



**EL SISMO DE SANTA ROSA DEL SUR - BOLÍVAR DEL 23 DE FEBRERO DE  
2022 ASPECTOS SISMOLÓGICOS Y MOVIMIENTO FUERTE**

**Bogotá D. C., marzo de 2022**



**El futuro  
es de todos**

**Minenergía**

**SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO ©**

Oscar Paredes Zapata  
**Director General**

Marta Lucía Calvache  
**Directora técnica de Geoamenazas**

Patricia Pedraza García, Coordinadora  
**Coordinadora Grupo evaluación y monitoreo de la actividad sísmica**

**AUTORES**

Ruth Emilse Bolaños

Patricia Pedraza García

Fernando Garzón Varón

Lina Aguirre López

Esteban Poveda Núñez

Indira Molina

Edwin Mayorga López

Miguel Lizarazo Calderón

Daniel Siervo Plata

Viviana Dionicio Lozano

Omar Mercado Díaz

Juan Carlos Bermúdez

Luisa Fernanda Castillo

Helber García

Elizabeth Mazo

Gustavo Adolfo Redondo

Mónica Arcila Rivera

Diana Rocío Barbosa

Ana Milena Sarabia

Laura Vanessa Velásquez

Alba Estella Ordoñez

**Citación:** Bolaños, R., Pedraza, P., Garzón, F., Aguirre, L., Poveda, E., Molina, I., Mayorga, E., Lizarazo, M., Siervo, D., Dionicio, V., Mercado, O., Bermúdez, J., Castillo, L., García, H., Mazo, E., Redondo, G., Arcila, M., Barbosa, D., Sarabia, M., Velásquez, L. y Ordoñez, E. (2022). *El sismo de Santa Rosa Del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

## CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
1 MARCO SISMOTECTÓNICO	7
2 MECANISMOS FOCALES Y TENSORES MOMENTO SÍSMICO	10
3 MOVIMIENTO FUERTE	14
4 SISMICIDAD HISTÓRICA EN LA REGIÓN	19
5 EVALUACIÓN DE INTENSIDADES A PARTIR DE LOS REPORTES RECIBIDOS VÍA INTERNET	23
6 MAPAS DE INTENSIDADES INSTRUMENTALES	26
CONCLUSIONES	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

## RESUMEN

El 23 de febrero de 2022 a las 07:49:33 hora local, se presentó un sismo de magnitud  $M_w$  5.60 con epicentro en Santa Rosa del Sur (Bolívar), localizado por la red sismológica del Servicio Geológico Colombiano (SGC) en las coordenadas  $7.84^\circ$  N,  $74.30^\circ$  W a una profundidad de 52 km, con un mecanismo focal normal y se registró una réplica. Este evento fue sentido en gran parte del territorio colombiano, sin causar daños materiales considerables.

La aceleración máxima se registró en las componentes horizontales de la estación de Ocaña, Norte de Santander –OCA– con un valor de la aceleración horizontal media de  $37.23 \text{ cm/s}^2$ , a 117 km de distancia del epicentro.

La evaluación de la intensidad macrosísmica del sismo se hizo según la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98), por medio del formulario web [sismosentido.sgc.gov.co](http://sismosentido.sgc.gov.co), a partir de los cuales se obtuvo la intensidad máxima del evento correspondiente a 6 –daño leve–.

La intensidad instrumental se calculó a partir de las aceleraciones máximas y velocidades medidas en los sensores que registraron el evento. El máximo valor de intensidad instrumental calculado fue de 4, siendo consistente con la profundidad del sismo.

## **ABSTRACT**

On February 23<sup>th</sup>, 2022 at 12:49:33 local time, an earthquake of magnitude Mw 5.6 occurred near the locality of Santa Rosa Del Sur (Bolívar-Colombia). The seismological network of the Colombian Geological Service (SGC) located this earthquake at the coordinates 7.84° N, 74.30° W and at a depth of 52 km. It was followed by five aftershocks. This event was felt in a large part of the Colombian territory, without causing considerable material damage.

The maximum acceleration was recorded in the horizontal components of the station Ocaña, Norte de Santander – OCA, which is located 117 km away from the epicenter. The average value recorded by this component was of 37.23 cm/s<sup>2</sup>.

The evaluation of the macroseismic intensity of the earthquake was performed according to the European Macroseismic Scale (EMS-98), through the web site <http://sismosentido.sgc.gov.co/>. This evaluation allowed to get a maximum intensity of 6 for the main event (i.e., Light damage).

The calculation of the instrumental intensity is based on the maximum accelerations and velocities measured by the sensors that recorded the event.

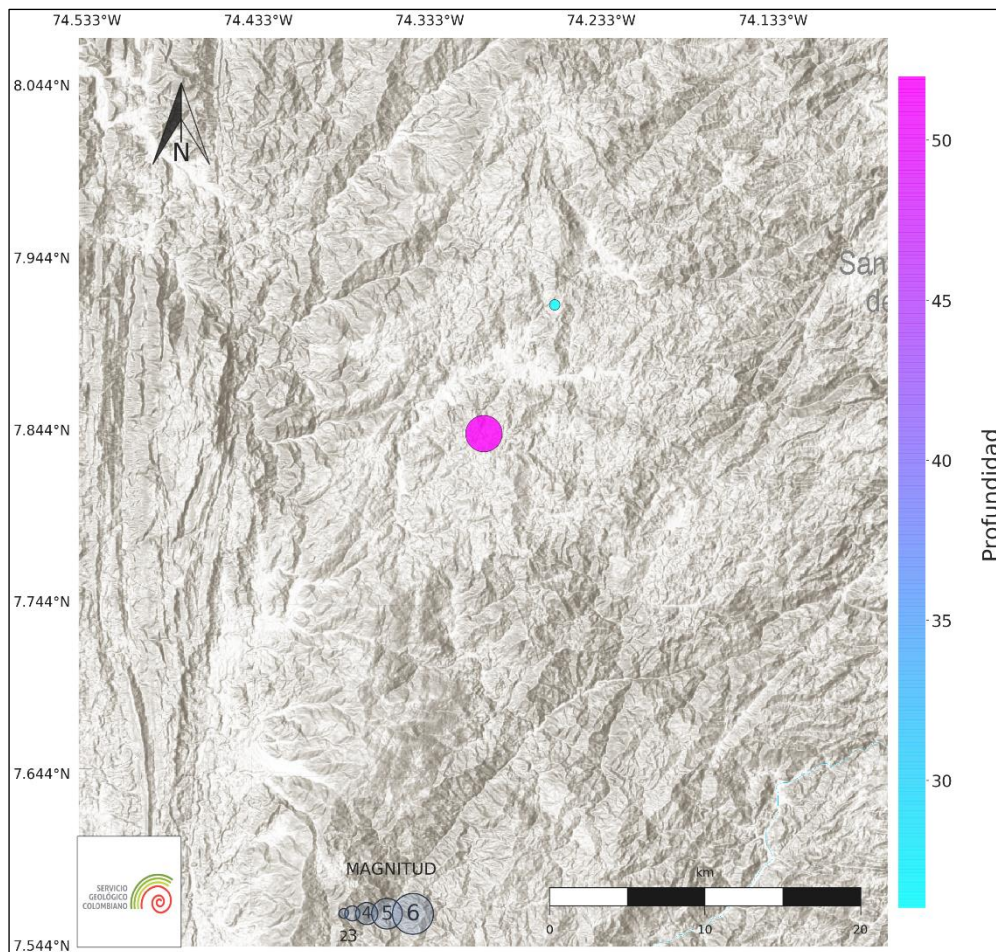
## INTRODUCCIÓN

El 23 de febrero a las 07:49 a.m. se registró un evento sísmico de magnitud 5.6, a una profundidad de 52 km, en la región de Santa Rosa Del Sur en el departamento de Bolívar. Este evento fue reportado como sentido en gran parte del territorio colombiano, en particular en los departamentos de Antioquia, Arauca, Atlántico, Bogotá, D.C., Bolívar, Boyacá, Caldas, Casanare, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, La Guajira, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle del Cauca. A continuación se presentan los parámetros epicentrales del sismo principal y sus réplicas (tabla 1) (figura 1).

**Tabla 1.** Parámetros epicentrales de los sismos

No.	Fecha y hora (UT)	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (km)	Magnitud
1	2022-02-23 12:49	7.84	-74.30	52	5.6
2	2022-02-23 11:11	7.92	-74.26	26	2.2

Fuente: autores



**Figura 1.** Localización del sismo de Santa Rosa del Sur, Bolívar del 23 de febrero de 2022 y sus réplicas

Fuente: autores

## 1 MARCO SISMOTECTÓNICO

La zona de Santa Rosa del Sur, donde ocurrió el sismo de magnitud 5.6, profundidad 52 km, el pasado 23 de febrero de 2022, hace parte de la región noroccidental de Sur América donde convergen las placas de Suramérica, Nazca y Caribe, y los bloques de Andes Norte y Chocó-Panamá. En esta región las placas de Nazca y Caribe subducen bajo la placa de Suramérica y el bloque Chocó-Panamá. También las placas de Nazca y Caribe están divididas en lozas y segmentos buzantes (e. g. Pennington, 1981; Vásquez y Mann, 2013; Syracuse, 2015; Carnthwaite *et al.*, 2021, Sun *et al.*, 2022). Con relación a la estable placa de Sur América, el bloque Chocó-Panamá está convergiendo hacia el occidente con el bloque de los Andes Norte a una tasa de aproximadamente 15 a 18 mm/año, mientras el bloque de Andes Norte está “escapando” hacia el noreste aproximadamente a 8.6 mm/año (Mora *et al.*, 2019). El bloque Andes Norte está experimentando compresión inducida por el bloque Chocó-Panamá y la subducción de la placa Caribe.

