

E 79



MICROZONIFICACION SISMICA DE SANTA FE DE BOGOTA

**SISMICIDAD HISTORICA DE SANTA FE DE
BOGOTA Y SU AREA
1500 - 1994**

**Armando Espinosa Baquero
INGEOMINAS - Cali
Diciembre de 1994**



MICROZONIFICACION SISMICA DE SANTA FE DE BOGOTA

**SISMICIDAD HISTORICA DE SANTA FE DE
BOGOTA Y SU AREA
1500 - 1994**

Armando Espinosa Baquero
INGEOMINAS - Cali
Diciembre de 1994

1. INTRODUCCION

Aunque el área de Santa Fe de Bogotá es una de las regiones colombianas que dispone de mejor información sobre su historia sísmica, por haber sido en los últimos quinientos años la de mayor influencia política, es también una de aquellas donde los estudios de sismicidad histórica se encuentran más atrasados. Una idea muy generalizada pretende que en Colombia tiembla en las regiones volcánicas, es decir en el centro del país, olvidando que los sismos más devastadores han tenido por escenario la Cordillera Oriental y la Costa Pacífica. Esta creencia muy anclada en la cultura colombiana, unida al hecho de que no ha habido sismos destructores en Santa Fe de Bogotá en los últimos setenta y cinco años, ha incidido negativamente en los estudios de amenaza sísmica de la región.

Santa Fe de Bogotá y su región disponen de una excelente información histórica, sin duda alguna la mejor del país. Durante la Colonia, los mejores historiadores y cronistas escribieron sus obras en Santa Fe. Entre los primeros están Fray Pedro Simon y Fray Pedro de Aguado. Los segundos cuentan con figuras como Lucas Fernández de Piedrahita, Alonso de Zamora y Juan Rodríguez Freyle. Las autoridades españolas fueron además muy cuidadosas en la adquisición y la conservación de información, gracias a lo cual la ciudad dispone de excelentes archivos coloniales. En el siglo XIX ya se publica un razonable número de periódicos y revistas, el estado produce y conserva documentos muy abundantes y de buena calidad, y aparecen estudios históricos importantes. En el siglo XX el desarrollo de la prensa es muy notable. Todo lo anterior permite afirmar sin ninguna exageración que la ciudad cuenta con información suficiente para hacer un estudio confiable de su sismicidad histórica.

El período histórico en Santa Fe de Bogotá cubre unos quinientos años pues a pesar de que los primeros documentos escritos aparecen con la fundación de la Santa Fe hispánica, en 1538, los cronistas de la Conquista recogieron informaciones que en el campo de la sismicidad cubren ampliamente las primeras décadas del siglo XVI. Bueno es recordar que la Sabana de Bogotá tenía en aquella época una población cercana al millón de habitantes, y las construcciones eran tan imponentes que recordaron a los españoles los palacios árabes del sur de España, lo cual valió a la región el nombre de Valle de los Alcázares, dado por Jiménez de Quesada a la Sabana. En esas condiciones se puede decir que cualquier evento sísmico importante de la primera parte del siglo XVI, si hubiera ocurrido hubiera sido registrado por los cronistas españoles. En términos de sismicidad, disponemos incluso de algunas informaciones de la época precolombina, gracias a la mitología chibcha recogida por los cronistas. La leyenda de Bochica y Chibchacún, según la cual el primero castigó al segundo haciéndole cargar la tierra en uno de sus hombros, y a cada ocasión que este pasaba la tierra de

CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. FUENTES DE INFORMACION SOBRE LA SISMICIDAD HISTORICA DE SANTA FE DE BOGOTA
 - 2.1. FUENTES SECUNDARIAS
 - 2.2. FUENTES PRIMARIAS
 - 2.2.1. Prensa escrita del siglo XX
 - 2.2.2. Archivo General de la Nación
3. MAPA GENERAL DE INTENSIDADES
4. CATALOGO DE SISMOS HISTORICOS
5. MAPA DE EPICENTROS HISTORICOS
6. ANALISIS DE LOS PRINCIPALES SISMOS HISTORICOS
 - 6.1. EL SISMO DE 1917
 - 6.2. EL SISMO DE 1827
 - 6.3. EL SISMO DE 1826
 - 6.4. SISMOS PROVENIENTES DE ZONAS SISMOGENICAS LEJANAS:
 - 6.4.1. El sismo de 1906 (Tumaco)
 - 6.4.2. 1979, noviembre 23 (Viejo Caldas)
 - 6.4.3. 1967, julio 29 (Santander)
7. EFECTOS LOCALES DE SISMOS HISTORICOS EN LA SABANA DE BOGOTA
 - 7.1. COMPORTAMIENTO NO HOMOGENEO DE SANTA FE DE BOGOTA
 - 7.2. ACUMULACION DE DAÑOS POR SISMOS SUCESIVOS
 - 7.3. LICUACION DE SUELOS EN LA SABANA
 - 7.4. EFECTOS TOPOGRAFICOS
8. EFECTOS EN LA TOPOGRAFIA EN SISMOS HISTORICOS
9. CONCLUSIONES
 - 9.1. NIVEL DE SISMICIDAD Y RECURRENCIAS
 - 9.2. ORIGEN DE LOS SISMOS DESTRUCTORES
 - 9.3. ATENUACION DE LAS INTENSIDADES
 - 9.4. EFECTOS LOCALES Y EFECTOS EN LA TOPOGRAFIA
10. BIBLIOGRAFIA

un hombre a otro producía un temblor, muestra claramente que la población precolombina conoció grandes eventos sísmicos que quedaban aún frescos en su memoria a la llegada de los españoles.

El conocimiento de la sismicidad histórica de la Sabana de Bogotá se encuentra prácticamente en el estado en que lo dejó el Padre Jesús Emilio Ramírez en la clásica obra *Historia de los Terremotos en Colombia* (1975). A pesar de que en los estudios de sismicidad histórica de Popayán (Espinosa, 1992a) y del Valle del Cauca (Espinosa, 1992b) y en la última actualización del catálogo colombiano de sismicidad histórica (Espinosa, 1994e) hay contribuciones que tienen que ver con el área de Santa Fe de Bogotá, no se ha hecho hasta ahora un análisis específico del período histórico. Existen sí contribuciones puntuales que tratan de eventos importantes (Alvarez, 1987; Espinosa, 1994 a,b,d) de las cuales algunas son muy relevantes, como aquella que comprueba la licuación de suelos en el área de Tunjuelo durante el sismo del 16 de Marzo de 1644 (Espinosa, 1994b). Los análisis de Alvarez (1987) sobre los grandes eventos que afectaron a Bogotá (1785 y 1827) son también una contribución importante. Sarria (1985) hace por su parte un interesante aporte al publicar mapas de intensidad de los más importantes eventos que ocurrieron entre 1957 y 1981.

La búsqueda y la recopilación de información sobre la historia sísmica de Santa Fe de Bogotá se ha visto beneficiada, no obstante, por los estudios de amenaza sísmica y de amenaza volcánica de otras regiones del país. Por poseer la capital los mejores centros de información, es un sitio de consulta obligada y durante pesquisas sobre cualquier región de Colombia se encuentran datos que directa o indirectamente tienen que ver con la sismicidad de esta área.

Al iniciarse el Proyecto de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá se disponía de la siguiente información sobre la sismicidad de la región en el período histórico:

- Los catálogos y compilaciones anteriores: Ramírez (1975), ITEC-ISA (1979, 1988), Ocola (1984) y Goberna y otros (1985). De-especial valor es la obra de Ramírez (1975) sobre la cual están basadas, de alguna manera, todas las demás. Como la obra contiene también una parte descriptiva, con transcripción textual de los documentos, es una guía muy importante.
- Los estudios específicos, ya mencionados, de Alvarez (1987), Espinosa (1992a, b, 1994 a, b, d) y Sarria (1985).
- Los datos no procesados, recogidos en proyectos anteriores (Popayán, Valle del Cauca) o en proyectos en ejecución (Manizales). Es importante especificar que el Proyecto del Valle del Cauca cubrió el período 1500-1920 (1920-1990 estuvo a cargo del grupo de sismología) y el de Manizales el período de 1850-1992 (no existen datos anteriores a 1850).

Analizados los datos disponibles al iniciarse el proyecto, resultó evidente que el esfuerzo mayor en la búsqueda de datos había que hacerlo en el siglo XX y en la segunda parte del siglo XIX.

Con base en toda la información se propuso obtener los siguientes resultados:

- Un catálogo de los eventos que han afectado a Santa Fe de Bogotá y áreas vecinas.
- El mapa de epicentros de los eventos contenidos en el catálogo.
- Mapas de intensidades de los eventos más significativos.
- Una recopilación de efectos en la topografía de los sismos históricos, posibles indicadores de movimientos de fallas.
- La recopilación y el análisis de datos sobre efectos locales observados en sismos históricos, tales como licuación de suelos, comportamiento diferencial de los sectores de la ciudad ante algún sismo, efectos topográficos, u otros.

Para lograr los objetivos propuestos se dispuso durante seis meses del siguiente grupo de personas, además del jefe del subproyecto: un ingeniero, tiempo completo, y dos estudiantes, medio tiempo, en la búsqueda de datos, y dos estudiantes, medio tiempo, en el procesamiento de datos.

2. FUENTES DE INFORMACION SOBRE LA SISMICIDAD HISTORICA DE SANTA FE DE BOGOTA.

Como en todo estudio de sismicidad histórica hay que distinguir dos grupos de informaciones: secundarias y primarias. Las secundarias son aquellas provenientes de personas que no fueron testigos directos de lo que describen y entre ellas hay que situar las compilaciones anteriores, diversas obras de historia nacional, regional o local, tratados de geografía, obras históricas temáticas, y otras. Las primarias, al contrario, vienen de testigos directos y entre ellas están las informaciones de prensa, los documentos de archivo, los informes específicos, los escritos autobiográficos, la correspondencia de testigos, los relatos de cronistas y viajeros etc. En los casos en que un documento secundario cita textualmente un testigo directo se convierte en información primaria.

2.1. FUENTES SECUNDARIAS

En general la búsqueda de informaciones en un trabajo de sismicidad histórica empieza en las fuentes secundarias. En el caso de este estudio, ese paso había sido dado en proyectos anteriores, en los cuales se consultaron las fuentes que a continuación se describen.

Las obras de historia nacional como Henao y Arrubla (1910), Groot (1889), o la Historia Extensa de Colombia (1974-1987) señalan, con pocos detalles, los grandes eventos. Información más específica hay que buscarla en obras de historia regional o local como la Historia Geopolítica de Cundinamarca de Roberto Velandia (1971), o la Monografía de los pueblos de Boyacá de Ramón Correa (1987). Es muy importante acudir a monografías de ciudades y pueblos como La Villa de Guaduas de Alberto Hincapié (1968) o las Páginas de Historia de Zipaquirá de Roberto M. Tisnés (1956), aunque en este tipo de obras, como en las anteriores, sucede que ningún dato se haya registrado. Las obras de historia temática son una excelente fuente de información, en particular aquellas que tocan la historia de la arquitectura y la historia religiosa. Al primer tipo pertenece la bien conocida Historia de la Arquitectura Colombiana de Alberto Corradine (1989), al segundo Los Jesuitas en Colombia de Juan Manuel Pacheco S.J. (1959). Los tratados de geografía son, finalmente, una fuente de información importante.

2.2. FUENTES PRIMARIAS

También las fuentes primarias habían sido estudiadas, con buen grado de detalle hasta 1850, en proyectos anteriores, quedando la

segunda mitad del siglo XIX y el siglo XX como objetivo de las pesquisas. Las fuentes consultadas anteriormente incluían obras de cronistas, viajeros y naturalistas (Juan Bautista Boussingault (1903) es quizás el caso más interesante de todos ellos) , artículos científicos como el de Joaquín Acosta (1828) sobre el terremoto de 1827, escritos autobiográficos, documentos de archivos históricos (la Epoca Colonial había sido prácticamente agotada en el Archivo General de la Nación), y una parte de la prensa escrita. La mejor manera de cubrir el período y el tipo de fuentes no consultadas, era enfocar la búsqueda de información del siglo XX en la prensa escrita y de la segunda mitad del siglo XIX en el Archivo General de la Nación en Santa Fe de Bogotá.

