

Explicación de las soluciones elegidas (parámetros sismológicos) de los sismos almacenados en el Sistema de Información de Sismicidad Histórica —SISH—

En la “Tabla completa” de los sismos almacenados en SISH (http://sish.sgc.gov.co/visor/sesionServlet?metodo=irATablaCompleta&opciones=MAPA_AC_TUAL_SISMOS), se incluyen los autores seleccionados de la localización, magnitud y profundidad de cada evento, los cuales se explican a continuación:

- a) **Sarabia Gómez, A.M. (2016):** parámetros sismológicos estimados obtenidos a partir de puntos de intensidad macrosísmica. Para sismos de corteza (<50km) ocurridos entre 1644 y 1950, se aplicó el modelo de atenuación de intensidad, desarrollado por Sarabia Gómez, 2016. Las intensidades macrosísmicas para aplicar este modelo, fueron tomadas de la base de datos Sismicidad Histórica de Colombia del Servicio Geológico Colombiano, considerando la calidad de la evaluación de cada punto de intensidad.

Este es un modelo de atenuación lineal, calibrado a magnitud M_w :

$$I = -4.4601 + 2.0066 * M - 0.0249625 * (\text{mediana}\Delta_h)$$

donde I es la intensidad, M la magnitud y "mediana Δ_h " significa la mediana de la distancia hipocentral. Se utiliza una profundidad fija de 15km para evitar valores iguales a cero. Este modelo se puede aplicar a intensidades localizadas hasta 120 km del epicentro y es válido para magnitudes entre 5,1 y 7,1.

Este tipo de modelo ha sido aplicado por algunos autores como Bakun & Wentworth (1997) a los terremotos de California, Hinzen & Oemisch (2001) a los terremotos en el norte de la región del Rin y Palme et al., (2005) a los terremotos en el oeste de Venezuela, obteniendo buenos resultados al modelar distancias cortas.

Los parámetros de confianza para estos terremotos fueron tomados de la Tabla 5 proporcionada en el “Erratum” del artículo de Bakun & Wentworth, publicado en 1999.

- b) **ISC-GEM:** parámetros sismológicos obtenidos de manera instrumental. Para varios terremotos ocurridos desde comienzos del siglo XX, tomamos los parámetros sismológicos del catálogo ISC-GEM (se actualizan los parámetros a medida que se lanzan nuevas versiones).
- c) **Servicio Geológico Colombiano (Beauval et al, 2010):** parámetros sismológicos obtenidos a partir de puntos de intensidad macrosísmica. Se aplicó el modelo de atenuación de terremotos en la Sierra del Ecuador, desarrollado por Beauval et al, 2010, a los terremotos de corteza ubicados en el departamento de Nariño, considerando que esas áreas tienen características sismotectónicas similares. Según Beauval et al, 2010, este modelo predice una atenuación más rápida con la distancia que los modelos establecidos en regiones continentales estables, lo que se espera en una región geológicamente más joven y con presencia de volcanes. Las intensidades macrosísmicas para aplicar este modelo, fueron

tomadas de la base de datos Sismicidad Histórica de Colombia del Servicio Geológico Colombiano, considerando la calidad de la evaluación de cada punto de intensidad.

El modelo de atenuación, calibrado a la magnitud de Mw es:

$$I = -(0,85 \pm 0,76) + (2,41 \pm 0,14) M_w - (5,39 \pm 0,35) \log \Delta h$$

donde I es la intensidad y h es la distancia hipocentral. Este modelo es válido para magnitudes Mw entre 5,3 y 7,1.

- d) **Red Sismológica Nacional de Colombia:** parámetros sismológicos obtenidos de manera instrumental. Para terremotos más recientes, preferimos las soluciones de la Red Sismológica Nacional de Colombia, adscrita al Servicio Geológico Colombiano.
- e) **International Sesimological Centre -ISC:** parámetros sismológicos obtenidos de manera instrumental. Desde 1900, tomamos algunas contribuciones al boletín del ISC <http://www.isc.ac.uk/>.
- f) **Artículos o catálogos publicados:**
 - CERESIS: incluyendo el Proyecto SISRA (1985) y el GSHAP para América del Sur (1995)
 - Camacho, E., Viquez, V. (1993)
 - Dimaté, C., Rivera L., Cisternas A. (2005)
 - Sarabia, A.; Cifuentes, H.; Robertson, K. (2010)
 - Espinosa Baquero, Armando (2012)
 - Beauval et al (2013)
 - Di Giacomo, D.; Sarabia, A. (2020)
- g) **Gómez et al (2020):** parámetros sismológicos estimados obtenidos a partir de puntos de intensidad macrosísmica. Para algunos sismos de corteza ocurridos entre 1644 y 1950, se aplicó el modelo de atenuación desarrollado por Gómez et al, 2020 (también referenciado en Gómez et al 2016a y Gómez et al, 2016b). Las intensidades macrosísmicas para aplicar este modelo, fueron tomadas de la base de datos Sismicidad Histórica de Colombia del Servicio Geológico Colombiano, considerando la calidad de la evaluación de cada punto de intensidad.

El modelo de atenuación, calibrado a la magnitud de Mw es:

$$I = -1.92 - 0.0021R - 3.68 \log R + 2.33M_w \text{ con } s=0.52$$

donde I es la intensidad y R es la distancia hipocentral. Se utiliza una profundidad fija de 15km para evitar valores iguales a cero. Este modelo es válido para Mw entre 5,1 y 7,1.