Esta compleja configuración e interacción tectónica ha propiciado el desarrollo de varios modelos de subducción que permiten explicar la sismicidad intermedia y profunda que define los diferentes segmentos de las zonas de Wadati-Benioff de la litosfera subducente. Pennington (1981) agrupó la sismicidad intermedia a profunda del noroccidente de Sur América en tres distintas zonas, como base o en representación de los segmentos Bucaramanga, Cauca y Ecuador en los que divide la zona de Wadati-Benioff de la litosfera subducente. El segmento que ocupa el interés de este informe es el más septentrional, el denominado segmento Bucaramanga, tomando como referencia la división de Pennington (1981).

El segmento Bucaramanga se extiende desde los 5.2° a los 11° de latitud norte y contiene el Nido de Bucaramanga. La sismicidad fuera del nido es dispersa; sin embargo, la alineación de hipocentros sugiere una zona de Wadati-Benioff única, que subduce con un ángulo entre 20° a 25° en dirección N 109° E. Esta puede inclinarse un poco a profundidades mayores a 140 km. La litosfera subducida es aparentemente continua con el fondo marino caribeño del NW de Colombia.

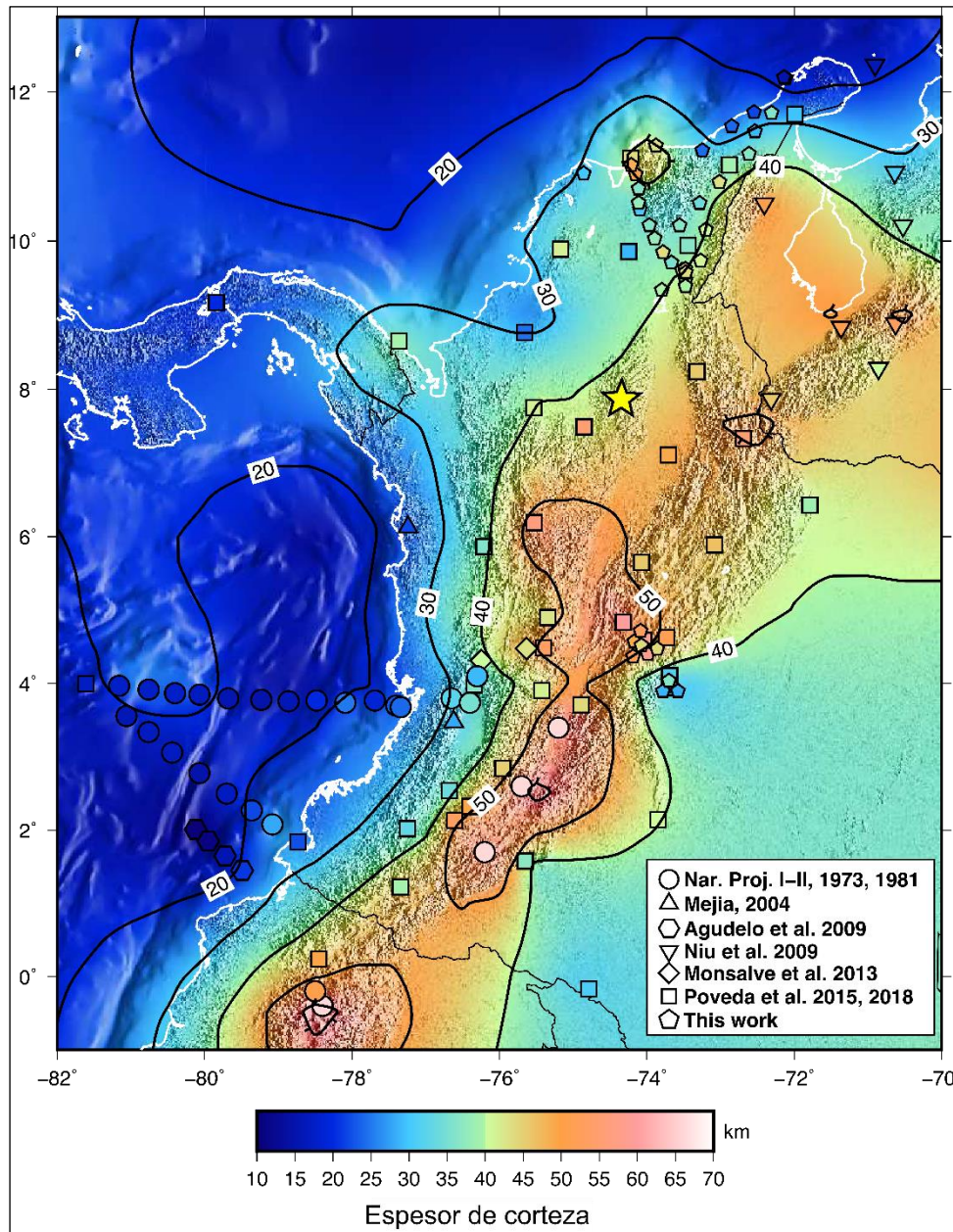
La zona de Wadati – Benioff a la altura del segmento Bucaramanga, se caracteriza por la ausencia de vulcanismo y ha sido estudiada por diversos autores que coinciden en diferenciar una subducción plana del tramo más occidental y el aumento del ángulo de subducción debajo de la Cordillera Oriental de Colombia (Taboada *et al.*, 2000, Chiarabba *et al.*, 2015, Syracuse *et al.*, 2016), en este último tramo de *loza* es donde se produce la actividad sísmica definida como el Nido de Bucaramanga. El estudio de Syracuse (2015) describe la subducción del noroeste de Sudamérica como una subducción compleja con múltiples segmentos de *loza* y un *desgarre* a 5° N que se extiende por 250 km al este; al norte de esta zona de desgarre se encuentra una *loza relativamente más plana*, producto de dos fuentes de subducción: Caribe y Nazca.

Por otro lado, en estudios de espesor de la corteza, se ha puesto en evidencia una importante variabilidad de espesores en la zona de estudio (Poveda *et al.*, 2015). Dichos



El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte

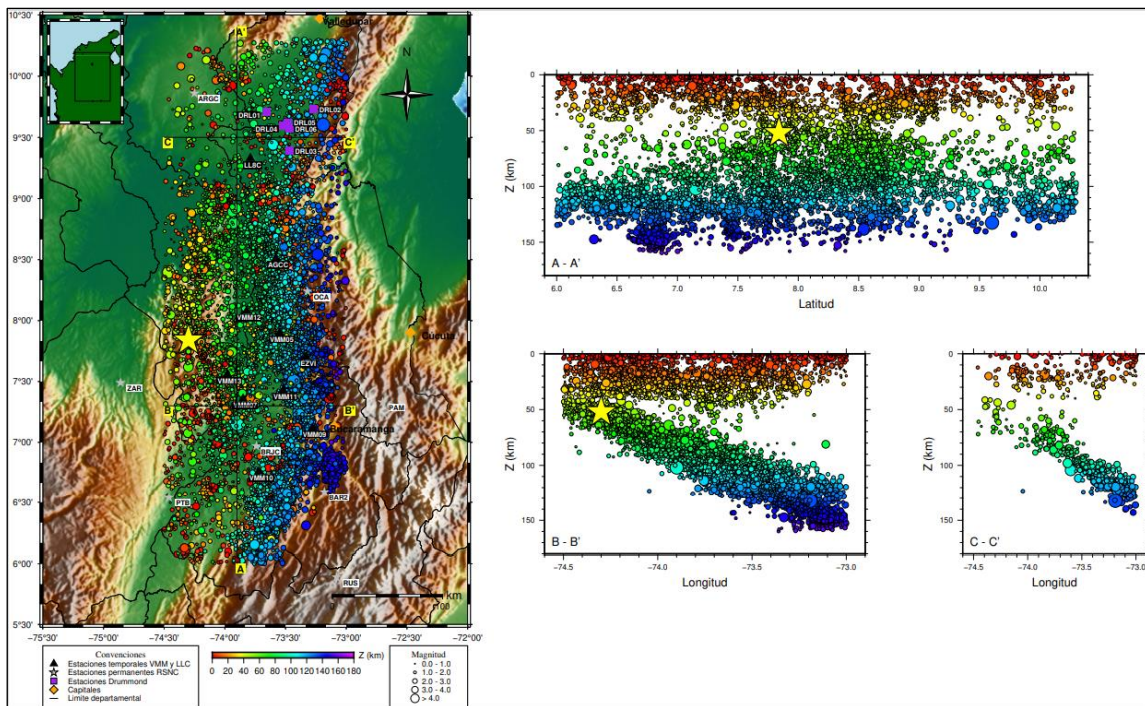
espesores oscilan entre 30 km hacia las zonas costeras, hasta 40 en la cordillera central (figura 2). A pesar de que en el lugar exacto del sismo de Santa Rosa del Sur del 23 de febrero no se tienen datos directos de espesor de corteza, y es necesario extrapolar la información de las funciones receptoras obtenidas de las estaciones sismológicas más cercanas, se puede inferir que en la zona específica del sismo la corteza no sobrepasa los 40 km de espesor.





El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte

De acuerdo con Stein (2003) las zonas de subducción se caracterizan por la producción de una amplia variedad de sismos con profundidades y mecanismos focales diferentes, que a su vez provienen de ambientes tectónicos diversos, en donde los sismos de profundidad menor a 70 km (clasificados como superficiales), se asocian con la interacción entre la placa subducida y la placa que subduce. Esta definición de sismos superficiales en las zonas de subducción se ajusta al sismo estudiado y es bastante congruente con los resultados obtenidos por Londoño *et al.*, (2019). Dicho estudio enfocado en la sismicidad del Valle Medio del Magdalena - VMM, se extiende hasta el sur donde ocurrió el sismo de Santa Rosa del Sur; en dicho trabajo se infiere un segmento de la placa subduciente que alcanza entre 40 y 60 km de profundidad. Quintero y Velásquez, (2019)<sup>1</sup>, realizaron perfiles de sismicidad registrada entre febrero/2014 y Septiembre/2017, en el VMM, infiriendo la geometría de la placa subducida (figura 3), así como de la estructura cortical.



