

AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE LOS PATRONES DE SISMICIDAD SUPERFICIAL EN EL PIEDEMONT LLANERO COLOMBIANO, DEPARTAMENTOS DE CASANARE Y META, COLOMBIA.

Germán Chicangana¹ Patricia Pedraza - García² y Carlos Alberto Vargas - Jiménez³

1. Centro de Investigaciones de Ingenierías y Arquitectura “Rogelio Salmona”, Vicerrectoría de Investigaciones, Corporación Universitaria del Meta, Villavicencio, Colombia, german.chicangana@unimeta.edu.co
2. Red Sismológica Nacional de Colombia, Servicio Geológico - INGEOMINAS, Bogotá D.C.
3. Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Introducción

Trabajos previos como los de París et al. (2000), Chicangana et al. (2007) y Chicangana et al. (2011), entre otros, han podido identificar a partir de datos de campo y sensores remotos, tres fallas del Sistema de Fallas de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental (SFFFCO), susceptibles de producir sismos con $M \geq 6.5$. Estas fallas son próximas al área metropolitana de Bogotá y a la ciudad de Villavicencio; esta última, la más importante del oriente de Colombia. Chicangana et al. (2011) han asignado los sismos de 1743 y 2008

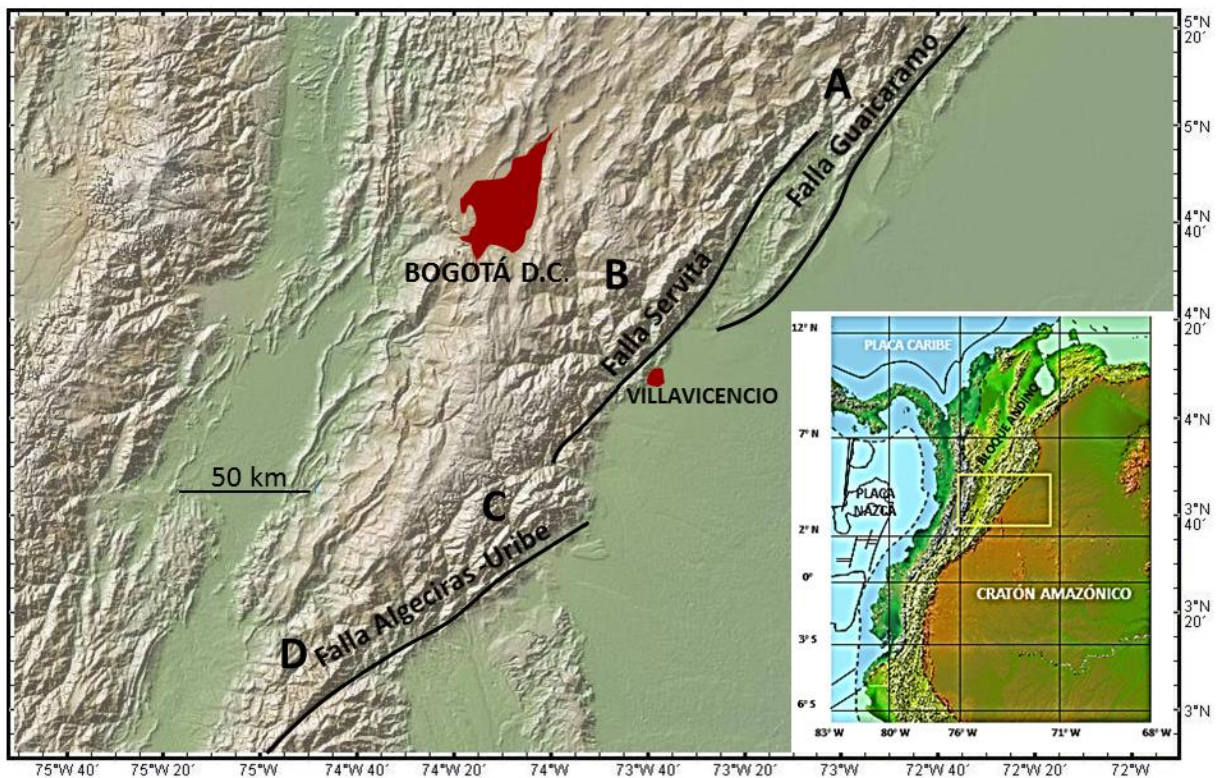


Figura 1. Localización de la región de estudio y localización de las fallas Algeciras - Uribe, Servitá y Gualcaramo. Estas fallas son las principales estructuras del SFFFCO en la parte central de la cordillera Oriental colombiana, son fallas de cabalgamiento, son potencialmente sismoactivas y su geometría en profundidad la indican Chicangana et al. (2007). Las letras (véase figuras 2 y 3) ilustran la variación temporal de la sismicidad en seis regiones por donde se emplazan los segmentos mayores de falla.

