

EFFECTOS GEOLÓGICOS EN EL ÁREA EPICENTRAL DEL TERREMOTO DEL 25 DE ENERO 1999 DEL EJE CAFETERO, COLOMBIA

MYRIAM C. LÓPEZ¹, ANDRÉS VELÁSQUEZ²,
VIVIANA AGUILAR³, DIANA MENDOZA⁴.

Observatorio Sismológico del SurOccidente, Universidad del Valle “Cali, Col” – Swissaid.

¹mylopez@osso.org.co, ²ave@osso.univalle.edu.co,

³viaguila@osso.univalle.edu.co, ⁴dimendoz@osso.univalle.edu.co.

Palabras Clave: Terremoto, Efectos Sismogeológicos, Deslizamientos, Avenidas Torrenciales, Agrietamientos, Eje Cafetero, Quindío, Colombia

RESUMEN

El terremoto del Eje Cafetero generó en la región epicentral, diversidad de daños, tanto por los efectos cosísmicos como por efectos secundarios postsísmicos, alterando las actividades de sus habitantes quienes debieron superar la pérdida, parcial o total, de viviendas, cultivos e infraestructura básica.

Factores geológicos que tienen que ver fundamentalmente con la constitución y estructura de los materiales a lo largo de trazas de falla se conjugaron con un período invernal prolongado para aumentar la severidad de las consecuencias de la sacudida sísmica.

En el momento del terremoto prácticamente colapsaron 38 viviendas y quedaron averiadas otras 73, las 6 escuelas de la zona sufrieron daños severos; salieron de servicio los acueductos veredales; ocurrieron cantidad de agrietamientos de las laderas distribuidos por toda la zona y hubo algunos deslizamientos.

En las semanas siguientes al 25 de enero, durante las cuales continuaban las fuertes lluvias, sucedieron, favorecidos también por las grietas y la deformación de los suelos, un

número apreciable de movimientos en masa; éstos fueron a parar en cursos de agua generando avenidas torrenciales, las cuales destruyeron zonas de cultivos y tramos de carreteras.

El 27 de febrero de 1999 ocurrieron lluvias torrenciales y, favorecidos por las grietas y la deformación de los suelos, sucedieron un número apreciable de movimientos en masa, algunos de los cuales generaron flujos de lodo y avenidas torrenciales. Finalmente, nuevas lluvias torrenciales el 24 de Diciembre de 1999 generaron en la región avenidas torrenciales a partir de deslizamientos asociados con agrietamientos cosísmicos.

INTRODUCCIÓN.

Localización.

La región de análisis, denominada Provincia Campesina de Entreríos, está conformada por 8 veredas y se localiza al sur del Departamento del Quindío, en jurisdicción de los municipios de Córdoba y Calarcá. La Provincia se ubica en las vertientes de una montaña de aspecto piramidal, relativamente separada de la Cordillera Central, cuyo vértice es el Alto del Oso aproximadamente a 1800 metros sobre el nivel del mar; su

vertiente sur drena hacia el Río Verde, la vertiente Noroccidental al río Santo Domingo y la Oriental hacia la vereda Media Cara, en la Cordillera Central (Figura 1).

Antecedentes.

El terremoto del 25 de enero de 1999, con epicentro superficial en cercanías de la Provincia (Tabla 1), produjo daños en las viviendas (la mayoría de ellas construidas a finales de 1998), en la infraestructura para el procesamiento del café (despulpaderos y eldas o secaderos), en todas las escuelas, y en los sistemas de energía y acueducto. Así mismo, los terrenos se agrietaron y todas las vías sufrieron desprendimiento de taludes, quedando la zona incomunicada por carretera durante varias semanas. En los meses de enero y febrero ocurrieron lluvias continuas y torrenciales en la región, generando innumerables deslizamientos de tierra, con mayor intensidad el 27 de febrero; la mayoría de ellos sobre terrenos previamente agrietados y debilitados por el terremoto.