- h) **Servicio Geológico Colombiano (juicio experto):** parámetros sismológicos estimados obtenidos a partir de puntos de intensidad macrosísmica. Para el caso del 10 de abril de 1911. SGC fijó la profundidad en 120 km (similar a la profundidad de G&R), considerando que el terremoto se sintió en casi todo el país, e incluso en varias ciudades de Venezuela

(a más de 600 km del epicentro), según se documenta en los documentos hitóricos. Además, no hubo réplicas, deslizamientos de tierra o grietas en el suelo, como se informa comúnmente para la mayoría de los terremotos de corteza de alta magnitud en Colombia. El epicentro se ubicó más cerca del punto de mayor intensidad. Intentamos aplicar los modelos de atenuación mencionados anteriormente, pero no dieron buenos resultados, probablemente porque el terremoto es más profundo y esos modelos se aplican a terremotos poco profundos. Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario desarrollar modelos de atenuación de intensidad macrosísmica para terremotos de mayor profundidad.

Referencias

Beauval, C., Yepes, H., Bakun, W., Egred, J., Alvarado, A., Singaicho, J. (2010) Locations and magnitudes of historical earthquakes in the Sierra of Ecuador (1587–1996), *Geophysical Journal International*, 181 (3), 1613–1633, doi:10.1111/j.1365-246X.2010.04569.x

Beauval, C., Yepes, H., Palacios, P., Segovia, M., Alvarado, A., Font, Y., Aguilar, J., Troncoso, L. and Vaca, S. (2013) An Earthquake Catalog for Seismic Hazard Assessment in Ecuador, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 103(2A), 773–786, doi:10.1785/0120120270.

Camacho, E., Viquez, V. 1995. Historical Seismicity of The North Panama Deformed Belt, *Revista Geológica de América Central*, 15, 49–64. San José.

CERESIS -Centro Regional de Sismología para América del Sur- (1985). Programa para la Mitigación de los efectos de los terremotos en la Región Andina (Proyecto SISRA) = Earthquake Mitigation Program in the Andean Region (Projet SISRA). Volume 4: Colombia.

CERESIS -Centro Regional de Sismología para América del Sur-. (1995). Catalogue for South America and the Caribbean prepared in the framework of GSHAP. Disponible en: <http://www.seismo.ethz.ch/static/gshap/ceresis>.

Di Giacomo, D., y Sarabia Gómez, A. M. (2021). Use of macroseismic and instrumental data to reassess earthquake locations: Examples from pre-digital earthquakes in Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103467. <https://doi.org/10.1016/J.JSAMES.2021.103467>

Dimaté, C., Rivera, L., y Cisternas, A. (2005). Re-visiting large historical earthquakes in the Colombian Eastern Cordillera. *Journal of Seismology*, 9(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/S10950-005-1413-2>

Espinosa Baquero, Armando (2012). Enciclopedia de desastres naturales históricos de Colombia. Volumen 3: Banco de datos sobre la historia sísmica de Colombia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales – Universidad del Quindío.

Gómez Capera, A., Stucchi, M., Rodríguez, L., Arcila, M., Bufaliza, M., Choy, J., Minaya, E., Leyton, L., Pirchiner, M., Rendón, H., Sarabia, A., Tavera, H., & Yepes, H. (2020). Catálogo de terremotos de América del Sur homogéneo en Mw para el periodo pre-1964. *GEOS*, 40, 1.

<https://geos.cicese.mx/index.php/geos/article/view/58>.

Gómez Capera A.A., Sarabia A.M., Arcila M., Santulin M., Stucchi M. (2016a). Earthquake parameters estimation from historical macroseismic data in Colombia. *Seismic Hazards in Latin America and the Caribbean at IASPEI Regional Assembly Latin-American and Caribbean Seismological Commission – LACSC* June 20th-22nd, 2016. San José, Costa Rica.

Gómez Capera A.A., Stucchi M, with the collaboration of Arcila M., Bufaliza M., Choy J., Leyton L., Pirchiner M., Rendon H., Rodriguez Valverde L., Sarabia A.M., Tavera H., and Yepes H. (2016b). The T4 working catalogue before 1964 of the SARA project. An integrated and collaborative assessment of seismic risk in South America – SARA PROJECT, Global Earthquake Model [GEM], 38p. Disponible y descargable en: https://sara.openquake.org/hazard_rt4#download_the_sara_t4-catalogues.

International Seismological Centre. (2022a). ISC-GEM Earthquake Catalogue. Version 9.0. <https://doi.org/https://doi.org/10.31905/d808b825>

International Seismological Centre. (2022b). On-line Bulletin ISC. <https://doi.org/https://doi.org/10.31905/D808B830>

Red Sismológica Nacional de Colombia. (1993). Catálogo Sismicidad. <http://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/index.php>

Sarabia Gómez, A. M., Cifuentes Avendaño, H. G., y Robertson, K. (2010). Análisis histórico de los sismos ocurridos en 1785 y en 1917 en el centro de Colombia. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 19, 153–162.

Sarabia Gómez, A.M. (2016). Relación de atenuación de la intensidad sísmica para sismos corticales en Colombia. Método Bakun & Wentworth. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá. Disponible en: <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Relaci%C3%B3n%20de%20atenuaci%C3%B3n%20de%20la%20intensidad%20s%C3%ADsmica%20para%20sismos%20corticales>.