A la falla Servitá, los sismos de 1923 y 1924 a la falla Guaicaramo y los sismos de 1785, 1827, 1917 y 1967 a la falla Algeciras - Uribe. Según estos estudios, y el registro de sismicidad instrumental, dichas fallas son potencialmente sismoactivas (ver figuras 1 y 2). Sin embargo, es claro que la falta de un monitoreo de la sismicidad local para esta región que incluye aquí al Piedemonte Llanero y Villavicencio, aumenta la incertidumbre sobre el alcance de su amenaza sísmica. En estas estructuras se han podido identificar aspectos morfotectónicos regionales y evidencia de tectónica activa a nivel local, lo que ha llevado a concluir que esta región presenta una amenaza sísmica alta (París et al., 2000). El reconocimiento ya previo de estas estructuras, así como el registro de la sismicidad instrumental, nos confirma por lo pronto un importante potencial de generación de sismos. En este trabajo presentaremos algunos aspectos sobre su comportamiento a partir de registros sismológicos de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC).

Metodología

La información sismológica empleada en este trabajo comprende datos instrumentales tomados del registro de la RSNC para el lapso 1993 - 2012 (INGEOMINAS, 2012), compilados con magnitud local (M_L) y una sensibilidad desde $M_L \geq 0.6$, por lo que no se sigue aquí un criterio de magnitud representativa mínima tal como lo indica Caneva (2002). Los eventos analizados en este trabajo son corticales ($h < 50$ km) ya que el objeto fue el determinar sólo la sismicidad de las fallas. Estos sismos fueron registrados en 4 o más estaciones de esta red, localizados con el programa HYPOCENTER (Lienert y Havskov, 1995) y el análisis de los patrones de sismicidad local se realizó con la ayuda del software ZMAP (Wyss et al. 2001). La sismicidad registrada por la RSNC para el sector del Piedemonte Llanero debe ser analizada con cautela porque presenta errores significativos de localización debido al diseño geométrico de la red y a su propósito regional. Para poder determinar la movilidad de una falla asociada al SFFFCO en un contexto local, se debe propender como sugerencia técnica por el despliegue de una red sismológica local. De igual manera, la ventana de tiempo aplicada aquí es corta en términos de soporte para un análisis de recurrencia (Scholtz, 2001), sin embargo, puede ser útil para observar la actividad tectónica a nivel regional en lapsos cortos de tiempo sobretodo para mostrar la actividad tectónica de la estructura mayor, así como la formación de patrones de donas de Mogi o de quietud sísmica (Mogi, 1985) para un lapso de tiempo previo a la ocurrencia de un sismo. El análisis se basó en el registro instrumental de 67196 eventos con $0.6 < M_L < 6.8$ y $0 < h < 300$ km.

Para nuestro análisis en los mapas (figuras 1 y 2), las zonas de influencia de cada falla se indican con letras; así, la letra A corresponde a la región de influencia de la falla de Guaicaramo al norte de Villavicencio para un cuadrante demarcado entre las latitudes $5^\circ - 5,5^\circ$ N y $72,5^\circ - 73,5^\circ$ O, la letra B corresponde a la región de influencia de la falla Servita en un cuadrante demarcado entre $4^\circ - 5^\circ$ N y $73^\circ - 74^\circ$ O y las letras C y D corresponden a la región de influencia de la falla Algeciras - Uribe definida por un cuadrante que va entre $3^\circ - 4^\circ$ N y $74^\circ - 75^\circ$ O. En este último caso se hace énfasis en dos sectores de sismicidad debido a lo observado en los mapas de sismicidad.

