACELERACIONES EN GALES (cm/s^2)		
				Comp. E-O	Comp. Vertical	Comp. N-S
CALI, SGC	RAC02	SUELO	78	4.74	2.53	5.63
YOTOCO, VALLE	CYOTO	ROCA	119	1.35	1.19	0.54
FLORENCIA	CFLOR	ROCA	159	1.50	1.17	1.84
ARMENIA	CARME	SUELO	176	4.95	2.23	6.45
BAHIA MALAGA	CBMAL	ROCA	192	0.62	0.78	0.24
MANIZALES, SGC	CMAN1	SUELO	238	1.75	1.01	2.20
CUFINO	CCUFI	LAVA	251	0.15	0.12	0.11
PASTO, OBONUCO	CPAS1	ROCA	252	0.06	0.08	0.11
BOGOTA, SGC	CBOG1	SUELO	276	1.44	0.61	2.25
NORCASIA	CNOCA	ROCA	309	0.53	0.70	0.27
TUMACO-FARO	CTUM2	ROCA	336	0.06	0.06	0.04

La estación de acelerógrafo más cercana al evento fue la ubicada en la ciudad de Cali (sede del SGC), Valle del Cauca con código RAC02, a una distancia hipocentral de 78 kilómetros. La aceleración máxima registrada en ésta estación se obtuvo en la componente Norte – Sur con un valor de 5,63 cm/s^2 . En la Tabla 2 se observa que las estaciones ubicadas sobre suelo registraron aceleraciones mayores que las estaciones que están instaladas sobre roca, esto se debe a que la estructura del suelo actúa como un medio amplificador para las ondas sísmicas, lo que se conoce como efecto de sitio.

Figura 6. Aceleraciones máximas (PGA) registradas y el espectro de respuesta para un amortiguamiento del 5%, de las tres componentes de la estación de acelerógrafos ubicada en Cali SGC – RAC02.



EVALUACIÓN DE INTENSIDADES A PARTIR DE LOS REPORTE RECIBIDOS VÍA INTERNET

La intensidad sísmica es una medida cualitativa que se evalúa teniendo en cuenta los efectos observados en las personas, objetos, construcciones y naturaleza, en un área determinada. Estos efectos se analizan y se asigna un grado de intensidad para cada sitio según una escala de intensidad, en este caso, la Escala Macrosísmica Europea de 1998 (EMS-98), para posteriormente generar el mapa de intensidades.

Para evaluar la intensidad del sismo, se utilizaron los reportes recibidos a través del Formulario para la evaluación de intensidad sísmica, disponible en la web: <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/paginas/intensidades/fsentido.html>, con estos datos se elaboró el mapa de intensidades (figura 7 y tabla 3), disponible en línea: <http://seisan.ingominas.gov.co/RSNC/paginas/intensidades/mapa.php?id=20140105033546&lat=4.68&lon=-76.82&pro=32&mag=5.2&epi=SIPI-CHOCO>. En el mapa se observa una distribución de las intensidades concentrada principalmente en el Eje Cafetero, norte del departamento del Valle y en Antioquia. La intensidad más alta se evaluó en Armenia, La Tebaida, Cali y Palmira donde se reportó que el sismo fue sentido muy fuerte, la gente se asustó y corrió a la calle (intensidad 5).

La intensidad 4, que hace referencia a que el sismo es sentido por la mayoría de personas que se encuentran dentro de edificaciones, se observa balanceo de objetos colgantes y traqueteo de porcelanas, puertas y ventanas, fue evaluada en poblaciones del Eje cafetero, Antioquia, Tolima y Valle del Cauca.

En otras poblaciones como envigado y Popayán fue percibido de forma leve y únicamente se observó balanceo ligero de objetos colgantes (intensidad 3). En Bogotá y Neiva fue percibido únicamente por algunas personas que se encontraban en pisos altos de edificaciones, en posición de reposo, por lo cual la intensidad evaluada fue 2.

Figura 7. Mapa de intensidades del sismo del 4 de enero de 2014 a partir de reportes de correos electrónicos.



Tabla 3. Número de reportes e intensidad por municipio

Departamento	Municipio	#Reportes	Intensidad
Antioquia	Envigado	4	3
Antioquia	Andes	3	4
Antioquia	Medellín	18	4
Bogotá D.C.	Bogotá	5	2
Caldas	Villamaría	3	4
Caldas	Manizales	4	4
Cauca	Popayán	6	3
Huila	Neiva	2	2
Quindío	Armenia	13	5
Quindío	Montenegro	3	4
Quindío	La Tebaida	4	5
Risaralda	Pereira	16	4
Risaralda	Dos Quebradas	2	4
Tolima	Ibagué	25	4
Valle del Cauca	Roldanillo	2	4
Valle del Cauca	Cartago	2	4
Valle del Cauca	Buenaventura	4	4
Valle del Cauca	Buga	5	4
Valle del Cauca	Cali	44	5
Valle del Cauca	Candelaria	2	4
Valle del Cauca	Palmira	12	5
Valle del Cauca	Tuluá	6	4
Valle del Cauca	Zerzal	2	4
Valle del Cauca	Sevilla	3	4