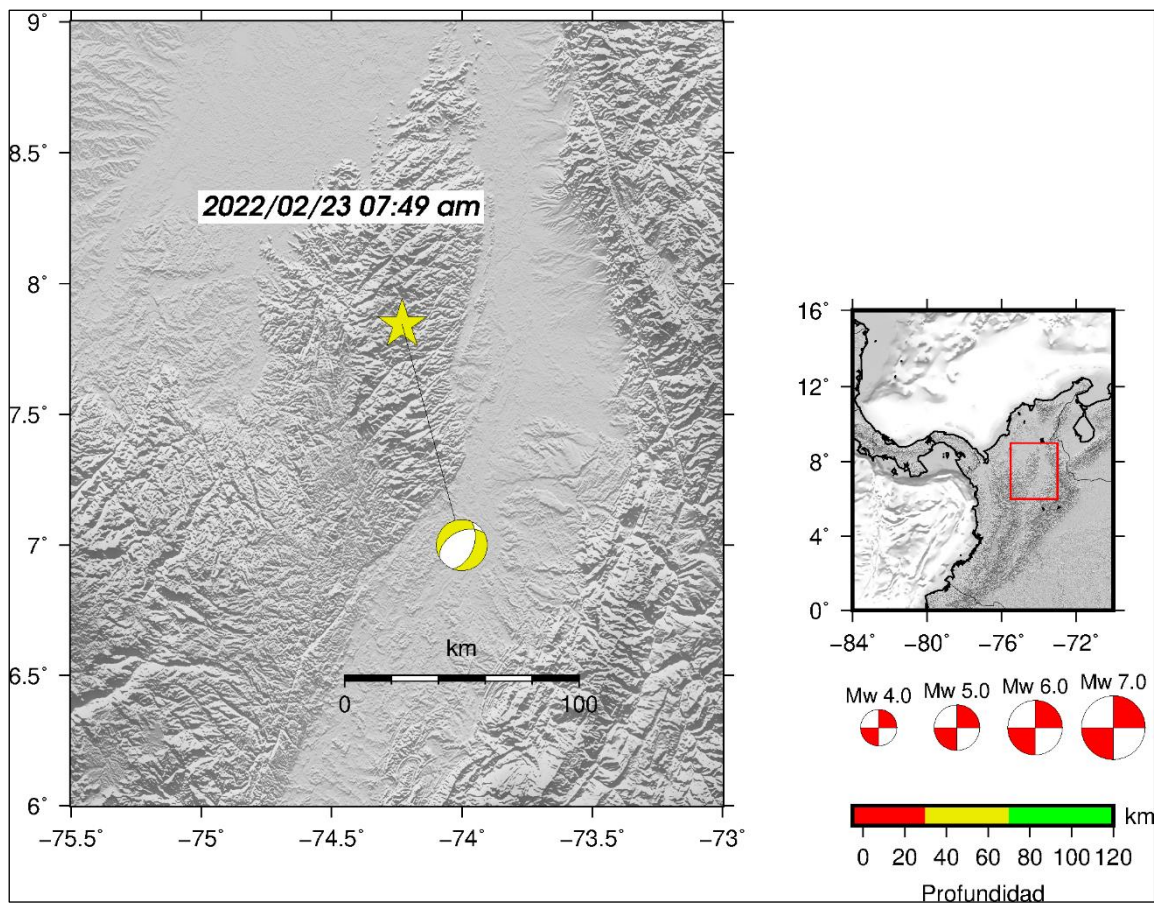
**Figura 3.** Perfiles de sismicidad periodo 02-2014/09-2017

La estrella amarilla indica la ubicación aproximada del epicentro del sismo de Santa Rosa Del Sur  
Fuente: tomada y adaptada de informe inédito (Quintero y Velásquez, 2019)

<sup>1</sup> Obtenidos con información del catálogo de sismicidad del VMM disponible al público en la página web del SGC y que se ha construido gracias a la colaboración entre la Red Sismológica Nacional de Colombia y a redes locales cofinanciadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH.

## 2 MECANISMOS FOCALES Y TENSORES MOMENTO SÍSMICO

El mecanismo focal estimado para el evento principal es de tipo normal (figura 4). Las soluciones del tensor de momento sísmico fueron calculadas para el sismo de magnitud 5.6, en el módulo de SeisComp3, SCMTV, cuyo esquema de inversión se basa en la metodología de S. Minson y D. Dreger (2008) (tabla 2). La solución es consistente con las estimadas con otros métodos implementados en el SGC como SWIFT (Nakano et. al., 2008) (tabla 3) y Fase W (Kanamori y Rivera, 2008), (tabla 4).




**Figura 4.** Solución del tensor momento sísmico para el sismo de magnitud Mw 5.6 del 2022-02-23 12:49, utilizando el módulo SCMTV de SeisComp3

Fuente: autores


El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte

**Tabla 2.** Parámetros y solución de tensor de momento asociado al sismo 2022-02-23 12:49 UTC Mw=5.6, con scmtv

<b>Solución Tensor Momento (sismo 2022-02-23 12:49 UTC)</b>			
	Latitud centroide	7.8445	
	Longitud centroide	-74.299833	
	Profundidad	52 Km	
	M0	2.775277e+17 N.m	
	Magnitud	5.6 Mw	
<b>Planos nodales</b>			
<b>Plano</b>	<b>Strike</b>	<b>Dip</b>	<b>Rake</b>
NP1	241°	46°	-59°
NP2	21°	51°	-117°
<b>Ejes Principales</b>			
<b>Eje</b>	<b>Plunge</b>	<b>Azimuth</b>	
P	68°	228°	
T	3°	130°	
N	21°	39°	
<b>Tensor de Momento</b>			
<b>Mrr</b>	-2.356329e+17 N.m		
<b>Mtt</b>	9.755547e+16 N.m		
<b>Mpp</b>	1.380775e+17 N.m		
<b>Mrt</b>	5.012023e+16 N.m		
<b>Mrp</b>	-7.773644e+16 N.m		
<b>Mtp</b>	1.625236e+17 N.m		

Fuente: Catálogo Mecanismo Focal y Tensor Momento - Servicio Geológico Colombiano  
[https://bdrsnc.sgc.gov.co/sismologia1/sismologia/focal\\_seiscomp\\_3/index.html](https://bdrsnc.sgc.gov.co/sismologia1/sismologia/focal_seiscomp_3/index.html)


**Tabla 3.** Parámetros y solución de tensor de momento asociado al sismo 2022-02-23 12:49 UTC Mw=5.6, con Swift

<b>Solución Tensor Momento (sismo 2022-02-23 12:49:33 UTC)</b>			
	Latitud centroide	7.9°	
	Longitud centroide	-74.3°	
	Profundidad	60 Km	
	M0	1.9090e+17 N.m	
	Magnitud	5.5 Mw	
<b>Planos nodales</b>			
<b>Plano</b>	<b>Strike</b>	<b>Dip</b>	<b>Rake</b>
NP1	24°	54°	-115°
NP2	242°	43°	-60°
<b>Ejes Principales</b>			
<b>Eje</b>	<b>Plunge</b>	<b>Azimuth</b>	
P	5°	131°	
T	68°	-122°	
N	19°	39°	
<b>Tensor de Momento</b>			
<b>Myy</b>	8.8826e+16 N.m		
<b>Mxx</b>	7.5730e+16 N.m		
<b>Mzz</b>	-1.6454e+17 N.m		
<b>Mxy</b>	-1.0482e+17 N.m		
<b>Myz</b>	6.8132e+16 N.m		
<b>Mzx</b>	2.1572 e+16 N.m		

Fuente: Catálogo Mecanismo Focal y Tensor Momento - Servicio Geológico Colombiano  
[https://bdrsnc.sgc.gov.co/sismologia1/sismologia/focal\\_seiscomp\\_3/index.html](https://bdrsnc.sgc.gov.co/sismologia1/sismologia/focal_seiscomp_3/index.html)

El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte

**Tabla 4.** Parámetros y solución de tensor de momento asociado al sismo 2022-02-23 12:49 UTC Mw=5.6, con Fase W

<b>Solución Tensor Momento (sismo 2022-02-23 12:49 UTC)</b>			
	Latitud centroide	7.74°	
	Longitud centroide	-74.46°	
	Profundidad	45.5 Km	
	M0	2.10e+24 dyn.cm	
	Magnitud	5.48 Mww	
<b>Planos nodales</b>			
<b>Plano</b>	<b>Strike</b>	<b>Dip</b>	<b>Rake</b>
NP1	20°	55°	-121°
NP2	246°	46°	-54°
<b>Ejes Principales</b>			
<b>Eje</b>	<b>Plunge</b>	<b>Azimuth</b>	
P	65°	232°	
T	5°	132°	
N	25°	39°	
<b>Tensor de Momento</b>			
<b>Mrr</b>	-0.179e+25 dyn.cm		
<b>Mtt</b>	0.086e+25 dyn.cm		
<b>Mpp</b>	0.092e+25 dyn.cm		
<b>Mrt</b>	0.052e+25 dyn.cm		
<b>Mrp</b>	-0.09e+25 dyn.cm		
<b>Mtp</b>	0.101e+25 dyn.cm		

Fuente: Catálogo Mecanismo Focal y Tensor Momento - Servicio Geológico Colombiano.  
[https://bdrsnc.sgc.gov.co/sismologia1/sismologia/focal\\_seiscomp\\_3/index.html](https://bdrsnc.sgc.gov.co/sismologia1/sismologia/focal_seiscomp_3/index.html)

### 3 MOVIMIENTO FUERTE

El SGC, a través de su Red Nacional de Acelerógrafos, obtuvo valores de aceleración de las estaciones que registraron el evento sísmico de Santa Rosa del Sur - Bolívar. Los valores de aceleración fueron calculados a través del módulo de procesamiento scwfparam<sup>2</sup> integrado en el sistema de adquisición y procesamiento SeisComp3.

