

ALGUNAS ENSEÑANZAS DEL TERREMOTO DEL QUINDÍO

ARMANDO ESPINOSA BAQUERO

Geólogo, M.Sc., Ph.D. Profesor de la Universidad del Quindío,
Miembro Correspondiente de la Academia
Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
Disertación en los "Martes del Planetario", Marzo de 1999,
evento organizado por la Sociedad Geográfica de Colombia

E

ste Artículo trata algunas de las enseñanzas que dejó el terremoto del Quindío. Aunque se limita al campo científico, lo que se plantea tiene incidencia en lo social, en lo económico y en muchos otros aspectos. Se refiere, a los antecedentes del terremoto, es decir, a lo que sabíamos de la región antes de que este ocurriera, luego a la información general sobre el sismo, de tipo sismológico y geológico, a los daños causados y, finalmente, con base en esos daños, determinar las enseñanzas. Se sitúan en el campo de la Ingeniería Civil, concretamente en los tipos y técnicas de construcción, en las condiciones locales: suelos y topografía de la región, en la geología y en la amenaza sísmica regional o probabilidad de que ocurra un sismo.

ANTECEDENTES

1. EVENTOS SISMICOS EN LA REGIÓN

En la región han ocurrido muchos sismos; el último en causar daños graves fue el de noviembre 23 de 1979, produjo enormes pérdidas, principalmente en Manizales y Pereira. Causó daños en Armenia y en toda la región. Sin embargo, el sismo no fue tan devastador como el de enero de 1999, en parte porque las ciudades no eran tan grandes, en realidad los estudios sísmicos en Colombia se iniciaron a raíz del terremoto de Popayán en 1983, de tal manera que en 1979 muy poco se sabía sobre la sismicidad de la región. Esto empezó a cambiar en 1992, cuando ocurrió el 18 de octubre de ese año, el terremoto de Murindó.

El terremoto de Murindó, uno de los sismos de mayor magnitud en este siglo en Colombia, alcanzó a causar daños en Armenia donde tuvo una intensidad IV en la escala MSK (de Ia XII) pero hubo zonas donde la intensidad fue mayor, V y en algún punto VI. Entonces algunos empezaron a hacerse la siguiente pregunta: ¿si un terremoto que ocurre a 300 kilómetros de distancia causa daños en Armenia, qué va a pasar el día que ocurra un terremoto a 100 kilómetros, a 50 kilómetros, o menos?.

Las instituciones regionales plantearon un plan de acción, empezando por la Universidad del Quindío que inició seriamente la capacitación de sus docentes y al cabo de cuatro años tuvo un equipo en sismología y amenaza sísmica que podía iniciar los estudios necesarios. Igual hizo la Corporación Autónoma Regional del Quindío, CRQ, conformando un equipo de científicos que empezaron a trabajar en la geología urbana de Armenia, en los deslizamientos y otros problemas, y se iniciaron varios estudios. En el Viejo Caldas, en 1994, se creó la Red Sismológica del Eje Cafetero, Viejo Caldas y Tolima, por convenio entre las gobernaciones, las alcaldías de las capitales, las corporaciones regionales y las universidades de la región. Para esa época ya se sabía de la Falla de Armenia, pero ésta nunca había causado problemas.

2. PORQUÉ TIEMBLA

Tiembla por el movimiento de las placas tectónicas. En la figura 1 vemos que el continente americano está siendo comprimido por una placa oceánica que se está desplazando hacia el oriente y al desplazarse pasa por debajo del continente. El espesor de esta placa es del orden de 100 kilómetros, y la longitud hacia el norte y hacia el sur va más o menos desde Alaska hasta Tierra del Fuego, con diversos segmentos. Se trata de un fenómeno de dimensión planetario responsable de la sismicidad, que se produce en dos zonas diferentes:

