



Boletín de Geología

ISSN: 0120-0283

bolgeo@uis.edu.co

Universidad Industrial de Santander

Colombia

Salcedo-Hurtado, Elkin de Jesús; Gómez-Capera, Augusto Antonio
ESTUDIO MACROSÍSMICO DEL TERREMOTO DEL 18 DE OCTUBRE DE 1743 EN LA REGIÓN
CENTRAL DE COLOMBIA

Boletín de Geología, vol. 35, núm. 1, enero-junio, 2013, pp. 109-128

Universidad Industrial de Santander

Bucaramanga, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349631996009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ESTUDIO MACROSÍSMICO DEL TERREMOTO DEL 18 DE OCTUBRE DE 1743 EN LA REGIÓN CENTRAL DE COLOMBIA

Salcedo-Hurtado Elkin de Jesús^{1,2*} y Gómez-Capera Augusto Antonio³

RESUMEN

El 18 de octubre de 1743 ocurrió en el territorio colombiano uno de los terremotos históricos más devastadores de la región central del país, dejando graves daños en Santa Fe que desde 1740 acababa de ser reinstaurada nuevamente como la capital del Virreinato de Nueva Granada. Fueron destruidas completamente la ermita de Monserrate y la de Guadalupe, otras iglesias sufrieron grandes averías. Los daños se extendieron hasta las poblaciones vecinas de Fómeque, Chía, Usaquén, Cáqueza, entre otras, donde también se destruyeron las iglesias y se notaron fenómenos de hundimientos, grandes grietas, fisuras y deslizamientos que taponaron caminos y algunos ríos y ocasionaron la muerte de varias personas y animales. Aplicando la Escala Macrosísmica Europea de 1998 (EMS-98), en el presente trabajo se hace la reevaluación de la intensidad en cada una de las poblaciones afectadas, y se presenta el mapa de puntos de intensidad. Para las poblaciones de Fómeque, Guachavita y Cáqueza se asignó una intensidad de VIII. Aplicando la metodología de Bakun and Wentworth (1997) y la relación de atenuación de la intensidad macrosísmica propuesta por Gómez Capera y Salcedo Hurtado (2002), de manera preliminar se calcula la magnitud macrosísmica igual a 6.30 ± 0.35 y la localización del epicentro en (4.43N, 73.91W) entre los municipios de municipio de Cáqueza y Guachavita.

Palabras clave: Estudio de Terremoto histórico, intensidad macrosísmica, parámetros del terremoto.

MACROSEISMIC STUDY OF THE 1743 COLOMBIAN CENTRAL REGION EARTHQUAKE

ABSTRACT

On October 18, 1743 a great earthquake hit in Colombian central region. This seismic event caused severe damage in Santa Fe de Bogota that since 1740 had just been reinstated again as the capital of the "Nuevo Reino de Granada". The churches of "Monserrate" and "Guadalupe" were destroyed and other suffered heavy damage. Damages were extended in surrounding areas as the towns of Fómeque, Chía, Usaquén, Cáqueza, among others. In these towns, the churches were destroyed, and subsidence phenomena were noted, large cracks, fissures and landslides that clogged roads and some rivers and caused the death several people and animals. Applying the 1998 European Macroseismic Scale (EMS-98), in the present work reassessing the macroseismic intensity in each affected town. We present a new macroseismic map with 18 intensity data points. We have proposed as maximum intensity equal to VIII in Fómeque, Guachavita and Cáqueza. In Santa Fe de Bogota the intensity is VII. The Bakun and Wentworth (1997) method is applied, using the intensity data points obtained in the present study and macroseismic intensity attenuation relationship given by Gómez Capera and Salcedo Hurtado (2002), to estimate earthquake parameters to 1743 event. We have proposed a macroseismic magnitude that equals 6.30 ± 0.35 and the epicenter location in (4.43N, 73.91W) between the townships of Cáqueza and Guachavita.

Keywords: Historical Earthquake Study, macroseismic intensity, earthquake parameters

¹Observatorio Sismológico y Geofísico de la Universidad del Valle. Ciudad Universitaria. A.A. 25360, Cali-Colombia, e-mail: elsalced@univalle.edu.co

²Departamento de Geografía, Universidad del Valle.

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Milano-Pavia, via E. Bassini 15, 20133, Milan, Italy, email: antonio.gomez@mi.ingv.it

INTRODUCCIÓN

En la historia sismológica del territorio colombiano se tiene evidencia de la ocurrencia de fuertes terremotos que han causado múltiples daños y han dejado diversos tipos de efectos en muchas comunidades. Varios de estos eventos ocurrieron en la época colonial durante el Virreinato de la Nueva Granada, razón por la cual eran motivo de comunicaciones y noticias que los colonizadores enviaban a la Corona para la toma de decisiones relacionadas con el envío de auxilios económicos para ayudar a los damnificados y la reconstrucción de las iglesias y otras edificaciones que eran afectadas.

Uno de estos eventos es el terremoto del 18 de octubre de 1743 ocurrido en la región central de Colombia, que causó daños en varias poblaciones como Santa Fe (hoy Bogotá), Fómeque, Chía, Usaquén, Cáqueza, Cota, entre otras. Aunque la máxima intensidad evaluada en este trabajo no recae precisamente en la ciudad de Bogotá, es importante resaltar que por los daños y efectos allí causados, este evento se convierte en un referente trascendental para la historia sísmica, el análisis de la amenaza y el riesgo sísmico que se configuran en esta ciudad.

La historia sísmica de Bogotá para el periodo 1500-1999 es abundante según la base de datos macrosísmica del INGEOMINAS (1999) (FIGURA 1). Se destaca información sobre terremotos fuertes históricos y recientes ocurridos en Colombia que ocasionaron efectos y daños en la ciudad de Bogotá. En particular se observa que, según la interpretación macrosísmica cuatro grandes terremotos históricos (1743, 1785, 1826, 1917) han impactado la ciudad de Bogotá con intensidades 8MM (escala Mercalli Modificada) y uno con intensidad 7-8M en 1827 (INGEOMINAS, 1999).

La búsqueda documental arrojó como resultado la existencia de varias fuentes históricas que reposan en el Archivo Nacional de Colombia, que contienen información sobre los efectos directos causados por el terremoto del 18 de Octubre de 1743. Muchas de las principales noticias de las fuentes primarias han sido reproducidas e interpretadas por varios autores evaluando intensidades en diversas escalas macrosísmicas (CERESIS, 1985; Álvarez, 1987; Espinosa, 2003; Sarabia y Cifuentes, 2007).

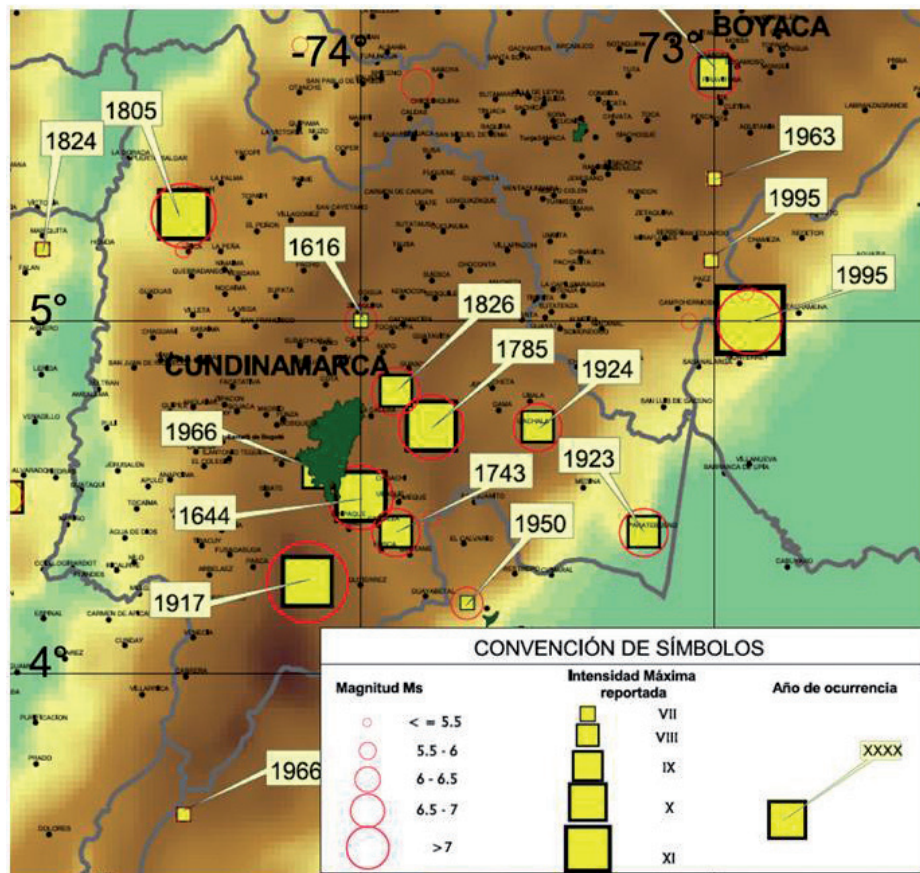


FIGURA 1. Historia sísmica de la región central del territorio colombiano, incluye el sismo del 18 de octubre de 1743.

En el presente estudio, la información recolectada ha sido interpretada a la luz de la Escala Macrosísmica Europea de 1998 (Grünthal ed., 1998), la cual, según (Salcedo y Franco, 2001), la descripción de sus niveles se ajusta mejor a las particularidades estructurales, culturales y naturales del territorio colombiano; además, algunos trabajos recientes (Salcedo Hurtado y Castaño Castaño, 2011), muestran que la aplicación de esta escala en la valoración de eventos históricos representa ventajas comparativas frente a los resultados que se obtienen con otras escalas como la MSK-64 y Mercalli Modificada, tradicionalmente usadas en nuestro medio.

Este procedimiento lo consideramos útil y confiable para realizar el cálculo de la magnitud macrosísmica y su incertidumbre, así como la localización del epicentro con isolíneas de confianza asociadas, proceso que se realizó usando el método de Bakun and Wenworth (1997), ampliamente difundido. En la literatura se proponen parámetros para el terremoto del 18 de octubre de 1743, asignados a “juicio experto” o usando métodos que no dan información de las incertidumbres (Ramírez, 1975; CERESIS, 1985; INGEOMINAS, 1995; Espinosa, 2003; Dimaté *et al.*, 2005; Sarabia y Cifuentes, 2007).

