

# **EFFECTOS DEL TERREMOTO DEL 6 DE JUNIO DE 1994, EN LA REGION AL ORIENTE DE SILVIA (DEPARTAMENTO DEL CAUCA, COLOMBIA)**

por

**Jairo Mojica<sup>1</sup>**

## **Resumen**

**Mojica, J.:** Efectos del terremoto del 6 de junio de 1994, en la región al oriente de Silvia (Departamento del Cauca, Colombia). Rev. Acad. Colomb. Cienc. **20** (76): 71-92, 1996. ISSN 0370-3908.

Se describen los efectos del sismo de magnitud 6.4 (escala de Richter), ocurrido el 6 de junio de 1994, y en particular los observados al E de Silvia, flanco W de la Cordillera Central. En la zona epicentral (ladera SSW del Volcán Nevado del Huila, 15 km al N de la población de Toez), el terremoto alcanzó una intensidad de 8 a 9 grados en la escala de Mercalli y causó la destrucción de numerosos asentamientos humanos y la muerte o desaparición de unas 1000 personas; el número de damnificados se estimó en 40.000, la mayoría de ellos indígenas paeces y guambianos. Simultáneamente se produjo la desestabilización de numerosos taludes y se desencadenó un flujo de escombros por el río Páez, que arrasó buena parte de las construcciones encontradas a su paso.

**Palabras claves:** Terremoto - daños - flujo de escombros - deslizamientos - Silvia - Departamento del Cauca - Colombia.

## **Abstract**

This paper describes the damages produced to the east of the town of Silvia (Dpto. Cauca) by a shallow earthquake of magnitude 6.4 on the Richter scale which occurred in the SSW flank of the Nevado del Huila Volcano (Central Cordillera) on June 6, 1994. In the epicentral area (15 km N of Toez) the intensity reached a degree of 8 to 9 on the modified Mercalli scale. As a consequence approx. 1000 persons died or disappeared and more than 40.000 were injured. The quake also triggered several landslides and slumps on steeply inclined hillsides, as well as a mediumsize debris-flow along the Paez river that destroyed almost all the civil buildings that obstructed the way of this high density current.

**Key words:** Earthquake - damages - debris-flows - landslides - Silvia - Department Cauca - Colombia.

<sup>1</sup> Profesor Asociado. Depto. de Geociencias - CEPREVE. Universidad Nacional de Colombia Apartado 14490 Santafé de Bogotá, Colombia.

## 1. Introducción

Se describen aquí algunos de los efectos del terremoto del 6 de junio de 1994, con epicentro en las proximidades suroccidentales del Volcán Nevado del Huila, que causó daños de grandes proporciones en amplias zonas de los Departamentos del Huila y del Cauca y que fue percibido en casi todo el país. El trabajo se basa en la información recolectada directamente durante una visita de 5 días (17 a 21 de junio) a la región circunvecina al Municipio de Silvia, Departamento del Cauca, realizada por el autor y el alumno Diógenes Rovira, de 8° semestre de la Carrera de Geología. La comisión se llevó a cabo a instancias de la Universidad Nacional, a través de las Vicerrectorías y de su Centro para la Prevención de Desastres (CEPREVE), que ante la gravedad de los sucesos, decidió enviar una delegación integrada por alumnos y profesores de diferentes disciplinas, para que colaborara en las tareas de rescate, apoyo en salud, diagnóstico de los daños materiales y evaluación del impacto ambiental en la región afectada.

Durante el tiempo de permanencia y de acuerdo con las prioridades marcadas por la comunidad guambiana, se inspeccionaron, conjuntamente con varios guías locales y otros alumnos de esta universidad, los sitios y localidades en donde se dieron los mayores daños, la mayoría de ellos en jurisdicción de Silvia. Por falta de tiempo y facilidades de transporte apropiado (helicóptero), no fue posible el acceso a los lugares situados en la parte más alta de la Cordillera Central (e.g. Toez, Huila, Mosoco) que evidentemente sufrieron los efectos más severos del sismo que nos ocupa. Por otra parte y como complemento, se llevó a cabo una muy breve inspección en la población de Mondomo, ya en el valle del río Cauca, donde curiosamente, a pesar de su lejanía de la zona epicentral (50 km), se produjeron daños severos que arrasaron unas 45 casas del barrio Belén.