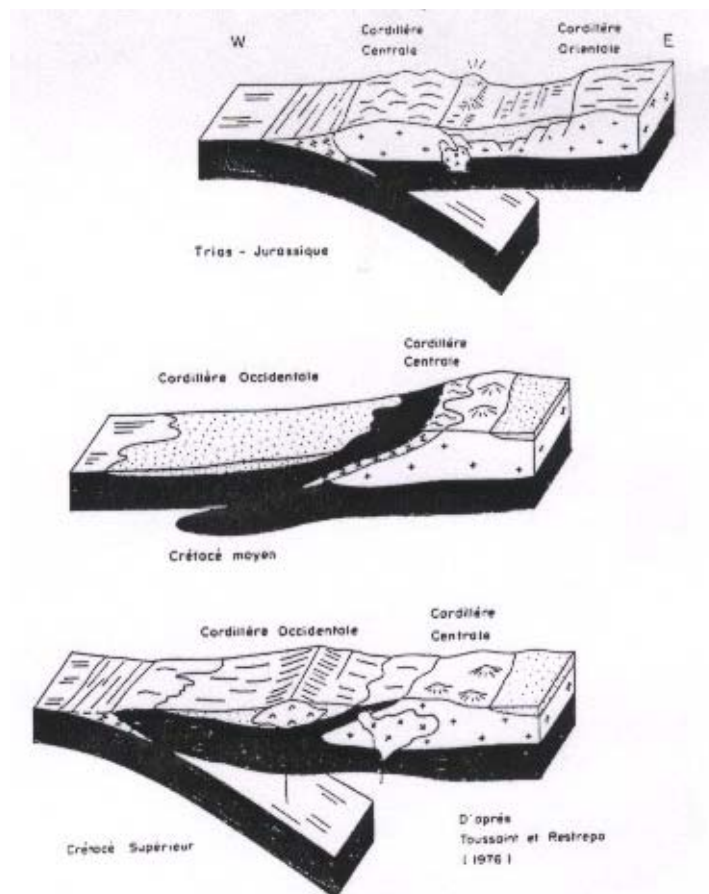
- A lo largo del plano de fricción continente-placa oceánica. Es la sismicidad que llamamos los geólogos y los sismólogos sismicidad de subducción, en términos simples sismicidad profunda, debajo de nuestra Cordillera Central.
- En la parte superior de la corteza la sismicidad ocurre a lo largo de las zonas de fractura en los 30 kilómetros superiores de la corteza y es lo que llamamos sismicidad de fallas o sismicidad superficial.

En la región del Eje Cafetero todos los sismos de alguna importancia ocurridos en este siglo habían sido de tipo profundo, es decir asociados a la placa oceánica que se está hundiendo, pero cuando se empezaron a hacer los primeros estudios se vio una cantidad de sismos superficiales que indicaban la existencia de fallas geológicas trabajando y que, por consiguiente, existía el riesgo de un sismo de ese tipo.

Si se colocan en un mapa (mapa 1) las zonas en las cuales se originan los sismos superficiales, se observa que estos provienen de una zona pequeña de donde proceden los sismos superficiales fuertes y una zona amplia de donde vienen los sismos superficiales suaves. Surge entonces una primera complejidad en la sismicidad de la región y consiste en la probabilidad de que produzcan sismos superficiales cercanos, sismos superficiales lejanos y también sismos profundos. Si se colocan los sismos profundos en un mapa (mapa 2) vemos que están todos en la zona del Viejo Caldas y norte del Valle. Podemos decir entonces que el Viejo Caldas está afectado por una gran cantidad de fuentes sísmicas de diferente tipo y que eso da a la región una conformación complicada en términos de sismicidad.

Con base en estos estudios, se hizo un cálculo de frecuencia. Colocando en un gráfico tiempo-intensidad los sismos sentidos en Armenia entre 1900 y 1994, se constata que se han dado tres eventos de intensidad VII y cinco de intensidad VI. Se concluye que la frecuencia promedio de los eventos fuertes en la región es del orden de veinte años. Como el último evento fuerte ocurrió en 1979 era predecible que ocurriera hacia finales del siglo, un evento de este tipo. Ese hecho fue divulgado como noticia en julio de 1996 y en octubre de 1998 por uno de los diarios de Armenia. Otra conclusión muy importante es que en cien años el Viejo Caldas ha tenido tantos sismos

desastrosos como Popayán o Cali en 500 años, es decir que el nivel de sismicidad del Viejo Caldas es unas cuatro veces mayor que el de estas dos ciudades.