La tabla 5 muestra las aceleraciones registradas en las estaciones ubicadas dentro de un área circular con radio  $r = 300$  km, centrada en las coordenadas del epicentro del evento. La aceleración máxima ( $A_{max}$ ) que se presenta, corresponde a la media geométrica de las componentes horizontales, la cual es presentada en porcentaje de gravedad (donde  $g = 980 \text{ cm/s}^2$ ) para facilitar la interpretación de los valores registrados.

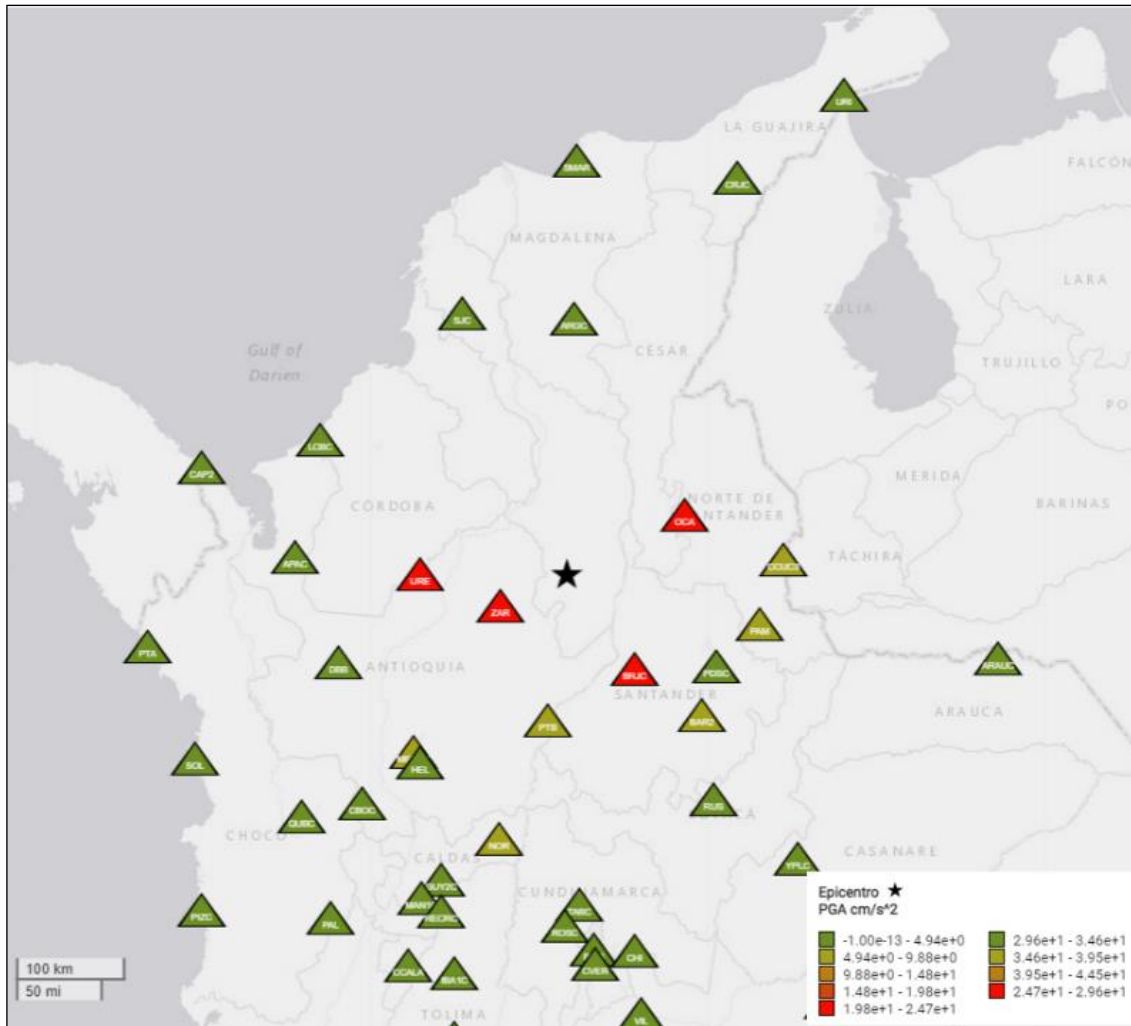
La figura 5 muestra la distribución de las estaciones empleadas para el análisis de movimiento fuerte, incluye el epicentro del evento y las estaciones más cercanas al evento. En los tonos más cálidos hacia el rojo, se identifican las estaciones que registraron las aceleraciones más altas y hacia el verde, las estaciones que registraron los valores bajos. Se observa que a distancias mayores que 160 km, los valores registrados son menores al 1% de  $g$ . En un análisis de formas espectrales, el valor máximo en la estación OCA puede ser debido a efectos de sitio por las características geológicas del suelo en el que se encuentra instalada la estación. Se estima que el valor alto registrado en la estación URE y BRJC, a pesar de estar más distantes al epicentro del sismo, presentan aceleraciones similares a ZAR, que puede deberse a condiciones propias de donde se encuentra ubicada la estación como son los efectos topográficos.

---

<sup>2</sup> Este módulo permite calcular: Aceleración Pico, Peak ground acceleration (PGA) /Velocidad Pico, Peak ground velocity (PGV)/Desplazamiento relativo, Espectro de respuesta elástica (DRS)/Aceleración Pseudo absoluta, Espectro de respuesta elástica (PSA).



El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte



**Figura 5.** Distribución de estaciones que registraron el evento el 23 de febrero de 2022 Mw 5.6 en un área circular de radio aproximado  $r = 600$  km centrado en el epicentro  
Fuente: autores

**Tabla 5.** Valores máximos de aceleración de las estaciones que registraron el evento del 23 de febrero de 2022 a las 07:49 hora local

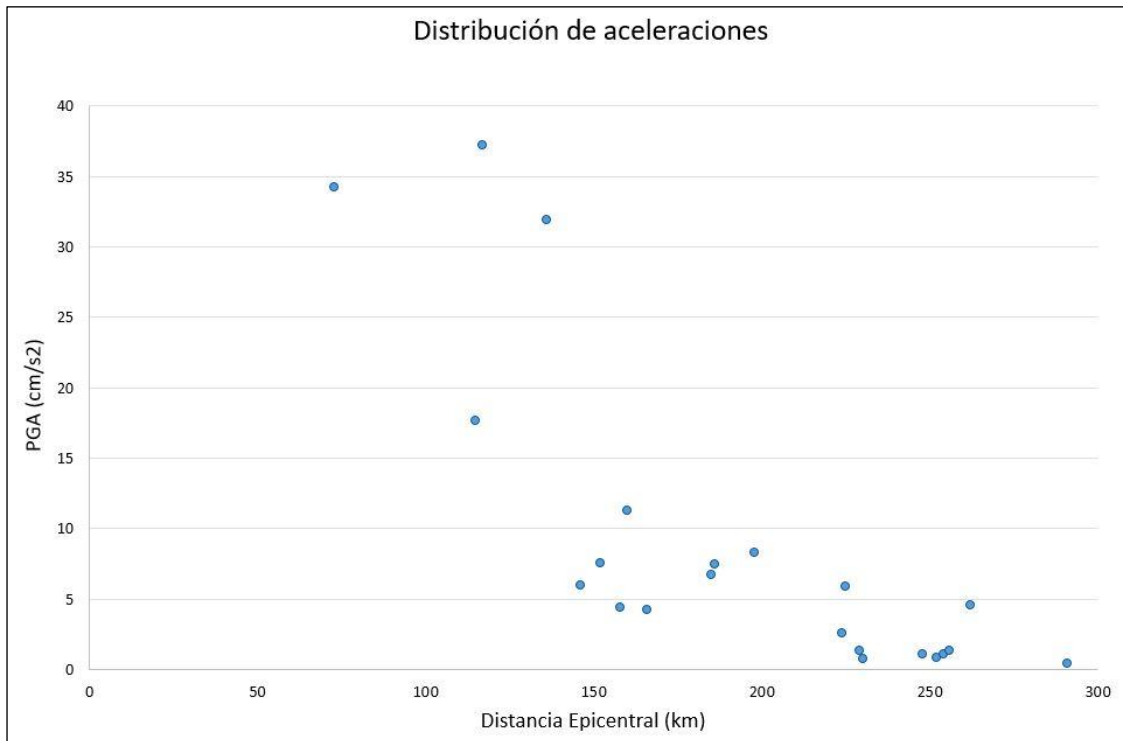
Datos Evento							Fecha: 23/02/2022 Hora UTC: 12:49:33				
Estación de Registro							Aceleraciones				
Estación	Código	Lat	Lon	Elevación	R <sub>Epi</sub>	R <sub>Hipo</sub>	Este - Oeste	Norte - Sur	Vertical	A <sub>max</sub>	Gravedad
		[°]	[°]	[msnm]	[km]	[km]	(cm/s <sup>2</sup> )	(cm/s <sup>2</sup> )	(cm/s <sup>2</sup> )	(cm/s <sup>2</sup> )	[%]
Zaragoza, Antioquia	ZAR	7.492	-74.858	200	73	89	44.455	19.277	11.126	34.263	3.496
Barrancabermeja, Santander	BRJC	6.973	-73.744	110	115	126	14.343	20.459	5.339	17.668	1.803
Ocana, Norte de Santander	OCA	8.240	-73.319	1255	117	128	39.639	34.657	26.672	37.231	3.799
San Jose de Ure, Córdoba	URE	7.752	-75.533	225	136	146	16.652	41.929	12.191	31.901	3.255
Puerto Berrio, Antioquia	PTB	6.540	-74.456	279	146	155	6.066	5.848	4.497	5.958	0.608
UIS - Bucaramanga, Santander	CBUIS	7.142	-73.119	1015	152	161	7.588	7.473	5.153	7.531	0.768
Giron, Santander	CGIR2	7.018	-73.134	1053	158	174	4.372	4.395	2.290	4.384	0.447
Floridablanca, Santander	CBUCF	7.071	-73.074	1147	160	192	12.443	9.885	3.193	11.237	1.147
Piedecuesta, Santander	PDSC	6.992	-73.064	1039	166	193	4.174	4.280	2.307	4.227	0.431
Pamplona, Norte de Santander	PAM	7.340	-72.700	3679	185	205	7.722	5.525	3.211	6.714	0.685
Barichara, Santander	BAR2	6.592	-73.184	1854	186	193	7.610	7.355	3.562	7.484	0.764
Cucuta, Norte de Santander	CCUC3	7.871	-72.504	439	198	205	8.280	8.368	4.786	8.324	0.849
Ariguaní, Magdalena	ARGC	9.858	-74.246	187	224	230	2.912	2.278	1.372	2.614	0.267
Medellín, Antioquia	MEDEC	6.276	-75.589	1552	225	231	7.481	3.767	2.099	5.923	0.604
Santa Helena, Antioquia	HEL	6.191	-75.529	2857	229	235	1.539	1.120	0.953	1.346	0.137
Dabeiba, Antioquia	DBB	7.017	-76.210	780	230	236	0.730	0.749	0.702	0.739	0.075
San Jacinto, Bolívar	SJC	9.897	-75.180	609	248	253	1.081	1.102	0.691	1.092	0.111
Apartadó, Antioquia	APAC	7.900	-76.580	237	252	257	0.735	0.855	0.509	0.797	0.081
Los Cordobas, Córdoba	LCBC	8.857	-76.368	90	254	259	1.027	1.134	0.502	1.081	0.110
La Rusia, Boyacá	RUS	5.893	-73.083	3697	256	261	1.270	1.393	0.799	1.333	0.136
Norcasia, Caldas	NOR	5.564	-74.869	545	262	267	3.440	5.505	1.430	4.590	0.468
Ciudad Bolívar, Antioquia	CBOC	5.864	-76.012	1423	291	295	0.402	0.451	0.273	0.427	0.044