El resultado de las observaciones iniciales se consignó en un informe inédito (Mojica, 1994) que, revisado y complementado sirvió de base para la elaboración del presente documento. Para ello se utilizaron datos derivados de la bibliografía, de informes de INGEOMINAS, de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) - dependiente del mismo-, y de información extractada de diferentes medios de comunicación, en especial en lo que se refiere a las áreas no visitadas por nosotros.

## 2. El sismo

El terremoto se produjo a las 3.47 p.m. hora local (20.47 GMT), y tuvo epicentro en las proximidades

septentrionales de la población de Toez, localizada en la ladera SSW del Volcán Nevado del Huila (5.750 msnm, según los mapas oficiales del IGAC), que aquí representa la cúspide de la Cordillera Central y la divisoria de aguas entre las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca (Fig. 1). De acuerdo con la información dada a conocer por la RSNC/INGEOMINAS, el sismo (denominado "Sismo de Páez"<sup>2</sup>) alcanzó una magnitud de 6.4 en la escala de Richter, se produjo a una profundidad menor de 10 km. En la escala modificada de Mercalli (Bolt, 1981), el movimiento telúrico tuvo una intensidad de 8 grados a unos 40 km alrededor del epicentro, y de 5 a 6 grados, a unos 100 km hacia el NW, E y SW. Como consecuencia resultaron severamente afectadas las poblaciones, caseríos y áreas rurales situadas alrededor de la zona epicentral, habitadas más que todo por grupos indígenas guambianos, en la vertiente occidental de la Cordillera Central, y paeces en la vertiente oriental de la misma.

Asimismo, por efecto del terremoto se produjo la desestabilización de innumerables taludes en los terrenos ubicados en unos 40 km a la redonda del epicentro, pero principalmente en los más cercanos a él; se generaron así múltiples deslizamientos y agrietamientos, muchos de los cuales se manifestaron como derrumbes de grandes proporciones, desplomes y caídas de rocas, que dejaron extensas laderas libres de vegetación y suelo; otros evolucionaron hacia deslizamientos rotacionales y flujos de tierra que afectaron más que todo áreas rurales de cultivo y pastoreo. Todo ello, sumado al pánico causado por el sacudón inicial, el elevado número de réplicas, y los múltiples daños a las viviendas, obligó a los moradores, a abandonar sus tierras y a buscar refugio en improvisados albergues de plástico y carpas (Fotos 1 y 2).

Subsecuente al sismo se desencadenó un flujo de escombros de menores proporciones, que el que destruyó, por ejemplo, la ciudad de Armero el 13.11.85, descrito por Mojica *et al.* (1985). El flujo causado por el movimiento telúrico del 6.6.1994 siguió el curso del río Páez y arrasó a su paso múltiples obras civiles (viviendas, puentes, tramos de carretera, tomas de acueductos). La avenida produjo también el depósito de un volumen importante, pero aún no determinado, de sedimentos, detritos vegetales y restos de animales y de humanos en la desembocadura al río Magdalena, que allí coincide con la parte final del embalse de Betania. Según INGEOMINAS (1985), el flujo principal alcanzó alturas entre 10 y

<sup>2</sup> Dado que esta palabra hace referencia a la comunidad paez, lo correcto sería escribir Paez, y no Páez.



40 m y velocidades de 50 a 60 km en las cabeceras del río Paez, y de 20 a 40 km a su llegada al Valle del Magdalena (región de Paicol).