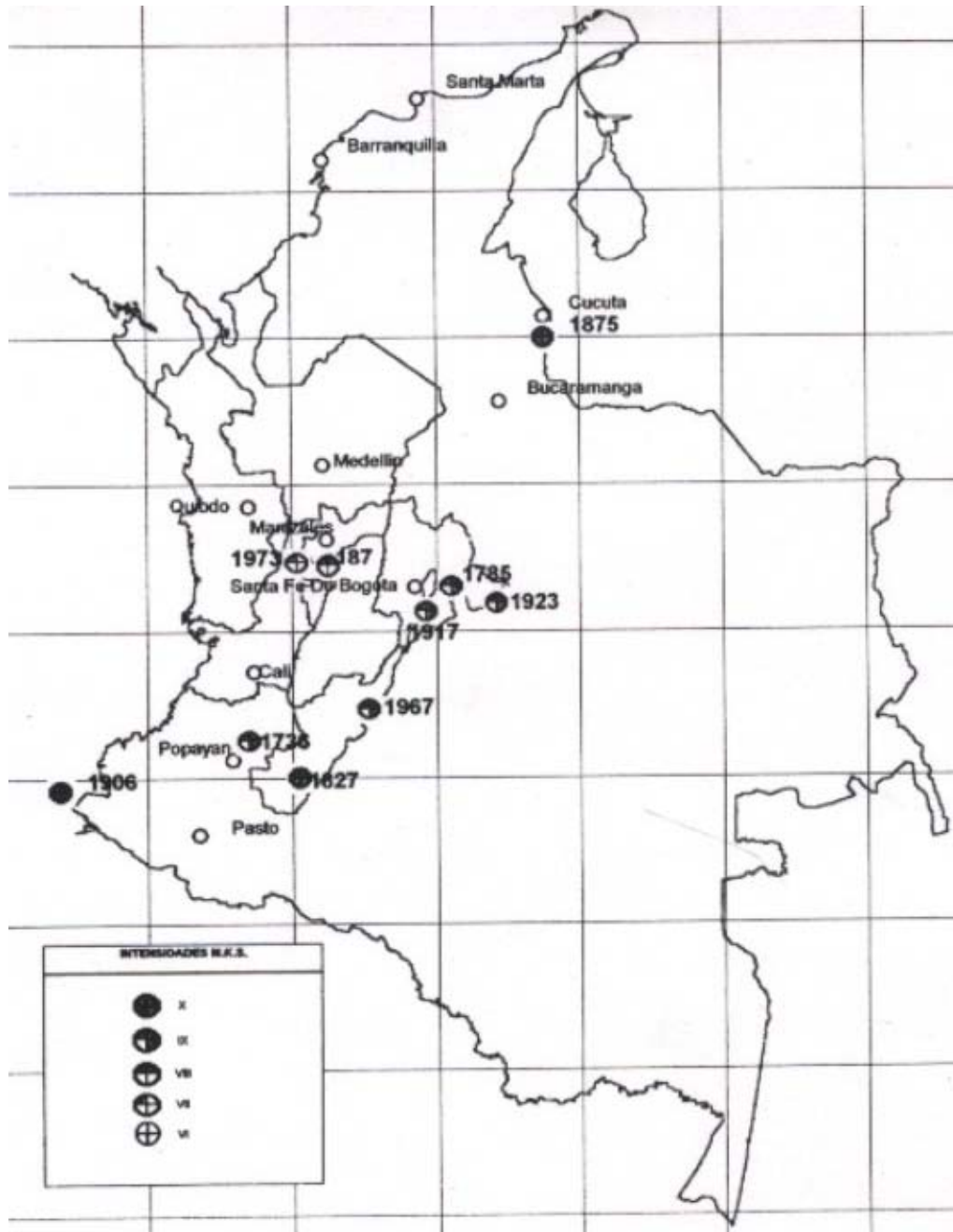
Epicentros de sismos superficiales en el viejo Caldas

Simultáneamente se empezó a mirar el aspecto geológico encontrando cosas novedosas. El Quindío está cabalgando el sistema de fallas de Romeral, conjunto paralelo Sur-Norte. Las principales son la Falla Cauca-Almaguer, que en los últimos 100 mil o 200 mil años o quizás en el último millón de años ha dado pocas señales de actividad; la Falla Silvia-Pijao que pasa entre Armenia y Calarcá y sigue al sur pasando cerca de Barcelona y Córdoba y la Falla de San Jerónimo, que pasa cerca de la cima de la cordillera. Estas fallas no habían sido estudiadas en detalle y no se contaba con datos de sismicidad superficial, con los estudios se dio inicio al análisis de los datos y se encontró una gran cantidad de rasgos de actividad en el Abanico del Quindío, algunos ya conocidos como las fallas de Armenia, Montenegro y en los alrededores.