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO BAKUN AND WENTWORTH

El método de Bakun and Wentworth (1997) (de aquí en adelante método B&W97) trabaja explícitamente con un modelo de atenuación de la intensidad macrosísmica de la región donde se va aplicar; tiene la ventaja que usa toda la distribución de puntos de intensidad del terremoto por lo cual funciona de manera adecuada para reproducir epicentros y magnitudes de sismos “offshore” (Ten Brink *et al.*, 2011) o eventos con una pobre o incompleta cobertura azimutal de intensidades macrosísmicas como en los casos de valles en cordilleras como en los Andes del Ecuador (Beauval *et al.*, 2010), los Alpes suizos (Álvarez-Rubio *et al.*, 2011), los Pirineos (Bakun and Scotti, 2006), el Pamir y el Tien Shan (Bindi *et al.*, 2013), entre otros.

B&W97 asume un modelo de atenuación de la intensidad macrosísmica “ I ” en función de la distancia y de la magnitud del terremoto:

$$I_{ij} = a + bM_j - cf(x_{ij}) \quad (1)$$

Donde: “ M_j ” es la magnitud de momento del j -ésimo terremoto (con $j=1, \dots, N_{eq}$, donde N_{eq} es el número de

terremotos considerados), $f(x_{ij})$ es la función de la distancia para el “ j -ésimo” terremoto sentido en el sitio “ i ” e I_{ij} es la intensidad macrosísmica, y “ a ”, “ b ”, “ c ” son constantes.

El método B&W97 usa la ecuación (1) para calcular una magnitud macrosísmica M_j que es equivalente a la magnitud en la cual fue calibrada la relación (1). El método realiza un proceso de inversión de esta ecuación para calcular la magnitud individual al sitio, es decir, la magnitud asociada a cada punto de intensidad MI_{ij} (con $i=1, \dots, NP_j$, donde NP_j es el número total de puntos de intensidad disponible para el j -ésimo terremoto) a partir de los valores individuales de intensidad I_{ij} observados en distancias x_i :

$$M_j = \left(\frac{1}{b} \right) [I_{ij} - a + cf(x_{ij})] \quad (2)$$

B&W97 determina la localización y la magnitud de un j -ésimo terremoto a partir del cálculo de MI_{ij}^k sobre una red de puntos de posibles localizaciones x_k (x_k es el k -ésimo nodo de la red con coordenadas en latitud y longitud). La magnitud MI_{ij}^k es definida como el promedio de las magnitudes MI_{ij}^k calculadas a partir de puntos de intensidad para el terremoto j y asumiendo que el epicentro es localizado en x_k ,

$$MI_j^k = \frac{1}{P_j} \sum_{i=1}^{P_j} MI_{ij}^k \quad (3)$$

De aquí en adelante, se indica con MI la magnitud calculada a partir de datos de intensidad macrosísmica. B&W97 considerada una red de puntos de posibles epicentros x_k , las raíces medias cuadráticas ($rms[MI_j^k]$) son calculadas como:

$$rms(MI_j^k) = \left[\frac{1}{\sum_i w_i^2} \sum_i w_i (MI_{ij}^k - MI_j^k)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

Donde: w_i es una función peso con respecto a la distancia (Bankun and Wentworth, 1997):

$$w_i = \begin{cases} 0.1 + \cos[(R_i/150) * \frac{\pi}{2}] & \text{for } R_i < 150 \text{ km} \\ 0.1 & \text{for } R_i \geq 150 \text{ km} \end{cases} \quad (5)$$

Finalmente, un “offset” igual al mínimo de $rms(MI_j^k)$ con respecto a k es aplicado a los $rms(MI_j^k)$. De acuerdo con B&W97 y Bakun (1999), el “centro de intensidad”

(CI) para el terremoto j es el epicentro de prueba x_k de la red, que se toma con celdas de paso 1km, para la cual $rms(MI)$ es mínimo, donde la magnitud de intensidad MI_j es dada por MI_j^k evaluada en el “CI”.

El “CI” corresponde a la localización de la fuente puntual que mejor satisface los puntos de intensidad macrosísmica, físicamente representa el punto de mayor liberación de energía. En este trabajo se usa el “centro de intensidad” como la localización del evento sísmico a partir de los MDPs y se adopta como “epicentro macrosísmico”. La magnitud MI en el centro de intensidad es la magnitud del terremoto. Las incertidumbres en la determinación de la magnitud calculada están asociadas con el número de puntos de intensidad macrosísmica (NP) según Bakun and Wentworth (1999). Los niveles de rms corresponden a intervalos de confianza de que el “CI” se encuentre dentro del área delimitada por ellas. Los niveles de rms usualmente son representados por el método al 95%, 90%, 80%, 67% y 50% a partir de valores publicados por Bakun and Wentworth (1999).

El método B&W97 ha sido ampliamente aplicado en diferentes regiones como en Japón (Bakun, 2005), California (Bakun, 2006), Francia (Bakun and Scotti, 2006), Venezuela (Choy *et al.*, 2010), el sistemas de fallas de Enriquillo-Haiti (Bakun *et al.*, 2012) y en estudios de incertidumbres epistémicas de parámetros de

terremotos usando re-muestreos de datos con *bootstrap* y árboles lógicos con método de Monte Carlo (Bakun *et al.*, 2011). De igual manera, la metodología B&W97 ha sido aplicada en proyectos de la UE (Gómez Capera *et al.*, 2009) para la elaboración del catálogo de terremotos históricos de dicho continente (Stucchi *et al.*, 2012).

METODOLOGÍA

El proceso metodológico seguido en este trabajo se describe en (Salcedo y Tabares, 2001; Salcedo *et al.*, 2007, Salcedo Hurtado y Castaño Castaño, 2011). Este método es apropiado para el análisis de sismos históricos que se encuentren incluidos en los catálogos de terremotos de carácter nacional o regional y, además, cuentan con información histórica de daños en las construcciones suficiente para la interpretación macrosísmica aplicando escalas actuales. En este caso, se aplica el método intensivista, es decir, sabiendo de la existencia del evento se procede a la revisión sistemática de publicaciones periódicas, libros, documentos de archivos, etc., para acopiar nueva información que conduzca a precisar aspectos como la cronología del evento, área de percepción, parámetros sísmicos y su fenomenología (Rodríguez de la Torres, 1993). Los parámetros sísmicos (coordenadas del epicentro y magnitud macrosísmica) se obtuvieron usando el método B&W97. El proceso metodológico se muestra en la FIGURA 2.

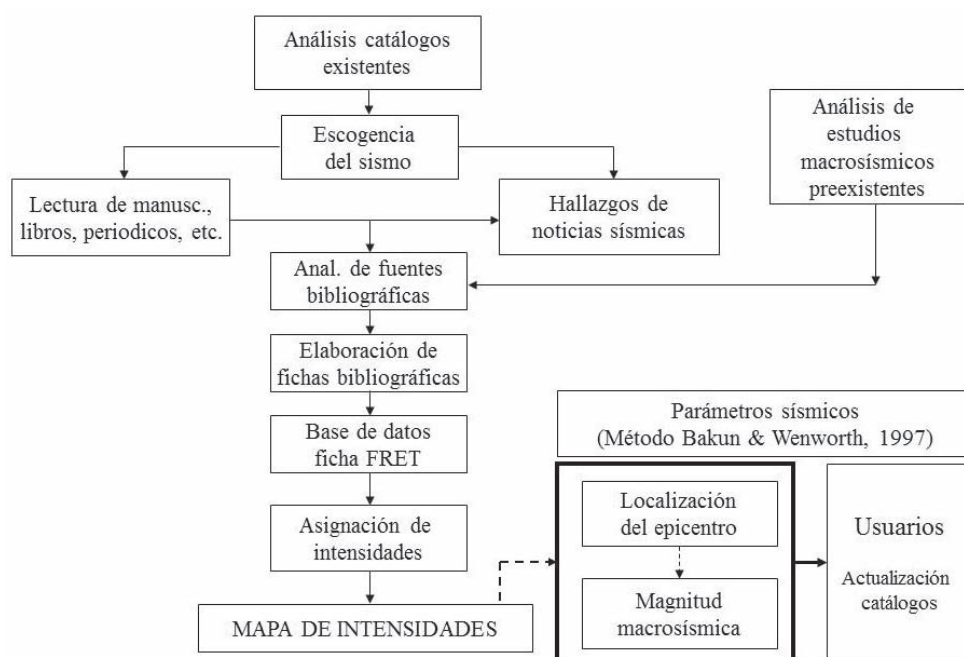


FIGURA 2. Esquematización del proceso metodológico seguido en el presente estudio.

Fuentes documentales

El terremoto del 18 de octubre de 1743, al que le siguieron múltiples réplicas que se prolongaron por más de un mes, representa uno de los fuertes terremotos que en la época colonial causó serios estragos en Santa Fe (Bogotá) y poblaciones vecinas. Sus efectos y daños se concentraron en una pequeña área del departamento de Cundinamarca, lo cual puede ser indicio de su poca profundidad, por lo cual no se esperan efectos fuera de esta región, fuera de posibles efectos locales. Las principales fuentes primarias sobre este evento fueron dadas a conocer por José María Caballero (1902) y Vargas-Jurado (1902), y posteriormente reproducidas por Jesús Emilio Ramírez, S. J. en su libro *Historia de los terremotos en Colombia* (Ramírez, 1975, publicado inicialmente en 1969). En algunas otras obras (Samper-Ortega, 1938; Álvarez, 1987; Espinosa, 1994 y Espinosa, 2003, entre otras) se encuentran reproducciones parciales de las noticias originales. Recientemente Sarabia y Cifuentes (2007) han realizado una interesante recopilación de información, reportando además sus propias asignaciones de intensidad en la escala EMS98.

Para el presente trabajo se han consultado fuentes originales; la búsqueda de información se llevó a cabo en archivos, bibliotecas, hemerotecas, librerías y centros de documentación en las ciudades de Bogotá, Cali y Popayán. La información revisada es clasificada

como de archivo y fuentes bibliográficas e impresas, como se señala a continuación.

Fuentes de Archivos. Se trata de información obtenida de los archivos y tiene la característica de ser de alta credibilidad puesto que generalmente corresponde a escritos o relatos de testigos oculares sobre los efectos del terremoto. Este tipo de información se obtuvo en el Archivo General de la Nación (A.G.N), en la ciudad de Bogotá.

