



Acumulación de daños en Santafé de Bogotá por sismos sucesivos

Dadas las características de la recurrencia de eventos destructores en Bogotá en el periodo histórico, con largos periodos de quietud y acumulación de eventos durante cortos periodos, es de esperar que algunos sismos se tornen aún más destructores por encontrar la ciudad ya seriamente afectada por eventos recientes. Esta situación es bastante particular, y hasta ahora no se ha identificado en zonas de alta sismicidad estudiadas en Colombia, como Popayán, Cali y el Viejo Caldas, pero en Bogotá se ha presentado en varias ocasiones.

De los sismos más destructores de Bogotá (1785, 1827, 1917) dos ocurrieron después de un periodo de quietud, 1785 y 1917. En ellos no se vio un efecto de acumulación, aunque sí debió ocurrir en pequeña escala. El de 1785 ocurrió cuarenta y dos años después del de 1743 y dada la lentitud de la reconstrucción de templos y conventos en la Colonia pudo encontrar algunos de ellos aún averiados. El del 31 de agosto de 1917 tuvo eventos precursoros que alcanzaron a causar daños de alguna importancia.

El terremoto de 1827 sí debió encontrar a Bogotá en malas condiciones, tras el sismo de junio del año anterior que tuvo una intensidad de VII. Hay que anotar, que esto globalmente no quita importancia al terremoto de 1827 porque el de 1826 solo afectó un área pequeña. Desafortunadamente no se han identificado hasta ahora casos específicos de construcciones o de sectores en los cuales los daños de 1827 se hayan sobrepuesto a los de 1826.

Durante el siglo XX sí se conocen casos en los cuales los daños de un sismo vinieron a agravar los de un sismo anterior. Ejemplos típicos se vieron el 10 de noviembre de 1928, época en que muchos daños de 1917 eran aún visibles en la ciudad. Se pueden citar dos casos concretos, pero hay más: las iglesias de la Veracruz y de Chapinero. En la Veracruz se abrieron nuevamente las grietas producidas por el sismo de 1917, dejando la iglesia seriamente averiada, y en Chapinero la iglesia en reconstrucción vio reactivarse los daños de 1917. Aunque los efectos señalados no son espectaculares, por ser el segundo sismo menor que el primero, sí podría serlo al suceder la situación inversa.

Licuación de suelos en la Sabana

Este efecto fue observado durante el sismo del 16 de marzo de 1644 en el área de Tunjuelo (INGEOMINAS, 1995), y debe ser tenido en cuenta, en vista de que la situación geológica de Tunjuelo (conos aluviales recientes provenientes de rocas sedimentarias detríticas del

Cretáceo) es común en el sector oriental de la ciudad.

Durante el sismo de 1644, en las orillas del río Tunjuelo se describen muy claramente varios fenómenos típicos de licuación, como son la formación de cráteres de arena y la eyección de agua y arena puntualmente o a lo largo de fisuras.

Efectos topográficos

Estos se han presentado en varias ocasiones, siendo los más espectaculares aquellos ocurridos en la cima de Monserrate y Guadalupe, cuyas iglesias han sido destruidas en cada uno de los tres sismos de intensidad VIII (1785, 1827, 1917) y en uno de intensidad VII (1743).

Los efectos en la topografía son interesantes desde dos puntos de vista. Una parte de ellos viene de fenómenos inducidos, o secundarios, originados por los movimientos sísmicos; es el caso de los deslizamientos y de los flujos producidos por represamiento. Detectar estos fenómenos contribuye directamente a la evaluación de las amenazas geológicas en una región. La otra parte de los efectos en la topografía proviene de posibles rupturas de falla en superficie, y en ese caso es fundamental como guía de los estudios de neotectónica y de amenaza sísmica. Los casos de deslizamientos en sismos históricos son bastante comunes en los alrededores de Bogotá. Quizás los ejemplos más espectaculares estén en los sismos de 1743, 1827 y 1917. Entre los sismos históricos hay varios que ofrecen datos interesantes desde ese punto de vista, siendo los más relevantes los de 1644, marzo 16 (Chipaqué-Ubaque), 1827, y 1917.

1.2.2 Actualización y análisis del Catálogo de sismos de Colombia

Para la evaluación de la amenaza se debe preparar un catálogo que contenga tanto los sismos históricos como los instrumentales, localización y magnitud, para tener una idea de la actividad sísmica de la zona e incluirla dentro del cálculo de amenaza correspondiente.