2.2.1. Prensa escrita del siglo XX

Santa Fe de Bogotá tiene la fortuna de disponer de dos bibliotecas, la Biblioteca Nacional y la Biblioteca Luis Angel Arango, que han coleccionado de manera sistemática la prensa escrita del siglo XX. Esta circunstancia unida a que, como es de esperar en una capital, la prensa del siglo XX ha alcanzado un desarrollo importante (la ciudad tuvo permanentemente al menos dos diarios en la primera mitad del siglo y al menos cuatro desde entonces) es muy favorable a un estudio de sismicidad histórica.

La búsqueda de información en la prensa del siglo XX se orientó hacia la extracción de datos sobre daños y efectos en la superficie, tan detallados como fuera posible, sobre los eventos conocidos. En el Anexo 1 se relacionan los periódicos consultados en cada sismo. Naturalmente, los más grandes diarios de Bogotá, El Tiempo y El Espectador, son los que contienen más información, pero como el listado lo demuestra, están lejos de ser las únicas fuentes. Periódicos hoy en día desaparecidos, como el Diario Nacional, La Patria, o el Nuevo Tiempo, son buenas fuentes de información y pueden incluso superar en casos específicos a los grandes diarios. En todos los casos se elaboró una ficha por sismo y por localidad con la información textual, siguiendo la metodología propuesta por Espinosa (1989).

2.2.2. Archivo General de la Nación (AGN)

El Archivo General de la Nación (anteriormente Archivo Histórico Nacional) es indiscutiblemente la mejor fuente de información primaria en materia de historia de los desastres en el siglo XIX y los anteriores, en razón de que la prensa escrita solo adquiere el grado de desarrollo suficiente, en el tema que nos interesa, en este siglo. Sin embargo, la consulta del siglo XIX en archivos históricos colombianos presenta una serie de dificultades que tienen su origen en varios hechos: a) la gran cantidad de información de naturaleza muy diversa contenida en los archivos, b) la falta de índices adecuados, a pesar del esfuerzo hecho por los archivos en los últimos años, c) lo novedoso del tema que nos

ocupa. Con estas premisas, una investigación corta debe dirigir sus esfuerzos adecuadamente para no correr el riesgo de desgastarse sin obtener resultados satisfactorios.

Entre los diversos fondos del siglo XIX, el del Ministerio de lo Interior y Relaciones Exteriores es el que presenta mejores posibilidades para encontrar la información requerida por este estudio. El fondo contiene documentos que van de 1831 a 1881. Como al Ministerio de lo Interior correspondían los asuntos de las provincias, incluyendo la de Cundinamarca, a él llegaban informaciones sobre los acontecimientos de importancia en todo el país. El fondo dispone de un índice, lo cual es una razón suplementaria para tomarlo como posible fuente de información. Durante el estudio se consultaron los índices y los documentos de interés de los primeros setenta de los ciento diez volúmenes del fondo.

3. MAPA GENERAL DE INTENSIDADES.

Una manera práctica de abordar el problema de la sismicidad histórica de una región es empezar el estudio elaborando un mapa general de intensidades, el cual se va mejorando a medida que los datos se van completando. Este tipo de mapa contiene, en cada localidad de donde hay datos disponibles, el listado de sismos conocidos ordenados cronológicamente y llevando en cada caso la intensidad en el sitio en cuestión. Este mapa demuestra que la densidad de la información no es homogénea, resultando siempre privilegiadas las ciudades y poblaciones históricamente importantes. Hecha la salvedad de esta limitante, un mapa general de intensidades es muy útil por dos razones principales: a) da una idea general del nivel de sismicidad y de la amenaza sísmica en la región, permitiendo en algunos casos hacerse una idea de los períodos de recurrencia, y b) de él se deducen fácilmente el catálogo de sismos históricos y el mapa de epicentros.

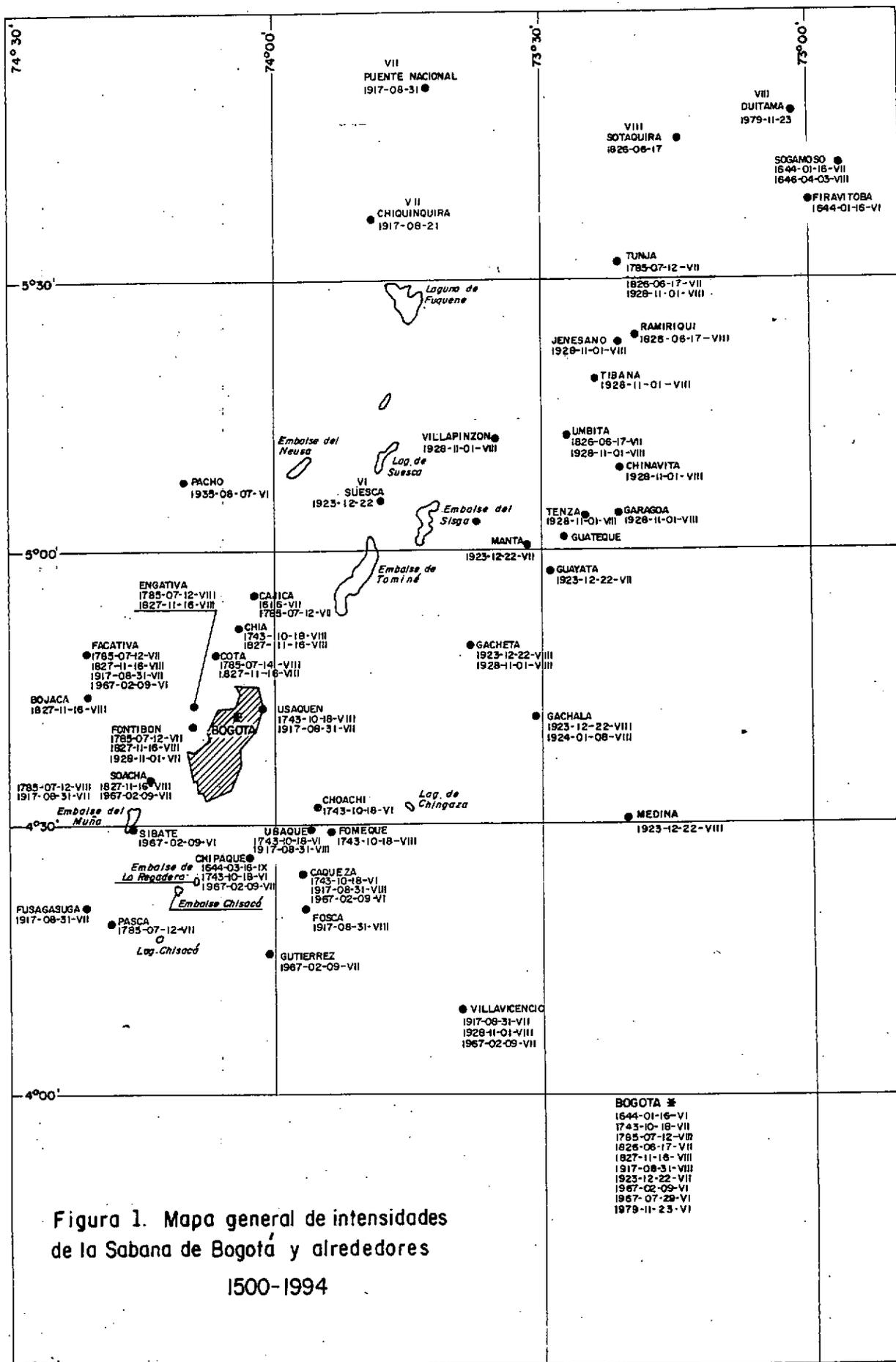
El mapa general de intensidades de la Sabana de Bogotá (figura 1) muestra que en los últimos siglos la sismicidad del área ha sido relativamente importante. La máxima intensidad registrada en la zona es IX; corresponde a Chipaque en el sismo de 1644 (determinada por efectos en la topografía), pero es un caso excepcional. La intensidad VIII es estadísticamente la más frecuente intensidad máxima en las localidades de la Sabana. La máxima intensidad registrada en Santa Fe de Bogotá es VIII entre la fundación de la ciudad y la actualidad.

Como era de esperar, Santa Fe de Bogotá tiene el mejor registro de la región. En el período histórico ocurrieron once sismos de intensidad igual o mayor a VI de los cuales siete están en el rango VII-VIII. Clasificados por intensidad nos dan el cuadro siguiente:

I	FECHAS	No EVENTOS
VIII	- 1785, 1827, 1917	3
VII	1743, 1826, 1923, 1967 (febrero)	4

Los eventos de intensidad VI son 5 (1616, 1644, 1928, 1967 julio y 1979 noviembre). Se constata que este número es demasiado bajo. Estamos en los límites de confiabilidad de la sismicidad histórica a esta escala: muchos eventos de esta intensidad pueden ser olvidados en un período de varios siglos. En este caso los datos de intensidad VI son no aptos para análisis estadísticos o, en otros términos, para cálculo de amenaza.

Los datos anteriores están plasmados en la figura 2. En ella se puede ver que en la sismicidad de Santa Fe de Bogotá se



presentan largos períodos de quietud, como 1500-1616, 1616-1743, y 1827-1917, y acumulación de sismos durante períodos cortos, como en 1826-1827 y 1917-1928.

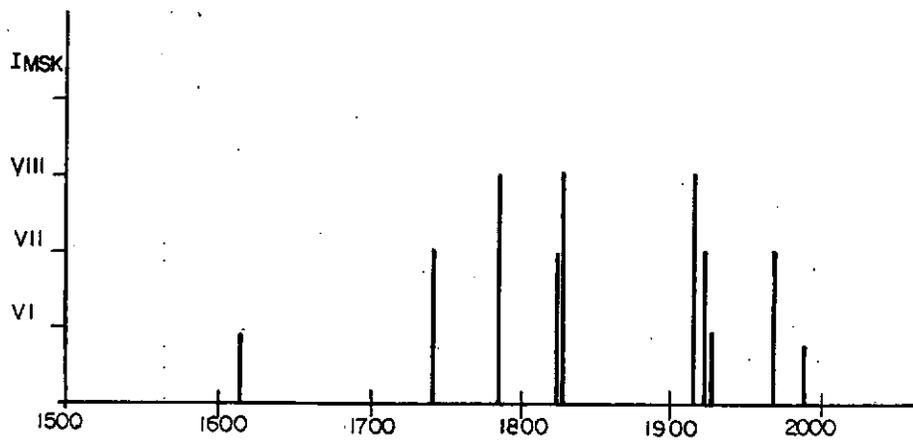


Figura 2. Sismicidad en Santa Fe de Bogota. 1500-1994

4. CATALOGO DE SISMOS HISTORICOS

Para la elaboración del catálogo de sismos históricos se tuvieron en cuenta los eventos que en el área correspondiente al mapa general de intensidades fueron sentidos en una o más localidades con una intensidad igual o mayor a VII, independientemente de que su epicentro esté localizado o no dentro de esta área. Con estas características, el catálogo queda conformado por 14 eventos.

CATALOGO DE SISMOS SENTIDOS EN SANTA FE DE BOGOTA Y AREAS VECINAS (1500-1994)

Hora local (GMT-5h)

AÑO	MES	DIA	HORA	EPICENTRO	LAT N	LONG W	Io (MSK)
1616	02	-	-	Cajicá (Cundinamarca)	5.00	4.00	VII
1644	01	16	06: -	Pamplona (N. Santander)	7.40	72.70	IX
1644	03	16	-	* Chipaque (Cund.)	4.50	74.00	IX
1646	04	03	03: -	Sogamoso (Boyacá)	5.70	73.00	VIII
1743	10	18	0:45:	Páramo de Chingaza (Cund.)	4.40	73.90	VIII
1785	07	12	07:45:	Páramo de Chingaza (Cund.)	4.70	73.80	IX
1826	06	17	23:45:	Sopó (Cund.)	4.80	73.90	VIII
1827	11	16	18: -	* Timaná (Huila)	1.90	75.90	X
1917	08	31	06:36:29	* Páramo de Somapaz	4.26	74.15	IX
1923	12	22	04:55:35	Paratebueno (Cund.)	4.40	73.20	VIII
1924	01	07		Gachalá	4.70	73.50	VIII
1928	11	01	11:08:18	El Milagro (Casanare)	5.50	71.50	VII
1967	02	09	11:35:11	Los Cauchos (Huila-Caquetá)	2.93	74.00	IX
1967	07	29	05:24:24	Chucurí (Santander)	6.84	74.09	VIII

*Sismos con algún indicio de huellas en superficie (neotectónica).