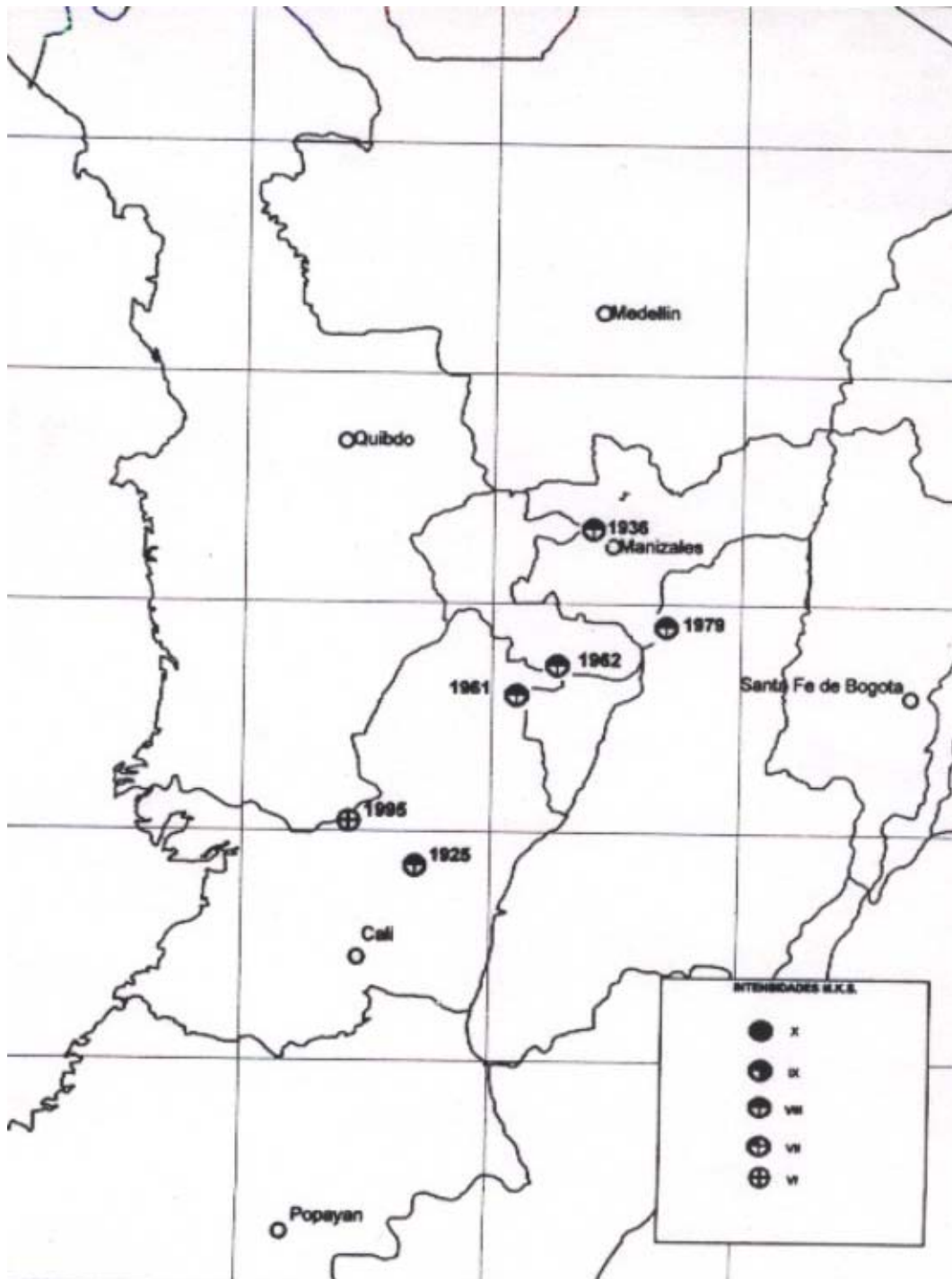
De todas las fallas, la que mayores indicios de actividad mostró fue la de Silvia – Pijao, concretamente el levantamiento mayor de la Cordillera Central durante el Cuaternario parece haberse hecho a lo largo de esa falla. Se encontraron indicios contundentes de ruptura del Abanico del Quindío, como un escarpe de más de un centenar de metros de altura, al norte de Salento como se aprecia en la siguiente figura. Al oriente de Calarcá se determinaron también varias rupturas cuaternarias. En noviembre de 1998, la Universidad del Quindío aprobó la financiación de un primer mapa de fallas activas del Quindío, cuyos trabajos debían empezar en enero de 1999.