El terremoto fue causado, de acuerdo con INGEOMINAS (1994), por el movimiento de la Falla de Moras, que corre próxima al Nevado del Huila; según los reportes de los funcionarios de esta institución, que sobrevolaron la zona de desastre, a pesar de que el epicentro estuvo a sólo 10 km del nevado, el casquete glaciar no resultó afectado y se descartó, por lo tanto, la idea inicial difundida por diferentes medios, de que durante el sismo hubieran ocurrido avalanchas de nieve, que pudieran haber originado o alimentado los flujos de escombros desencadenados luego del movimiento telúrico, en diversos cursos de la cuenca alta del río Paez y encauzados luego por el lecho principal del mismo.

El número de personas muertas o desaparecidas no fue establecido con claridad, pero se estima en unas 1000. Asimismo, los efectos combinados del sismo, de los deslizamientos y del flujo de escombros, dejaron una cifra de cerca de 40.000 damnificados, que perdieron sus viviendas y/o sufrieron pérdidas en ganado y daños en cultivos. Por lo demás, las entusiastas pero apresuradas labores de rescate, llevadas a cabo más que todo por medio de helicópteros, condujeron a la desintegración temporal de un sinnúmero de familias.

Por otro lado, la baja densidad de las vías de acceso, lo abrupto de la topografía, la carencia de suficientes medios de comunicación y el mal clima (lluvioso y nublado en esos días), dificultaron tanto las labores de rescate y de ayuda que, 15 días después del sismo, seguían apareciendo damnificados de zonas lejanas o aisladas, que todavía no habían recibido auxilio alguno.

### 2.1 Mecanismos focales

A través de INGEOMINAS/RSNC (1994) se dieron a conocer los mecanismos focales mostrados en la figura 2. Uno de ellos fue obtenido por la RSNC, con base en análisis de primeras llegadas de ondas P en 15 estaciones sismológicas del centro, suroccidente del país y norte del Ecuador. El otro fue obtenido por la Universidad de Harvard, por el método de tensores de momento. Como se aprecia en la figura 2, las soluciones, aunque similares en la ubicación de los cuadrantes de compresión sísmica, presentan diferencias en cuanto a la posición, orientación e identificación del plano de falla. Ambos resultados corresponden a fallas de desplazamiento lateral, izquierdo si se selecciona como plano principal el de dirección WNW

(Universidad de Harvard), derecho si se asume como plano de movimiento el de dirección NNE (INGEOMINAS/RSNC). La información derivada de las réplicas hasta junio 30/94 (Fig. 3) ha permitido establecer que el movimiento principal ocurrió efectivamente en la dirección NNE, a lo largo de una zona de fractura de unos 45 km; las réplicas dispersas muestran, no obstante, movimientos de reacomodamiento de bloques corticales en la dirección del plano secundario (WNW) que coincide, además, con la orientación del lineamiento (o "falla") de Cali, propuesto por Ujueta (1988), mostrado en la figura 4. Los movimientos antedichos son compatibles con una cupla de fuerzas paralelas a la dirección del fallamiento, o con un par coplanar que bisecte los cuadrantes de distensión sísmica.

### 2.2 Tectónica regional

Como se observa en la figura 4, la esquina SW de Colombia se caracteriza por la presencia de numerosas fallas, más o menos paralelas a los ejes de las cordilleras, la mayoría de ellas de tipo inverso o de cabalgamiento, con vergencia al NW o al SE; otras, las menos, tienen desplazamiento de rumbo. Entre las más importantes se destacan las de Suaza, Garzón-Algeciras, Chusma, Romeral y del Cauca. Se tienen además fallas y lineamientos transversales, poco conocidos, pero sobre los cuales han llamado la atención Gómez (1986), Ujueta (1988) y Cuervo (1995). Se trata, en la mayoría de los casos, de fracturas con desplazamiento sinistral. El conocimiento que se tiene de la sismicidad histórica indica que muchas de las fallas antedichas o mostradas en la figura 4 son activas, o deben considerarse como potencialmente activas, lo cual explica el elevado número de sismos anuales en este sector del país, y su extensa distribución areal.