La contribución de este catálogo a la sismicidad regional tiene dos componentes. Por una parte es el primer catálogo histórico de Santa Fe de Bogotá y sus alrededores, por otra parte contiene modificaciones importantes con relación a los catálogos nacionales anteriores, el de Ocola (1984) y el de Goberna y otros (1985). Las modificaciones tienen que ver con: a) nuevos eventos, es decir eventos no incluidos en los catálogos anteriores, b) cambio de epicentro, c) cambio de intensidad epicentral, d) supresión de eventos, ya sea porque se ha comprobado que no existieron, o que su intensidad epicentral fue menor, lo cual los coloca por debajo del límite inferior del catálogo. Las principales modificaciones son las que se analizan a continuación.

- 1616. Nuevo. Datos encontrados en el Archivo General de la Nación. Su epicentro estuvo cerca de Cajicá, cuya iglesia fue averiada seriamente. No hay datos de otras localidades hasta ahora, (Espinosa, en preparación).

- 1625. Suprimido. Este sismo no tiene la importancia que se le ha dado hasta ahora. Solo se conocen informaciones secundarias, contenidas en frases que dicen textualmente: " En este Concilio (1625) fue votado por abogado contra los temblores de tierra el santo Francisco de Borja, recién beatificado en aquella sazón..." (Garzón de Tahuste, 1644); " otro igual terremoto que fue el año de 1625" (Vargas Jurado, 1714 - 1764); y " Los temblores de tierra que afligieron a la ciudad en aquella lejana época (1625), causando algunos daños y grave alarma a los pobladores" (Ibañez, 1891). Es el caso típico de evento exagerado cuyos efectos, es evidente, se van agravando por los sucesivos autores: Garzón de Tahuste en el siglo XVII, Vargas Jurado en el siglo XVIII e Ibañez en el XIX, pero el más importante de ellos, Garzón de Tahuste quien vivió en Santa Fe en aquella época, ni siquiera lo menciona. Crónicas de la época como la de Rodríguez Freyle, escrita en 1636, tampoco reseñan ningún sismo en 1625.

- 1644, enero 16. Cambio de epicentro. Este importante evento debe tener su epicentro muy cerca de Pamplona, hacia el sur, no al oeste como se ha señalado tradicionalmente. Los daños máximos ocurrieron en Pamplona. Se conocen daños al sur, en Sogamoso y Firabitoba, y ninguno al norte.

- 1644, marzo 16. Nuevo. Evento importante desconocido hasta ahora, encontrado y descrito por Espinosa (1994b). Localizado al suroccidente de Bogotá, se caracteriza por notables efectos geotécnicos en el área epicentral, como grandes fisuras, represamiento de ríos, licuación de suelos, y graves daños a la población de Tunjuelo.

- 1646, abril 3. Nuevo. Este sismo tuvo por epicentro el área de Sogamoso, donde causó daños graves. Fue identificado y señalado por Espinosa (1994a).

- 1687, marzo 9. Suprimido. Se trata del famoso "ruido de Santa Fe", del cual hay pruebas contundentes de que no tuvo origen sísmico. Este aspecto, y las posibles causas son analizados en Espinosa (1994d, c).

- 1743, octubre 18 . Cambio de epicentro. La zona de daños mayores y de efectos máximos en el terreno (deslizamientos) está entre Fómeque y Cáqueza. Ocola (1984) y Goberna y otros (1985) lo sitúan más al norte.

- 1924, enero 8. Nuevo. Este evento no figura en ninguno de los catálogos anteriores. Causó graves daños en Gachalá. Fue identificado por información de prensa.

- 1928, noviembre 1. Epicentro a determinar. Los catálogos anteriores lo ubican en los llanos de Casanare (Hato Corozal). Sin embargo los efectos importantes aparecen en el triángulo Bogotá-Tunja-Villavicencio. No hay reporte de daños en Casanare y Arauca, ni en Venezuela según Centeno Grau (1969).

5. MAPA DE EPICENTROS HISTORICOS

El mapa general de epicentros (figura 3) contiene todos los eventos del catálogo, y su principal interés es indicar las zonas que en los últimos quinientos años han producido sismos con intensidades iguales o mayores a VII en la Sabana de Bogotá. Estos están localizados sin excepción en la Cordillera Oriental, tomando como límites de esta el Valle del Magdalena y el piedemonte llanero. Zonas sismogénicas importantes a escala de los Andes colombianos, como la de Romeral en la Cordillera Central y las de la Cordillera Occidental no han sido significativas durante el período histórico pues los sismos generados en ellas no han tenido intensidades altas en el área de Santa Fe de Bogotá, aunque sí se han sentido muy claramente. Por ejemplo, los sismos del 4 de febrero de 1938 y del 23 de noviembre de 1979, cuyos epicentros están en el Viejo Caldas, en las Cordilleras Central y Occidental respectivamente, tuvieron intensidades epicentrales IX y fueron sentidos en Bogotá con intensidades V y VI. La zona de la fosa de subducción del Pacífico, la cual ha producido una alta sismicidad en el siglo XX, tampoco ha sido significativa, pero hay que hacer la salvedad de que la información histórica del Pacífico es muy pobre, quizá la mas pobre del país. El sismo de Tumaco, en 1906, tuvo intensidad epicentral X y fue sentido en Bogotá con intensidad V. El norte de la Cordillera Oriental, zona de los Santanderes, aunque muy activo en el período histórico tampoco ha generado eventos destructores en Santa Fe de Bogotá.

Para la evaluación de la amenaza sísmica de Santa Fe de Bogotá resulta muy interesante analizar las fuentes de los eventos mayores, lo cual se facilita elaborando mapas parciales de epicentros históricos. En el mapa de epicentros de eventos con intensidad VIII en Santa Fe de Bogotá (figura 4) se observa que de los tres eventos de intensidad VIII, dos se generaron a unos cincuenta kilómetros, al noreste (1785) y al sureste (1917), y uno a trescientos cincuenta kilómetros al suroeste (1827).

El mapa de eventos con intensidad VII en Santa Fe de Bogotá (figura 5) muestra fuentes bastante similares a las de los eventos de intensidad VIII. Dos de los cuatro sismos VII se generaron a unos cincuenta kilómetros de Bogotá, al noreste (1826) y al sureste (1743), uno se generó a unos ciento cincuenta kilómetros al sureste (1923), aunque el epicentro de este sismo podría estar más al oeste, y uno a doscientos kilómetros al suroeste (1967).

Los dos mapas anteriores muestran que los sismos destructores de Bogotá en los últimos quinientos años tuvieron su origen al este y al sur de la ciudad. Los del este están en un radio de ciento cincuenta kilómetros, seguramente menos si se tiene en cuenta que el epicentro de 1923 debería estar más al oeste, y los del sur están entre 50 y 350 kilómetros. De especial importancia es el hecho de que el epicentro de uno de los sismos de intensidad VIII esté localizado a trescientos cincuenta kilómetros de la ciudad.

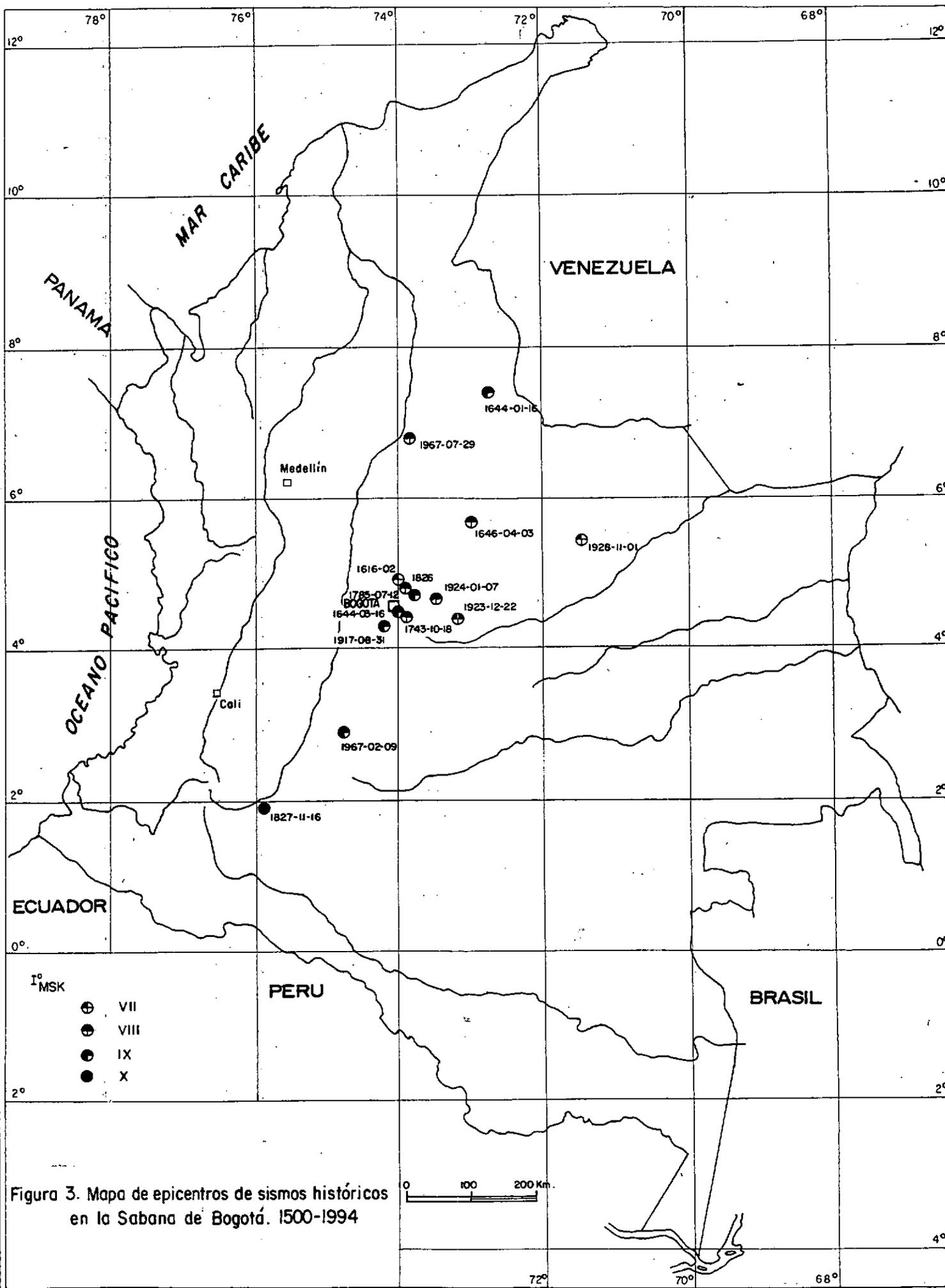


Figura 3. Mapa de epicentros de sismos históricos en la Sabana de Bogotá. 1500-1994