Los registros de las estaciones están ordenados de manera ascendente con la distancia epicentral al evento

Fuente: Catálogo sísmico - Servicio Geológico Colombiano.

<https://sismo.sgc.gov.co/evento/SGC2022dugzug>

La figura 6 muestra la distribución de las aceleraciones horizontales registradas en cada estación reportada. Se observa que la estación de Ocaña, Norte de Santander – OCA – registró la mayor aceleración a una distancia de 117 km del epicentro, mientras la estación Zaragoza, Antioquia - ZAR a una distancia de 73 km del epicentro, registró aceleraciones más bajas. Como se mencionó anteriormente el valor registrado en la estación de Ocaña se debe a un efecto de sitio.



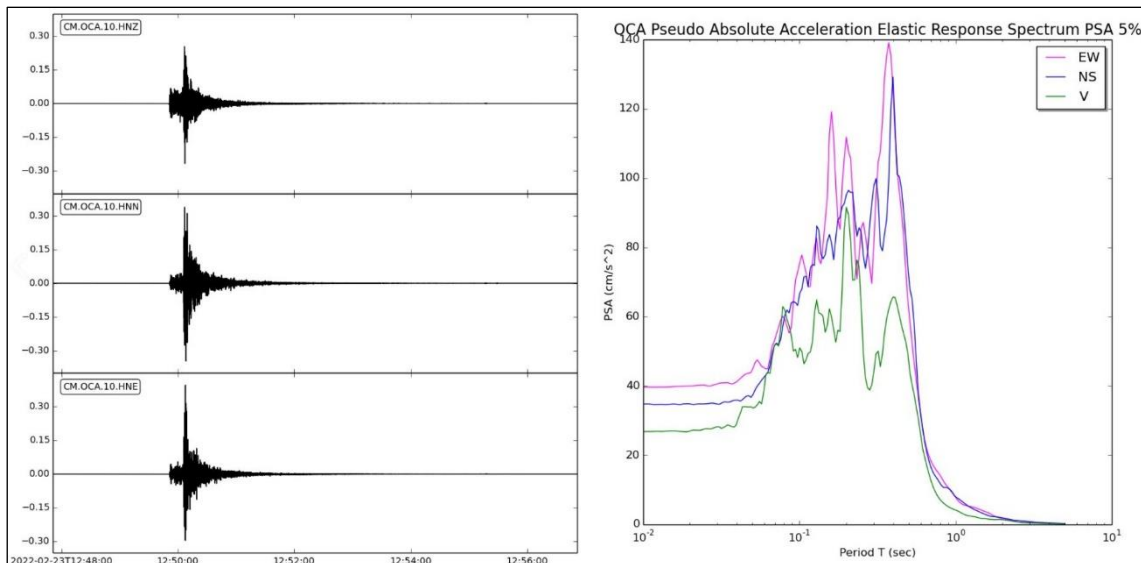
**Figura 6.** Distribución de aceleraciones horizontales promedio para las estaciones cercanas al epicentro  $R_{Epi} < 300$  km

La estación Zaragoza, Antioquia – ZAR la más cercana al epicentro (73 km) registró una aceleración promedio en las componentes horizontales de 34,26 cm/s<sup>2</sup>, mientras que la estación Ocaña, Norte de Santander - OCA, registró el valor máximo de 37,23 cm/s<sup>2</sup>

Fuente: autores

En la figura 7 se muestra el acelerograma y espectro de respuesta del evento sísmico principal registrado en la estación OCA. La respuesta espectral muestra dos picos predominantes alrededor de  $T \sim 0.15$ s y  $T \sim 0.4$ s en las componentes horizontales y dos en la vertical  $T \sim 0.2$ s y  $T \sim 0.4$ s.

El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte



**Figura 7.** Acelerograma y espectro de respuesta del evento Mw 5,6 del 23 de febrero de 2022  
a) acelerograma a las 07:49 hora local y b) espectro de respuesta para un amortiguamiento del 5%,  
para las tres componentes de la estación Ocaña, Norte de Santander – OCA  
Fuente: autores

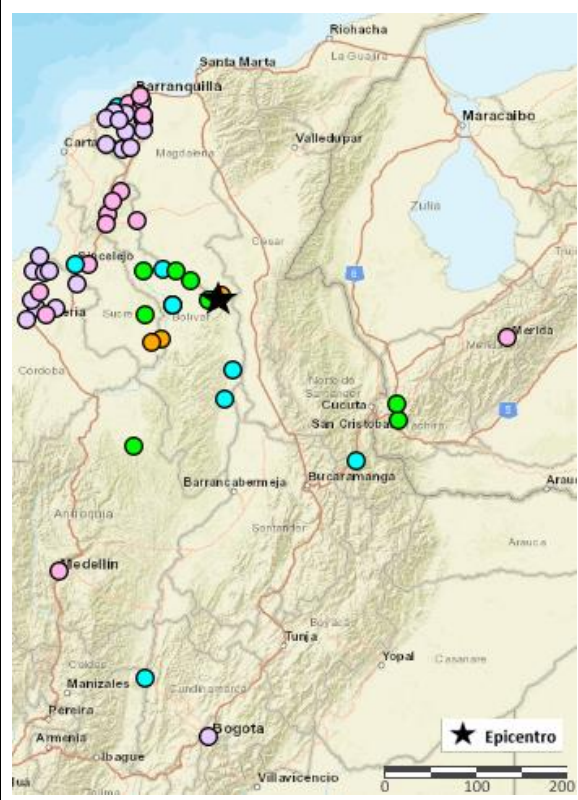
El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte

#### 4 SISMICIDAD HISTÓRICA EN LA REGIÓN

Los cuatro eventos que se mencionan a continuación tienen parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas similares al sismo del 23 de febrero de 2022. Sin embargo, la localización epicentral de esos eventos se encuentra distante 133 km respecto al evento sísmico analizado en el presente reporte.

Evento 1: 6 de marzo de 1869 (tabla 6).

**Tabla 6.** Parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas del sismo ocurrido el 6 de marzo de 1869

	<b>Fecha del sismo</b>	6 de marzo de 1869
	<b>Hora local</b>	6:30 a.m.
	<b>Magnitud</b>	6.0 Ms
	<b>Latitud</b>	9.0°
	<b>Longitud</b>	-74°
	<b>Profundidad</b>	60 km
	<b>Intensidad máxima (EMS-98)</b>	7/8
	<b>Área epicentral</b>	El Banco, Magdalena

La estrella negra marca el epicentro

Fuente: <http://sish.sgc.gov.co/>

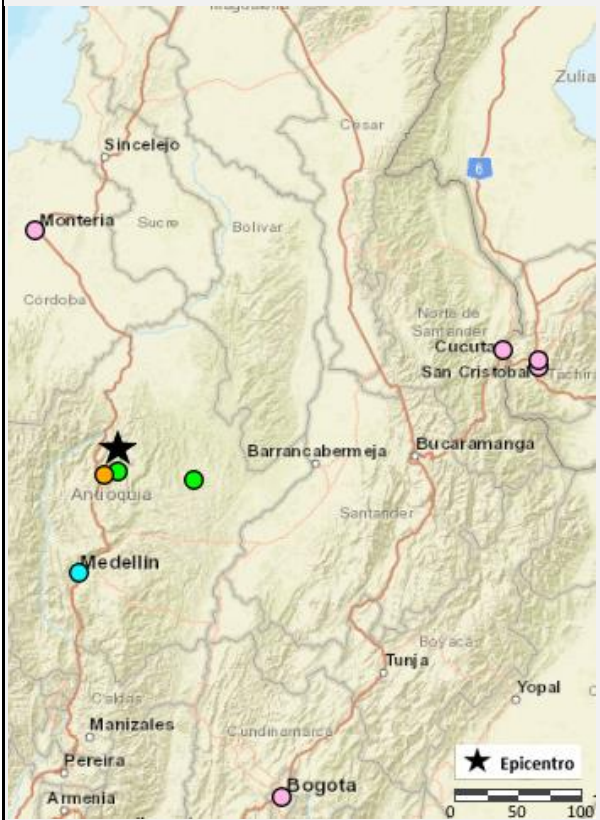
Debido a este evento del 6 de marzo de 1869, en Achí (Bolívar) y Majagual (Sucre) se reportaron efectos de licuefacción, caracterizada por grandes grietas en el terreno, por las cuales brotó agua que inundó las poblaciones. En Margarita y Barranco de Loba (Bolívar), también se reportó licuefacción en menor grado. Y en El Banco (Magdalena), Zaragoza (Antioquia) y San Cristóbal (Venezuela), se abrieron grietas en el terreno. Respecto a daños en las construcciones, se reportaron agrietamientos en edificaciones de las poblaciones de Majagual, Barranco de Loba, Magangué, El Banco, Margarita y Santa Cruz de Mompós, y aún en sitios alejados del epicentro como Pamplona (Norte de Santander) y San Cristóbal y Lobatera (Venezuela).