### 2.3 Sismicidad histórica

En la época histórica, la región SW de Colombia ha sido escenario de múltiples y devastadores terremotos (Tabla 1) que son recordados, ante todo, cuando han causado daños importantes en las poblaciones mayores del suroccidente colombiano. Entre los más notables se tienen el de "Tumaco" en 1906, que tuvo epicentro costa afuera y dió lugar a un tsunami de grandes proporciones, el de Popayán en 1983, el de Pasto en 1947, el de Cali en 1766 y el de Vegalarga en 1967, este último descrito en detalle por Ramírez (1967).

### 3. Aspectos geológicos

La región asolada por el sismo que nos ocupa comprende, como ya se dijo, ambas laderas de la Cordillera

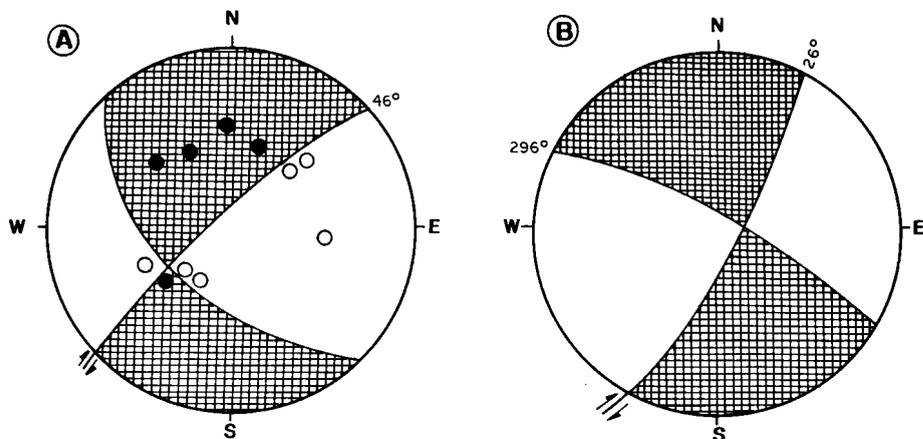


Figura 2. Mecanismos focales correspondientes al sismo del 6.6. 1994. A: según INGEOMINAS/RSNC (1994); B: según Universidad de Harvard.