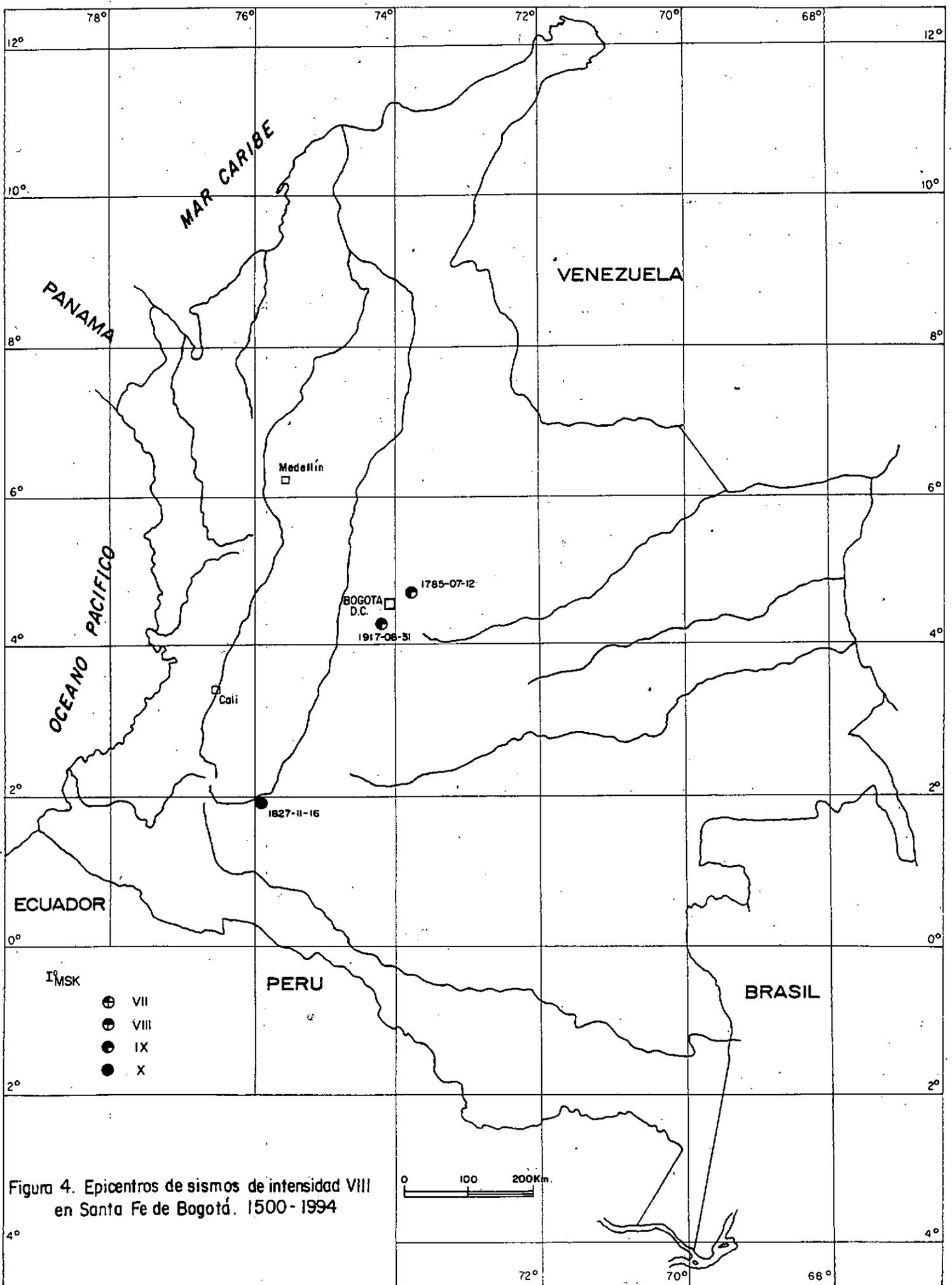


Figura 4. Epicentros de sismos de intensidad VIII en Santa Fe de Bogotá. 1500-1994

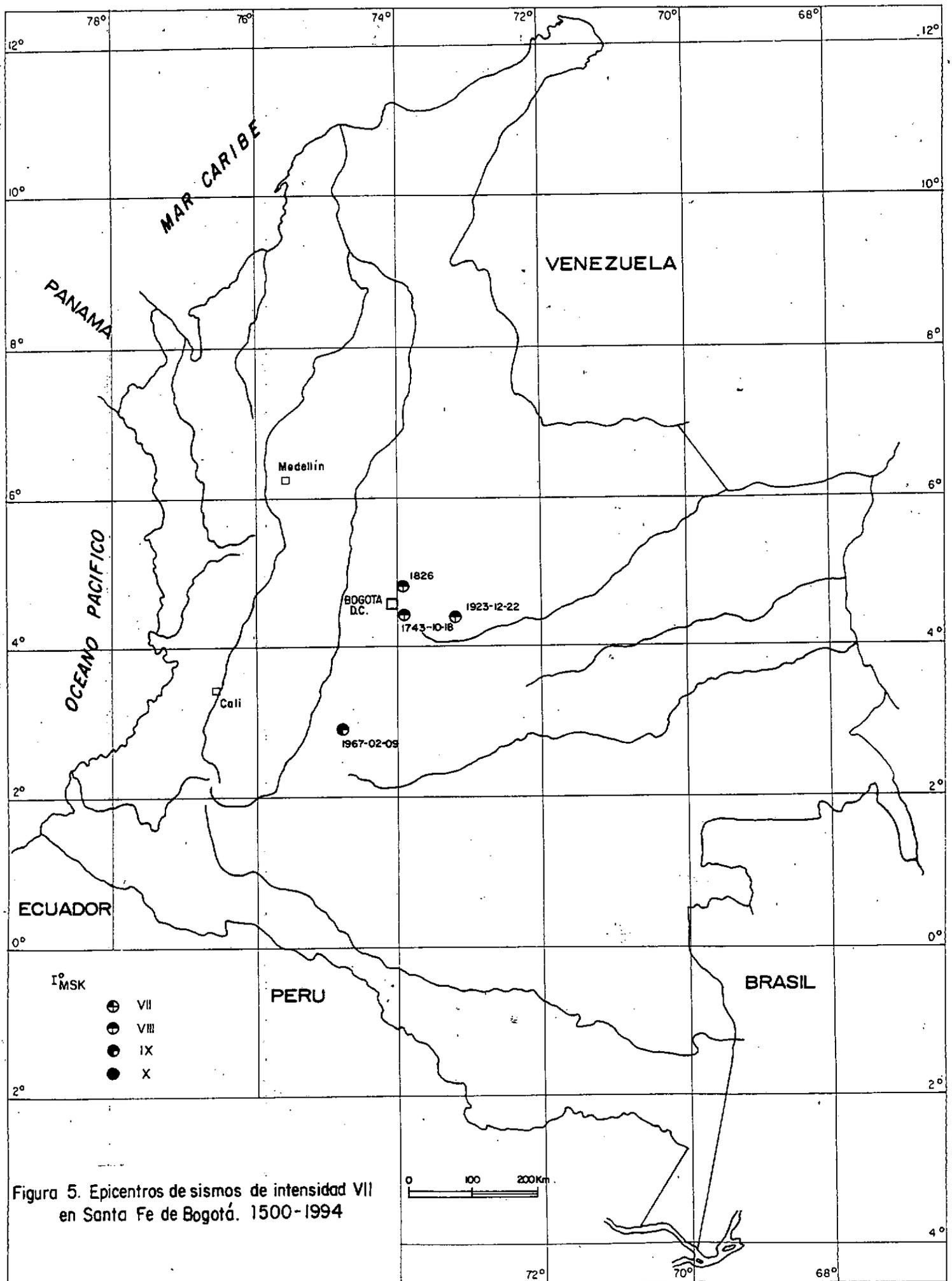


Figura 5. Epicentros de sismos de intensidad VII en Santa Fe de Bogotá. 1500-1994

0 100 200km

6. ANALISIS DE LOS PRINCIPALES SISMOS HISTORICOS

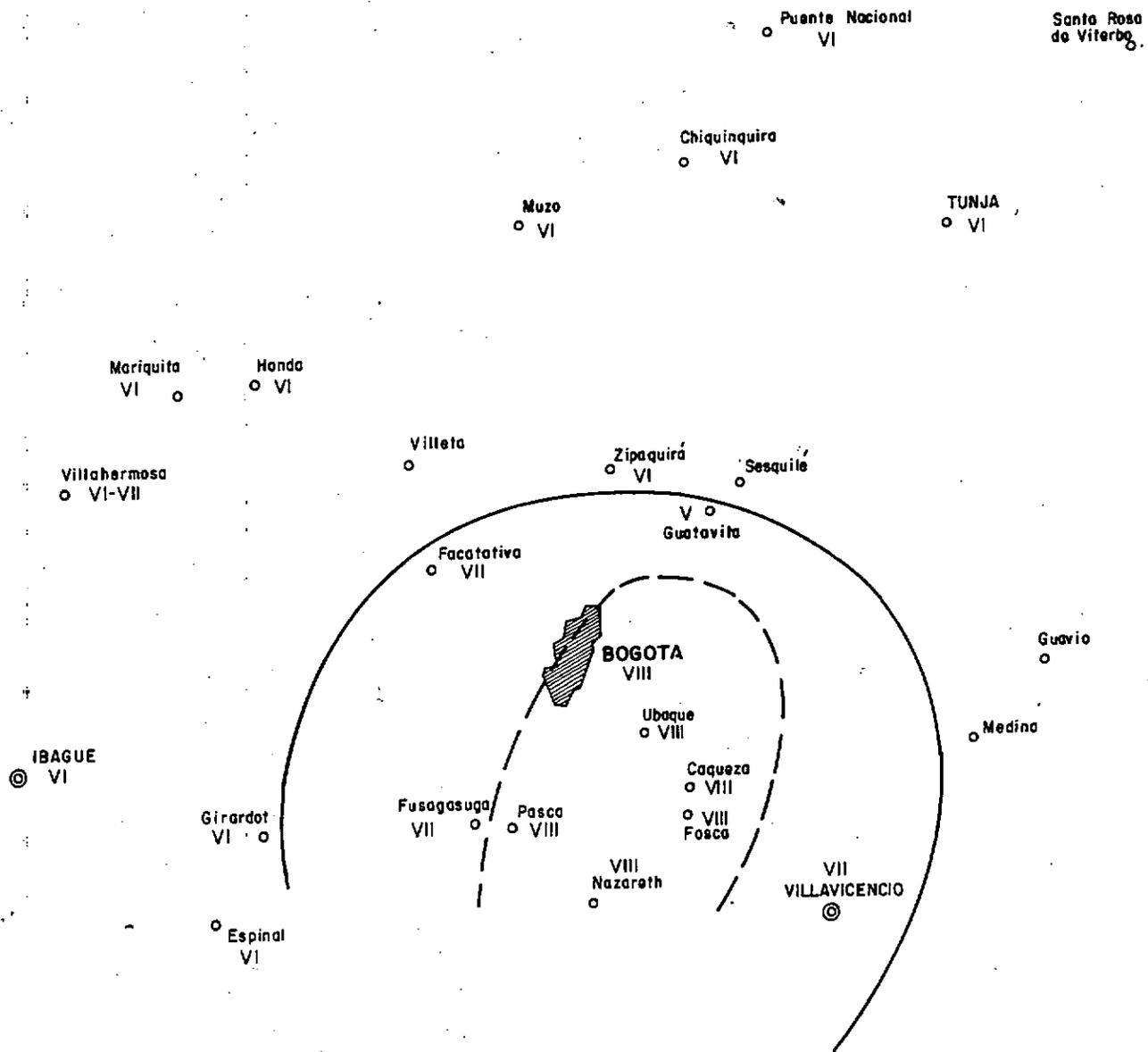
El análisis de la distribución de intensidades es importante en el cálculo de amenaza sísmica en la medida en que da una idea sobre la atenuación de la energía sísmica entre las fuentes y la región estudiada. En el caso de Bogotá teniendo en cuenta que las fuentes sismogénicas importantes en el período histórico están en la Cordillera Oriental, hay que hacer énfasis en los sismos provenientes de esta zona. Entre los sismos de más alta intensidad los que disponen de mayor información son los de 1917 y 1827, mientras que entre aquellos de intensidad VII el más conocido es el de 1967; sin embargo el de 1826 es tal vez más interesante por tratarse de un sismo cercano, localizado en una zona poco conocida que puede originar eventos importantes para la ciudad. Sobre la base de estas consideraciones, se escogieron los eventos de 1917, 1827 y 1826 para un análisis de intensidades. Por otra parte, aunque en el período histórico las zonas sismogénicas de regiones diferentes de la Cordillera Oriental no han producido eventos destructores en Bogotá, no sobra hacer un breve análisis de sismos provenientes de zonas que han demostrado altas tasas de actividad, como son la fosa de subducción, el Viejo Caldas y la zona de los Santanderes, ante la posibilidad de que sismos de muy alta intensidad epicentral generados en ellas puedan afectar severamente a Santa Fe de Bogotá. En esta línea de ideas son interesantes los sismos de 1906 (Tumaco), 1979 (Viejo Caldas) y 1967, julio 29 (Santander).

6.1. EL SISMO DE 1917

De los eventos destructores de Bogotá este es el mejor documentado. La ciudad cuenta en ese momento con más de cien mil habitantes, tiene varios diarios importantes y el evento ocurre en un momento de relativa calma política, todo lo cual permite un excelente cubrimiento del sismo, tanto en la ciudad como en toda la región. La información de prensa es muy detallada, llegando en muchos casos a dar datos manzana por manzana e incluso casa por casa. Desafortunadamente no tenemos actualmente un conocimiento suficiente de las condiciones de la ciudad (tipos de construcciones; estado de estas, y datos geológicos detallados) para poder explotar la información al nivel que esta lo permitiría.