La Universidad del Quindío y la Corporación junto con la Sociedad de Ingenieros llevan años trabajando un plan de estudios cuyo objeto final es la microzonificación de Armenia, incluye la evaluación de la amenaza sísmica regional y de la amenaza sísmica local. La propuesta de microzonificación, en cumplimiento del Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes, se presentó al Concejo de Armenia, con un costo de mil quinientos millones de pesos, con precios de 1998.

COLOMBIA: SUBDUCCIÓN DE LA PLACA PACÍFICA EN DIFERENTES EPOCAS GEOLÓGICAS



VIEJO CALDAS: EPICENTROS DE SISTEMAS PROFUNDOS



EL SISMO DEL 25 DE ENERO DE 1999

1. CARACTERIZACIÓN

Según datos provenientes de la Red Sísmica Nacional, el evento principal tuvo las siguientes características:

Fecha : 25 de enero de 1999
Hora local : 13 h. 19 min.
Epicentro : 4.41 N, 75.72 O entre Barcelona y Córdoba, Quindío
Profundidad : 10 kilómetros
Magnitud : 6.2 escala

Al sismo principal se sucedieron sismos menores, conocidos en sismología con el nombre de réplicas, fenómeno que corresponde a ajustes de la corteza terrestre y al desplazamiento producido por el evento principal. Las principales características de las réplicas son:

Todas están localizadas en la zona de ruptura del sismo principal.

A medida que el tiempo pasa van disminuyendo en magnitud.

Aunque en algún momento se creyó que algunos de los sismos sentidos en las semanas siguientes al evento principal estaban localizados fuera de la zona de ruptura, es decir que no se trataba de réplicas sino de nuevos sismos, se constató al recalcular las posiciones que todos estaban concentrados en una zona cercana a la del sismo principal. Por otra parte, la magnitud de los eventos evolucionó de acuerdo con un patrón de réplicas. La más fuerte ocurrió unas cuatro horas después del evento principal y su magnitud alcanzó el valor 5.8. Los daños causados por este evento fueron significativos.



Falla activa en el Quindío. Escape al norte de Salento

La zona ocupada por el sismo principal y las réplicas coincide con la falla de Silvia – Pijao y con otras dos fallas, las de Pijao y Córdoba situados al oriente del departamento. Como la determinación del sismo principal estuvo basada en los datos de las estaciones de la Red Sísmica Nacional, cuya precisión varía en kilómetros, se hizo imposible determinar a qué falla correspondió el evento. La precisión de la determinación de las réplicas, basada en una Red Sismológica Local instalada después del sismo principal, es mucho mayor, del orden de centenares de metros.

El hecho de que un sismo sea de tipo superficial y cercano, tiene consecuencias muy graves, que se pueden resumir en los siguientes puntos:

La energía liberada por el sismo llega muy poco atenuada, al contrario de lo que sucede cuando un sismo viene de una distancia grande.

Las diferentes ondas que salen del foco no tienen tiempo de separarse, razón por la cual la energía llega concentrada y en un tiempo muy corto.

Al llegar todas las ondas juntas, no hay ninguna señal de alerta y por lo tanto muy pocas posibilidades de reaccionar.

En el caso de Armenia y buena parte de las localidades quindianas, los efectos de los sismos se ven agravados por las condiciones locales, especialmente el tipo y el espesor de los suelos, y las características de la topografía. Los suelos blandos tienen la propiedad de amplificar las ondas sísmicas y en el Quindío predomina ese tipo de suelos, y los espesores son bastante grandes, pudiendo llegar hasta cien metros. La topografía quindiana también es desfavorable.