Este estudio se deriva del trabajo realizado para Swissaid y Surcos Comunitarios en apoyo a la reconstrucción de la Provincia Campesina de Entreríos. Desde año y medio antes del terremoto Swissaid y la Corporación Surcos Comunitarios venían acompañando a los campesinos de la Provincia, en la búsqueda de opciones de desarrollo sostenible. Por los cambios y nuevas prioridades generados por el terremoto, Swissaid y Surcos Comunitarios, con el apoyo del Cuerpo Suizo de Socorro solicitaron la identificación de los efectos sobre las viviendas y las amenazas naturales en sus parcelas, el cual se realizó, en cuanto a trabajo de campo, en estrecha cooperación con la comunidad.

Fecha: 25 de enero de 1999

Hora: 1:19 pm Lt

Latitud:	4.39N	4.45N	4.46N
Longitud:	75.65W	75.73W	75.72W
Profundidad:	34 km	10 km	17 Km
Magnitud:	5.9 MI	6.2 MI	5.9 Mb
Fuente	OSSO	RSNC	NEIC

Tabla 1. Parámetros del terremoto del Quindío. Varias fuentes.

Objetivos.

El objetivo inicial del trabajo fue la identificación de los fenómenos que amenazaban los terrenos sobre los cuales se hallan las viviendas de la Provincia Campesina de Entreríos.

Producto de esta revisión se diferenciaron los fenómenos sismogeológicos asociados al terremoto del 25 de enero de 1999, la relación con los materiales geológicos involucrados, las estructuras geológicas principales y la cantidad de lluvias.

Metodología.

El trabajo se realizó con metodologías rutinarias de cartografía geológica:

- Acopio y preparación de información cartográfica y de fotos aéreas; preparación de un fotomapa a escala 1:20,000, a partir de fotografía aérea del IGAC 1985.
- Recorridos de campo durante cinco semanas, para evaluación de la situación de viviendas y parcelas e informaciones de los habitantes.
- Georreferenciación, mediante GPS, de cada una de las viviendas.
- Registro fotográfico de las parcelas.

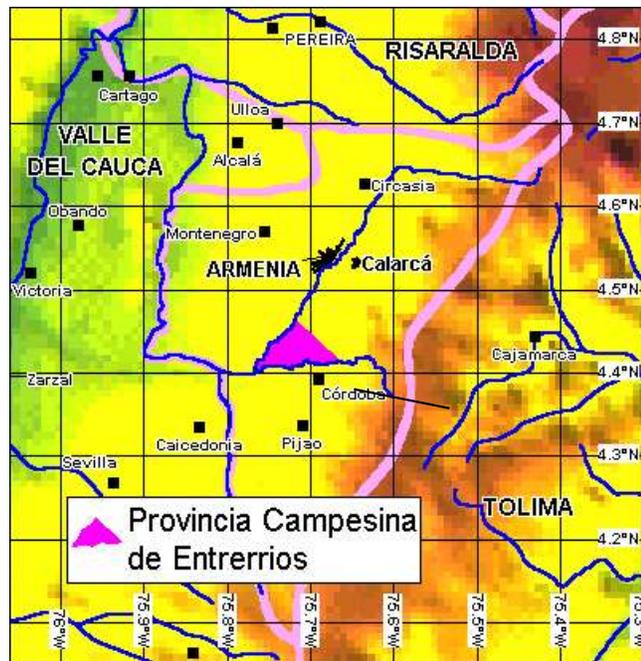
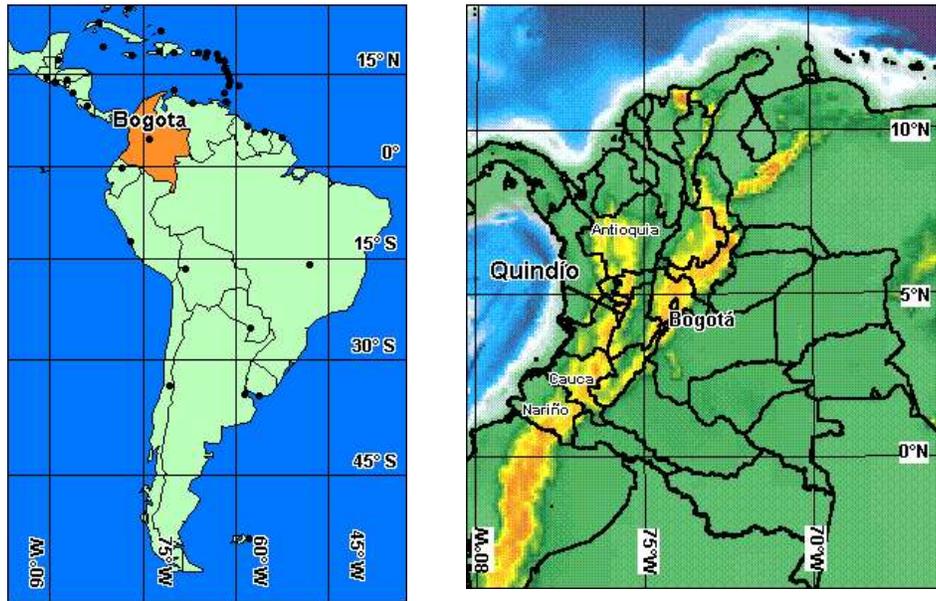