El mapa de intensidades (figura 6) presenta la forma de una herradura abierta hacia el sur, con su centro en la región de Cáqueza-Ubaque, zona en la cual se sufrieron los mayores daños en las construcciones, llegando la intensidad al valor de VIII, MSK. En la región de Nazareth hubo efectos superficiales notables, principalmente de remoción en masa, pero la falta de población en el área impiden corroborar la intensidad. Por esta misma razón la curva de intensidad no se puede cerrar al sur. La ciudad de Bogotá se encuentra en el límite exterior de la zona de máxima intensidad.

Figura 6. Mapa local de intensidades del sismo del 31 de agosto de 1917



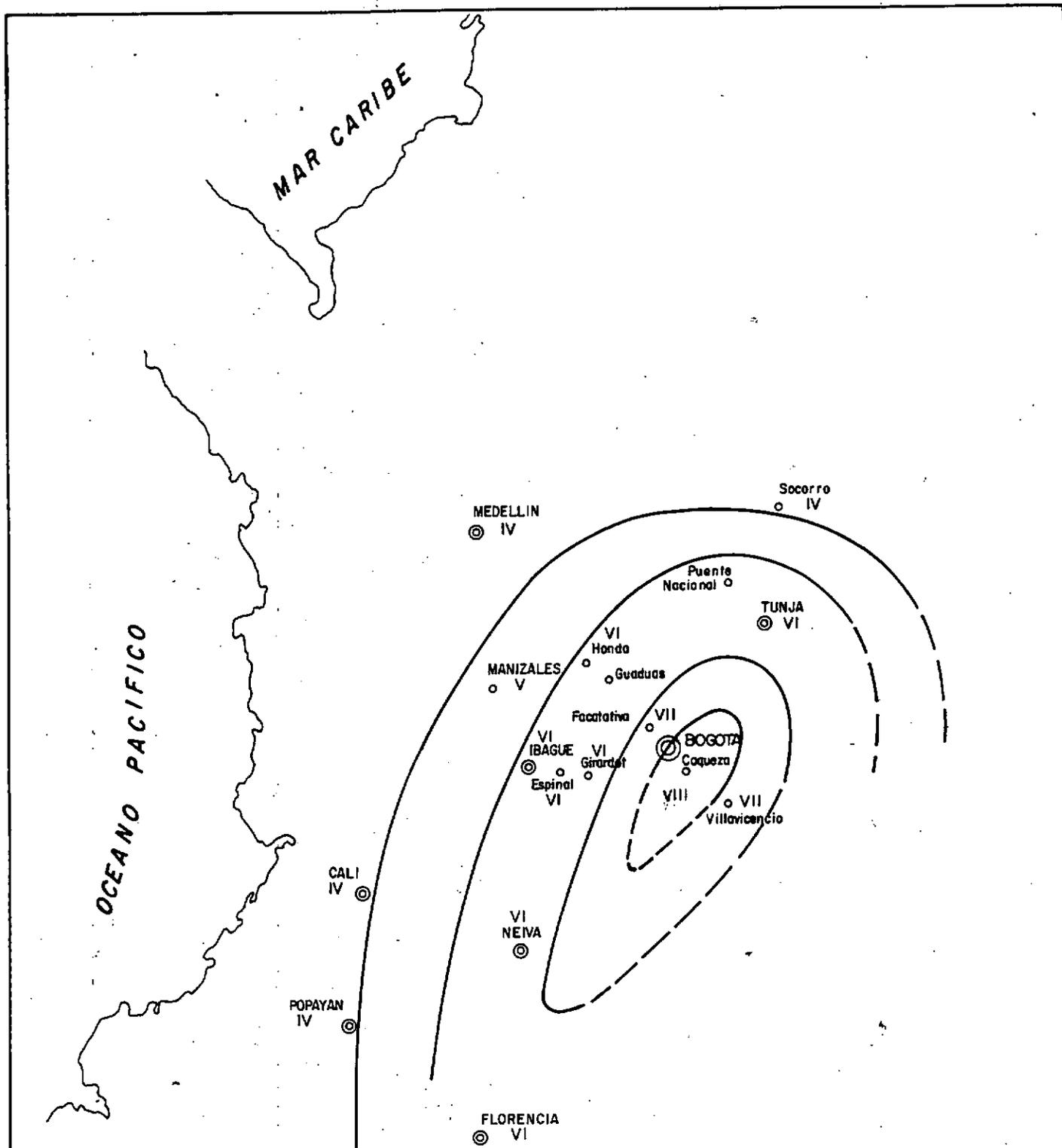


Figura 7. Mapa preliminar de intensidades, escala regional, del sismo del 31 de agosto de 1917

La zona de intensidad VII cubre localidades como Villavicencio al este y Fusagasugá al oeste, y sigue hacia el exterior una amplia zona bastante homogénea de intensidad VI.

Al exterior de la zona anterior, se dispone de un cierto número de puntos bastante confiables: Neiva y Florencia (I=VI), Manizales (I=V) y Cali-Popayán (I=IV) lo cual permite esbozar un mapa preliminar de intensidades a una escala más regional (figura 7). Sorprende en este mapa la asimetría de las zonas de intensidad, de forma elíptica de dirección NNE y achatada hacia el noreste. De acuerdo con este mapa, en este sismo la atenuación hacia el norte es mucho mayor que hacia el sur. Este es, en nuestra opinión, un punto interesante que merece ser considerado en los estudios de sismicidad regional.

Directivity
?
↓

6.2. EL SISMO DE 1827

Este evento tiene la particularidad de ser el más destructor en la historia de Colombia. Es tal vez el único cuya magnitud es cercana e incluso superior según algunos catálogos, a la del sismo de 1606 en Tumaco, con la diferencia de que causó daños mayores por su ubicación en el centro del país y en zona bastante poblada. Su epicentro estuvo localizado al sur del Huila cerca de Timaná y su intensidad epicentral fue X. Espinosa (1990) elaboró un mapa de intensidades el cual, actualizado, es el que presentamos aquí (figura 8).

Las zonas de intensidad presentan una clara tendencia alargada en dirección NNE, paralelamente a la división de los Andes colombianos, aparentemente controlada por los grandes sistemas de fallas de dirección NNE y por las grandes unidades litológicas. Se observa que en Bogotá la intensidad fue de VIII y que, una vez más, al norte de esta región la atenuación es mayor que al sur.

↓ ?

6.3. EL SISMO DE 1826

Este evento es especialmente interesante pues aunque no fue de los más destructores en Bogotá, tiene características de un sismo cercano, según las descripciones de los testigos. De especial valor son los relatos del conocido geólogo francés Juan Bautista Boussingault, quien vivía en la ciudad en ese entonces. Según estos el movimiento fue tan intenso y confuso que era imposible mantenerse en pie sin ayuda, y la casa en que estaba "era agitada como una chalupa en un mar embravecido". La primera sacudida fue tan fuerte y brusca que hizo derribar una mesa con libros, la dirección del movimiento era indeterminable, aunque el primero estuvo dirigido de este a oeste. El sismo principal fue precedido de uno menos intenso, unos cinco minutos antes, el cual tuvo claramente oscilaciones horizontales dirigidas de sur a norte.

Los datos conocidos sobre el sismo no permiten elaborar un mapa de intensidades confiable pues solo se dispone de

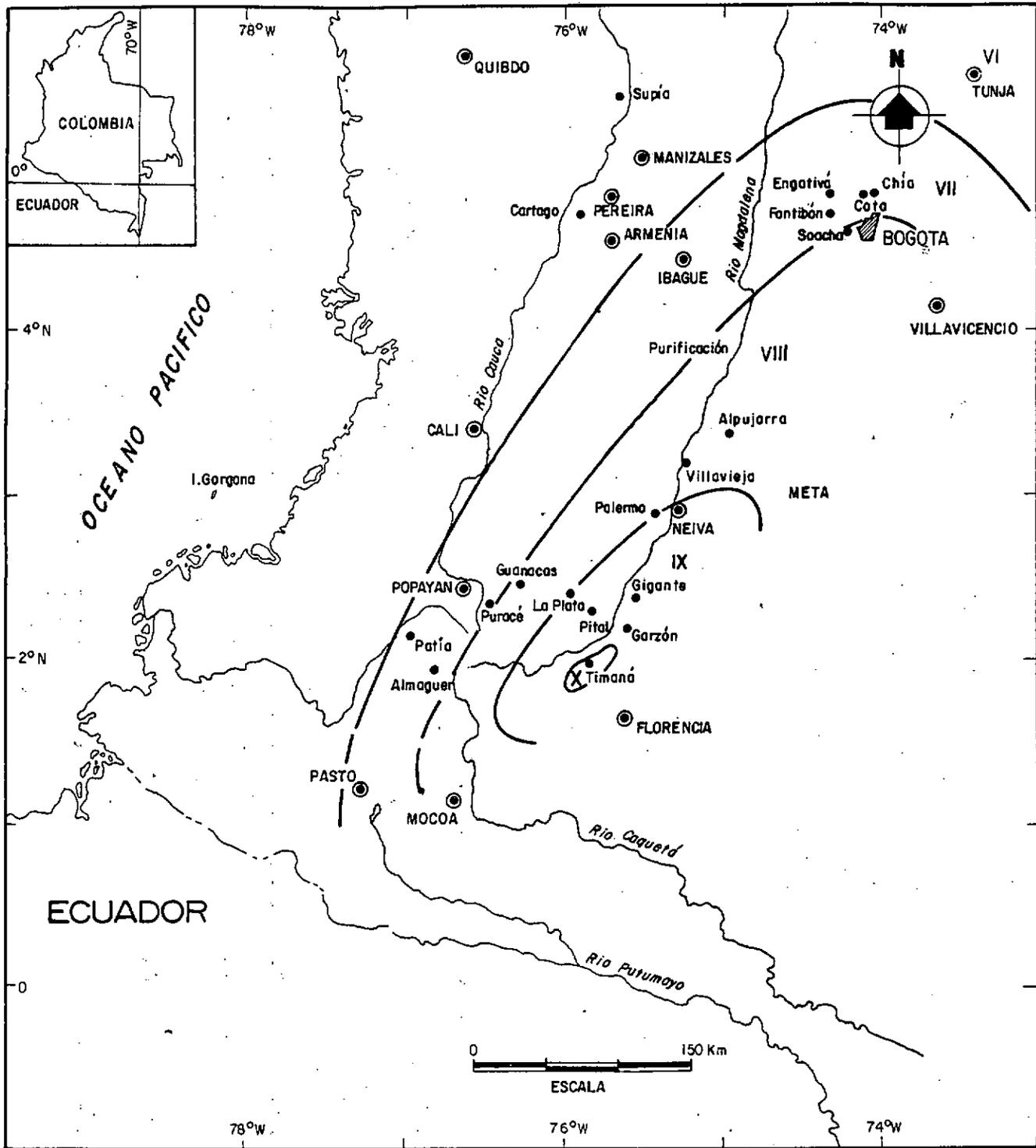


Figura 8. Mapa generalizado de intensidades del sismo de 1827.