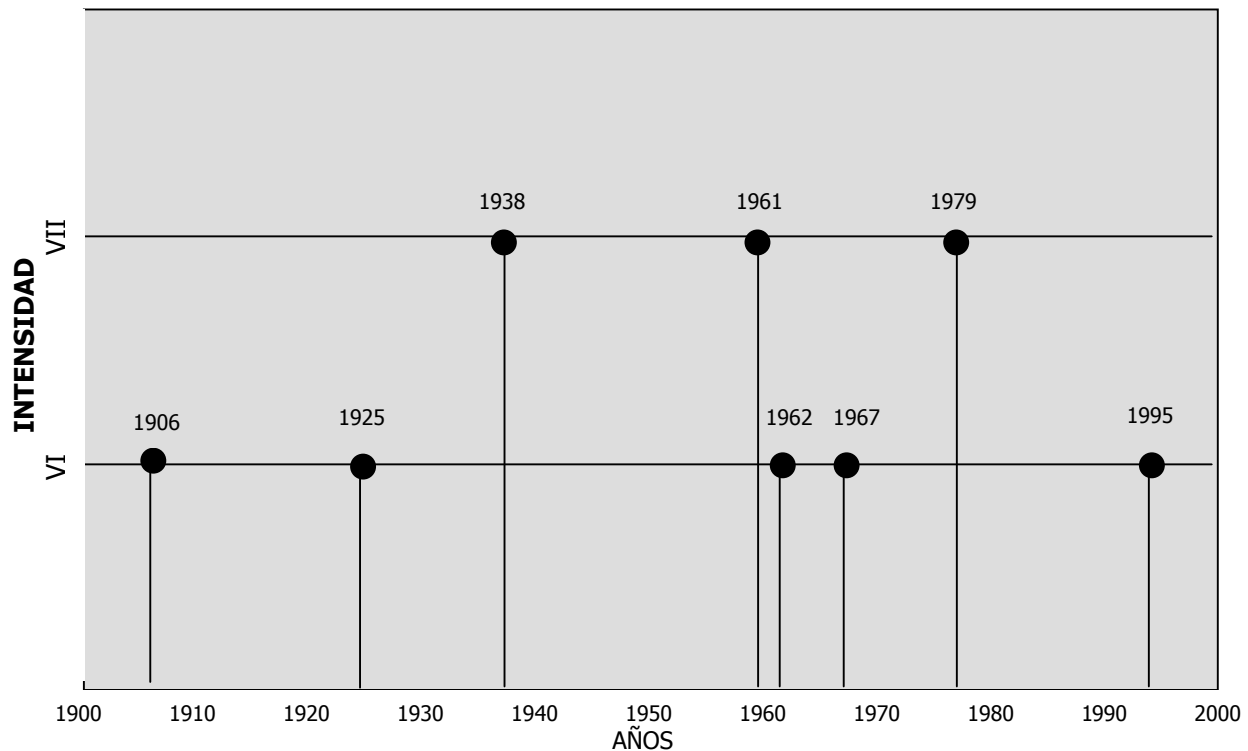
Como resultado del tipo de sismo y de las condiciones locales, el terremoto del Quindío tuvo efectos muy severos. La frecuencia del movimiento, por tratarse de un evento cercano, hizo que este afectara más seriamente las construcciones bajas causando enormes daños en la arquitectura tradicional.

2. DAÑOS EN ARMENIA

Para analizar los daños en la ciudad de Armenia podemos proceder de diferentes maneras. La más simple consiste en basarse en censos o mapas de daños, este método da una idea de los efectos del sismo y para la toma de decisiones es muy útil. Indicó, por ejemplo, que el número de familias que quedaron sin techo llegó a más de treinta mil, cincuenta edificios colapsaron y centenares quedaron seriamente averiados, el centro de la ciudad, donde está el grueso del comercio y las entidades gubernamentales, sufrió daños del orden del cincuenta por ciento de sus edificios, hecho que produjo la parálisis total de la ciudad durante varios días. Muchos sectores del centro, galería, sectores de ferreterías, materiales de construcción y otros, sufrieron daños de más del ochenta por ciento de su infraestructura causando cierre total de actividades.

El método de predicción da idea de los aspectos pero no permite establecer las causas de los daños y por tanto es imposible sacar enseñanzas. Para hacerlo, debemos complementar la información con un mapa de intensidad. Si queremos establecer la fuerza de un sismo podemos hacerlo de dos maneras.

1. A través de la energía liberada, parámetro que se llama magnitud, se mide en escala de Richter y está comprendida entre los valores 0 y 9.