Figura 1. Localización general

Toma de fotografías aéreas oblicuas mediante vuelo en avioneta de ala alta el 19 de marzo de 1999.

- A partir de fotografía aérea inclinada, transferencia de sitios con deslizamientos a fotografía IGAC.
- Análisis preliminar de series de precipitación suministradas por CENICAFE.
- Consolidación de una base de datos para la evaluación de vulnerabilidad y riesgos de cada vivienda, y análisis de la información y producción de informe final.

GEOMORFOLOGÍA .

La Cuchilla del Oso que atraviesa la zona en dirección SurOccidente - NorEste y el Alto del Oso, son los rasgos morfológicos más notorios; constituyen la divisoria de aguas entre el río Santo Domingo al occidente y el río Verde al Sur.

Se distinguen tres unidades geomorfológicas así:

Unidad I. Laderas empinadas con drenaje subparalelo de fuerte disección, conformadas por depósitos inconsolidados de materiales volcánicos (pórfidos y lavas, embebidos en una matriz lodosa), y depósitos de cenizas, correlacionables con la Formación Armenia sensu [McCourt \(1985\)](#). Corresponde a parte de la vertiente nororiental del río Santo Domingo

En el sector del Alto del Oso afloran, a manera de "escamas", secuencias de lodolitas y areniscas que han sido dobladas y plegadas en contactos fallados? con rocas tipo pórfido, que podrían correlacionarse con la Formación

Quebradagrande ([Gonzales, 1980b](#) y [Álvarez, 1983](#)).

- Unidad II: Ladera baja de la vertiente del río Santo Domingo, de topografía ondulada con menor disección que la Unidad I. Está conformada por los depósitos fluviovolcánicos de la Formación Armenia sensu [McCourt \(1985\)](#).
- Unidad III: Laderas onduladas con drenaje subparalelo de moderada disección que conforman el relieve oriental de la zona (vertiente del Río Verde), están constituidas principalmente por anfibolitas al parecer correlacionables con el complejo de rocas de Córdoba, sensu [McCourt \(1984\)](#) y suprayacidas por depósitos coluviales medianamente consolidados. El sur de la zona por rocas verdes de textura esquistosa al parecer correlacionables con el grupo Bugalagrande (kdi).

FENÓMENOS DETONADOS POR EL TERREMOTO.

Los deslizamientos pueden ocurrir por diversas razones entre las cuales destacan a) la saturación de agua durante periodos lluviosos; b) banqueos y cortes para carreteras realizados de manera vertical y c) por la acción de fuertes vibraciones sísmicas que generan grietas, como ocurrió el 25 de enero de 1999, desplomes de los taludes y deslizamientos en las laderas.

Otro tipo de fenómenos frecuentes en la zona fueron las crecientes o avenidas torrenciales, producidas por la rápida acumulación de agua en los zanjones, quebradas y ríos, y facilitada por los cultivos limpios y la deforestación.

FENÓMENOS COSÍMICOS Y POSTSISMICOS.

Los fenómenos secundarios cosísmicos de mayor ocurrencia fueron los agrietamientos le siguen los deslizamientos y Los hundimientos. (Figuras 2, 3, 4 y 6).

▪ Agrietamientos del terreno.

La mayoría de agrietamientos del terreno generados por el sismo se presentaron en sitios de cambio de pendiente, donde existen cenizas volcánicas, rellenos artificiales, depósitos de ladera inconsolidados, saprolito de anfibolita, saprolito de pórfido o saprolitos de lodolitas.