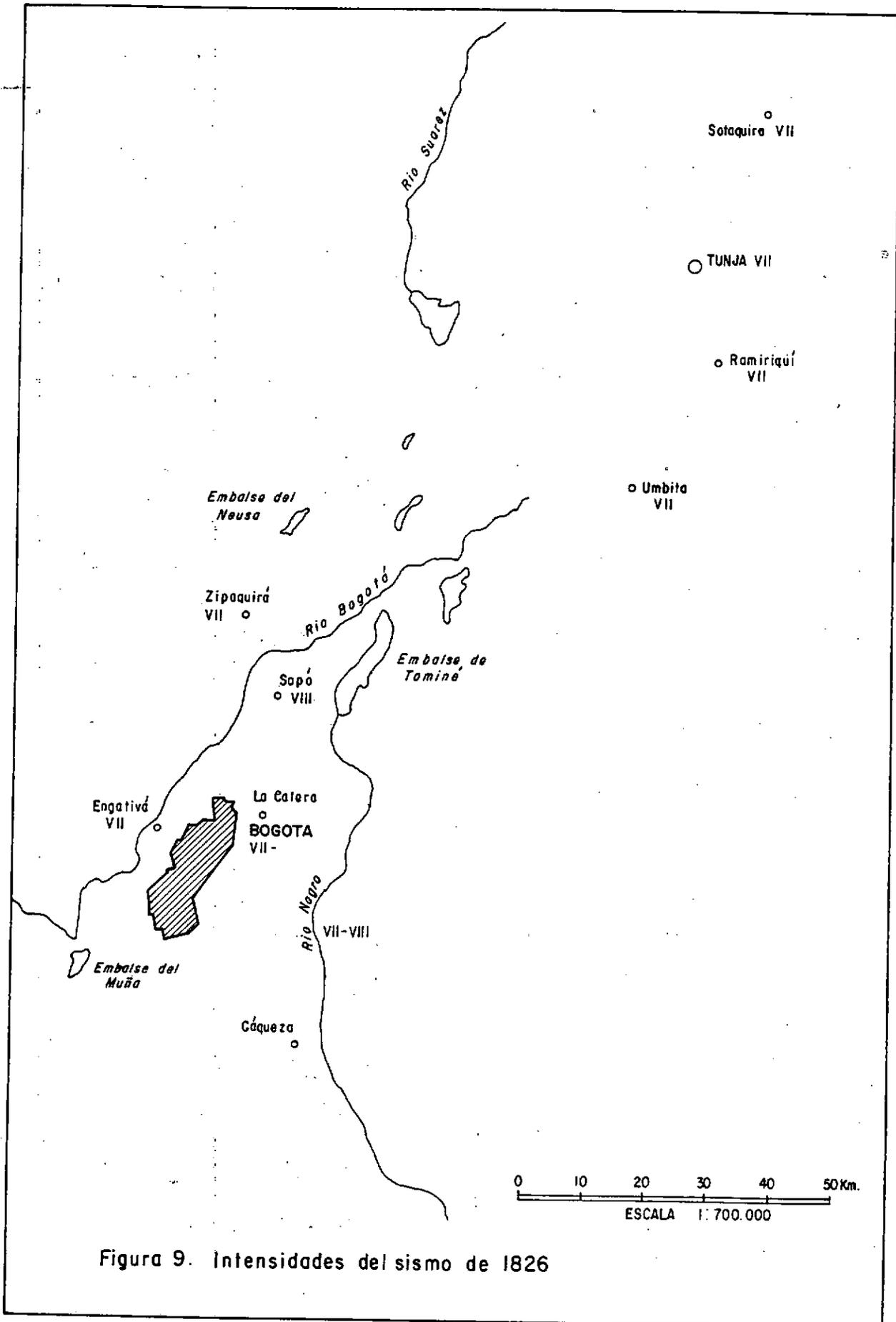


Figura 9. Intensidades del sismo de 1826

informaciones de localidades situadas al nororiente y al suroriente de Bogotá (figura 9), y en Popayán. El epicentro debió estar situado al nororiente del centro de Bogotá, a unos veinte kilómetros, entre las actuales localidades de La Calera y Sopó. No se dispone de datos de la zona epicentral pues la densidad de población debía ser muy baja. Quizás la intensidad epicentral llegó a VIII y en Zipaquirá, Tunja y otras poblaciones de Boyacá tuvo un valor de VII.

Por sus características particulares el sismo de 1826 ameritaría un estudio específico.

6.4. SISMOS PROVENIENTES DE ZONAS SISMOGENICAS LEJANAS: 1906 (TUMACO), 1979 (VIEJO CALDAS), 1967 (SANTANDER).

6.4.1. El sismo de 1906 (Tumaco)

La intensidad epicentral de este sismo (considerado el de mayor magnitud en la historia sísmica del país, situado entre los diez más importantes en la historia sísmica del mundo) alcanzó el valor X. Fue sentido fuertemente en Bogotá con intensidad V, localmente VI.

Los sismos del sur de la fosa de subducción de Colombia afectarían a la capital si llegaran a intensidades epicentrales XI o XII. Si se acepta un comportamiento similar de las intensidades (figura 10) en sismos de la parte norte de la fosa (Chocó), un evento como el de 1906 tendría intensidad VI en Santa Fe de Bogotá. Desafortunadamente, de la costa pacífica poseemos muy pocos datos (solo se conocen los sismos del siglo XX), lo cual dificulta la evaluación de recurrencias.

6.3.2 1979, noviembre 23 (Viejo Caldas)

Se trata del más reciente sismo destructor a nivel nacional en Colombia. Su intensidad epicentral fue IX y se sintió en Bogotá con intensidad VI, localmente V (figura 11), causando algunos daños. Los sismos del Viejo Caldas afectarían a Santa Fe de Bogotá si alcanzaran intensidades epicentrales X, lo cual no ha sucedido en el período histórico.

6.3.3. 1967, julio 29 (Santander)

Es uno de los últimos eventos importantes generados en la parte norte de la Cordillera Oriental. Su intensidad epicentral fue VIII y se sintió en Bogotá con intensidad VI (figura 12).

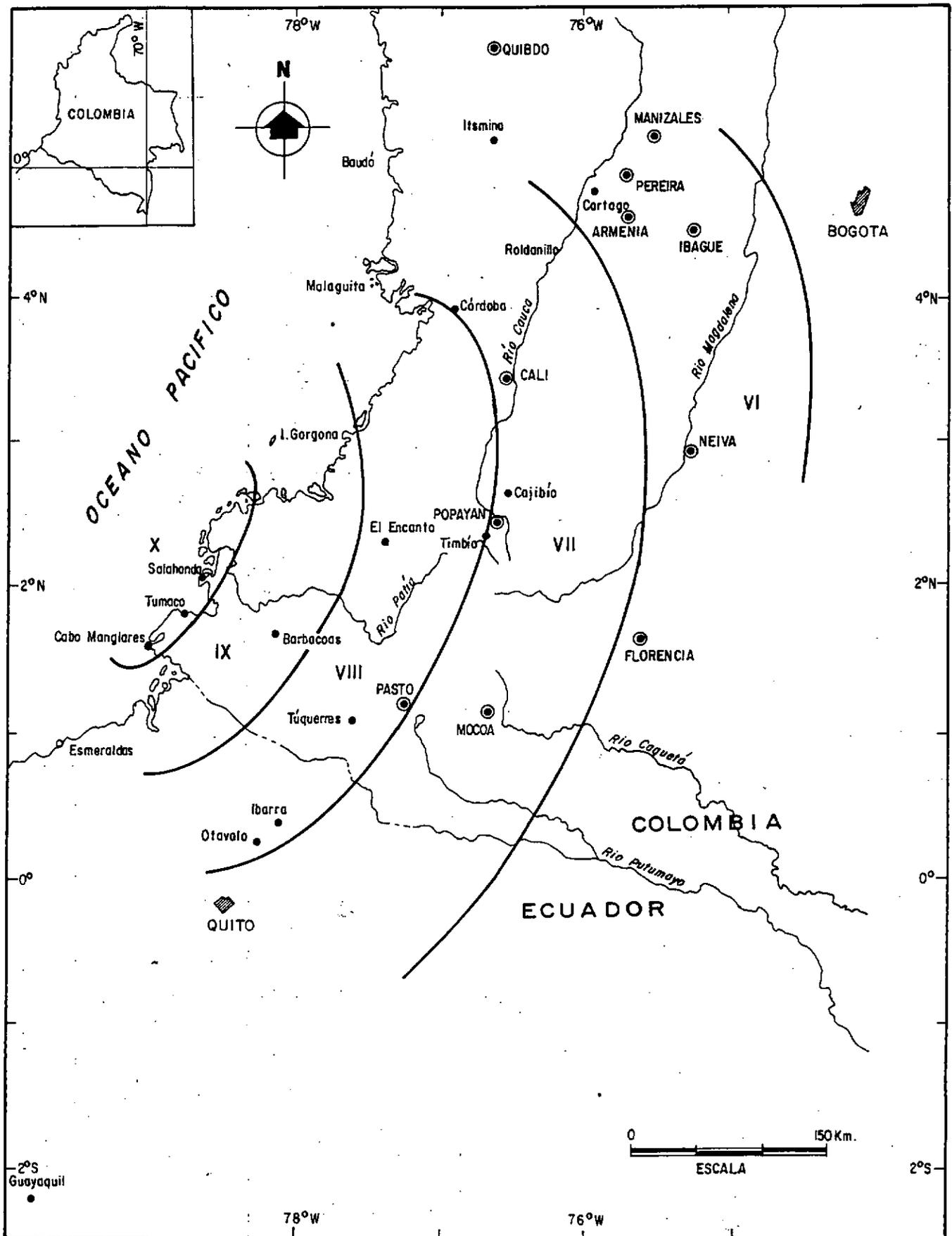


Figura 10. Mapa generalizado de intensidades del sismo de 1906

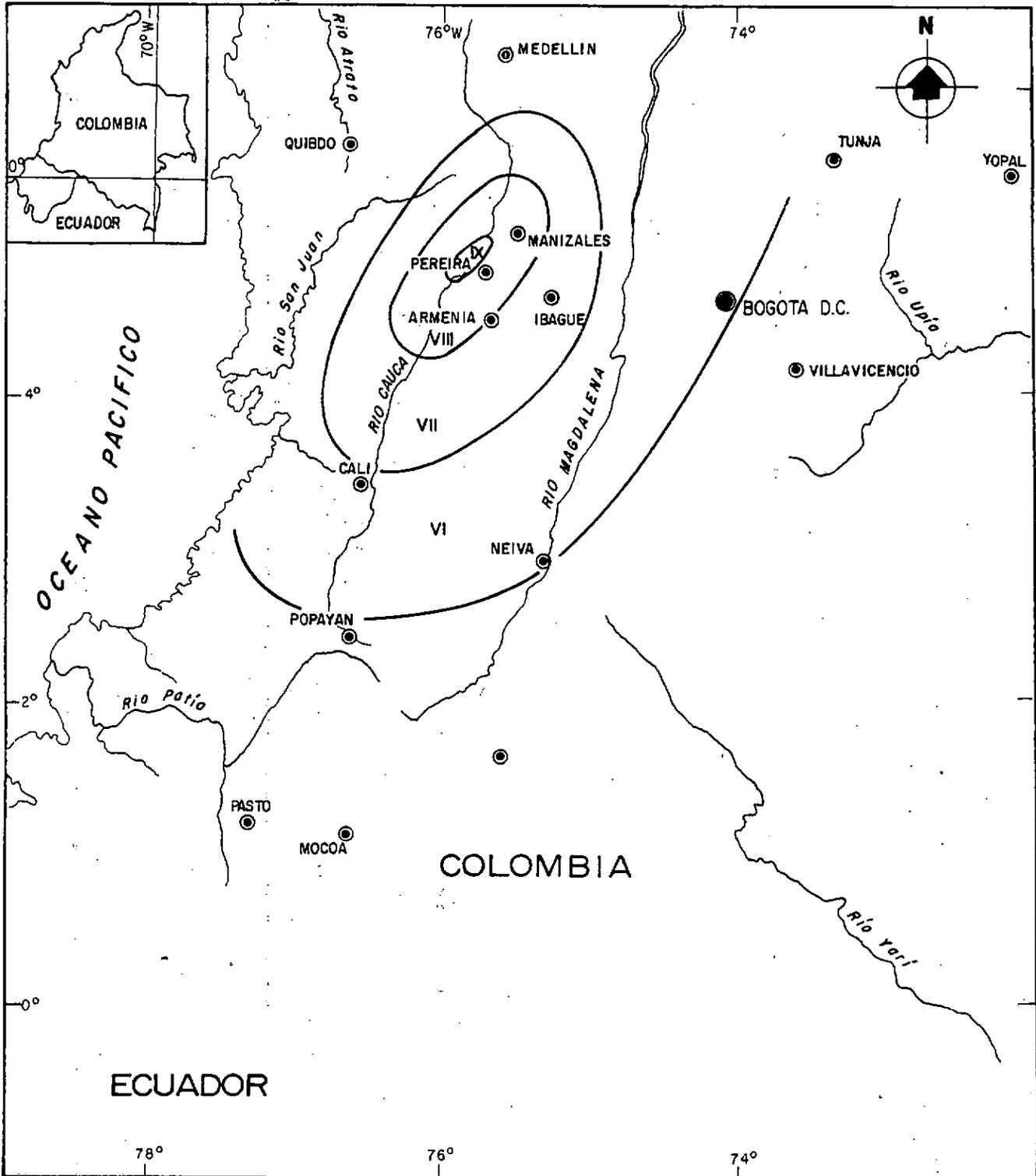


Figura 11. Mapa generalizado de intensidades del sismo del 23 de noviembre de 1979