El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte

Los sitios más distantes donde se sintió el sismo fueron Bogotá y Honda, así como Carora y Carache en Venezuela, localizados a más de 400 kilómetros del hipocentro.

Evento 2: 10 de abril de 1911 (tabla 7).

**Tabla 7.** Parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas del sismo ocurrido el 10 de abril de 1911

	<b>Fecha del sismo</b>	10 de abril de 1911
	<b>Hora local</b>	1:42 p.m.
	<b>Magnitud</b>	6.4 Mw
	<b>Latitud</b>	7.2°
	<b>Longitud</b>	-75.3°
	<b>Profundidad</b>	120 km
	<b>Intensidad máxima (EMS-98)</b>	7
	<b>Área epicentral</b>	Yarumal, Antioquia

La estrella negra marca el epicentro

Fuente: <http://sish.sgc.gov.co/>

El sismo generó daños en las poblaciones de Yarumal y Campamento en el departamento de Antioquia y se sintió en el centro y nororiente del país. El sitio más afectado fue Yarumal, donde se reportaron graves averías en algunas casas y en la torre de la iglesia, la cual posteriormente fue mandada a derribar. En Campamento, se desplomó parte del frontis de la iglesia, y en el corregimiento de Santa Isabel, perteneciente a Remedios, se reportaron "grandes pérdidas materiales", sin especificar de qué tipo. Fue sentido fuertemente en Medellín y Cúcuta en Colombia, y en Barinas, Guanare y Táriba en Venezuela. No se reportaron réplicas sentidas ni efectos en la naturaleza como deslizamientos.



El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte

Evento 3: 18 de febrero de 1962 (tabla 8).

**Tabla 8.** Parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas del sismo ocurrido el 18 de febrero de 1962

	<b>Fecha del sismo</b>	18 de febrero de 1962
	<b>Hora local</b>	12:25 p.m.
	<b>Magnitud</b>	5.8 Mw
	<b>Latitud</b>	6.9°
	<b>Longitud</b>	-75°
	<b>Profundidad</b>	46 km
	<b>Intensidad máxima (EMS-98)</b>	7
	<b>Área epicentral</b>	Maceo, Antioquia

La estrella negra marca el epicentro

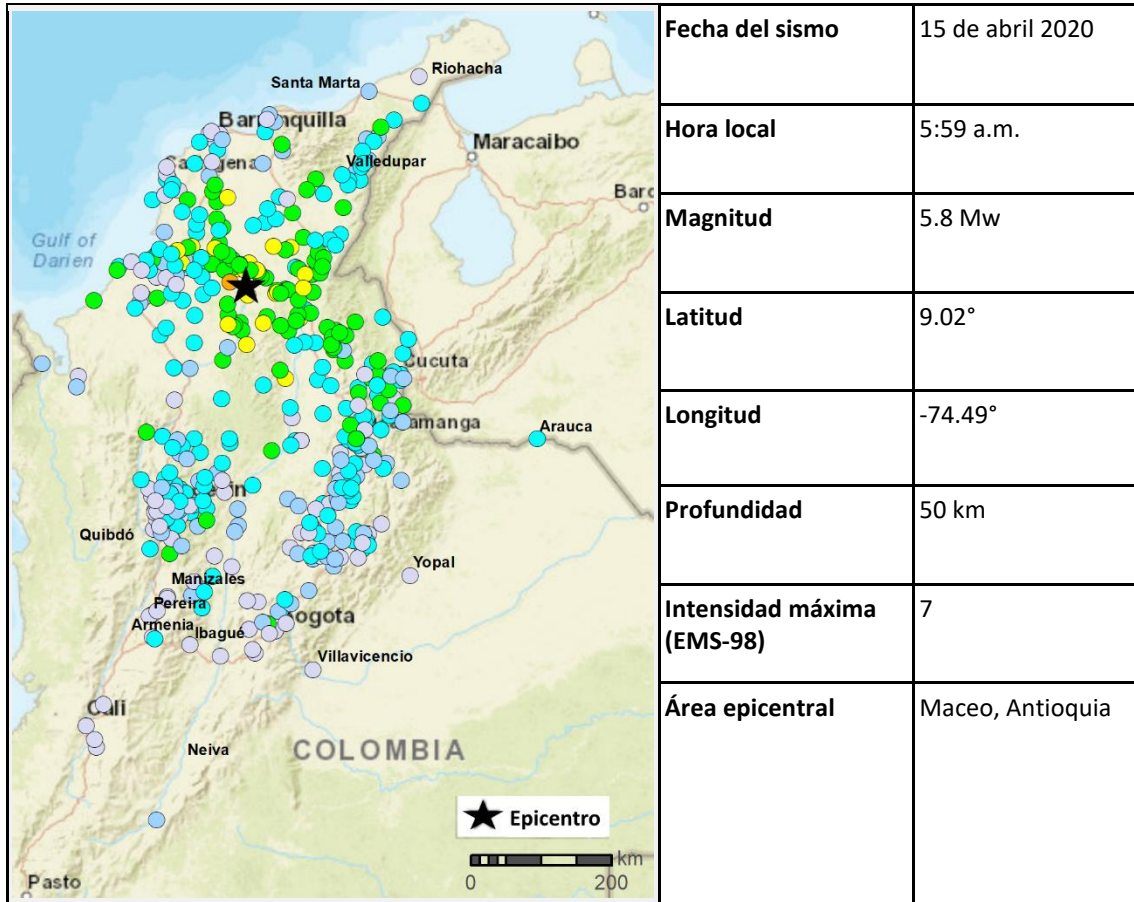
Fuente: <http://sish.sgc.gov.co/>

El sismo afectó principalmente las poblaciones de Maceo, Yalí y Yolombó en el departamento de Antioquia. En Maceo la iglesia y varias construcciones quedaron gravemente afectadas, mientras que, en Yalí y Yolombó, algunas viviendas tuvieron daños de consideración y otros daños leves. En las poblaciones de Medellín, Campamento y Sonsón, el sismo se sintió fuerte alarmando a sus habitantes y las personas salieron al exterior. Pocas viviendas quedaron ligeramente averiadas. En Bogotá, Armenia, Manizales, La Dorada, Remedios, Santo Domingo y Yarumal, fue sentido por algunas personas, pero no ocurrieron daños.

El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte

Evento 4: 15 de abril de 2020 (tabla 9).

**Tabla 9.** Parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas del sismo ocurrido el 15 de abril de 2020



La estrella negra marca el epicentro

Fuente: [https://sismosentido.sgc.gov.co/selector\\_sismo.html](https://sismosentido.sgc.gov.co/selector_sismo.html)

El sismo fue sentido en un área extensa del país y se reportaron agrietamientos y averías en edificaciones de los municipios de El Banco y San Zenón (Magdalena), Talaigua Nuevo, Santa Cruz de Mompós, Pinillos Hatillo de Loba, Montecristo, Tiquiso, El Peñón, Río Viejo, Norosí y Margarita (Bolívar), Chimichagua y Tamalameque (Cesar). Algunos de los sitios más alejados donde el movimiento fue percibido levemente fueron las ciudades de Cali, Ibagué y Villavicencio. También fue sentido en varias poblaciones de Venezuela.