Las grietas afectaron cultivos, patios de viviendas, carreteras y caminos, en diversos sitios, con características morfológicas claramente diferenciables. Estos sitios típicos en orden de mayor a menor nivel de peligro para la generación de otros procesos (i.e. deslizamientos), son :

- Borde de los taludes de banquetes realizados para la construcción de viviendas en laderas empinadas o inclinadas .
- A lo largo de filos estrechos (amplitudes menores de 10 m) siguiendo las curvas de nivel.
- A lo largo de filos amplios (amplitudes mayores de 10 m) siguiendo las curvas de nivel.
- En el borde de taludes de carretables y caminos.

- En el borde de escarpes o coronas de deslizamientos antiguos y/o en los bordes de depósitos de ladera.



Figura 2. Agrietamiento típico a lo largo de filos amplios y estrechos, siguiendo la curva de nivel.

▪ Movimientos en Masa.

De acuerdo con el tipo de materiales movidos, las superficies de despegue y las velocidades de desplazamiento, se describen, de manera general, los movimientos en masa presentados en la Provincia Campesina de Entreríos.

✓ Hundimientos.

Por lo general los hundimientos identificados afectaron áreas de cultivos y sucedieron en laderas cóncavas compuestas por depósitos inconsolidados; algunos de ellos existían antes de la ocurrencia del terremoto, pero alcanzaron dimensiones mayores a causa de éste.

Un hundimiento de considerable magnitud y aun no estabilizado aparece en una vía antigua ubicada al occidente de la zona, En este sitio se observa un escarpe de 1.3 metros en cenizas volcánicas. Otro hundimiento de profundidad mayor de 1 metro, ayudado por la acción de aguas subterráneas, se presentó sobre una ladera cóncava de pendientes moderadas, el 27 de febrero este hundimiento generó un gran flujo de lodo que afectó la carretera que conduce a Río Verde en el sitio de la escuela Guayaquil Bajo (Figura 3).



Figura 3. Hundimiento en vertiente del Río Santo Domingo.

✓ Deslizamientos.

Los deslizamientos ocurridos el día del terremoto se presentaron principalmente sobre cenizas volcánicas y afectaron carreteras, caminos y taludes de viviendas. En éstos últimos no alcanzaron magnitudes mayores, son desmoronamientos cuyo volumen fue directamente proporcional a la altura del

talud y al espesor de la capa de cenizas. A pesar que estos colapsos no fueron georeferenciados, su distribución está relacionada principalmente con la que tuvieron los agrietamientos y deslizamientos.

Los deslizamientos que afectaron áreas mayores fueron los detonados por un fuerte aguacero ocurrido un mes después del terremoto, el 27 de febrero entre la 1 a.m. y las 3 a.m., pues tanto el volumen como el tipo de materiales desplazados fue mayor al del 25 de enero y tuvieron incidencia sobre más tramos de carreteras, mayores áreas de cultivos y algunas viviendas. Fue característico que grandes bloques de suelo cayeran sobre la banca de las carreteras, con sus cultivos intactos (Figura 5).

En dos sitios, uno ubicado en jurisdicción del Municipio de Calarcá y el otro en el Municipio de Córdoba, los deslizamientos alcanzaron longitudes mayores de 30 m y superficies de despegue mayores de 3 metros.

Uno de ellos está en el flanco occidental de una amplia zona de falla de dirección NNE, la cual tiene expresión morfológica de silletas, escarpes erodados y alineamiento de la Quebrada Los Tanques. Este deslizamiento generó un flujo de lodo y posteriormente una avalancha.

Solamente se presentaron dos deslizamientos en roca, uno de ellos en rocas cizalladas y el otro en lodolitas (Figura 4).

Afectando zonas de bosque, se presentaron deslizamientos en la vertiente del río Santo Domingo sobre saprolito de lodolitas (Figura 4).

✓ Flujos de Lodo y Detritos.

Los flujos tuvieron mayor incidencia en la Vertiente del río Santo Domingo. Allí afectaron áreas de cultivos (Figura 5), mientras los flujos de detritos bajaron rápidamente y al llegar a las carreteras cambiaron de curso depositando una capa hasta de 10 cms sobre las vías.

DAÑOS EN CONSTRUCCIONES.