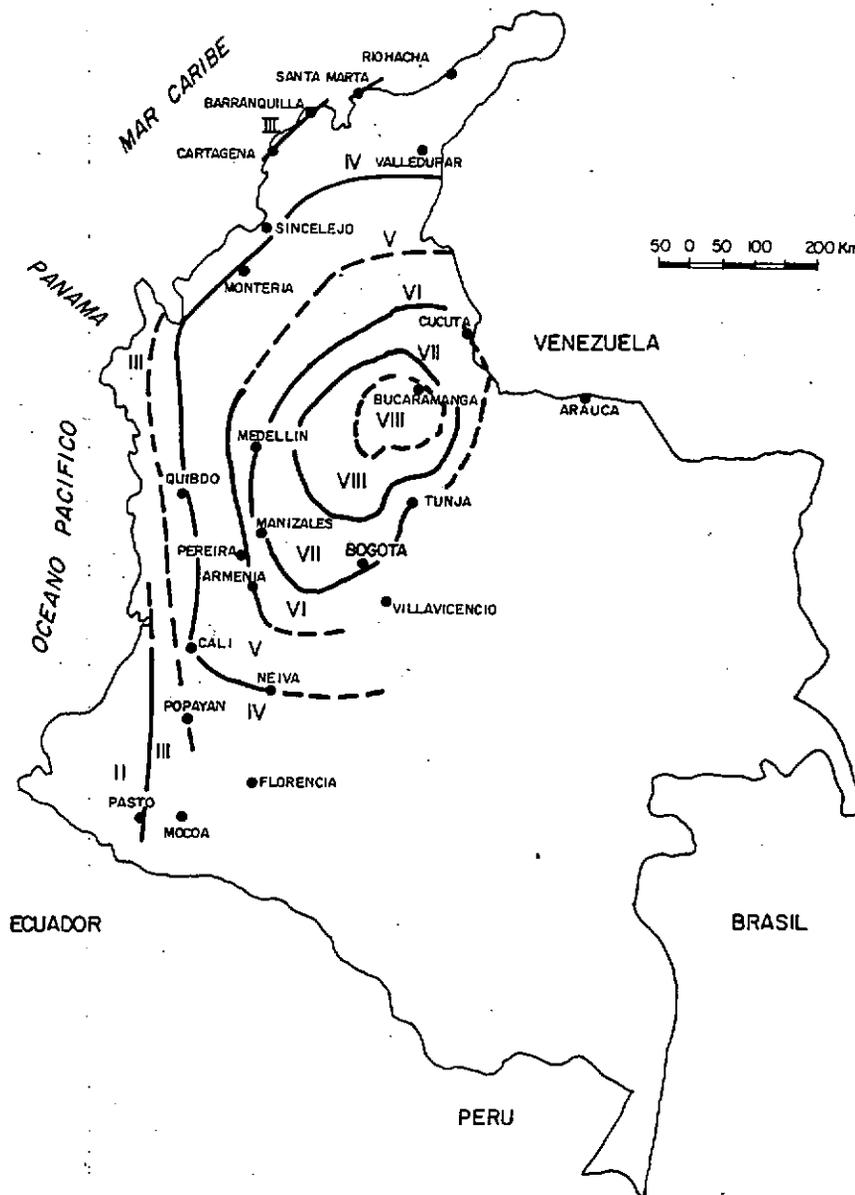


Figura 12. Mapa de intensidades del sismo del 29 de julio de 1967 (Tomado de Sarria, 1985)

7. EFECTOS LOCALES DE SISMOS HISTORICOS EN LA SABANA DE BOGOTA

La información conocida sobre los sismos históricos permite identificar varios efectos locales interesantes en la Sabana de Bogotá. Los más notables son: a) el comportamiento no homogéneo de la capital, b) el efecto de acumulación de daños por sismos sucesivos, c) la licuación de suelos en algunas partes de la Sabana, d) los efectos topográficos.

7.1. COMPORTAMIENTO NO HOMOGENEO DE SANTA FE DE BOGOTA

Este efecto solo puede verse en los sismos del siglo XX, debido a que en el siglo XIX la ciudad era demasiado pequeña (en 1827 debía tener unos quince mil habitantes), pero en los sismos de 1917 y 1928 el efecto parece bastante claro.

En el sismo del 31 de agosto de 1917 es evidente que en algunos sectores de la ciudad los daños fueron mayores, independientemente de la calidad de las construcciones. Incluso, de los barrios más afectados, Chapinero, Liévano, Las Cruces, los dos primeros eran barrios modernos, y en el primero estaban las viviendas más elegantes de la ciudad. El comportamiento diferencial de la ciudad fue observado muy claramente en su momento y sorprendió notablemente. De especial interés es el concepto del ingeniero Miguel Triana:

"A lo largo de la ciudad la intensidad del temblor no fue uniforme, sino que se sintió más fuertemente en los dos extremos: en el barrio Liévano y en Chapinero, quedando casi indemne el centro." (El Tiempo, 2 de Septiembre de 1917).

Hay quienes opinan en ese momento, y el doctor Triana es uno de ellos, que las construcciones antiguas resistieron mejor que las modernas porque eran de mejor calidad, concepto que valdría la pena estudiar pues evidentemente ya se plantea en Bogotá el problema de las normas de construcción. El estudio de este y otros puntos relativos a la vulnerabilidad de la ciudad sería muy importante. El 5 de septiembre la alcaldía ordenó hacer informes detallados del estado de las casas, dividiendo la ciudad en siete zonas, designando ingenieros y maestros de cada una y creando una junta para la evaluación de los daños, de tal suerte que debe existir información pormenorizada.

Durante el sismo de 10. de noviembre de 1928 la situación había de repetirse claramente según informes de prensa:

"El movimiento fue más fuerte en la parte central de la ciudad que en los suburbios. En Chapinero revistió excepcional intensidad." (El Nacional, 2 de noviembre de 1928).

7.2. ACUMULACION DE DAÑOS EN BOGOTA POR SISMOS SUCESIVOS.

Dadas las características de la recurrencia de eventos destructores en Bogotá en el período histórico, con largos períodos de quietud y acumulación eventos durante cortos períodos, 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 período de quietud, 1785 y 1917. En ellos no se vio un efecto de acumulación, aunque sí debió ocurrir en pequeña escala. El de 1785 vino 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 precursores que alcanzaron a causar daños de alguna importancia.

El terremoto de 1827 sí debió encontrar a Bogotá en malas condiciones, tras un 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 sobreimpuesto 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.

7.3. LICUACION DE SUELOS EN LA SABANA.

Este efecto fue observado durante el sismo del 16 de marzo de 1644 en el área de Tunjuelo (Espinosa, 1994), 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.

7.4 EFECTOS TOPOGRAFICOS

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).

8. EFECTOS EN LA TOPOGRAFIA EN SISMOS HISTORICOS

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. En los sismos históricos de Bogotá el primer tipo de efectos es bastante claro y frecuente. Del segundo se tienen indicios, los cuales sería importante estudiar desde un punto de vista geológico.

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. En el primero 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 de 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).

El sismo del 31 de agosto de 1917 fue aún más espectacular por sus efectos en superficie. Los mayores ocurrieron en la región de Laguna Verde, corregimiento de Nazareth (Cundinamarca) y causaron tanta inquietud que el gobierno nacional envió dos geólogos de la Comisión Científica Nacional (fue uno de los primeros trabajos de la Comisión, creada en diciembre de 1916). En su informe los geólogos, Ricardo Lleras Codazzi y Jesús Jiménez, describen un gigantesco deslizamiento cuyo desplazamiento vertical fue de más de trecientos metros y cuya longitud fue superior a un kilómetro. El estudio geológico descartó la idea, aceptada por muchos, según la cual tanto el ruido que acompañó el deslizamiento como el sismo mismo fueron producidos por la explosión de un volcán en Nazareth (Codazzi y Jiménez, 1917). También fueron señalados efectos similares entre Salento y Pereira los cuales fueron atribuidos al volcán Machín, creando gran expectativa, pero no se comprobó que estos efectos estuvieran asociados al sismo del 31 de agosto.

700m
+ 1000m

El caso del sismo de 1827 es absolutamente fuera de lo común en cuanto a los efectos en superficie, los cuales aunque no ocurrieron cerca de Bogotá sino en la zona epicentral tienen importancia para todo el país. Los deslizamientos fueron numerosísimos, causando represamientos de quebradas y ríos que se

prolongaron por días, semanas y hasta meses. El más importante fue el del río Suaza, cuyo flujo fue tan grande, después de cerca de noventa días de represamiento, que al llegar al río Magdalena lo represó a su vez, causando una elevación del nivel que destruyó los cacaotales en toda la región. Los efectos de 1827 en la Colombia de hoy serían desastrosos para el país entero.

El segundo tipo de efectos en la topografía tiene, como se dijo antes, gran interés para la amenaza sísmica porque da indicaciones sobre posibles movimientos de fallas. Entre los sismos históricos hay varios que ofrecen datos interesantes desde ese punto de vista, siendo los más relevantes los de 1644, marzo 16 (Chipaque-Ubaque), 1827, y 1917.

Los informes sobre el sismo de 1644 plantean la posibilidad de un movimiento de falla en la zona epicentral (quebrada La Honda, entre Chipaque y Ubaque). Los datos, transcritos por Espinosa (1994b), hablan de grandes fisuras que si bien podrían corresponder a un deslizamiento también podrían ser la expresión de un escarpe producido por el sismo, ya que estas se produjeron en la peña viva, es decir en roca firme. Veamos lo esencial del texto:

"En la quebrada La Honda, que está entre las estancias de Juan del Espino Fernández y la hacienda de Juan del Hierro hay unas cuchillas que caen hacia los boquerones de Ubaque y Chipaque de peña viva las cuales están con grietas y aberturas, por donde los indios naturales dijeron haber reventado el dicho temblor, rompiendo las peñas, unas a lo largo y otras atravesadas del tamaño de una, dos y tres varas, y reventó un volcán que tapó la dicha quebrada y la tuvo así por muchos días y los dichos indios dijeron no haber habido en dicho paraje tales roturas hasta que vino el dicho temblor..." (AGN, Colonia, Fábrica de Iglesias, XII, 37-39).

Un detalle importante es que el texto describe como dos fenómenos diferentes las fisuras y un deslizamiento (volcán) que represó la quebrada. Otro caso importante es el del sismo de 1827. Además de los deslizamientos mencionados anteriormente, y de los consecuentes flujos, hay indicios de un posible movimiento de falla. Los taponamientos de ríos y quebradas en el piedemonte son tan numerosos, y parecen además seguir una línea recta, que sugieren la idea de un movimiento lateral de falla, idea que habría que corroborar con un estudio geológico.

En 1917 los indicios no son muy claros, y además no hay nada de que sí hubo un deslizamiento. Sin embargo, la neotectónica apenas está dando sus primeros pasos en norteamérica, después del sismo de San Francisco en 1906, y es totalmente desconocida en Colombia, de tal suerte que algunos rasgos pueden haber escapado a los estudios geológicos. De cierto interés son los datos que los mismos geólogos envían al Ministro de Obras Públicas, donde dicen que:

"...en todos los terrenos de constitución semejante a los de Laguna Verde se han abierto algunas grietas; nos ocupamos en examinarlas..." (El Tiempo, 9 de septiembre de 1917).

Hay que anotar que en el páramo de Sumapaz se han detectado indicios de actividad tectónica reciente, y se conoce incluso una fotografía del geólogo Jairo Cuellar (publicada en Tribuna Geológica número 17, 1986), que muestra morrenas cuaternarias desplazadas por la falla de Cajitas.

Varios efectos particulares fueron observados en Cáqueza durante el sismo de 1917. Entre ellos están: a) una grieta de una cuadra de largo y un centímetro de ancho, b) derrumbes inmensos y numerosos en los alrededores, c) algunos riachuelos cambiaron su curso; los informantes suponen que se debió a los deslizamientos, d) en los alrededores de esta población y en los de Ubaque, el número de pájaros, gallinas, pollos y suros que hay muertos en los potreros asciende a un número extraordinario. (Periódico Gil Blas, 1 de septiembre de 1917). Este último punto merece especial atención pues bien podría tratarse de una emisión de gas. Con razón los habitantes de Cáqueza pidieron un estudio geológico, el cual, hasta donde sabemos, no se hizo.