2. A través de los efectos causados, o intensidad sísmica, en las escala Mercalli Modificada o MSK, cuyos valores están entre I y XII. En esta escala el grado V corresponde a los daños más leves que las construcciones pueden sufrir, fisuras en los revestimientos, y el grado XI el colapso de todas ellas.

El mapa de intensidades ocurridas en la ciudad de Armenia, fue elaborado pocos días después del 25 de enero y presentó dos características notables:

- a. La intensidad promedio en la ciudad alcanza el valor VIII; se trata del sismo más fuerte en la historia de la región.
- b. Dentro del perímetro urbano las intensidades van de V y X, variación enorme para una zona tan pequeña.

Para ilustrar los diferentes grados de intensidad, en las fotografías se observan los daños presentados en algunos sectores de Armenia en el sismo del 25 de enero, intensidades V a X. En términos generales, las intensidades presentadas en la ciudad se distribuyeron así:

- Intensidad V en algunos sectores del norte de la ciudad y en algunos barrios nuevos del sur.
- Intensidad VI en buena parte del norte de la ciudad, salvo algunos sectores con intensidad VII.
- Intensidad VII en el centro, con algunas zonas que tienden a intensidad VIII.
- Intensidad VIII en la mayor parte del sur, y en algunas zonas bien delimitadas en el centro.
- Intensidad IX en algunos barrios del sur – centro: Santander y Corbones entre ellos.
- Intensidad X en una zona pequeña y bien definida en el barrio La Brasilia.

ENSEÑANZAS DEL SISMO

1. CONCLUSIONES GENERALES

El mapa de intensidades refleja las diferencias de intensidad en el movimiento del suelo durante un sismo. Sobre esta base se pueden sacar dos conclusiones:

1. En una zona que presente intensidad relativamente baja y se causen grandes daños, se puede afirmar que el problema está en la calidad de las construcciones.
2. En una zona que presente intensidad muy alta con relación al promedio de la ciudad, indica problemas de suelos, de topografía u otros, conocidos como efectos locales.

Al comparar las intensidades y los daños producidos en Armenia, con las características del sismo aparecen, claramente, las principales causas del enorme impacto causado. Indudablemente la región no estaba preparada para resistir un sismo de magnitud intermedia, de carácter superficial y de epicentro cercano, básicamente porque:

- a. Buena parte de las construcciones no estaban diseñadas para ese tipo de evento, aunque habían resistido sismos de otro tipo.
- b. Armenia y la mayoría de las localidades del Viejo Caldas fueron construídas sobre topografías inadecuadas que luego fueron mal manejadas, rellenos.
- c. La zona está cruzada por fallas activas importantes que fueron identificadas demasiado tarde.
- d. La ocurrencia de un sismo superficial, con todas sus consecuencias, no estaba contemplada en los cálculos de amenaza sísmica.

2. TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

En Armenia, como en el resto de Colombia, todas las construcciones anteriores a 1984 fueron hechas sin norma antisísmica. El Código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes, Decreto 1400, fue puesto en vigencia tras el terremoto de Popayán en el año 1983, y fue actualizado en 1998. De los cincuenta edificios que colapsaron con el sismo principal, cuarenta y nueve eran anteriores a 1984. Igual sucedió con varias urbanizaciones, con el agravante de que en muchos casos las modificaciones hechas por los propietarios de casas o apartamentos sin control alguno, resultaron fatales.

El sismo del 25 de enero causó graves daños en las construcciones tradicionales. En algunos sitios como Armenia, lo que había de patrimonio arquitectónico regional quedó prácticamente destruido. La razón de esa pérdida irreparable está en que esas construcciones son más afectadas por sismos cercanos que por sismos lejanos; como no había ocurrido ningún sismo cercano grave en la historia de la región y los sismos lejanos, como es lógico, habían causado pocos daños, el peligro de un sismo cercano fue descuidado, hasta se podría decir que se había ignorado. Además, los pesados techos de teja de barro, en muchos casos, agravaron notablemente los daños.