Viviendas.

La tipología de las viviendas existentes en la zona estudiada era básicamente: Viviendas antiguas de bahareque, madera, ladrillo “tolete” y viviendas nuevas de ladrillo “farol” y en esterilla.

Los daños graves y severos en viviendas, 38 viviendas colapsadas y 73 averiadas, se debieron fundamentalmente al mal estado de conservación de las construcciones (vigas y columnas podridas, paredes desgastadas, techos sin aplome, etc.) y a su localización en el borde de taludes o sitios de cambio de pendiente.

Escuelas.

En la Provincia Campesina de Entreríos existían seis escuelas, ubicadas en las veredas Travesías y Guayaquil (Municipio Calarcá) y en las veredas La Soledad, El Trébol, Guayaquil Alto y Guayaquil Bajo (Córdoba).

Estas construcciones de mampostería con escaso o nulo confinamiento y techos de asbesto-cemento sostenidos por cerchas metálicas, colapsaron parcial o totalmente.

La Escuela La Soledad ubicada sobre un depósito coluvial fue quizás la que presentó mayores daños estructurales.

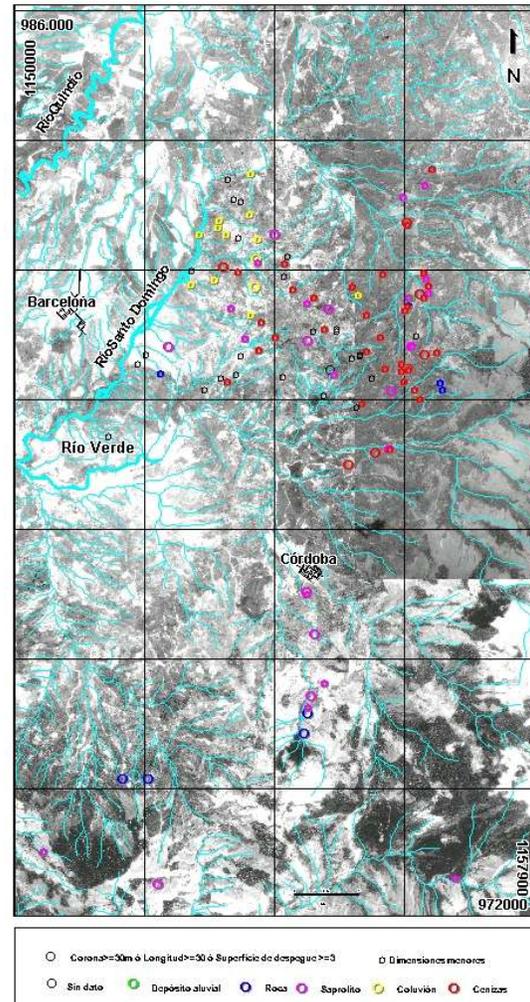


Figura 4 Distribución de deslizamientos cosísmicos y postsísmicos en la región epicentral según unidades litológicas.



Figura 5. Grandes bloques de suelo se desplazaron a lo largo de la ladera con sus cultivos intactos.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS.

Los efectos cosísmicos identificados en taludes de cenizas volcánicas y perfiles de meteorización de pórfidos y anfibolitas, se debieron probablemente a la licuación del material. En la cara libre de taludes de ceniza no hubo superficies de desgarre o deslizamiento; la apariencia de los taludes poco después del sismo era de terrenos “arados”. La apariencia de los taludes de saprolitos era la de lodos

expulsados. Este fenómeno es descrito como deformaciones laterales de suelos (*soil lateral spreads*), y según Keefer, 1984, la magnitud mínima requerida para generar estos fenómenos es $M_l.6.5$ ($M_s.5.0$) $M_s.5.9$.

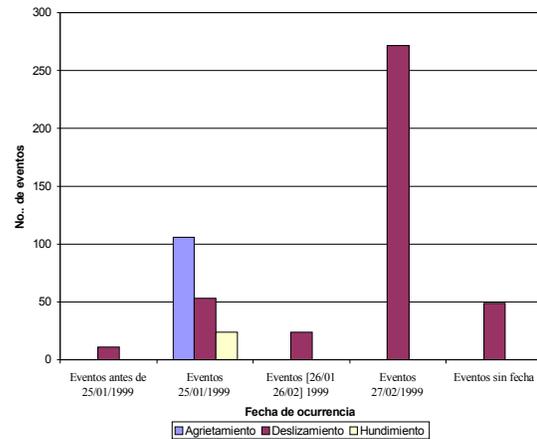


Figura 6. Frecuencia y Tipología de fenómenos sismogeológicos detonados por el Terremoto del Quindío.