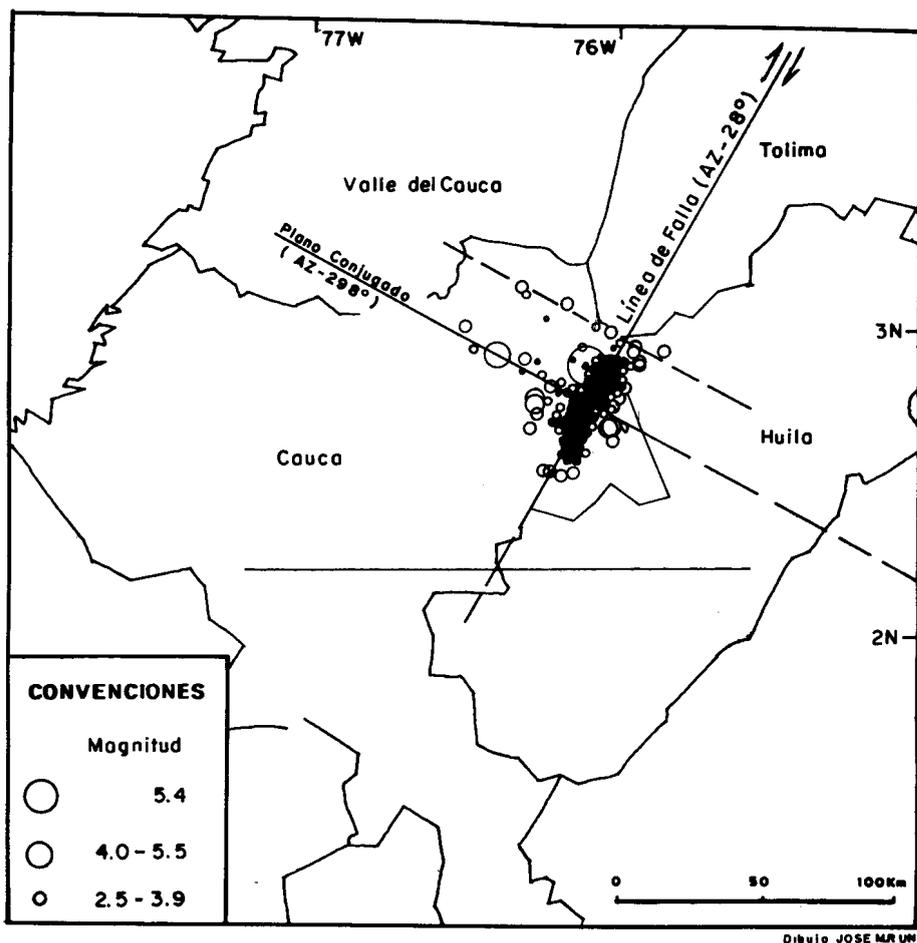


Figura 3. Epicentros de las réplicas del terremoto del 6.6.1994 (hasta junio 30/94), con indicación de la falla principal y del plano ortogonal. La longitud de la ruptura a lo largo de la falla principal, indicada por las réplicas, es de unos 50 km. Complementado de INGEOMINAS/RSNC (1994).

Central colombiana, y se encuentra a unos 100 km al N del Nudo de Los Pastos (sitio de la bifurcación entre las Cordilleras Central y Occidental), e inmediatamente al S del Nevado del Huila, un enorme edificio volcánico, ante todo andesítico-dacítico (Ramírez, 1975), que descansa sobre rocas intrusivas granodioríticas a cuarzdioríticas, posiblemente mesozoicas. Se trata de materiales muy sensibles a la meteorización y a la remoción en masa, que representan la continuación meridional del Batolito de Ibagué, y que constituyen, en este sector, la mayoría de los afloramientos de la vertiente oriental de la Cordillera Central. Del Volcán del Huila no se registran erupciones durante el tiempo histórico; sin embargo, la actividad fumarólica observada en la actualidad permite considerarlo como un volcán "semiaactivo". Los espesos flujos de escombros que cubren las riberas del río Paez entre La Plata y su desembocadura en el río Magdalena, sugieren una fuerte actividad eruptiva del Nevado del Huila en tiempos subrecientes (Pleistoceno tardío). De todos modos, con motivo de la tragedia producida en Armero en noviembre de 1985 por la erupción del Volcán del Ruiz, el Gobierno Nacional inició la implementación de un sistema de vigilancia en muchos de los volcanes colombianos, entre ellos el del Huila.

Como lo ilustra Orrego (1982), en la parte más alta de la cordillera y al SW del Volcán del Huila afloran también rocas ígneas y metamórficas, con edades no bien definidas entre el "precretácico" y el Terciario-Cuaternario. Las rocas metamórficas incluyen: a) neises y esquistos cuarzosomocovíticos grafitosos, asignados a la facies de esquistos verdes con metamorfismo de baja presión y alta temperatura, y considerados tentativamente por Orrego (*op. cit.*) como de edad precretácica; por sus características y localización, este conjunto



**Tabla 1.** Sismicidad histórica en el suroccidente colombiano. Extractada de **Ramírez (1975)** y **CERESIS (1985)**. En la intensidad, R significa escala de **Ramírez (1975)**, inventada por dicho autor para evaluar sismos históricos sin registro instrumental, y que en la escala modificada de **Mercalli (M)** equivale aproximadamente así: IR  $\pm$  1-4 M; IIR  $\pm$  5- 6 M; IIIR  $\pm$  7-10 M