Fuentes bibliográficas e impresas. Se consultaron documentos que reposan en la Biblioteca Luis Ángel Arango, Biblioteca del Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana, en la ciudad de Bogotá; Biblioteca de la Universidad del Valle y Centro de Documentación del Departamento de Historia de la Universidad del Valle, en la ciudad de Cali. Esta documentación fue clasificada como *Documentos oficiales* (Libros, Memorias, Diarios personales, Informes y Crónicas) y *Periódicos y revistas* (Diarios, Semanarios y Publicaciones Seriadas).

Los documentos catalogados como fuentes primarias y secundarias se listan en las TABLAS 1 y 2, respectivamente; en ellas se presenta el nombre de la fuente, autor (persona quien escribió el documento original), año de escritura o publicación, tipo de fuente, número de páginas y la localización espacial o centro de documentación donde se encontró el documento.

TABLA 1. Fuentes históricas primaria sobre el terremoto del 18 de octubre de 1743.

No. Ficha	Nombre de la Fuente	Autor	Año	Tipología de la Fuente	Páginas	Localización
1	Documento reproducido por Caballero J. M., sin cita original	Fray José Trellera y Guilúz	s. f.	---	19-22	Biblioteca Luis Ángel Arango, Bogotá
2	Fábrica de Iglesias	Diego de la Plata. Citado por Espinosa, 2003	1743	Doc. archivo	Tomo XV, Folios 235, 460 -463	A.G.N. Bogotá
3	Comunicaciones de la Real Audiencia	Silvestre García de Quesada, don Andrés Verdugo y Oquendo, don Joaquín de Aróstegui y Escoto y don Joseph Antonio de Peñalver. Citado por Ibáñez, 1891, en: Ramírez, 1975 y Espinosa, 2003	Nov. de 1743	Doc. archivo	-	A.G.N. Bogotá
4	Conventos	Cristobal Hernández – testimonio ante D. Manuel Cubero (Escribano), Citado por Ramírez, 1975	1744	Doc. archivo	Tomo 77, Folios 82r-95r	A.G.N. Bogotá
5	Milicias y Marina	Doctrinero del pueblo. Citado por Ramírez, 1975	1744	Doc. archivo	Tomo 147, Folio 957	A.G.N. Bogotá
6	Historia Civil	Citado por Velandia, en Álvarez, 1987	s. f.	Doc. Archivo	Tomo VIII, folios 255 a 275	A.G.N. Bogotá
7	Cédulas Reales	San Idelfonso. Citado por Espinosa, 2003	1744	Doc. Archivo	Tomo X, Folio 621	A.G.N. Bogotá

TABLA 2. Fuentes secundarias acerca de las noticias sobre el terremoto del 18 de octubre de 1743.

No. Ficha	Nombre de la Fuente	Autor	Año	Tipología de la Fuente	Páginas	Localización
8	Crónicas de Bogotá y de sus inmediaciones	Pedro Ibañez. Citado por Ramírez, 1975 y Espinosa, 2003	1891	Libro	487p	A.G.N. Bogotá
9	Particularidades de Santa Fe. Un diario de José María Caballero.	José María Caballero	1902, reeditado en 1974	Libro	19-22 y 26 edición 1974	Biblioteca Luis Ángel Arango, Bogotá
10	Tiempos Coloniales. La Patria Boba	Vargas Jurado, J. A., Citado por Ramírez (1975)	1902	Libro	---	Biblioteca Luis Ángel Arango, Bogotá
11	Nuestro lindo país colombiano. Descripción y antología del paisaje	Samper-Ortega Daniel	1938	Libro	621-622	Biblioteca Universidad del Valle, Cali
12	Historia de los terremotos en Colombia	Jesús Emilio Ramírez	1975	Libro	77-79	Biblioteca Universidad del Valle, Cali
13	Catálogo de terremotos para América del Sur. Programa para la mitigación de los efectos de los terremotos en la región andina, Proyecto SISRA	CERESIS	1985	Libro – Informe Técnico	Vol. 4: Colombia. Datos de Hipocentros (p. 1) e Intensidades (p. 5)	Centro documentación OSSO – Universidad del Valle, Cali
14	Contribución al conocimiento de la sismicidad histórica en Colombia	Ángela Elvira Álvarez Cabrera	1987	Tesis de grado	295p	Biblioteca Universidad de Los Andes, Bogotá
15	Sismicidad histórica de Santa Fe de Bogotá y su área 1500 – 1994	Espinosa, 1994	1994	Informe Técnico - Inédito	39 p.	Ingeominas
16	Historia Sísmica de Colombia 1550-1830	Armando Espinosa	2003	CD-ROOM	---	Biblioteca personal
17	Estudio Macrosísmico del sismo del 18 de octubre de 1743, Fómeque (Cundinamarca)	Sarabia A. y Cifuentes H.	2007	Informe Técnico - Inédito	97 p.	SICAT (SGC)

Captura y almacenamiento de la información

Para capturar y almacenar la información se utilizó una ficha bibliográfica (Salcedo, 1999; Salcedo, 2002); la transcripción se hizo fielmente, señalando la fuente, la fecha y hora, los daños o efectos y las poblaciones afectadas. Para sintetizar los datos encontrados en cada una de las fuentes consultadas y facilitar el análisis e interpretación general se elaboró una segunda ficha denominada “Ficha Resumen de Efectos del Terremoto” (FRET), donde se resumen los principales efectos a partir de los cuales es valorada la intensidad macrosísmica (Salcedo *et al.*, 2007).

ESTADO ACTUAL

De acuerdo con la información reportada por el maestro Fray José Trellera y Guilúz, cura de la parroquia de

Fómeque, quien había llegado al lugar el 15 de agosto de 1743, el terremoto principal de la secuencia sísmica presentada el viernes 18 de octubre de 1743 en la región central de Colombia ocurrió a las 2:30 de la tarde. Esta noticia fue reproducida inicialmente por Caballero (1902, reeditado en 1974) y por Ramírez (1975). Otros relatos, también reproducidos por Ramírez (1975), citando a Caballero (1902) y Vargas-Jurado (1902), establecieron que la hora del sismo fue entre las 10 y 11 del día, más precisamente a los tres cuartos para las 11 del día, que se puede interpretar como las 10:45 de la mañana.

En la FIGURA 3 se esquematiza el árbol simplificado (“árbol genealógico investigativo”), que muestra el estado del conocimiento sobre este evento sísmico, remarcándose tres momentos importantes.

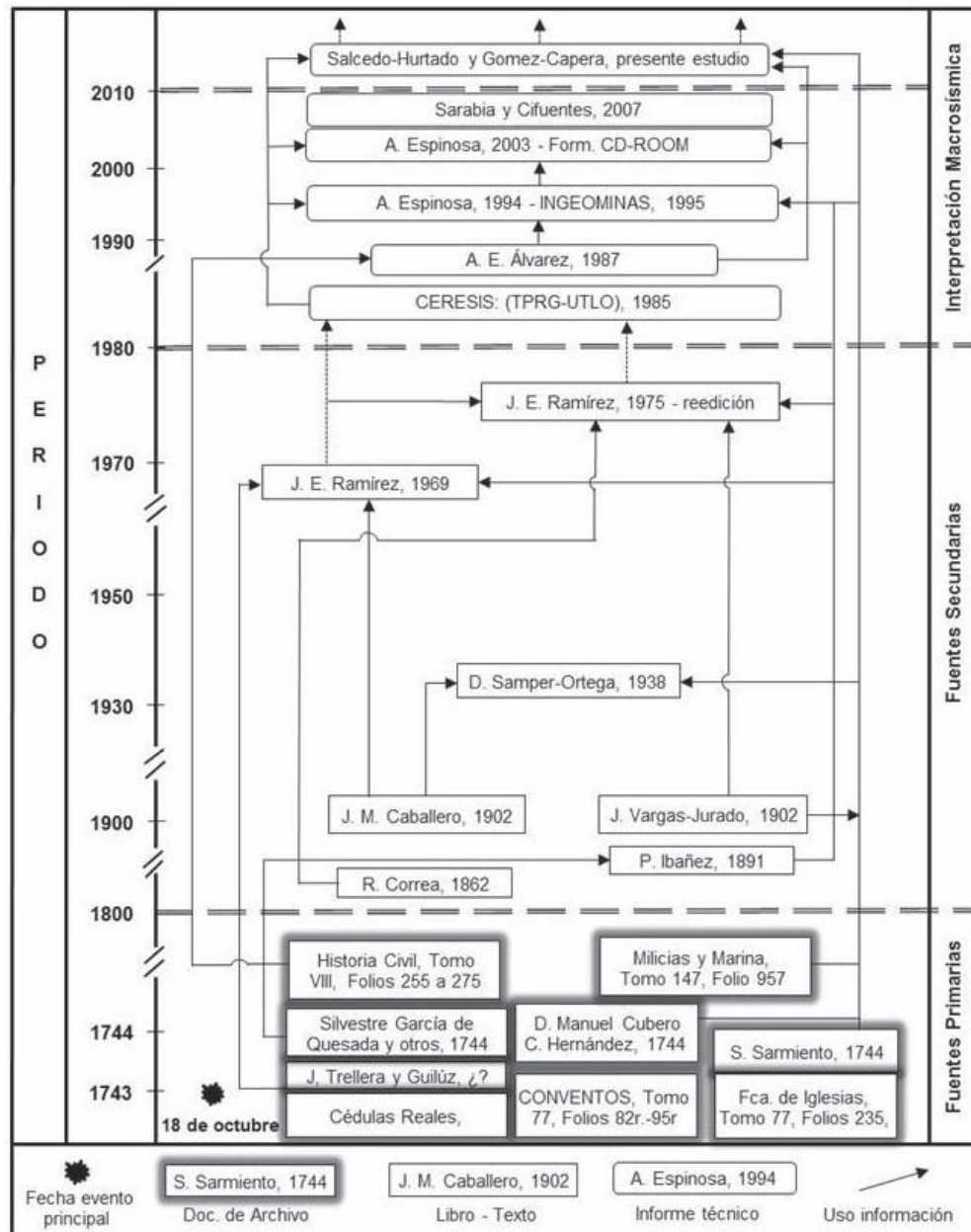


FIGURA 3. Árbol genealógico de la información sobre el terremoto del 18 de octubre de 1743 en Colombia. (Fuente: Elaboración propia).