Es posible que las lluvias acumuladas durante los días anteriores al sismo favorecieran la saturación y licuación de horizontes dentro del perfil de cenizas, aunque los registros de precipitaciones diarias muestran valores bajos (entre 8.6mm y 31mm) para la lluvia acumulada entre el 20 y el 25 de enero en 4 estaciones representativas para la zona (Figura 7).

Este parámetro de humedad antecedente deberá calibrarse teniendo en cuenta, entre otros aspectos, las características de los horizontes de cenizas, la interfase con saprolitos y el tiempo que tardan en saturarse.

Igualmente sobre los efectos postsísmicos secundarios como los flujos de lodo y avenidas torrenciales que se presentaron

el 27 de Febrero, influyó en gran proporción la sacudida sísmica del terreno, si se toman en consideración las superficies de despegue profundas, evidenciadas por el colapso de grandes bloques de suelo con cultivos sobre la calzada de las vías. Estos fenómenos corresponden a los deslizamientos de bloques de suelo *Soil block slides* para los cuales Keefer (1984), describe un mecanismo de ruptura por superficies basales saturadas, con niveles freáticos altos; el mismo autor considera que las magnitudes mínimas para generar estos fenómenos son del orden de M_i 6.5 (M_s 5.9).

Al parecer se necesitaron pocas lluvias para detonar los deslizamientos del 27 de febrero; las lluvias acumuladas cinco días antes en cuatro estaciones hidroclimatológicas mas cercanas de la zona tienen valores comparativamente mas bajos que aquellos determinados, por ejemplo a partir de estudios realizados por el Ingeominas y CVC para cuencas como el Bolo y Frayle en el Valle del Cauca. En dicho estudio se concluye que las lluvias críticas para detonar deslizamientos, flujos de lodo y avalanchas, en las cuencas analizadas son del orden de 72 mm durante dos días (Castellanos, 1996 en CVC - Ingeominas, 2000), la diferencia la hizo el sismo.

Estos valores son de 96.8 mm, 101 mm, 85 mm y 53 mm, en las estaciones El Sena, La Bella, El Jardín y Tucumán, respectivamente, aunque un valor muy alto (209 mm) se presentó en Quebrada Negra al NE del área.

Para las condiciones ambientales de la zona es importante modelar los deslizamientos con el conocimiento detallado de la distribución de cenizas (mapas e isópacas y de isopletas) que

permitan determinar la ubicación y extensión de los diferentes horizontes dentro del perfil. Igualmente cartografiar los diferentes horizontes que conforman los perfiles de meteorización; metodologías como la utilizada por Deere y Phaton (1971) podrían ser adecuadas si se involucra, como parámetro dentro de la diferenciación, el tamaño de grano y la composición mineralógica de cada uno de los horizontes.

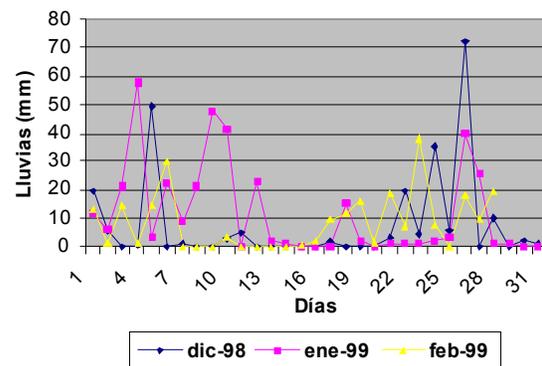


Figura 7. Precipitaciones diarias en la Estación La Bella, para los meses de Enero – Febrero y Diciembre de 1999.