3. EFECTOS LOCALES

Buena parte de los cambios de intensidad aparecidas inmediatamente al sismo principal en los diferentes sectores de Armenia y de otras localidades como Calarcá, estuvieron ligados a características de la topografía, en un sentido amplio. Estos y muchos municipios quindianos fueron construidos sobre depósitos recientes blandos y erosionados por numerosos ríos y quebradas. Vale decir que la parte plana en los emplazamientos originales era muy pequeña, pero era suficiente para establecer una población de unos cuantos habitantes. Las poblaciones fueron creciendo y poco a poco se fueron ocupando los bordes de los pequeños valles formados por las quebradas, y en la parte central de los cascos urbanos se procedió a llenar cauces y valles para ganar espacio. En ambos casos las consecuencias fueron muy graves.

Se sabe que en terrenos poco compactados las ondas sísmicas causan grandes daños. Los rellenos son un caso extremo de esa situación: las ondas sísmicas pierden velocidad al pasar de terrenos relativamente compactados, rocas o incluso algunos tipos de suelos, a terrenos altamente deleznable como los llenos y su energía se traduce en amplitud, aumentando seriamente los daños. Ese efecto ya se había observado en Armenia en sismos anteriores, Murindó 1992 y el de 1999 se sintió en forma contundente en muchos sectores, especialmente en el centro de la ciudad.

Los efectos producidos por la ubicación de construcciones en el borde de pendientes, o efectos topográficos sensu stricto, fueron muy contundentes. Al ser sometida una topografía irregular a un movimiento como el de un sismo los puntos que no están confinados, principalmente las cimas y los bordes de pendiente, se ven sometidos a un movimiento mayor que el resto del conjunto, con la consecuencia de que en esas zonas los efectos del movimiento son más graves. En muchos barrios de Armenia y de otras localidades, las zonas situadas en bordes de pendiente sufrieron daños serios. Se dieron casos en que construcciones situadas al pie de la pendiente e incluso en la pendiente misma sufrieron daños menores frente a construcciones de mejor calidad situadas en el borde de la pendiente.

4. FALLAS ACTIVAS

Otra enseñanza del terremoto del Quindío se refiere al aspecto geológico. Los estudios de geología en Colombia no se ocuparon suficientemente en identificar y caracterizar las fallas activas porque la sismicidad profunda se ha dado, predominantemente, en los últimos setenta años. La cartografía geológica del país nunca contempló la ruptura de terrenos cuaternarios por fallas geológicas; se suponía hasta hace unos cuantos años que estas pasaban por debajo de los cuaternarios sin afectarlos.

Los proyectos de amenaza sísmica regional, iniciados en Colombia después del terremoto de Popayán en 1983, empezaron el estudio de las fallas activas, se trata de trabajos largos y relativamente costosos que apenas están en su proceso inicial. No hay exageración en decir que más del ochenta por ciento del estudio de las fallas en Colombia está por hacerse, estudio que está notablemente adelantado en países vecinos como Venezuela. No obstante, existe en Colombia la creencia de que las fallas activas ya han sido estudiadas.



Daños producidos en construcciones. Intensidad V-X Armenia. Enero de 1999



Daños producidos en construcciones. Intensidad V-X Armenia. Enero de 1999

5. AMENAZA SÍSMICA

Los estudios de amenaza sísmica, como se afirmó anteriormente, habían previsto una aceleración máxima de 0.25 en el basamento para la región del Quindío y no se conocía el coeficiente de amplificación o coeficiente de sitio. La aceleración registrada en Armenia alcanzó 0.5 originado en un coeficiente de sitio que alcanza el valor 2, cifra muy alta, no contemplada por ningún especialista. Por otra parte, los estudios posteriores hechos en la región pronosticaron la posible

ocurrencia de un evento similar a los de 1938, 1961 y 1979 en los últimos años del siglo o los primeros del siglo siguiente. Este último evento ocurrió pero excedió la previsión en cuanto a sus efectos, los cuales fueron mucho mayores que los de los sismos anteriores. En síntesis, las características del sismo del 25 de enero no habían sido previstas ni en el Código de Construcciones Sismoresistentes ni en ninguno de los estudios.

Una lección que se puede vislumbrar, no sólo para el Quindío sino para el todo el país, es que puede haber ciudades que reúnan las mismas condiciones que Armenia: sismicidad cercana y superficial asociada a fallas activas no identificadas o poco conocidas. En el caso de un sismo silmilar en el futuro, las consecuencias pueden ser muy graves, añadiéndose el hecho de que el Quindío no estaba menos preparado que el resto de Colombia para enfrentar un sismo como el del 25 de enero de 1999.