9. CONCLUSIONES

Sobre la base de las informaciones históricas, las cuales se pueden considerar de buena calidad y cubren los últimos quinientos años en el área de Santa Fe de Bogotá, se pueden sacar conclusiones sobre los siguientes aspectos de la sismicidad de la región:

- Nivel de sismicidad y características generales de las recurrencias.
- Origen de los sismos destructores.
- Atenuación de las intensidades a escala regional y local.
- Efectos locales y efectos en la topografía en los sismos históricos.

9.1. NIVEL DE SISMICIDAD Y RECURRENCIAS

Según los datos históricos, en los últimos quinientos años la sismicidad en Bogotá y su área cercana ha sido importante. En la capital, tres sismos han causado destrucción parcial de la ciudad (1785, 1827, 1917) alcanzando intensidad VIII, y cuatro han causado daños serios (1743, 1826, 1923, 1967 febrero) con intensidad VII.

Durante el período histórico la recurrencia de los eventos de intensidad VIII es irregular (cuarenta y dos y noventa años). La de los sismos de intensidad VII también lo es, oscilando entre cuarenta y seis y noventa y tres años. Mirada globalmente, la sismicidad de Bogotá en los últimos quinientos años se caracteriza por largos períodos de quietud los cuales llegan a superar el siglo. Entre 1500 y 1743 y entre 1827 y 1917 no ocurrió ningún sismo de intensidad mayor de VI. Por otra parte, se observa una acumulación de sismos en ciertos períodos, como 1826-1827 con dos sismos de intensidad VII y VIII, y 1917-1928 con tres sismos de intensidad VIII, VII y VI.

9.2. ORIGEN DE LOS SISMOS DESTRUCTORES

Los sismos destructores en Bogotá en los últimos quinientos años se originaron todos en la Cordillera Oriental, tomando como límites de esta el río Magdalena y el piedemonte llanero. Se observan dos particularidades: a) a más de 50 kilómetros hacia el norte, en Boyacá y los Santanderes, no se ha originado ningún sismo destructor de la capital, b) hacia el sur sí se han producido sismos destructores, y a distancias que llegan a 350 kilómetros. La zona comprendida en una faja de treinta kilómetros de ancho, de orientación SSW-NNE, situada al oriente de la ciudad, ha generado la mayoría de los eventos de intensidad VII y VIII.

Bogotá ha sido destruida o averiada no solo por sismos de

campo lejano y sino también por sismos de campo cercano. De los tres sismos de intensidad VIII, dos se originaron a unos cuarenta kilómetros de la ciudad y uno a treientos cincuenta kilómetros. Los de intensidad VII están todos, exceptuando 1923 cuyo epicentro es cuestionable, dentro de un radio de 40 kilómetros. De especial interés son los eventos de 1644 (Tunjuelo), 1616 (Cajicá), y 1826 (Sopó), localizados en un radio de 20 kilómetros alrededor de Bogotá, prueba de la existencia de fuentes cercanas que hay que tener en cuenta en los análisis de amenaza.

9.3. ATENUACION DE LAS INTENSIDADES

De una manera general, el patrón de la distribución de las intensidades en los sismos históricos presenta una forma ovalada, de orientación SSW-NNE, coincidiendo con grandes sistemas de fallas (Magdalena, borde llanero) que controlan las unidades litológicas y geomorfológicas. Sin embargo, en varios mapas de intensidades se observa un estrechamiento de las curvas al norte, entre Santa Fe de Bogotá y Tunja aproximadamente. Se puede pensar que esta particularidad no es independiente de aquellas asociadas a las fuentes, discutidas en los párrafos precedentes.



9.4. EFECTOS LOCALES Y EFECTOS EN LA TOPOGRAFIA

Los efectos locales en la Sabana de Bogotá han sido bastante claros en los sismos históricos. Los más notables son:

- Comportamiento diferencial de la capital, bien detectado en 1917 y en 1928.
- Efecto de acumulación de daños por sismos sucesivos, en 1928.
- Licuación de suelos en la Sabana, identificada en Tunjuelo en 1644.
- Efectos topográficos, muy claros en Guadalupe y Monserrate en 1743, 1785, 1826, y 1917.

Los efectos en la topografía también han sido notables en varios eventos. Se distinguen los deslizamientos y flujos de escombros por una parte, y las fisuras u otras rupturas eventualmente asociadas a movimientos de falla por otra. De los primeros hay casos espectaculares con grandes daños en 1827, y con daños menores en 1743 y en 1917. De los segundos se tienen indicios interesantes en los sismos de 1644, 1827 y 1917. Ninguno de estos efectos tocó directamente a Bogotá, pero todos tienen interés desde el punto de vista de la amenaza sísmica de la ciudad.

10. BIBLIOGRAFIA

Acosta, J., 1828. Lettre sur le tremblement de terre de la Colombie, adressée à M. Alex Barbie du Bocage, par M. d'Acosta. Bull. Soc. Geogr. Paris, Nos. 60-61, 200-203p.

Alvarez, A., 1987. Contribución al conocimiento de la sismicidad histórica de Colombia. Tesis Magister Ing. Civil, U. de los Andes, MIC-86-II-01, 296p., Bogotá, inédita.

Boussingault, J. B., 1903. Mémoires de J. B. Boussingault. Typographie Chamerot et Renouard. Paris. Ed. Banco República, Bogotá, 1985.

Centeno-Grau, M., 1969. Estudios sismológicos. 763p., 2a. ed., Caracas.

Corradine, A., 1989. Historia de la arquitectura colombiana. Biblioteca de Cundinamarca, 347p., Bogotá.

Correa, R., 1989. Monografías de los pueblos de Boyacá. Publ. Acad. Boyacense Hist., 2 vol., Tunja.

Espinosa, A., 1989. Hacia un nuevo catálogo de sismicidad histórica. V Congr. Col. Geol., Bucaramanga, 12p., inédito.

Espinosa, A., 1990. La importancia de las investigaciones históricas en los proyectos de geología ambiental. I Conferencia Col. Geo. Amb., Medellín. AGID Reporte No. 13, 207-212p.

Espinosa, A., 1992a. Sismicidad histórica y reciente del área de Popayán. INGEOMINAS-CEE, Microzonificación sismogeotécnica de Popayán, Publ. Esp. INGEOMINAS, No. 2, 7-27p.

Espinosa, A., 1992b. Sismicidad histórica del Valle del Cauca. Informe final Proyecto GERSCO, 44p., inédito.

Espinosa, A., 1994a. Contribuciones al catálogo colombiano de sismicidad histórica. I Cinco terremotos destructores de la colonia encontrados en los archivos históricos colombianos. Revista INGEOMINAS, No. 4, Santa Fe de Bogotá.

Espinosa, A., 1994b. Contribuciones al catálogo colombiano de sismicidad histórica. II El terremoto de Tunjuelo (1644, marzo 16) y sus efectos geotécnicos en la zona epicentral. Revista INGEOMINAS, No. 4, Santa Fe de Bogotá.

Espinosa, A., 1994c. El ruido de Santa Fe el 9 de marzo de 1687 y sus posibles causas. Rev. Acad. Col. Ci. Ex. Fis. Nat., No. 73, Santa Fe de Bogotá.

Espinosa, A., 1994d. Contribuciones al Catálogo Colombiano de

Sismicidad Histórica. III Un falso terremoto, el ruido de Santa Fe el 9 de marzo de 1687. Revista INGEOMINAS, Santa Fe de Bogotá, en prensa.

Espinosa, A., 1994e. Actualización del catálogo colombiano de sismicidad histórica. Revista INGEOMINAS, Santa Fe de Bogotá, en prensa.

Espinosa, A., en preparación. Los sismos de 1616 (Cajicá) y 1645 (Chita) según informes del Archivo General de la Nación.

Febres-Cordero, L., 1925. El terremoto de Cúcuta. Ed. Bibl. Banco Popular, No. 73, 464p., Bogotá, 1975.

Garzón de Tahuste, A., 1644. Verdadera relación de la sucesión de los ilustrísimos señores arzobispos de esta metrópoli, año de 1644. Boletín de Historia y Antigüedades, Vol. VI, No. 70, 632-638, Bogotá.

Goberna, R., Arias, W., Duarte, J., Palencia, T., y Vargas, T., 1985. Catálogo de terremotos para América del Sur, Vol. IV, Colombia. Ceresis, Lima.

Groot, J. M., 1889. Historia Eclesiástica y Civil de la Nueva Granada. Casa ed. M. Rivas y C., 2a. ed., 5 tomos, Bogotá.

Henao, J. M., Arrubla, G., 1910. Historia de Colombia. Compl. Historia Extensa de Colombia, Acad. Col. Hist., No. 11-12, 542-421p., Bogotá.

Hincapié Espinosa, A., 1968. La villa de Guaduas. Banco de la República, 2a. ed., 720p., Bogotá.

Ibáñez, P. M., 1891. Crónicas de Bogotá y sus inmediaciones. Imprenta de la Luz, 487p., Bogotá.

ITEC-ISA, 1979. Actualización de la información sísmica de Colombia. Ing. Técnica y Científica Ltda. 200p. aprox., inédito.

ITEC-ISA, 1988. Actualización de la información sísmica de Colombia, 26p., Bogotá, inédito.

Lleras Codazzi, R., Jimenez, J., 1917. Resultado de la investigación en la región de Laguna Verde, corregimiento de Nazareth. Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Vol. I, p.38, 1934.

Lucena S., M., 1967. Honda crece y Pamplona se derrumba. Historia Extensa de Colombia, tomo III, cap. XIII, 252-253, Bogotá.

Ocola, L., 1984. Catálogos sísmicos. República de Colombia. Proyecto de Sismicidad Andina, SISAN, vol II. OEA-CERESIS, Lima,

200p.

Pacheco, J. M., 1959. Los Jesuitas en Colombia. Ed. San Juan Eudes, 2 vol., Bogotá.

Rodríguez Freyle, J., 1636. El Carnero. Conquista y descubrimiento del Nuevo Reino de Granada de las Indias Occidentales del Mar Oceano y fundación de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, primera de este reino donde se fundó la Real Audiencia y Cancillería, siendo la cabeza se hizo arzobispado. Bedout Bolsilibros vol. 23, 376 p., 1982, Medellín.

Sarria, A., 1985. Sismos y riesgo sísmico en Colombia. Proyecto SISRA, Ceresis, Vol. 14, 330-371, Lima. ○

Tisnés, R. M., 1956. Capítulos de historia zipaquireña (1480-1830). Imprenta de Bogotá, Vol. I, 706p., Bogotá.

Vargas Jurado, J. A., 1714-1762. Tiempos coloniales. Biblioteca de Historia Nac., Vol. I, Imprenta Nacional, Bogotá, 1902.

Velandia, R., 1971. Historia Geopolítica de Cundinamarca. Bibl. Autores Cundinamarqueses, Ed. Lotería de Cundinamarca, 196p., Bogotá.

ANEXO I

SISMOS DEL SIGLO XX. LISTA DE PERIODICOS CONSULTADOS

Enero 31 de 1906

El Telégrafo
El Porvenir
La Voz de Galán, San Gil
El Renacimiento, Ibagué
La Estrella, Tumaco
Gaceta de Cundinamarca, Facatativa
El Renacimiento, Pasto
El Trabajo, Cúcuta

Agosto 31 de 1917

El Tiempo
La Patria
Transoceanico
El Espectador
El Liberal
La Unión Conservadora
El Nuevo Tiempo
El Boyacense, Tunja

Abril 30 de 1918

Gil Blas
El Nuevo Tiempo
Diario Nacional

Diciembre 22 de 1923

La Crónica
El Diario Nacional
Vanguardia Liberal
El Espectador
La República
El Nuevo Tiempo
Gil Blas

Enero 7 de 1924

Gil Blas
El Nuevo Tiempo
La Crónica
La República
El Tiempo

Marzo 13 de 1925

La Opinión
El Nuevo Tiempo
Diario Nacional
El Tiempo
El Espectador

Noviembre 1 de 1928

Diario Nacional
Mundo al Día
El Tiempo
El Debate
El Nuevo Tiempo
Ruy Blas

Febrero 4 de 1938

El Siglo
El Espectador
El Tiempo
La Razón
Diario Nacional
La Patria, Manizales
Eco de Oriente, Villavicencio

Diciembre 20 de 1961

El Espectador
El Tiempo
El Siglo

Julio 30 de 1962

El Espectador
El Tiempo
El Siglo

Febrero 9 de 1967

El Espectador
El Espacio
El Tiempo

Julio 29 de 1967

El Tiempo