La distribución (Figura 4) y frecuencia (Figura 6) de deslizamientos dentro del área analizada permite concluir lo siguiente: la dispersión de **deslizamientos de taludes de cenizas**, pudo estar determinada por la distribución aproximadamente homogénea de los horizontes de ceniza (cercanía a centros volcánicos), por tal razón la identificación de la magnitud de los efectos (dimensiones de las áreas afectadas, distancia de expulsión de las arenas, relaciones profundidad – longitud) en estos horizontes puede ser una herramienta útil para diferenciar grados de intensidad.

Los deslizamientos de mayores dimensiones (profundidad superficie de despegue mayor de 3 metros, longitud de la corona mayor de 30 metros y longitud del deslizamiento mayor de 30 metros) y los presentados en roca, revelan asociación a trazas de falla donde el desarrollo del perfil de meteorización es mas espeso, en el primer caso, y donde la roca está muy fracturada en el segundo.

Aunque su ocurrencia en el área no define una tendencia, es importante anotar que a pesar de existir otras zonas cizalladas y perfiles de meteorización espesos, no se presentaron deslizamientos con estas características. Adicionalmente, los deslizamientos de mayores dimensiones presentados fuera de la zona hacia el sur (cartografiados con estudiantes de Ingeniería de la Universidad del Valle sobre cortes de carretera), permiten definir el límite occidental del área afectada por deslizamientos con una dirección NNE coincidente con el Río Barragán.

Con la base de datos recopilada hasta el momento el área total afectada por deslizamientos es de aproximadamente 200 Km². Keefer (1984) correlaciona las áreas afectadas por deslizamientos con la magnitud (Figura 8), según esta gráfica los valores de magnitud para un área como esta son del orden de 5.3 y 5.6.

Los agrietamientos del terreno, el efecto cosísmico mas frecuente presentan una alta dispersión, ocurrieron de manera generalizada sobre sitios de cambio de pendiente. La magnitud de los agrietamientos comparada con aquellas presentadas mas al sur entre Córdoba y Pijao podrían ayudar a definir valores de intensidad.

Los hundimientos presentados en el área son asociables a los colapsos de suelo, *soil slumps* de Keefer (1984), quien postula que para su generación se necesitan magnitudes mínimas M_I 5.5 (M_s 4.5) M_s 5.4.

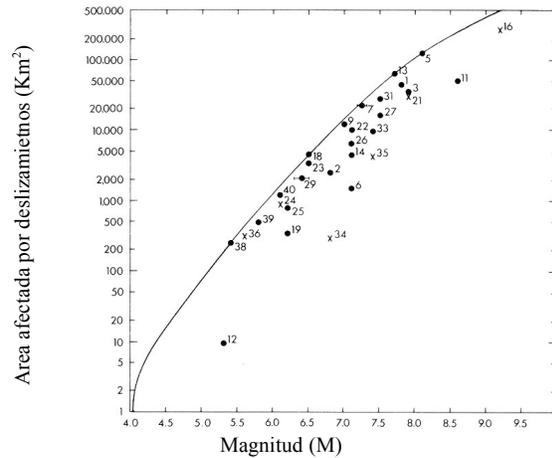


Figura 8. Área afectada por deslizamientos de diferentes magnitudes. (Tomada de Keefer, 1984).

Uno de los deslizamientos generados el 27 de febrero de 1999, en el sur de la zona de trabajo, vertiente del Río Verde, produjo un flujo de lodo, que de acuerdo con la clasificación de Keefer, 1984, corresponden a *flujos lentos de tierra*, él los encuentra poco comunes, con magnitudes mínimas para su generación entre M_I 6.5 (M_s 5.0) M_s 5.9.

Otro aspecto que tuvo variaciones notorias después del sismo fueron los afloramientos nuevos de agua y las desapariciones de nacimientos de agua, aunque la georeferenciación exacta no se logró en su momento éstos son considerados dentro de la EMS-98 dentro del rango de intensidades mayores de 6.

De acuerdo con la Escala Macrosísmica Europea EMS-98, la asignación de intensidades a partir de efectos en los

terrenos es un aspecto que debe tomarse con cautela, además porque la ausencia, de tipologías, en áreas rurales y despobladas semejantes a las utilizadas para la asignación de intensidades en las escalas macrosísmicas tradicionales, son aspectos que no pueden ser ignorados.

Castaldini (1999), recomienda la realización de mapas de efectos superficiales inducidos por terremoto en el área de interés y también el estudio de las características geológicas e hidrogeológicas.