La selección de los eventos que aparecen en el catálogo se hizo de la siguiente manera:

a) Del Catálogo de Terremotos para América del Sur-Colombia - Proyecto SISRA (CERESIS, 1985) y la Actualización de la Información Sísmica de Colombia, 1980 a 1987 (ITEC-ISA, 1988), se seleccionaron los eventos de magnitud m_b mayor que 4.0 (M_s mayor que 2.4). Para los eventos que únicamente reportaban magnitud M_s se hizo la conversión a m_b de acuerdo con la ecuación $m_b = 2.5 + 0.63 M_s$ (Bullen, 1985). Excepto modificaciones menores, los datos de los eventos seleccionados se ha conservado casi en su totalidad. Para el periodo 1900-1981 se han incluido nuevas réplicas reportadas en los catálogos internacionales.



b) La información histórica del Catálogo de Terremotos para América del Sur-Colombia, Proyecto SISRA I, se ha actualizado con información de los estudios recientes de Espinosa (1993) e INGEOMINAS (1995), a la cual se le ha dado preferencia sobre los registros previos, pues se trata de estudios más detallados.

c) Del Catálogo del Observatorio Sismológico del Sur-occidente Colombiano (OSSO) de la Universidad del Valle se hizo una selección inicial de los eventos con magnitud de duración mayor o igual que 4.0, ubicados en la zona cubierta por esa red o cercanos a sus límites ($-79.0^{\circ} \leq \text{longitud} \leq -73.5^{\circ}$; $1.0^{\circ} \leq \text{latitud} \leq 6.0^{\circ}$). Después de hacer una equivalencia a magnitudes M_s , se seleccionaron los eventos de acuerdo con el mismo criterio que el numeral a).

d) De los eventos reportados por los catálogos internacionales, en general se han preferido las soluciones del ISC, excepto cuando otra solución aportaba mejores datos, como número de estaciones o magnitud. Los eventos que no tenían reportada magnitud en ninguna fuente no se han incluido.

e) De los Eventos reportados por el catálogo de la Red Sismológica Nacional se han seleccionado aquellos con magnitud M_l mayor o igual que 4.0.

En general, para todos los eventos del catálogo se calculó la magnitud M_s . Para los eventos que no la reportaban originalmente, ésta se ha calculado a partir de la magnitud m_b . En los casos en los cuales la magnitud m_b no había sido reportada por la fuente, se obtuvieron relaciones entre la magnitud reportada y m_b .

Los eventos seleccionados se presentan en la Figura 1.11.

1.2.2.2 Tasas de ocurrencia esperadas para Colombia

A partir de los resultados anteriores se creó una muestra artificial, o subcatálogo, que sólo incluyó los eventos ocurridos en el período de tiempo para el cual una determinada magnitud aparece completamente reportada. Las tasas de ocurrencia para este subcatálogo corresponden a las de la tabla 1.5, en ella se resumen los períodos de observación "completos" para cada rango de magnitud y las respectivas tasas de ocurrencia esperadas. Los valores de las tasas de ocurrencia contra los de magnitud se muestran en la Figura 1.12.

Vale la pena resaltar que los períodos de completitud y las tasas de ocurrencia encontrados, son válidos a nivel regional. Pero, es de esperarse que a medida que se reduzca el área geográfica disminuya la velocidad a la cual los datos son adquiridos. Por consiguiente se necesitan períodos de observación más largos para obtener un

| RANGO MAGNITUD | PERÍODO "COMPLETO" | TASA OCURRENCIA ESPERADA (N/AÑO) |
|----------------|--------------------|----------------------------------|
| 2.5 | 5 a 15 | 68.17 |
| 3.0 | 5 a 25 | 41.69 |
| 3.5 | 5 a 25 | 26.13 |
| 4.0 | 15 a 45 | 11.14 |
| 4.5 | 15 a 45 | 4.38 |
| 5.0 | 25 a 65 | 2.61 |
| 5.5 | 25 a 85 | 1.53 |
| 6.0 | 25 a 85 | 1.12 |
| 6.5 | 25 a 95 | 0.67 |
| 7.0 | 25 a 95 | 0.24 |
| 7.5 | 200 | 0.041 |
| 8.0 | ? | 0.002 |

TABLA 1.5 PERÍODOS "COMPLETOS" PARA CADA RANGO DE MAGNITUD Y TASAS DE OCURRENCIA ESPERADAS EN ESTOS PERÍODOS.

muestreo adecuado de un determinado rango de magnitud para un área comparativamente más pequeña.

Los datos sísmicos empleados en el informe hacen parte del catálogo sísmico nacional que ha sido revisado intensamente por varios investigadores; recientemente fue objeto de un estudio de completitud que lo ha llevado a una depuración máxima con un total de 4516 eventos hasta finales de 1995.