## **5 EVALUACIÓN DE INTENSIDADES A PARTIR DE LOS REPORTE RECIBIDOS VÍA INTERNET**

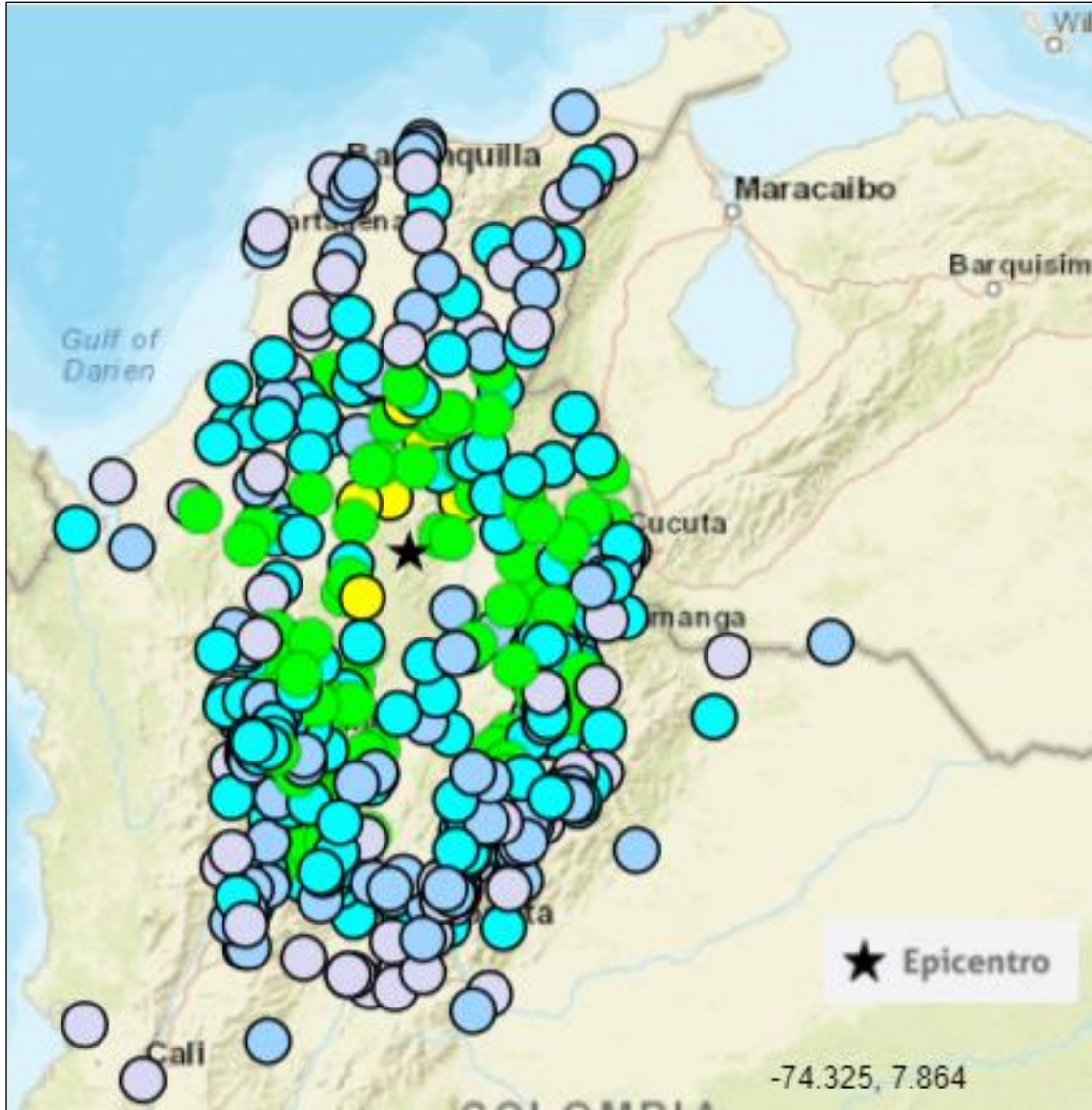
La intensidad sísmica es una medida cualitativa que se evalúa teniendo en cuenta los efectos observados en las personas, objetos, construcciones y naturaleza, en un área determinada. Estos efectos fueron reportados por la población, por medio del aplicativo web disponible en la página del Servicio Geológico Colombiano, “¿Sintió un sismo? ¡Repórtelo!” (<http://sismosentido.sgc.gov.co/>), los cuales fueron *evaluados automáticamente*, con el fin de asignarles un grado de intensidad según la Escala Macrosísmica Europea de 1998 (EMS-98).

El sismo fue sentido en un área extensa del país y en total se recibieron 5697 reportes de 445 centros poblados, la mayoría de los cuales fueron recibidos de ciudades como Medellín, Bucaramanga y Bogotá. La mayoría de los reportes fueron recibidos en la ciudad de Medellín seguido por Bucaramanga, Bogotá, Floridablanca, Cucúta y Bello. La intensidad máxima evaluada mediante el aplicativo fue 6 y hace referencia a que el sismo es percibido por muchas personas, caen objetos livianos y se presentan daños leves como fisuras y ligeras grietas en muros de las construcciones; este valor fue reportado en los municipios de Margarita, Montecristo, Altos del Rosario, San Jacinto del Cauca y Morales localizados en el municipio de Bolívar, así como en El Bagre (Antioquia), localizados hasta a 155 kilómetros del hipocentro.

Algunos de los sitios más alejados donde el movimiento fue percibido levemente (intensidad 2), fueron las ciudades de Cali y Buenaventura, a más de 500 kilómetros del hipocentro.

En la figura 8 se presenta la distribución de intensidades del sismo, el cual se puede consultar en <https://bit.ly/33KaiPP>, donde también se puede conocer el detalle de los reportes recibidos.

El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte



Intensidad (EMS-98)	Descripción
2	Apenas sentido
3	Sentido levemente
4	Sentido ampliamente
5	Sentido fuertemente
6	Daño leve
7	Daño moderado
>7	Daño severo

**Figura 8.** Distribución de intensidades reportadas del sismo del 23 de febrero. Hora local: 07:49 a.m.

La estrella negra marca el epicentro

Fuente: <https://bit.ly/33KaiPP>

### Reporte de daños en infraestructura

Por medio del aplicativo, 23 usuarios reportaron daños en 20 municipios del país: En la tabla 10 se detallan estos datos, pero cabe aclarar que esta información no ha sido objeto de verificación.

**Tabla 10.** Poblaciones en las que los usuarios reportaron daños, utilizando el formulario de “Sismo sentido”

Departamento	Municipio	# reportes con daño	Tipo de daño
Bolívar	Santa Rosa del Sur	1	Fisuras en revestimiento y grietas en muros
	Magangué	1	
Boyacá	Sogamoso	1	
Norte de Santander	El Zulia	1	
Santander	Bucaramanga	4	
Antioquia	Medellín	1	Grietas en muros
Santander	Girón	1	
	Charalá	1	
Córdoba	Montería	1	Caída de revestimiento de los muros
Norte de Santander	Bochalema	1	
Antioquia	El Bagre	1	Fisuras en revestimiento
	Remedios	1	
Bolívar	Cartagena de Indias	1	
	Mompós	1	
Santander	Ocaña	1	
	Barrancabermeja	1	
Boyacá	Tibaná	1	
Cesar	Valledupar	1	
Magdalena	El Banco	1	
Norte de Santander	Cúcuta	1	

Fuente: reportes formularios aplicativo Sismo Sentido

Por otra parte, con base en información de la Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres del Departamento de Bolívar y prensa (oagrdbolivar,2022) (ElTiempo.com,2022), la infraestructura de la Institución Educativa María Inmaculada y 10 viviendas resultaron averiadas en Santa Rosa Sur (Bolívar).

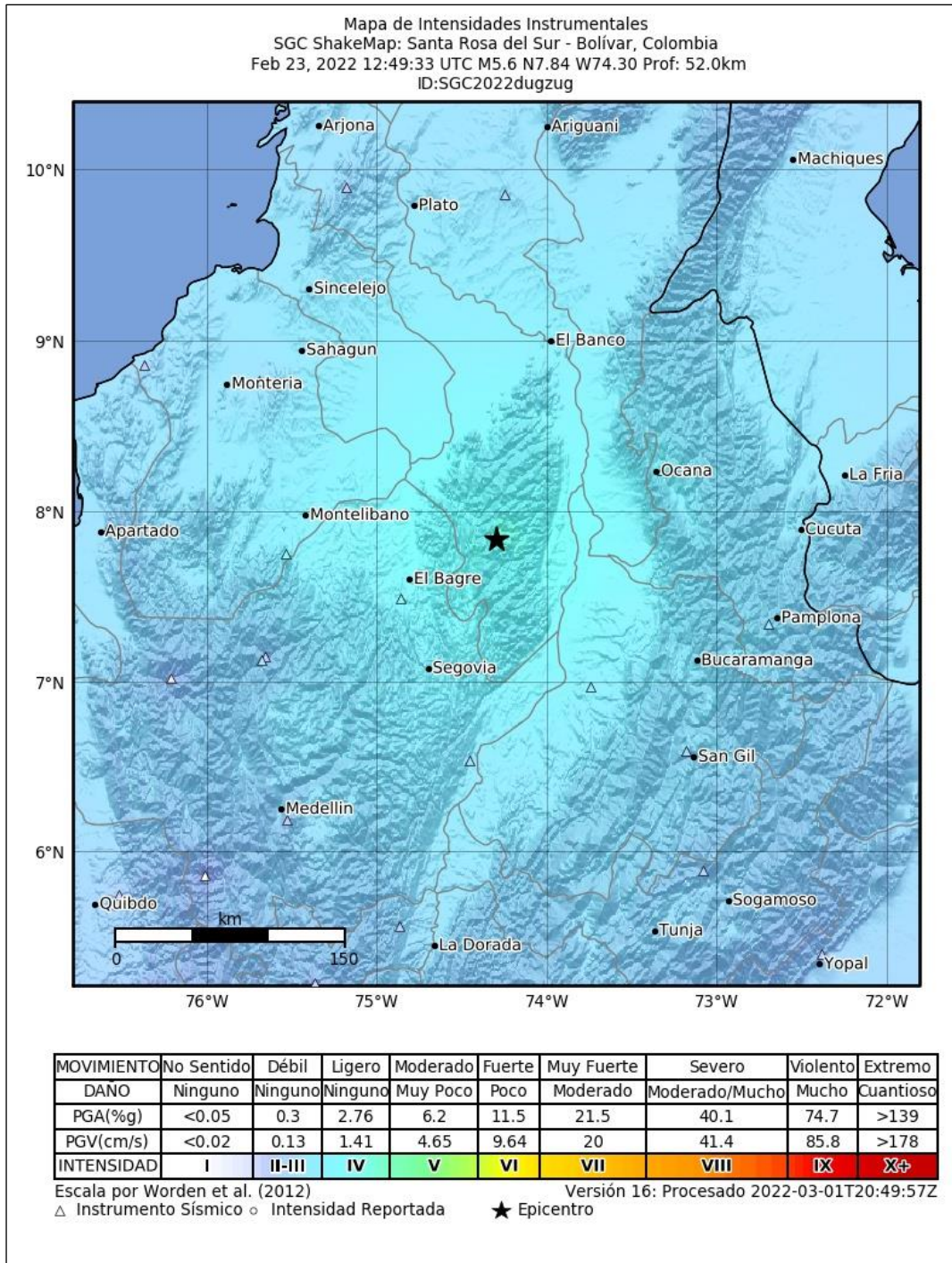
## **6 MAPAS DE INTENSIDADES INSTRUMENTALES**

En los mapas de intensidad instrumental (shakemap) se muestran gráficamente el movimiento del terreno y posibles efectos causados por un sismo, expresados en niveles de intensidad sísmica. Estos valores de intensidad instrumental se obtienen a partir de la combinación de registros de aceleraciones en sismómetros y acelerógrafos, relaciones de atenuación de la energía sísmica e información sobre condiciones sísmicas locales. Los valores de intensidad se expresan con relación a la Escala de Mercalli modificada (MMI).