Resultados y Discusión

En nuestro análisis encontramos que para los sectores A y B se presentan en función del tiempo y la profundidad, dos períodos de quietud sísmica que representan una acumulación de esfuerzos previos a la ocurrencia de un sismo (figuras 2 y 3). En el sector A, se observa que para el lapso que va desde 1993 hasta principios de 1995 se observa un vacío o gap sísmico previo al sismo de Tauramena del 19 de enero de 1995 con $M = 6.5$. Posterior a este evento, la sismicidad en este sector es alta hasta mediados de 1998 y desde esa época hasta principios de 2012 que es el fin de nuestro rango de tiempo analizado, esta se torna baja de manera continua sin presentar variación en su conducta. Para el sector B se observa un vacío

sísmico que se extiende desde principios del 2006 hasta el 24 de mayo del 2008, fecha en que ocurre el sismo de Quetame con $M = 5.9$. La sismicidad para este sector desde la fecha del sismo hasta el fin de

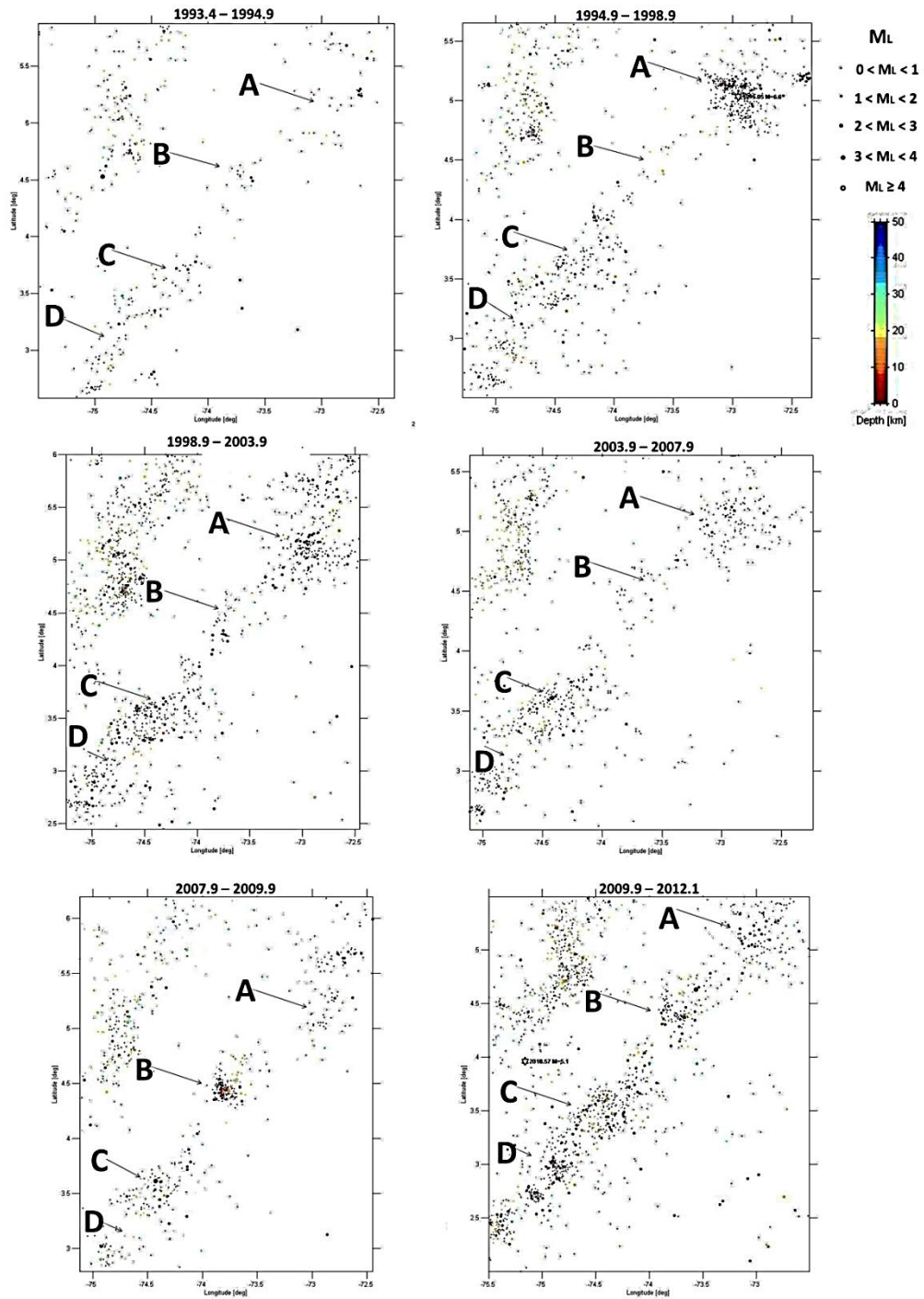


Figura 2. Seis mapas de sismicidad para la región, destacándose una coincidencia en la disposición de los enjambres sísmicos con la ubicación de algunas estructuras regionales.