Según Margotini (1987), las correlaciones de registros de movimiento fuerte con intensidades deben basarse en valores determinados únicamente con base en las observaciones en la vecindad intermedia del sitio en cuestión.

Bajo estas consideraciones puede decirse que la evaluación atenta y cuidadosa en campo de efectos sismogeológicos aporta parámetros importantes para asignar rangos de intensidades más específicos a cada uno de los efectos observados en el territorio.

Según Rodríguez y Bommer (1999) el elemento más significativo que contribuye a la dispersión es la variación en los ambientes geográficos, sin embargo con este trabajo se concluye que la identificación de los eventos diferenciando tipologías y dimensiones en unidades litológicas homogéneas, debe dar tendencias que permitan definir isosistas.

En su interés por conocer los parámetros que inciden en la generación de deslizamientos en Colombia, el Observatorio Sismológico del SurOccidente Colombiano apoya la tesis de grado "Aproximación a la Evaluación

de los Paisajes en el Eje Cafetero Colombiano: modelamiento de movimientos de masa" adelantado por dos autoras del presente documento.

REFERENCIAS

Alvarez, J. 1983. Geología de la Cordillera Central y el occidente Colombiano y Petroquímica de los Intrusivos granitoides Mesocenoicos, Boletín Geológico. Ingeominas, 26/2, 175 p.

Castaldini, D. et al. 1999. Analysis of earthquake-induced surface effects in a sample area: A metodological approach in the Serchio River Valley between Sillano and Piazza Al Serchio (Garfagnana Region, Nort Western Apennines, Italy) -

Deere, D.U. & Phatton, F.D. (1971). Slope stability in residual soils. In Proceedings of the 4th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, Caracas, June 1971, pp. 87-170. American Society of Civil engineers, New York.

EMS-98. European Macrosismic Scale.

CVC, Ingeominas (2000). Zonificación de Amenazas por Procesos de Remoción en Masa en las Cuencas de los Rios Bolo y Fraile. Cali.

Gonzáles, H. (1980 b). Mapa geológico de Colombia. Escala 1:100.000, Plancha 167 – Sonsón. Ingeominas, Bogotá.

Gonzáles, A. J., Zamudio, E., Castellanos, R. Relaciones de Precipitación Crítica – Duración de Lluvias que Disparan

Movimientos en Masa en Santafé de Bogotá – Colombia.

Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering (Dec, 1993). Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards.

Jibson R.W. (...). Some Observations of landslides Triggered by the 29 April 1991 - Racha Earthquake, Republic of Georgia.

Keefer, D. (1984). Landslides caused by earthquakes. Geological Society of America Bulletin, v. 95, p. 406 – 421, 7 tables.

McCourt, et al. 1984 a. The geology of the Central Cordillera in the Departments of Valle del Cauca, Quindío and NW Tolima (Sheets 243, 261, 262, 280, 300). Ingeominas – Report No. 8. Muisión Británica (British Geological Survey).

_____, 1985. Plancha Geológica Génova No. 262. Escala 1:100.000. Ingeominas, Bogotá.

Margottini C., Molin C, Narcisi B, Serva L. (1987). Intensity Vs. Acceleration: Italian datos In:.

Rodríguez, C.E., Bommer, J.J., Chandler, R.J. (1999) . Earthquake Induced Landslides 1980 - 1997. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 18, p. 325 – 346. Elsevier.

Agradecimientos.

A Swissaid por la confianza depositada en la Corporación OSSO para la realización del trabajo.

Al Profesor Hansjürgen Meyer investigador principal del OSSO.

A los habitantes de la Provincia Campesina de Entreríos y a la Fundación Surcos Comunitarios, pues sin su apoyo e información no hubiese sido posible la identificación de los efectos cosísmicos y postsísmicos del Terremoto.

Al Geo. Andrés Prieto Ramírez por su apoyo en el trabajo de campo y en la edición de textos.

A los compañeros del OSSO por su apoyo en las labores de edición de los informes.

A la C.V.C., unidades de hidroclimatología e Infraestructura por suministrar series de precipitación.

A CENICAFÉ por suministrar las series de precipitación.

Y muy especialmente al Cuerpo Suizo de Socorro quien desde un principio apoyó la elaboración de los estudios.