En primer lugar, la existencia de varios documentos contemporáneos a la fecha de ocurrencia del sismo que relatan originalmente los efectos causados por el terremoto. Estos documentos escritos por testigos oculares, reposan en el Archivo General de la Nación en la ciudad de Bogotá.

En segundo lugar, se remarca en el hecho que desde finales del siglo XIX, estas noticias son reproducidas por diversos autores (Correa, 1862; Ibañez, 1891; Caballero, 1902 y Vargas-Jurado, 1902, entre otros),

se trata de reproducciones textuales de toda la noticia y de citas parciales relacionadas con los daños causados, lo que demuestra la importancia que este evento significa para la historia del país. Se puede decir, que la primera sistematización de las principales fuentes de este terremoto es realizada por Ramírez (1969, 1975), quien por primera vez evalúa su intensidad como de nivel III (representa valores entre IX y XII en la escala de Mercalli Modificada), y determina el epicentro en las coordenadas 4,5 de latitud norte y 73,8 de longitud oeste, en la población de Fómeque.

El tercer momento, muestra que desde la década de 1980, cuando se inician los estudios sistemáticos de la amenaza y el riesgo sísmico en Colombia, se hacen nuevas interpretaciones macrosísmicas, dándose nuevas interpretaciones de la intensidad en las escalas Mercalli Modificada y MSK (CERESIS, 1985; Álvarez, 1987; Espinosa, 1994, 2003). En el trabajo de Sarabia y Cifuentes (2007) se presenta de manera sistemática la información recopilada y las diversas fuentes bibliográficas con las respectivas fichas de transcripción de las noticias, presentan hipótesis de intensidad en cada una de las poblaciones afectadas, utilizando simultáneamente las escalas Mercalli Modificada y EMS98. Reconociendo la importancia de este procedimiento, suscitan algunos interrogantes acerca de la confiabilidad de la asignación, puesto que se usa el mismo sensor para ambas escalas, obteniendo por tanto el mismo valor de intensidad. Claramente se reconocen las diferencias entre ambas escalas. Otro aspecto que llama la atención en el trabajo de Sarabia y Cifuentes (2007) es el uso directo de los efectos de la naturaleza como sensor simultáneo de los efectos en construcciones y en objetos, ya que pueden aparecer en diversos niveles de intensidad causando, por tanto, alta incertidumbre en su asignación.

En la TABLA 3 se presenta, a manera de comparación, las intensidades asignadas por los autores citados, apreciándose diferencias significativas en la valoración pese a que se hace en la misma escala macrosísmica, Mercalli Modificada. No existe uniformidad al asignar intensidad en cada una de las poblaciones afectadas, sin poderse establecer con claridad donde se presentó la máxima intensidad, la cual para algunas fuentes se presentó en Fómeque (CERESIS, 1985) y en otra este valor es asignado a Quetame (Espinosa, 2003). En la valoración realizada por Sarabia y Cifuentes (2007) se asigna intensidad de VI en poblaciones como Apiay y San Martín utilizando una tipología de efectos poco claros para este fin.

Dado que uno de los objetivos del presente trabajo es la evaluación de los parámetros del terremoto (coordenadas del epicentro y magnitud) aplicando el método B&W97 que usa como datos de entrada la intensidad macrosísmica, y debido que los dos últimos estudios (Espinosa, 2003 y Sarabia y Cifuentes, 2007) realizados a partir de fuentes similares muestran resultados diferentes incluso con cambio en la intensidad máxima, quisimos realizar la reevaluación de la intensidad antes de la aplicación del método.

TABLA 3. Comparación de hipótesis de intensidades asignadas para el terremoto del 18 de octubre de 1743, según las fuentes anteriormente discutidas.

No.	Poblaciones afectadas	Intensidad asignada en estudios anteriores			
		TPRG, En: Ceresis (1985) (MM)	UTLO, En: Ceresis (1985) (MM)	Espinosa (2003) (MM)	Sarabia y Cifuentes (2007) (EMS-98 y MM)
1	USAQUÉN	---	---	7	---
2	UNE	7	---	7-8	7
3	TENGATIVÁ	---	---	ND	---
4	COTA	7	8	7	7
5	CÁQUEZA	7-8	---	8	7
6	CHÍA	7	8	7	7
7	CHIPAQUE	7	---	7-8	7
8	CHOACHÍ	8	---	7-8	7
9	GUACHAVITA	---	---	8	---
10	FÓMEQUE	9	8	8	8
11	SANTA FE BOGOTÁ	8	---	8	7
12	UBAQUÉ	8	---	8	7
13	FOSCA	---	---	7	7
14	USME	---	---	6-7	---
15	TRIBOTE (QUETAME)	---	---	9	8
16	APIAY	---	---	---	6
17	SAN MARTÍN	---	---	---	6

Nota: La cifra corresponde al valor de intensidad; --- sin intensidad asignada.

REVALORACIÓN DE LA INTENSIDAD MACROSÍSMICA

Identificación y clasificación de efectos macrosísmicos

Para la revaloración de la intensidad macrosísmica del terremoto del 18 de octubre de 1743, en este trabajo se aplica la Escala Macrosísmica Europea - EMS-98 (Grünthal ed., 1998), considerando tres tipos de efectos: en personas, objetos, construcciones. A pesar de que algunas fuentes señalan diversos efectos en la naturaleza (ver apéndice), no son tenidos en cuenta de manera directa debido, por un lado, a las impresiones que se notan en las narraciones, y, por el otro, la incertidumbre que ellos representan en la aplicación de la escala EMS98. A continuación se hace la transcripción de algunos efectos relevantes usados en la valoración.

Efectos en personas. Las diferentes fuentes narran que el terremoto principal fue sentido en la región central del territorio nacional, mayoría de los habitantes sintieron susto o pánico, que se incrementó por un posible fuerte y estruendoso ruido que se describe como similar al producido por los disparos de un cañón de artillería; el fray José Trellera y Guiluz (en: Caballero, 1902, reedición de 1974), narró dicho fenómeno de la siguiente forma:

...”a los 18 días del mes de octubre del mismo año, a las dos y media del día, día viernes, comenzó por debajo de la tierra un ruido tan grande, que no se puede explicar su estruendo; ello parecía al oído el sonido de un río muy caudaloso; sonaba como fuego voraz que, a la batiente de aire, abrasa un monte; sonaba como los ecos que lleva el aire, como cuando se dispara un cañón de artillería; finalmente, era su estrépito tan confuso y sordo, que no tiene semejanza a quién poderlo asimilar. Y luego, incontinenti, se siguió un gran terremoto”...

De igual manera, se destaca que a consecuencia de algunos deslizamientos que se generaron en diversas poblaciones, varias personas perdieron la vida, siendo el caso más relevante el ocurrido en las poblaciones de Tengavita y Cáqueza. Cabe anotar, que a pesar de la relevancia que esto pueda tener como efectos en la naturaleza, estos hechos no son considerados para la valoración de la intensidad.

Efectos en Construcciones. Los principales daños en las construcciones presentados en las poblaciones más afectadas, se discriminan de la siguiente manera:

La ciudad de Santa Fe, que desde 1740 había sido reinstaurada nuevamente como la capital del Virreinato de Nueva Granada privilegio que había perdido en el año 1724, fue una de las poblaciones más afectadas por el terremoto de 1743, habiendo sufrido la destrucción de muchas de sus viviendas y el deterioro de la mayoría de las iglesias. Los daños más representativos indican que en varias iglesias como la de San Agustín, San Francisco, Egipto, el Carmen y las Cruces se destruyeron sus torres que debieron ser reconstruidas después del terremoto; daños similares se presentaron en el convento de la Concepción, los monasterios de Santa Clara y Santa Inés, y en las iglesias de La Veracruz y Monserrate. Los reportes señalan que la ermita de Monserrate y la de Guadalupe fueron destruidas completamente.

En otras poblaciones como Une, Usaquén, Cota, Cáqueza, Chía, Choachí, Fomeque y Fosca, también fueron destruidas la iglesia y algunas viviendas.

Asignación de intensidades

Para la valoración de la confiabilidad de la información y la certeza en la hipótesis de la intensidad se aplica un Factor de Calidad Q , descrito como: A – el sismo fue sentido y la información sobre los diversos efectos es suficiente y verás para dar un valor apropiado de intensidad; B – el sismo fue sentido, pero la información no es suficiente para dar un valor de intensidad confiable; C – la información es insuficiente y dudosa (Salcedo, 1999; 2002).

Se puede establecer que en la época colonial, de acuerdo con (Álvarez, 1987), en la mayoría de las poblaciones del territorio nacional predominaban las construcciones de adobe o barro, ladrillo cocido, teja de barro cocido, tapia pisada, calicanto, piedra y cal que, según la escala EMS-98, que se tipifican como clase de vulnerabilidad A y B (Grünthal ed., 1998). En la reevaluación de las intensidades se ha tenido cuidado de no considerar la acumulación de daños por la secuencia sísmica de las réplicas.

La TABLA 4, muestra los resultados de la asignación de intensidades en cada población afectada; además, presenta las coordenadas geográficas de las poblaciones afectadas y el factor de calidad Q . Los mayores valores de intensidad son asignados a las poblaciones de Cáqueza, Guachavita Fomeque, y Tengavita; en las demás poblaciones la intensidad se reduce; la distribución geográfica de los puntos de intensidad evaluados se muestra en la FIGURA 4.

TABLA 4. Asignación de intensidades del terremoto del 18 de octubre de 1743, valores obtenidos en el presente estudio en la escala EMS-98.