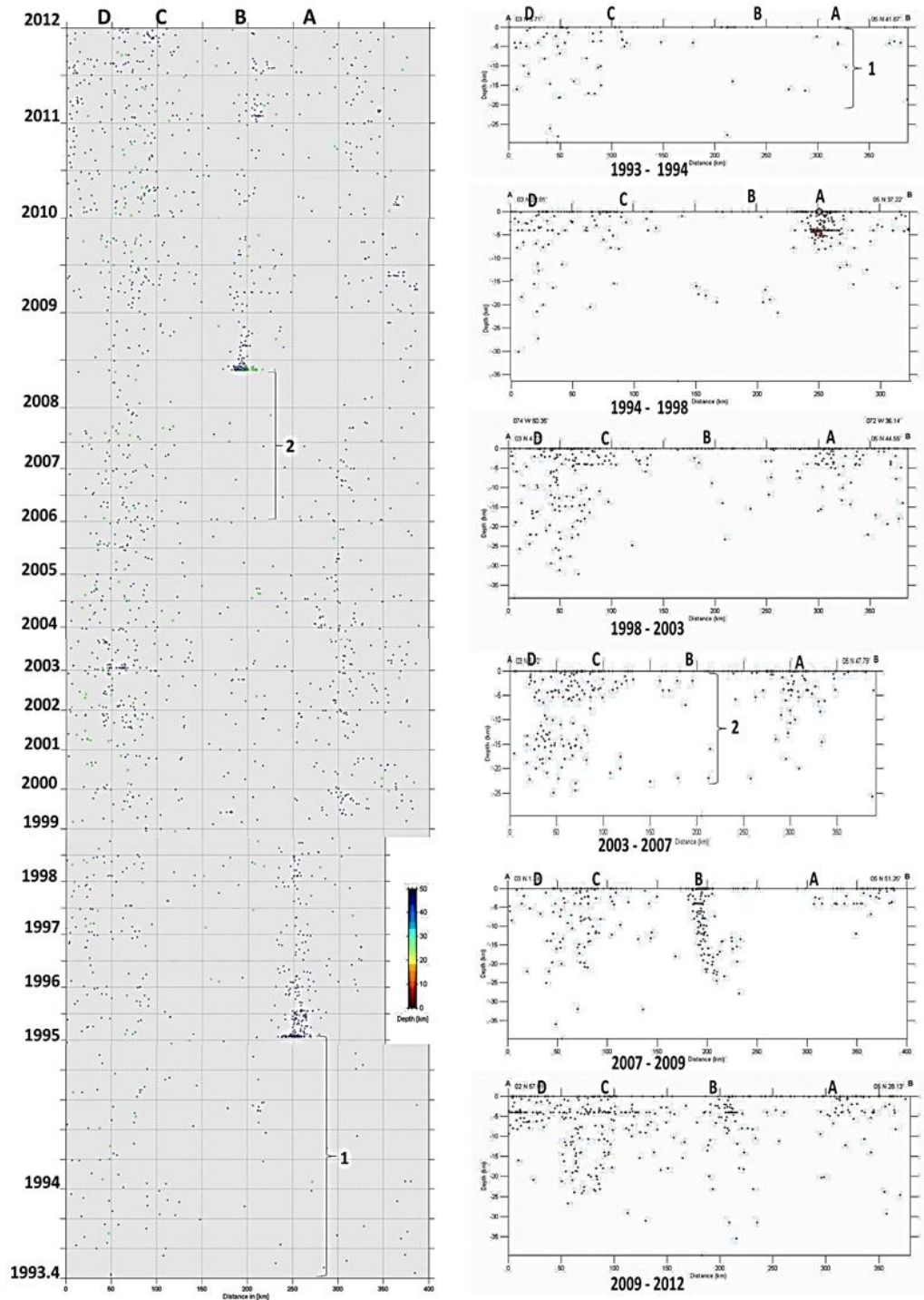


Figura 3. A la izquierda, distribución de la sismicidad en función del tiempo y la profundidad. A la derecha, perfiles sísmicos correspondientes a los lapsos de tiempo discriminados en los mapas de la figura 2 para ayudar a visualizar la variación de la sismicidad en función de profundidad. Obsérvese los patrones de quietud sísmica previos a los sismos de Tauramena del 19 de enero de 1995 (1) y el de Quetame del 24 de mayo de 2008 (2).

nuestro rango de tiempo analizado se mantiene alta y no presenta variaciones. Para los sectores C y D correspondientes a la zona de influencia de la Falla Algeciras - Uribe, la sismicidad es constante y predominantemente alta sin ninguna variación como para determinar algún cambio significativo en la conducta de esta en todo el rango del tiempo de observación aplicado en este análisis. Es de anotar que esta falla presenta una alta sismicidad con la ocurrencia frecuente de sismos $M_L=4.0$, los cuales han sido registrados por la RSNC durante nuestro lapso de tiempo de análisis (INGEOMINAS, 2012) y en la historia esta falla ha producido grandes sismos con magnitudes $M \geq 7.0$ (Velandia et al., 2005).