LOCALIDAD	FECHA D M A	INTENSIDAD		MAGNITUD	COORDENADAS	
		R	M			
Cajibío, Cauca	2.2.1735	III			76,5°W	2,6°N
Popayán	2.2.1736	III			76,5°W	2,5°N
Popayán	25.4.1751	II			76,5°W	2,5°N
El Tablón, Cauca	20.1.1834	III			76,9°W	2,5°N
Popayán	4.10.1878	II			76,5°W	2,5°N
Popayán	25.5.1885	III			76,5°W	2,5°N
"Tumaco",	31.1.1906	III		8,6	81,5°W	1,0°N
Micay, Cauca	30.1.1920			6,0	77,5°W	3,0°N
Belén, Cauca	21.5.1937			6,5	77,5°W	2,5°N
Popayán	9.7.1945			6,5	76,5°W	2,5°N
Volcán Puracé	29.3.1946	III			76,5°W	2,5°N
Pasto	14.7.1947	II			77,2°W	1,2°N
Cali-Buga	9.7.1766	III			76,3°W	2,9°N
ENE Neiva, Huila	9.2.1967			6,3	74,9°W	2,9°N
Popayán	24.2.1967			4,2	76,3°W	2,6°N
Vegalarga, Huila	18.10.1973			6,2	74,9°W	3,0°N
Tacueyó, Cauca	3.2.1974			4,3	76,1°W	3,1°N
Cali	24.8.1974		7	7,9	76,8°W	4,3°N
Popayán	31.8.1983	III			76,5°W	2,5°N

recuerda al conocido Grupo Cajamarca de **Nelson (1959)** que conforma en buena parte el núcleo de la Cordillera Central; b) unidad de metabasitas y metasedimentitas, piroxenitas y anfibolitas, también en facies de esquistos verdes asignados, con duda, al Cretácico.

Las rocas ígneas comprenden: a) cuerpos de andesitas porfiríticas, y pórfidos andesíticos y dioríticos que muestran importantes mineralizaciones cupríferas (con Mo, Au, Pb, Zn y Ag), todos ellos emplazados durante el Terciario; b) lavas andesíticas, aglomerados y tobas de la plio-pleistocena formación Popayán. Se tienen además acumulaciones de sedimentos aluviales y coluviales, del Cuaternario.

Los elementos tectónicos más importantes en el sector descrito por **Orrego (op. cit.)**, son fallas con tres direcciones principales: NE, entre ellas la que controla el curso del río Moras, o Falla de Moras; NNE, como la que corta el Cerro de La Soledad; NW a NNW, que cruzan oblicuamente la cordillera.

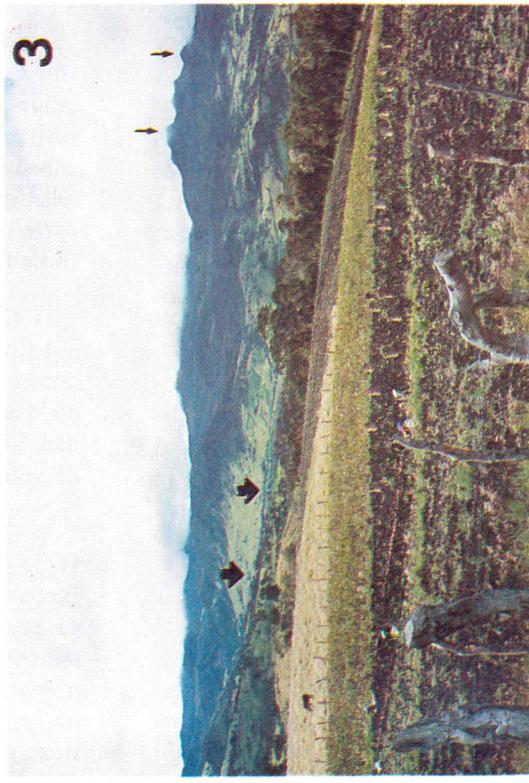
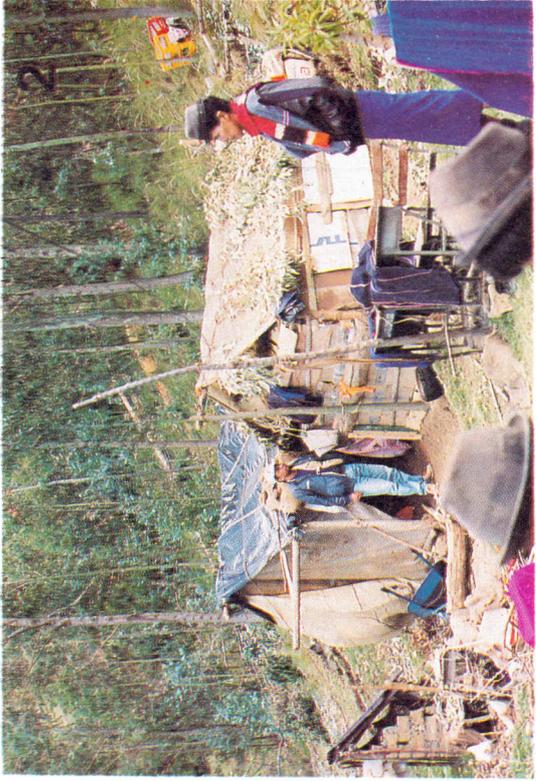
En el área estudiada, en las proximidades orientales de Silvia, se presentan esencialmente tres conjuntos de rocas que, debido a sus diferentes propiedades físicas, dan lugar a una morfología variada, en la que alternan zonas escarpadas y colinas suaves. En las partes más altas (arriba de los 3.000 m) se conservan también geofomas, muchas veces desdibujadas, de tipo glacio-