No.	Nombre de la población	Latitud	Longitud	Intensidad Escala EMS-98	Factor Q
1	USAQUÉN	4,734	-74,021	VI-VII	C
2	UNE	4,330	-74,086	VII	C
3	TENGAVITÁ	4,410	-74,090	VII-VIII	B
4	COTA	4,809	-74,097	VI-VII	C
5	CÁQUEZA	4,408	-73,948	VIII	B
6	CHÍA	4,847	-74,056	VI-VII	C
7	CHIPAQUE	4,439	-74,052	VI-VII	B
8	CHOACHÍ	4,527	-73,927	VII	C
9	GUACHAVITA	4,456	-73,886	VIII	B ⁺
10	FÓMEQUE	4,483	-73,901	VIII	A
11	SANTA FE BOGOTÁ	4,597	-74,078	VII	B
12	UBAQUÉ	4,482	-73,933	VII	C
13	FOSCA	4,300	-73,900	VII	B
14	USME	4,522	-74,103	VI-VII	B
15	TRIBOTE	4,330	-73,850	VII	C

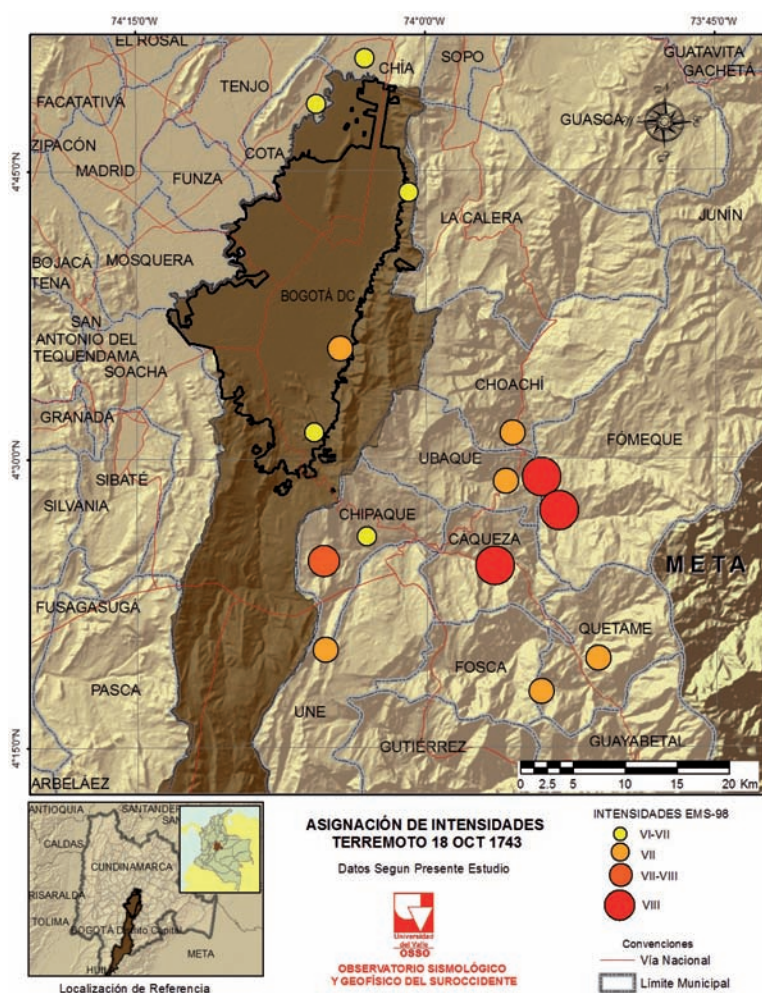


FIGURA 4. Mapa de puntos de intensidades del terremoto del 18 de octubre de 1743, obtenido según hipótesis de intensidades dadas en del presente estudio.

PARÁMETROS DEL TERREMOTO

Para el presente estudio se usa la relación de atenuación de la intensidad macrosísmica obtenida por Gómez Capera y Salcedo Hurtado (2002) para Colombia para terremotos con profundidades menores de 60 km, la cual es expresada como:

$$I = (2,3mb - 6,8)1,1x^{-0,06}e^{-0,001x} \quad (6)$$

donde: mb es la magnitud de ondas de cuerpo, x es la distancia epicentral en Km. La relación (6) es válida para distancias $x < 400$ km (Gómez Capera y Salcedo Hurtado, 2002). Con el método B&W97 se usa esta ecuación para calcular una magnitud macrosísmica M_I que corresponde a una magnitud macrosísmica aproximadamente equivalente a la “ mb ”. Se usa el “CI” como la localización de la fuente (epicentro macrosísmico) y la magnitud macrosísmica M_I en el “CI” como la magnitud macrosísmica del evento.

Cabe señalar que a partir del estudio de Salcedo Hurtado y Castaño Castaño (2011) y usando el método B&W97 y la ecuación (6), Gómez Capera *et al.*, (2012), han propuesto una aplicación *ad-hoc* para el cálculo de parámetros del terremoto del 1785, localizado en cercanía de Bogotá. Dicho estudio propone una pseudo validación de la relación (6) reproduciendo los parámetros del terremoto de Quetame del 24 mayo del 2005 dentro de niveles de confianza que superan el 50% (Gómez Capera *et al.*, 2012).

El presente trabajo realiza la aplicación del método B&W97 al estudio de Sarabia y Cifuentes (2007) y al presente estudio para comparar los parámetros calculados y las isolíneas de confianza para los dos escenarios de distribución de intensidades. Este procedimiento arroja los siguientes parámetros del terremoto del 18 de octubre de 1743:

- Usando el estudio de Sarabia y Cifuentes (2007) (FIGURA 5a), el “CI” se localiza en 4.450 de latitud norte y 73.750 de longitud oeste. Las áreas de confianza, para el “CI”, del 50% y 67% no son cerradas. La magnitud macrosísmica es 6.60 con incertidumbre media en el 95% de 0.35 (equivalente a $\pm 2\sigma$) (FIGURA 5b).
- Usando los puntos de intensidad propuestos en el presente trabajo, el “CI” se localiza en las coordenadas 4.420 de latitud norte y 73.910 de longitud oeste y la magnitud macrosísmica es 6.30 ± 0.35 . El “CI” se localiza en el área de confianza del 50% que encierra un área aproximadamente de 25 km de radio (FIGURA 6b).

En la TABLA 5 se muestran los parámetros sísmicos dados por otras fuentes y los resultados del presente estudio.

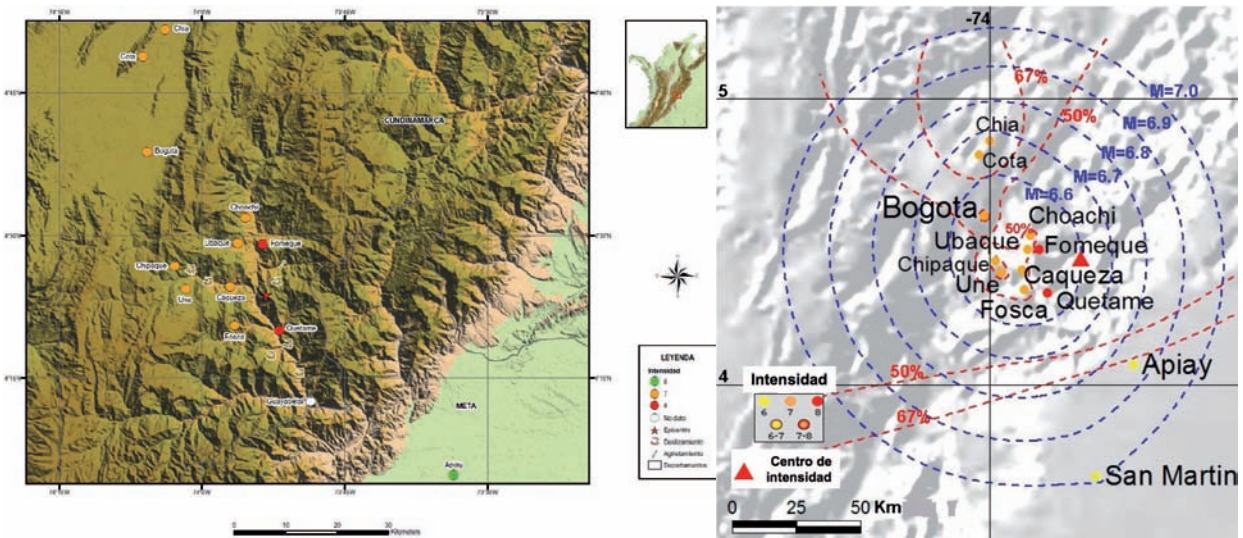


FIGURA 5. a) Mapa de puntos de intensidades del terremoto del 18 de octubre de 1743 de Sarabia y Cifuentes (2007). **b)** Modelación del “Centro de intensidad” (triángulo rojo) con coordenadas (4.450N y 73.750W), que se adopta como epicentro macrosísmico calculado obtenidos en el presente estudio. Las isolíneas rojas son contornos de rms que corresponden al 50% y 67% de confianza de que el centro de intensidades se encuentre dentro del área limitada por ellas, para el presente caso los contornos rms del 50% y 67% no logran cerrar. Las isolíneas azules, se asocian a los valores de la magnitud correspondiente a los puntos de la red de posibles epicentros. La magnitud asignada, al presente evento, es tomada en el centro de intensidades ($M=6.60 \pm 0.35$).

TABLA 5. Parámetros del terremoto del 18 octubre del 1743. Datos por diferentes estudios o catálogos de terremotos en literatura y por el presente trabajo.

Catálogo o estudio	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Magnitud Macrosísmica	I _{Max}	Escala
Ramírez (1975)	4.500	-73.800	-	-	III	**
CERESIS (1985)	4.500	-73.800	-	6.50(Ms)	9	M
INGEOMINAS (1995)	4.400	-73.900	-	6.30(Ms)	8	K
Espinosa Baquero (2003)	4.700	-73.800	20	6.70(Ms)	9	K
Dimaté <i>et al.</i> (2005)	4.420	-73.840	-	6 1/2 (Mw)	9	K
Sarabia y Cifuentes (2007)	4.400	-73.900	-	6.50(Mw)	8	EMS98, MM
Presente estudio	4.427	-73.909	-	6.30±0.35	8	EMS98

Sobre este evento existe muy poca información para evaluar intensidades macrosísmicas, en particular hacia

el oriente (Llanos orientales), por lo cual se observa en la modelación una elongación hacia el este de las áreas de los contornos de confianza del 50% y 67% (FIGURA 6b). Sin embargo, la zona de máximas intensidades está delimitada por la isolínea de *rms* correspondiente al 50% de probabilidad para la localización del epicentro (cuadro vacío en FIGURA 6b). La magnitud macrosísmica 6.30 corresponde a la isolínea azul que intercepta el epicentro macrosísmico. La incertidumbre de la magnitud macrosísmica obtenida (± 0.35) se calcula proporcionalmente al número de puntos de intensidad, la cual delimita físicamente la isolínea de magnitud $M=6.6$ y $M=6.7$. Cualquier ubicación de la localización más al norte o más al sur implicaría una mayor magnitud y por lo tanto la distribución del escenario de daños cambiaría.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Por sus efectos en las construcciones y los fenómenos naturales asociados que pudo generar, el terremoto del 18 de octubre de 1743, ocurrido en la región central del territorio colombiano, se puede decir que se trata de uno de los eventos sísmico más dañinos que haya experimentado la ciudad de Bogotá y las poblaciones vecinas. Se evaluó la intensidad macrosísmica en 15 localidades en el rango de VI-VII a VIII en la escala EMS98. Las máximas intensidades son asignadas a Cáqueza, Fómeque y Guachavita.