No obstante, el catálogo sísmico nacional es de características deficientes y la posición de los focos sísmicos adolece de grandes restricciones que conducen a enfoques particulares para la caracterización de las fuentes sísmicas. La particularidad da origen a los denominados corredores de influencia de cada fuente sismogénica para encontrar los sismos que se supone fueron la consecuencia de rupturas en las fuentes.

1.3 AMENAZA SÍSMICA REGIONAL

En el área de influencia sísmica de Santafé de Bogotá, con 200 km de radio, se tiene noticia de 396 sismos incluyendo todas las magnitudes. Si se tiene en cuenta el registro a partir de 1957 el número total de sismos registrados en el área es de 245 de los cuales 120 tienen magnitud $M_s > 3$. Más adelante se presenta la posible asignación de la población sísmica a las diferentes fuentes

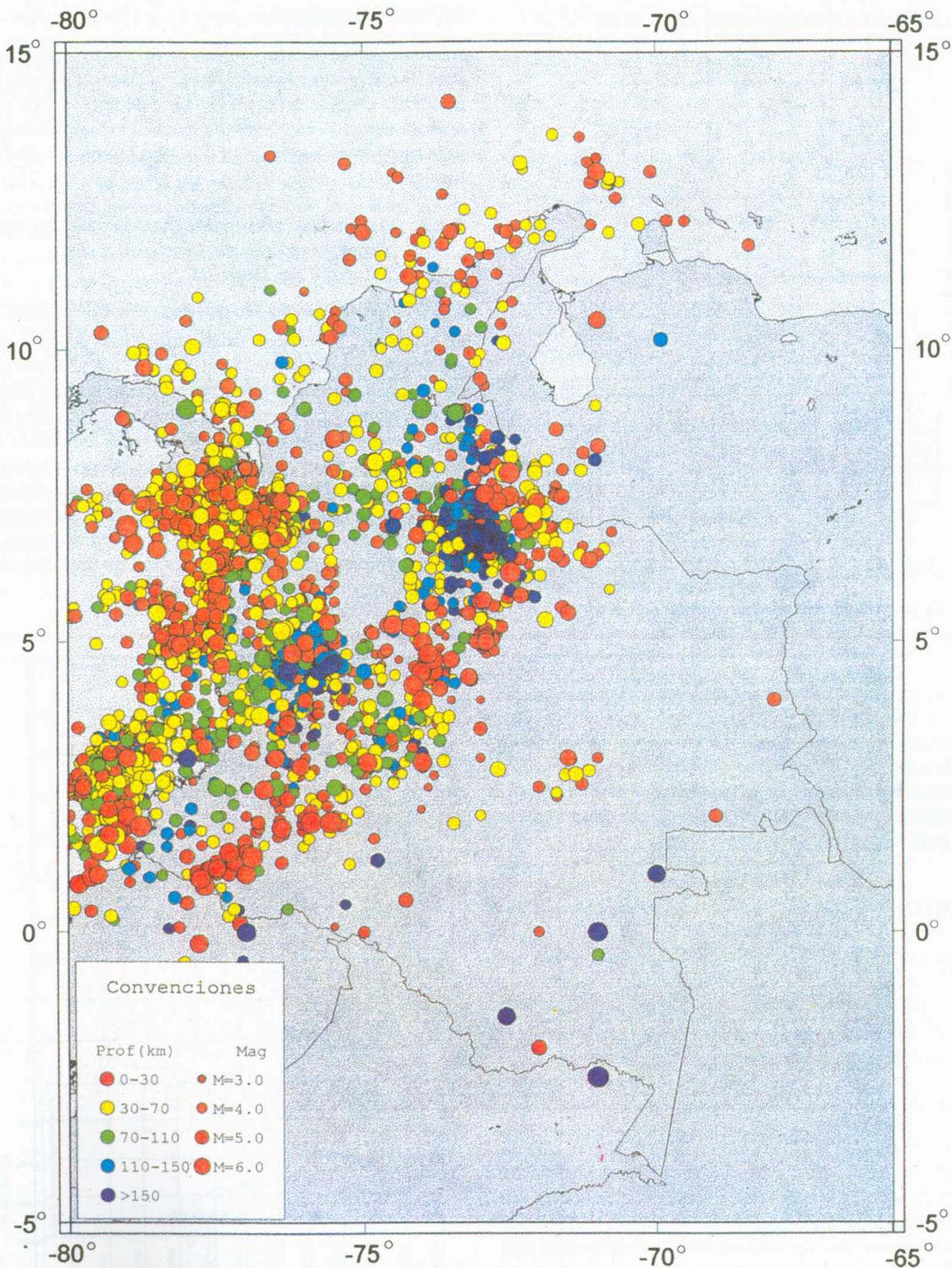


FIGURA 1.11 EVENTOS SELECCIONADOS PARA LA CONFORMACIÓN DEL CATÁLOGO