Conclusión

Para las regiones de influencia de las fallas de Guaicaramo y Servitá se observa una actividad sísmica constante y fluctuante para lapsos de tiempo cortos (períodos de decenas de años), el gap sísmico previo a un evento de gran magnitud sólo pudo ser establecido con seguridad para el caso del sismo de Quetame el cual fue de dos años, mientras que para el caso del sismo de Tauramena, persiste incertidumbre debido a las limitaciones que se presentaron al inicio del registro que se consideró en este análisis, debido a que fue la época de inicio de la puesta en marcha del registro de la red sísmológica. Para la región de influencia de la falla Algeciras - Uribe se trata de una sismicidad intensa y poco fluctuante de acuerdo al lapso de tiempo observado aquí, el cual no supera dos décadas; sin embargo, es importante que un cambio significativo que ocurriera en la sismicidad de este sector para un futuro próximo, daría una clara señal de la proximidad de un sismo cuya magnitud podría ser bastante grande. Es posible que dado el caso la duración esperada de la quietud sísmica previa al evento sería de al menos dos o más años, considerando la dimensión y la magnitud máxima esperada para esta falla.

Referencias

- Caneva, A. (2002). Magnitud representativa. Memorias del I Simposio Colombiano de Sismología. Bogotá D.C. <http://fing.javeriana.edu.co/geofisico/simposio2002/Metodos/MAGNITUD%20REPRESENTATIVA.PDF> (último acceso 07/02/2012)
- Chicangana, G., Vargas, C. A., Kammer, A., Caneva, A. (2011). Determinación de las sismofuentes capaces de generar un sismo $M \geq 6.5$ para las próximas décadas, en la región del Piedemonte Llanero contiguo a Villavicencio. Memorias del XIV Congreso Latinoamericano de Geología, Medellín, Colombia. pp. 150 -151.
- Chicangana, G., Vargas, C. A., Kammer, A., Hernández Hernández, T. A. & Ochoa Gutiérrez, L.H. (2007). *Caracterización Sismotectónica Regional Preliminar de un sector del Piedemonte Llanero colombiano: Corredor San Juan de Arama – Cumaral, Meta*. Boletín de Geología - UIS, **29** (1): 61 - 74.
- INGEOMINAS (2012). Red Sísmológica Nacional de Colombia, Bogotá D.C., INGEOMINAS. <http://seisan.ingominas.gov.co/RSNC/> (último acceso 18/03/2012)
- Lienert, B.R.E. and Havskov, J. (1995). *A computer program for locating earthquakes both locally and globally*. Seismological Research Letters, 66, 26-36.
- Mogi, K. (1985). *Earthquake Prediction*. Academic Press, Tokyo, 355 p.
- París, G., Machette, R., Dart, R. L. and Haller, K. M. (2000). Database and Map of Quaternary faults and folds of Colombia and its offshore regions, Open – File Report 00 – 0284. <http://pubs.usgs.gov/of/2000/ofr-00-0284/ofr-00-0284.pdf> (último acceso 17/6/2011)
<http://pubs.usgs.gov/of/2000/ofr-00-0284/ofr-00-0284.plate.pdf> (último acceso 17/6/2011)
- Scholz, Ch. H. (2002). *Earthquakes and Faulting*. London, Cambridge University Press, 470 p.
- Velandia, P. F., Acosta, J., Terraza, M. R. & Villegas, V. H., (2005). *The current tectonic motion of the Northern Andes along the Algeciras Fault System in SW Colombia*. Tectonophysics. 399 (1 - 4): 313 -329.
- Wyss, M., Wiemer, S. & Züñiga, R. (2001). *ZMAP: A Tool for Analyses of Seismicity patterns, Typical Applications and Uses: A Cookbook*.
<http://www.earthquake.ethz.ch/software/zmap/cookbook.pdf> (último acceso 18/03/2012)
<http://www.earthquake.ethz.ch/software/zmap/ftp> (último acceso 18/03/2012)