Los principales daños reportan que las iglesias de la mayoría de las poblaciones afectadas fueron arruinadas totalmente o fuertemente averiadas, teniendo que haberse reconstruidas muchas de ellas. En cuanto a los efectos naturales, que no son tenidos en cuenta en la evaluación de intensidades, se destacan los hundimientos, las grandes grietas o fisuras en el suelo y los múltiples deslizamientos colaterales presentados en varias poblaciones como Fómeque o Cáqueza donde causaron la muerte de algunas personas y animales domésticos.

En el presente estudio se usa el método Bakun and Wentworth (1997) para calcular los parámetros del terremoto (localización epicentral y magnitud) a partir de solo datos de intensidad macrosísmica. El método depende fuertemente de la calibración regional para el cálculo de la magnitud del evento; mientras que no depende de la calibración regional para el cálculo del centro de intensidades asumiendo un algoritmo que conceptualmente aplica una minimización de residuos. Se propone, para el terremoto del 18 octubre de 1743 una magnitud macrosísmica de 6.30 ± 0.35 y la localización del epicentro ($4.43N$ y $73.91W$) en cercanías del

municipio de Cáqueza en la cordillera Oriental de los Andes de Colombia. Las áreas de confianza de *rms* presentan un patrón del 0.50 y 0.67 de probabilidad que el centro de energía (centro de intensidad) se localice dentro de las líneas de contorno del 50% y 67%, respectivamente.

Como lección aprendida en el presente estudio, se hace énfasis en resaltar que la relación de atenuación usada (Gómez Capera y Salcedo Hurtado, 2002), funciona para el cálculo de parámetros sísmicos de terremotos históricos en Colombia, a pesar de no estar calibrada con datos modernos debido a que cuando se realizó la investigación (Gómez Capera, 1998; Salcedo Hurtado y Gómez Capera, 2000) no se tenía a disposición, para todos los terremotos usados, buenas localizaciones instrumentales como tampoco valores de magnitudes *M_w*, usándose solo mapas de isosistas como datos macrosísmicos. Revisando el conjunto de datos usado por Gómez Capera y Salcedo Hurtado (2002) para obtener la ecuación (6), se considera que las magnitudes “*mb*” usadas en dicho conjunto de terremotos no siempre son magnitudes de origen instrumental; a hoy se puede establecer que dicha magnitud es “híbrida”, es decir, a veces es instrumental pura para eventos post 70, y para eventos pre-1970 seguramente tienen una notable componente macrosísmica, siendo magnitudes obtenidas a través de relaciones lineales en función de la intensidad máxima o al epicentro que es un parámetro macrosísmico.

Es necesario calibrar modelos regionales de atenuación de la intensidad para Colombia con datos modernos sean macrosísmicos o instrumentales, disponibles en la red como “Open Data” (Sistema de Información de Sismicidad Histórica de Colombia, Servicio Geológico Colombiano, 2013; Sistema de Teleinformación de Sismología Histórica de Venezuela, 2013; ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue, 2013). Vista la disponibilidad nacional e internacional del “Open Data” y dado que los terremotos no respetan fronteras, el tema de calibrar algoritmos que usan modelos de atenuación de intensidad debe seguir una línea investigación detallada para analizar la sensibilidad del modelo regional, variabilidad de la profundidad focal (Bakun and Scotti, 2006; Bindi *et al.*, 2013) y en el análisis de incertidumbre epistémica (Bakun *et al.*, 2011).

No obstante de haber propuesto un estudio para un terremoto histórico ocurrido en el centro del país, debemos prepararnos y abrir el camino a estudios similares para terremotos principalmente en las

fronteras con Venezuela y Ecuador aprovechando la disponibilidad de resultados en este tema en dichos países (Choy *et al.*, 2010; Beauval *et al.*, 2010).

El aporte fundamental del presente estudio es que hace la valoración macrosísmica de uno de los terremotos más importantes ocurridos en Colombia en la época colonial, usando escalas macrosísmicas modernas a partir de la recopilación de la mayor cantidad de información existente, se comparan las diversas hipótesis de intensidades dadas por otros autores y se proponen parámetros sísmicos calculados de manera objetiva. Hacemos énfasis en seguir trabajando para proponer resultados dentro de la “confiabilidad de los datos y modelos” y “consenso entre instituciones y expertos” necesarios en cálculos de amenaza sísmica.

AGRADECIMIENTOS

Se reconoce el apoyo prestado por los directivos y funcionarios de El Archivo Histórico Nacional en la ciudad de Bogotá en la búsqueda y clasificación de los Fondos para lograr las fuentes y noticias señaladas en este artículo. Expresamos nuestro profundo agradecimiento a Ana Milena Sarabia y Hernán Cifuentes del Servicio Geológico de Colombia por la continua disponibilidad que nos han brindado y resaltamos el enorme trabajo del Servicio Geológico Colombiano, la disponibilidad y acceso en el “Open Data Source” con el Sistema SICAT (2013) y la Base de Datos Macrosísmica para Colombia. Agradecemos a la profesora Patricia Alvarado de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina y CONICET, y al segundo evaluador anónimo por sus comentarios y sugerencias que han contribuido a mejorar considerablemente este trabajo. Agradecemos al Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente y al Departamento de Geografía de la Universidad del Valle, al “Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Milano-Pavia” y *GEM Foundation* por apoyar este trabajo.

REFERENCIAS

Álvarez A. 1987. Contribución al conocimiento de la sismicidad histórica en Colombia. Tesis Universidad de los Andes, 298p.

Álvarez-Rubio S., Kästli P., Fäh D., Sellami S., and Giardini D. 2011. Parameterization of historical earthquakes in Switzerland, *J. Seismol.* doi: 10.1007/s10950-011-9245-8.

Bakun, W.H., and Wentworth, C.M. 1997. Estimating earthquake location and magnitude from seismic intensity data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 87: 1502–1521.

Bakun, W.H. 1999. Seismic activity of the San Francisco Bay Region, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89 (3): 764–784.

Bakun W.H., and Wentworth C.M. 1999. Erratum to Estimating earthquake location and magnitude from seismic intensity data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89: 557.

Bakun W.H. 2005. Magnitude and location of historical earthquakes in Japan and implications for the 1855 Ansei Edo earthquake. *J. Geophys. Res.* 110. B02304, doi: 10.1029/2004JB003329.

Bakun W.H. 2006. Estimating locations and magnitudes of earthquakes in Southern California from modified Mercalli intensities, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 96: 1278–1295.

Bakun, W.H., and Scotti, O. 2006. Regional intensity attenuation models for France and the estimation of magnitude and location of historical earthquakes, *Geophys. J. Int.*, 164: 596–610.

Bakun W.H., Gómez Capera A.A., and Stucchi M. 2011. Epistemic uncertainty in the location and magnitude of earthquakes in Italy from macroseismic data, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 101: 2712–2725.

Bakun, W.H. Flores, C.H., and Ten Brink, U.S. 2012. Significant Earthquakes on the Enriquillo Fault System, Hispaniola, 1500–2010: Implications for Seismic Hazard, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 102: 18–30.

Beauval C., Yepes H., Bakun W.H., Egred J., Alvarado A., and Singaudo J.C. 2010. Locations and magnitudes of historical earthquakes in the Sierra of Ecuador (1587–1996), *Geophys. J. Int.*, 181: 1613–163.

Bindi D., Gómez Capera A.A., Parolai S., Abdrakhmatov K., Stucchi M., and Zschau, J. 2013. Location and magnitudes of earthquakes in Central Asia from seismic intensity data: model calibration and validation, *Geophys. J. Int.*, 192: 710–724.

Caballero J.M. 1902. Particularidades de Santa Fe. Un diario de José María Caballero. Reeditado en 1974 por Editorial Bedout S. A. Medellín. 223 p.

Correa R.C. 1862. Temblores que han azotado a Colombia. Repertorio Boyacense. Año 48, No. 223-224. Sep-Dic., 1389-1392. Citado en: Ramírez J. E., 1975.

CENTRO REGIONAL DE SISMOLOGÍA PARA AMÉRICA DEL SUR - CERESIS. 1985: Catálogo de terremotos para América del Sur. Programa para la mitigación de los efectos de los terremotos en la región andina, Proyecto SISRA, Vol. 1-14, edited by B. Askew and S.T. Algermissen. (Vol. 4: Colombia. Datos de Hipocentros e Intensidades).

Choy J.E., Palme C., Guada C., Morandi M., and Klarica S. 2010. Macro seismic Interpretation of the 1812 Earthquake in Venezuela Using Intensity Uncertainties and A Priori Fault-Strike Information. Bull. Seismol. Soc. Am., 100: 241-255.

Dimaté C., Rivera L., and Cisternas A. 2005. Re-visiting large historical earthquakes in the Colombian Eastern Cordillera. Journal Seismology, 9: 1-22.

Espinosa A. 1994. Sismicidad histórica de Santa Fe de Bogotá y su área 1500 – 1994. En: Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá. Informe Técnico. Ingeominas, 39p. Inédito.

Espinosa A. 2003. Historia Sísmica de Colombia 1550-1830. CD-ROOM. Universidad del Quindío.

Gómez Capera A.A. 1998. Atenuación de la intensidad sísmica para el territorio colombiano. Tesis de grado en Física, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 120p.

Gómez Capera A. A., Meletti C., Musson R., and Stucchi M. with the collaboration of Alvarez Rubio S., Batllo J., Cassera A., D'Amico V., Faeh D., Locati M., Mirto C., Papaioannou Ch., Rovida A., Ventuozzi C., Gasperini P., Scotti O. and Giardini D. 2009. The European Earthquake Catalogue (1000-1600), demo version. Part 1-The NA4 Calibration Initiative, Deliverable D5. NERIES, Distributed Archive of Historical Earthquake Data (NA4), EC Project number 026130, internal report, 100p. , http://emidius.mi.ingv.it/neries_NA4/deliverables.php).

Gómez Capera A.A., y Salcedo Hurtado E. de J. 2002. Leyes de atenuación de la intensidad macrosísmica en Colombia. Earth Sciences Research Journal, 6: 53-61.