En la figura 9 se presenta el mapa de intensidades instrumentales asociado al sismo del 23 de febrero de magnitud 5.6, a una profundidad de 52 km, en la región de Santa Rosa del Sur en el departamento de Bolívar. La máxima intensidad instrumental calculada de fue IV en la escala MMI. El mapa de intensidades se generó utilizando la ecuación de predicción de movimiento formulada por Cauzzi *et al.*, (2014), la cual incluye una aproximación de la amplificación debida al efecto de sitio, y considerando que en nuestros últimos análisis ha sido la ecuación de mejor ajuste a los datos colombianos de este tipo de sismos.



El sismo de Santa Rosa del Sur - Bolívar del 23 de febrero de 2022 aspectos sismológicos y movimiento fuerte



**Figura 9.** Mapa de Intensidades instrumentales a partir de las aceleraciones medidas en los sensores de la Red Sismológica Nacional de Colombia  
Fuente: autores

## CONCLUSIONES

Las soluciones del tensor de momento sísmico calculadas para el sismo por medio de diferentes métodos y algoritmos son coherentes con un mecanismo de fallamiento tipo normal.

La estación Zaragoza, Antioquia –ZAR–, la más cercana al epicentro, a 73 km de distancia, registró un valor de aceleración horizontal media de  $34.26 \text{ cm/s}^2$  y una aceleración vertical  $11.13 \text{ cm/s}^2$ . La estación Ocaña, Norte de Santander – OCA – a una distancia de 117 km, registró la mayor aceleración horizontal media de  $37.23 \text{ cm/s}^2$  y la componente vertical registró un valor de aceleración de  $26.67 \text{ cm/s}^2$ , esto indica la presencia de efecto del sitio en donde está instalada la estación de OCA.

La intensidad máxima reportada y evaluada fue 6, con 10 reportes. La intensidad 6 hace referencia a que el sismo se sintió muy fuerte, hubo vibración y caída de objetos y se reportaron daños leves en algunas construcciones. La intensidad máxima instrumental fue de 4 –Sentido ampliamente–.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cauzzi, C., Faccioli, E., Vanini, M., y Bianchini, A. (2014). *Updated predictive equations for broadband (0.01-10 s) horizontal response spectra and peak ground motions, based on a global dataset of digital acceleration records*. Bulletin of Earthquake Engineering. DOI:10.1007/s10518-014-9685-y
- Chiarabba, C., De Gori, P., Faccenna, C., Speranza, F., Seccia, D., Dionicio, V., Prieto, G.A., (2015). Subduction system and flat slab beneath the Eastern Cordillera of Colombia. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 17, 16–27. <https://doi.org/10.1002/2015GC006048>
- Fuerte sismo causó daños en colegio público de Santa Rosa del Sur, Bolívar. *El Tiempo.com*. Recuperado, 23 de febrero de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/temblor-en-colombia-sismo-causo-danos-en-colegio-publico-de-bolivar-653692>
- Londoño, J., Quintero, S., Vallejo, K., Muñoz, F., y Romero, J. (2019). Seismicity of Valle Medio del Magdalena basin, Colombia. *Journal Of South American Earth Sciences*, 92, 565-585. doi:10.1016/j.jsames.2019.04.003
- Mora, H., James, K., Jeffrey, F., Dave, M., Rui, F., Hans, D. (2019). Crustal deformation in the northern Andes – A new GPS velocity field. *Journal of South American Earth Sciences*, 89, pp. 76-91. doi.org/10.1016/j.jsames.2018.11.002
- Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres del Departamento de Bolívar. [@oagrdbolivar]. (2021, febrero 23). *Bolívar no presenta afectaciones ante sismo con epicentro en Santa Rosa Sur. Se efectúan de manera permanente monitoreos en la zona minera, por la presencia de socavones y de personal que trabaja en el territorio*. [Tuit] [Video]. Recuperado de <https://twitter.com/oagrdbolivar/status/1496525866947518475>
- Pennington, W. (1981). Subduction of the Eastern Panama Basin and seismotectonics of northwestern South America. *Journal Of Geophysical Research: Solid Earth*, 86(B11), 10753-10770. doi:10.1029/jb086ib11p10753
- Poveda, E., Monsalve, G., y Vargas, C. A. (2015). Receiver functions and crustal structure of the northwestern Andean region, Colombia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120 (4), 2408–2425. <https://doi.org/10.1002/2014JB011304>
- Quintero, S. P. y Velásquez, L. V. (2019). *Informe de actividades de contrato para Servicio Geológico Colombiano*. Manuscrito Inédito.
- Servicio Geológico Colombiano. (2020). *Consulta Catálogo Sísmico - Catálogo Línea Base de Sismicidad - Valle Medio del Magdalena*: Recuperado el 24 de febrero de 2022, de: [http://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/Catalogo\\_LBG/index.php](http://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/Catalogo_LBG/index.php)
- Servicio Geológico Colombiano (2021) Sistema de Información de Sismicidad Histórica de Colombia: Recuperado el 24 de febrero de 2021, de: <http://sish.sgc.gov.co/visor/>
- Servicio Geológico Colombiano. (2021). Sismos sentidos: Recuperado el 24 de febrero de 2021, de [http://sismosentido.sgc.gov.co/selector\\_sismo.html](http://sismosentido.sgc.gov.co/selector_sismo.html)

- Stein, S., Wyssession, M., y Stein, S. (Ed.) (2003). *Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Blackwell Publishing. Google Books. Recuperado el 24 de febrero 2022, de: <https://books.google.com.co/books?id=-z80yrwFsqaC>
- Storchak, D., Di Giacomo, D., Bondár, I.; Engdahl, E.; Harris, J.; Lee, W.; Villaseñor, A; Bormann, P. (2013). Public Release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900-2009). En: *Seism. Res. Lett.*, 84, 5, 810-815, doi: 10.1785/0220130034.
- Syracuse, E., Maceira, M., Prieto, G., Zhang, H., y Ammon, C. (2016). Multiple plates subducting beneath Colombia, as illuminated by seismicity and velocity from the joint inversion of seismic and gravity data. *Earth And Planetary Science Letters*, 444, 139-149. doi:10.1016/j.epsl.2016.03.050
- Taboada, A., Rivera, L. A., Fuenzalida, A., Cisternas, A., Philip, H., Bijwaard, H., Olaya, J., y Rivera, C. (2000). *Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia)*. *Tectonics*, 19(5), 787–813. <https://doi.org/10.1029/2000TC900004>
- Vargas, C. (2020). *Subduction geometries in northwestern South America*. In: Gómez, J. y Pinilla–Pachon, A.O. (editors), *The Geology of Colombia, Vol 4 Quaternary*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 38, 26 p. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.38.2019.1>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del sismo de Santa Rosa del Sur, Bolívar del 23 de febrero de 2022 y sus réplicas	6
<b>Figura 2.</b> Espesores de corteza calculados con función receptora	8
<b>Figura 3.</b> Perfiles de sismicidad periodo 02-2014/09-2017	9
<b>Figura 4.</b> Solución del tensor momento sísmico para el sismo de magnitud Mw 5.6 del 2022-02-23 12:49, utilizando el módulo SCMTV de SeisComP3	10
<b>Figura 5.</b> Distribución de estaciones que registraron el evento el 23 de febrero de 2022 Mw 5.6 en un área circular de radio aproximado $r = 600$ km centrado en el epicentro	15
<b>Figura 6.</b> Distribución de aceleraciones horizontales promedio para las estaciones cercanas al epicentro $R_{Epi} < 300$ km	17
<b>Figura 7.</b> Acelerograma y espectro de respuesta del evento Mw 5,6 del 23 de febrero de 2022	18
<b>Figura 8.</b> Distribución de intensidades reportadas del sismo del 23 de febrero. Hora local: 07:49 a.m.	24
<b>Figura 9.</b> Mapa de Intensidades instrumentales a partir de las aceleraciones medidas en los sensores de la Red Sismológica Nacional de Colombia	27

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Parámetros epicentrales de los sismos	6
<b>Tabla 2.</b> Parámetros y solución de tensor de momento asociado al sismo 2022-02-23 12:49 UTC Mw=5.6, con scmtv	11
<b>Tabla 3.</b> Parámetros y solución de tensor de momento asociado al sismo 2022-02-23 12:49 UTC Mw=5.6, con Swift	12
<b>Tabla 4.</b> Parámetros y solución de tensor de momento asociado al sismo 2022-02-23 12:49 UTC Mw=5.6, con Fase W	13
<b>Tabla 5.</b> Valores máximos de aceleración de las estaciones que registraron el evento del 23 de febrero de 2022 a las 07:49 hora local	16
<b>Tabla 6.</b> Parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas del sismo ocurrido el 6 de marzo de 1869	19
<b>Tabla 7.</b> Parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas del sismo ocurrido el 10 de abril de 1911	20
<b>Tabla 8.</b> Parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas del sismo ocurrido el 18 de febrero de 1962	21
<b>Tabla 9.</b> Parámetros sismológicos y distribución de intensidades macrosísmicas del sismo ocurrido el 15 de abril de 2020	22
<b>Tabla 10.</b> Poblaciones en las que los usuarios reportaron daños, utilizando el formulario de “Sismo sentido”	25