Gómez Capera A.A., Salcedo Hurtado E. de J., y García Peláez J. 2012. Determinación del Epicentro y

magnitud del terremoto del 1785 en Colombia a partir de intensidades macrosísmicas. Proc. Latin American Symposium of Seismology 2012 in Lima (Peru), Sept. 22-26, 5p.

Grünthal G. (Edit.). 1998. European Macro seismic Scale 1998, EMS-98. Conseil de L'Europe Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Vol. 15. Luxembourg. 99p.

Ibáñez, P.M. 1891. Crónicas de Bogotá y de sus inmediaciones. Imprenta de la Luz, Bogotá. 487p. Citado en: Ramírez, 1975.

ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue. 2013. Storchak D.A., D. Di Giacomo, I. Bondár, W.H.K. Lee, P. Bormann and E.R. Enghal. ISC-GEM: Global Instrumental Catalogue (1900-2009): Introduction. Disponible <http://www.isc.ac.uk/iscgem/>

INGEOMINAS. 1995. Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá. Estudios Sismológicos – Subproyecto No. 5. Sismicidad Histórica. p. 1-42. Inédito.

INGEOMINAS. 1999. Mapa de Grandes Sismos en Colombia 1566-1999, Publicación especial (poster), Bogotá.

Ramírez J.E. 1975. Historia de los Terremotos en Colombia. 2da. ed. Bogotá. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 250pp.

Rodríguez de La Torre F. 1993. Lecturas sistemáticas de prensa periódica. Hacia una revisión de la sismicidad europea durante los siglos XVII y XVIII. En: Historical investigation of European earthquakes. M. Stucchi, editor. CNR. 1: 247-258.

Salcedo E. 1999. Estudio de Sismicidad Histórica en la Región de Bucaramanga (Colombia). Rev. Acad. Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. XXIII (87): 233-248.

Salcedo, E. 2002. Sismicidad histórica y análisis macrosísmico de Bucaramanga. Boletín Geológico INGEOMINAS, No. 40. Santafé de Bogotá. 180p. ISSN – 0120-1425.

Salcedo Hurtado E. de J., y Gómez Capera A. A. 2000. Atlas macrosísmico de Colombia. Proyecto de sismotectónica del territorio colombiano, Reporte técnico, INGEOMINAS, Bogotá, 108p.

Salcedo E., y Tabares L.M. 2001. Sismicidad histórica una herramienta de trabajo en macrosísmica. Memoria del VIII Congreso Colombiano de Geología. Manizales.

Salcedo E., y Franco, L.E. 2001. Una Escala de Intensidad para Colombia. Rev. Horizontes Naturales de la facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Universidad de Caldas. 3: 67-77.

Salcedo E., Romero M.D., y Vallejo-Chocué, M.A. 2007. Contribución al análisis macrosísmico del terremoto del 7 de junio de 1925: principales efectos en la ciudad de Cali. Rev. Acad. Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. XXXI (120): 379-394.

Salcedo Hurtado E. de J., y Castaño Castaño A.N. 2011. Reevaluación macrosísmica del terremoto del 12 de julio de 1785 en Colombia. Boletín de Geología, UIS, 33 (2): 15-32.

Sarabia, A., y Cifuentes, H. 2007. Estudio Macrosísmico del sismo del 18 de octubre de 1743, Fómeque (Cundinamarca). 97 p. INGEOMINAS, Bogota. Disponible en línea en: SICAT <http://aplicaciones1.ingeominas.gov.co/sicat/html/ConsultaBasica.aspx>.

Samper-Ortega D. 1938. Nuestro lindo país colombiano. Descripción y antología del paisaje. Premio Nacional de Geografía. Edit. Editorial ABC Bogotá, 636 p.

Servicio Geológico Colombiano. 2013. Sismicidad histórica en Colombia. Disponible: <http://agata.ingeominas.gov.co:9090/SismicidadHistorica/>

SICAT (Sistema de información para el inventario, catalogación, valoración y administración de la información técnico-científica), (2013), disponible en: <http://aplicaciones1.ingeominas.gov.co/sicat/html/ConsultaCG.aspx>

Sistema de Teleinformación de Sismología Histórica de Venezuela. 2013. Disponible online en: http://sismicidad.ciens.ula.ve/cgi-win/be_alex.exe?Nombrebd=psh&TiposDoc=V

Stucchi M., Rovida A., Gómez Capera A.A., Alexandre P., Camelbeeck T., Demircioglu M.B., Gasperini P., Kouskouna V., Musson R.M.W., Radulian M., Sesetyan K., Vilanova S., Baumont D., Faeh D., Lenhardt W., Makropoulou K., Martínez Solares J.M., Scotti O., Zivcic M., Albini P., Batllo J., Papaioannou Ch., Tatevossian R., Locati M., Meletti C., Viganò D., and Giardini D. 2012. The SHARE European Earthquake

Catalogue (SHEEC) 1000-1899. J. Seismol, published online 12 October 2012, DOI 10.1007/s10950-012-9335-2.

Ten Brink U.S., Bakun W.H, and Flores C.H. 2011. Historical perspective on seismic hazard to Hispaniola and the northeast Caribbean region. J. Geophys. Res., 116, B12318, doi:10.1029/2011JB008497.

Vargas Jurado, J.A. 1902. Tiempos Coloniales. La Patria Boba. Biblioteca de Historia Nacional. Imprenta Nacional. Volumen I. Bogotá. 476.

Trabajo recibido: febrero 28 de 2013

Trabajo aceptado: mayo 03 de 2013

APÉNDICE

Efectos en la Naturaleza

En la Escala EMS-98 (Grünthal ed., 1998) los efectos en la naturaleza son denominados efectos sismológicos a los cuales se asigna un rango de intensidad cuyo valor exacto depende de la experiencia del investigador al identificar y calificar dichos fenómenos. Tales efectos son tipificados como: hidrológicos, causado por inestabilidad de laderas, procesos en suelo plano y procesos convergentes o casos complejos. Entre estos se incluyen fenómenos como los deslizamientos, grietas, grandes fisuras en el suelo y licuación; comúnmente esta última se manifiesta como cráteres de arena o formación de montículos.

Durante la ocurrencia del terremoto del 18 de octubre de 1743 en la región central del territorio colombiano, pudieron observarse algunos efectos, que son descritos en diversas fuentes primarias. A continuación se señalan algunos de estos efectos:

Efectos por Deslizamientos. Varias fuentes describen que en Tengavita se explotó un volcán como consecuencia del terremoto. Se trata de un gran deslizamiento, se indica que el fenómeno tapó una persona y varios animales causándoles la muerte como lo narra el fray José Trellera y Guilúz (en: Caballero, 1902), de la siguiente manera:

... "En Tengavitá un volcán tapó a una muchacha, hija de Patiño, con 16 reses y un perrito, habiendo sólo librándose una india y un buey"...

Eventos similares ocurridos en poblaciones como Fómeque, Tribote, también pueden ser claramente catalogados como grandes deslizamientos; estos son descritos por el mismo Trellera y Guilúz (en: Caballero, 1902), así:

En Fómeque: ... "los volcanes son incontables, y muchos taparon, los caminos"...

En Tibrote: ... "Los volcanes taparon los caminos, y varias gentes quedaron enterradas entre sus peñas".

De acuerdo con Espinosa (1994), quien cita una fuente de Archivo, se puede decir que los mayores deslizamientos causados por el terremoto principal tuvieron lugar en Cáqueza:

"Se presentaron deslizamientos numerosos e importantes en la región de Cáqueza, causando varios muertos. El más grande ocurrió entre Cáqueza y los llanos de San Martín, represando el río Negro durante veinticuatro horas: Por el camino del río Negro que va a dar a los llanos cayó un peñasco y atajó a el río Negro sus corrientes y a las veinticuatro horas rompió, y en el pueblo de Cáqueza a la entrada hubo otro volcán y en el vecindario hubo otro" (AGN, Colonia, Hist. Civil, VIIbis, 255-275. En: Espinosa, 1994).

Efectos de grandes grietas y licuación del suelo. Otros efectos importantes, están relacionados con grandes fisuras en el suelo y licuación del suelo. Dichos fenómenos fueron notados en las poblaciones de Fómeque, Tengavitá, Cáqueza y Guachavita y son descritos de la siguiente manera:

En Fómeque: ... "los ríos crecieron con ímpetu, y los pozos rompieron bocas; la tierra por todas partes se abrió en el contorno de estos lugares, en unos más que en otros" ... José Trellera y Guilúz (en: Caballero, 1902).

En Guachavita: ... "se abrió la tierra en el sitio en donde se hallaba Felipe Rubio, deserbando la caña, y entre tanto... sólo aquel espacio en donde él se hallaba no se abrió, viéndose ya sorbido entre sus honduras". José Trellera y Guilúz (en: Caballero, 1902).

En Cáqueza: "en el sitio de Cabuya de Cáqueza, el camino se hundió, y más abajo en Tengativá se ve humear un cerro, pero es una fuente de azufre, "según

hedía antes del terremoto". (Historia Civil, Tomo VIII, folio 225 a 275, Archivo Nacional de Colombia; citado por Álvarez, 1987).

Réplicas del terremoto

De acuerdo con el relato de fray José Trellera y Guilúz (citado por Caballero, 1902), en las primera seis horas del terremotos del 18 de octubre de 1743 se sintieron, en diferentes poblaciones incluidas Fómeque y Santa Fe, varias réplicas que terminaron de destruir algunas de las edificaciones que habían sido afectadas por el evento principal, destacándose la que tuvo lugar a las cuatro de la tarde aproximadamente, que pudo ser la de mayor magnitud en la serie que se prolongó por casi más de un mes. El relato de los efectos causados por la serie de réplicas es el siguiente:

... "Y luégo repitió otro terremoto, y dentro del espacio de un miserere repitió otro pequeño; y dentro de breve tiempo otro cuasi al tanto del primero, que acabó de echar a tierra la capilla mayor, quedando sus tapias cuartadas y todo terciado y rajado, y así el más resto de la iglesia. A poco repitió otro temblor y cayó el campanario, y una campana que tenía fue a parar al pie de una tapia del lado de la plaza, al otro lado del altozano. Por todas partes cayeron pedazos de los alares de unos y otros, y la mayor parte de sus tejas cayeron al suelo y las demás quedaron en el techo, unas en montón y otras esparcidas; y, finalmente, todas las tirantas de la iglesia quedaron dislocadas y todo el enmaderado, y a caer el bautisterio y sacristía; pasado este terremoto, luego, en un breve espacio, acometió otro, pequeño, y pa-sando éste, dentro de un cuarto de hora, vino otro al tanto del primero, y cada uno de los terremotos grandes duraba el espacio de un miserere, y más otros terremotos sucedieron después, pequeños, que lo afirmaron muchos hasta la tarde... y estando ajustando el altar para la Virgen, como a las cuatro de la tarde, vino otro terremoto como el primero...A la oración vino otro temblor pequeño, y detrás otro más grande, y a las siete de la noche otro más recio, y en todos el ruido primero, con más o menos estruendo; y de aquí se continuaron los terremotos, especialmente a las cinco de la mañana y de noche, por el espacio de más de un mes; pero el contar el número de ellos no puede saberse lo cierto, porque unos se sentían y otros no".

La fecha hasta la cual pudieron haberse presentado réplicas de intensidad considerable puede establecerse a partir de las comunicaciones de la Real Audiencia, de fechas 20 y 23 de noviembre de 1743, las cuales relatan lo siguiente (Ibáñez, 1913, citado por Espinosa, 2003):

...“y los temblores han continuado, se ha seguido la caída de algunas casas pequeñas, y el desplome de muchísimos cuartos de las grandes, viniendo unos a tierra, y manteniéndose otros sobre puntales, de forma que es un lamento general, sin excepción de ninguna clase de personas”

ANEXO

Escala Macrosísmica Europea (EMS-98)

Efectos que definen los grados de intensidad

- a) Efectos sobre las personas.
- b) Efectos sobre los objetos y la naturaleza (excluyendo daños a edificaciones y efectos en el terreno y fallos del terreno).
- c) Daños producidos a las construcciones (según las diversas clases de vulnerabilidad: A, B, C, D, E y F).

Definición de cantidad

- Muy pocos < 10% ;
- Pocos entre el 10% y el 25%
- Muchos entre el 20% y el 60%
- La mayoría entre el 50% y el 100%

Descripción de los grados de intensidad EMS

Cada grado incluye los efectos de las sacudidas de grados inferiores aunque no se mencionen explícitamente. Los grados se describen de acuerdo a los efectos arriba anotados.

Grado I. No Sentido.

- a) No sentido aún en circunstancias más favorables.
- b) Ningún efecto.
- c) Ningún daño.

Grado II. Poco sentido.

- a) La sacudida es perceptible solamente por muy pocas (<1%) personas en reposo, y en posiciones especialmente receptivas dentro de las edificaciones.
- b) Ningún efecto.
- c) Ningún daño.

Grado III. Débil.

- a) El sismo es percibido por pocas personas en el interior de los edificios. El resto de la gente que se encuentra en descanso siente un balanceo o suave vibración.

- b) Ligero balanceo de los objetos colgantes.
- c) Ningún daño.

Grado IV. Ampliamente observado.

- a) El sismo es sentido por muchas personas en el interior de los edificios y por muy pocas en el exterior. Pocas personas se despiertan. La vibración es moderada y no atemoriza. Los observadores sienten un leve temblor o balanceo del edificio, habitaciones, camas, sillas etc.
- b) Porcelanas, vasos, ventanas y puertas traquean. Balanceo de objetos colgantes. En pocos casos los muebles livianos se mueven visiblemente. En pocos casos los elementos en madera crujen.
- c) Ningún daño.

Grado V. Fuerte.

- a) El sismo es sentido por la mayoría de las personas situadas en el interior de los edificios y por pocas en el exterior. Mucha gente que se encuentra durmiendo se despierta. Los observadores sienten una fuerte sacudida o vibración de todo el edificio, habitación o mobiliario.
- b) Los objetos colgantes se balancean considerablemente. Porcelanas y vasos se golpean entre sí, sobre los muros o son lanzados fuera de su emplazamiento. Los objetos pequeños con un gran peso en su parte superior o los que están precariamente sujetos pueden desplazarse o caer. Las puertas y ventanas se abren y cierran. En pocos casos los cristales de las ventanas pueden romperse. Los líquidos oscilan y pueden derramarse. Los animales en el interior de las casas se intranquilizan.
- c) Daños de grado 1 en pocas construcciones.

Grado VI. Ligeramente dañino.

- a) El sismo es sentido por la mayoría de las personas dentro de los edificios y por muchas personas fuera de ello. Pocas personas pierden el equilibrio. Muchas personas se asustan y corren hacia la calle.
- b) Los objetos pequeños de poca estabilidad pueden caerse y los muebles pesados pueden llegar a moverse. En algunos casos los platos y la cristalería se rompe. Los animales ubicados en fincas o exteriores pueden asustarse.
- c) Se producen daños de grado 1 en muchas construcciones; pocas sufren daños de grado 2.

Grado VII. Dañino.

- a) La mayoría de personas se asustan y trata de correr a la calle. Muchas personas tienen dificultad para

mantenerse en pie, especialmente en los pisos superiores.

- b) Los muebles son desplazados y los que tienen gran peso en su parte superior pueden volcarse. Numerosos objetos caen de los estantes. El agua depositada en contenedores, tanques y piscina salpica.
- c) Muchas construcciones de vulnerabilidad clase B y pocas de clase C sufren daños de grado 2. Muchas de clase A y pocas de clase B sufren daños de grado 3; pocas edificaciones de clase A sufren daños de grado 4. El daño es particularmente apreciable en las plantas superiores de los edificios.

Grado VIII. Muy dañino.

- a) Muchas personas tienen dificultad para mantenerse en pie, aún en la calle.
- b) Los muebles pueden volcarse. Objetos como televisores, máquinas de escribir, etc. caen al suelo. Losas pueden ocasionalmente desplazarse, girar o volcarse. Pueden observarse ondulaciones en la superficie de terrenos muy blandos.
- c) Muchas construcciones de vulnerabilidad clase C sufren daños de grado 2. Muchas construcciones de clase B y pocas de clase C sufren daños de grado 3. Muchas construcciones de clase A y pocas de clase B sufren daños de grado 4. Unas pocas construcciones de clase A sufren daños de grado 5.

Pocas construcciones de clase D sufren daños de grado 2.

Grado IX. Destructor.

- a) Pánico general. Las personas pueden ser lanzadas violentamente al suelo.
- b) Muchos monumentos y columnas caen o giran. Son vistas ondulación en suelos blandos.
- c) Muchas construcciones de vulnerabilidad clase C sufren daños de grado 3. Muchas construcciones de clase B y pocas de clase C sufren daños de grado 4. Muchas construcciones de clase A y pocas de clase B sufren daños de grado 5.

Muchas construcciones de clase D sufren daños de grado 2; unas pocas de grado 3. Unas pocas construcciones de clase E sufren daños de grado 2.

Grado X. Muy destructor.

- c) Muchas edificaciones de vulnerabilidad clase C sufren daños de grado 4. Muchas construcciones de clase B y pocas de clase C sufren daños de grado 5, así como la mayoría de las construcciones de A.

Muchas construcciones de clase D sufren daños de grado 3; unas pocas sufren de grado 4. Muchas construcciones de clase E sufren daños de grado 2; unas pocas sufren de grado 3. Unas pocas construcciones de clase F sufren daños de grado 2.

Grado XI. Devastador.

- c) La mayoría de las construcciones de vulnerabilidad clase C sufren daños de grado 4. La mayoría de construcciones de clase B y muchas de clase C sufren daños de grado 5.

Muchas construcciones de clase D sufren daños de grado 4; unas pocas sufren de grado 4. Muchas construcciones de clase E sufren daños de grado 3; unas pocas sufren de grado 4. Muchas construcciones de clase F sufren daños de grado 2, unas pocas sufren de grado 3.

Grado XII. Completamente devastador.

- c) Prácticamente todas las estructuras, incluso las subterráneas son destruidas.

Notas sobre la Tabla de efectos sismo-geológicos

- 1) detectados solamente mediante instrumentos automáticos.
- 2) cambios fácilmente observables.
- 3) resulta de terremotos distantes; posiblemente con turbidez inducida por las olas.
- 4) ocasionados por disturbios de los sedimentos del fondo.
- 5) cambios en el flujo o el agua del nacimiento se torna turbia.
- 6) en material suelto en sitios naturales (riberas de ríos, etc.) y artificiales (bordes de carreteras).
- 7) derrumbes pequeños en sitios naturales (riscos) o artificiales (canteras, cortes de rocas).
- 8) estas dos categorías se unen en una sola. Se repite la advertencia de no confundir grietas en el suelo con fisuras causadas por la vibración.
- 9) deslizamientos por causas predominantemente hidrológicas (pueden ser efectos retardados).
- 10) Licuación o Licuefacción (e. g. cráteres de arena, formación de montículos, etc.).

TABLA A1. Relación de efectos sismo-geológicos y grados de intensidad en la Escala EMS98.

Tipo de efectos	Intensidad											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Efectos hidrológicos												
Nivel del agua en los pozos - cambios menores ¹⁾	●	●	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—
Nivel del agua en los pozos - cambios sustanciales ²⁾						●	●	●	—	—	—	—
Olas de periodo largo en agua calma ³⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Olas en agua calma debidas a la vibración local						●	●	●	—	—	—	—
Enturbiamiento del agua de los lagos ⁴⁾							○	○	○	—	—	—
Flujo de agua de los manantiales afectado ⁵⁾				○	○	●	●	—	—	—	—	—
Aparecen nuevos manantiales o se detienen los existentes						●	●	●	—	—	—	—
Agua es sacada de los lagos											—	—
Efectos debido a inestabilidades en las laderas												
Movimientos en laderas pedregosas						●	●	—	—	—	—	—
Pequeños deslizamientos ⁶⁾						●	●	—	—	—	—	—
Desprendimientos menores ⁷⁾						●	●	○	—	—	—	—
Corrimientos de tierra, desprendimientos masivos							●	●	●	●	●	●
Procesos en suelo plano ⁸⁾												
Grietas menores en el suelo						●	●	●	—	—	—	—
Grandes fisuras en el suelo								●	●	●	●	●
Procesos convergentes / Casos complejos												
Corrimientos de tierra (hidrológicos) ⁹⁾						●	●	●	●	●	●	●
Licuefacción ¹⁰⁾							●	●	●	●	●	●

Leyenda: ●—● rango más útil como diagnóstico de intensidades;
 ○ intensidades también típicas para cada efecto;
 — rango posible de observación
 —→ observaciones extremas potencialmente posibles más allá del límite dado