génico como valles en U, montañas aserradas y lagunas en antiguos circos glaciares (Fotos 3 y 4).

- La unidad más antigua, al parecer de edad cretácica, son esquistos micáceos grises, algunas veces ricos en glaucófana (**Feininger, 1978; Orrego et al., 1980**), poco resistentes a la erosión y expuestos localmente en las cabeceras de la quebrada Juanambú y el pie suroccidental del Cerro El Peñón al NNE de Silvia. Estas rocas hacen parte de la así llamada "Unidad de Esquistos Glaucófánicos Jambaló" por **Orrego et al. (op. cit.)**.

- Cronológicamente, siguen vulcanitas grises oscuras, algo porfiríticas, duras y resistentes a la erosión, que constituyen los cerros y picos más altos, así como el sustrato en la mayor parte de los sitios examinados en esta oportunidad. Se trata, por lo visto, de lavas andesíticas provenientes de volcanes pleistocenos, ahora inactivos.

- Como elemento más joven (Pleistoceno tardío a Holoceno) se tienen flujos piroclásticos y tobas inconsolidadas (cenizas con algo de lapilli), todas de colores claros, blanco-amarillentas a beige-marrón, que constituyen -por su origen a partir de lluvias de ceniza- una cubierta mantiforme que recubre la topografía preexistente y la suaviza. El espesor de estas rocas piroclásticas puede variar entre 0 y quizás 1 o más decenas de metros. Se trata, por su naturaleza, de materiales poro-



**Foto 1.** La comunidad guambiana reunida para tratar los problemas acarreados por el sismo del 06.06.94. Nótese los agritamientos (flechas) cerca de los techos de la vivienda y la viga de madera, colocada para prevenir mayores daños.

**Foto 2.** Ante la gravedad de los daños sufridos por las construcciones durante el sismo, muchas casa tuvieron que ser abandonadas. Como solución inmediata se improvisaron viviendas de madera y plástico.

**Foto 3.** Panorámica en la zona de páramo al oriente de Silvia y al norte de Gabriel López. Los picos aserrados (flechas finas) y los valles en U (flechas gruesas) son modelados pleistocenos de origen glaciar, a los que se ha sobrepuesto la actividad fluvial reciente. Las áreas en verde claro en primero y segundo plano son ante todo cultivos de papa y cebolla.

**Foto 4.** Antigua laguna fluvio-glaciar al W del sitio La Loca, vía Silvia-Gabriel López, con desarrollo de turberas y vegetación actual de pastos y frailejón. A pesar de la escasa pendiente, durante el sismo se produjo el deslizamiento indicado por las flechas, en el que pueden diferenciarse la corona (extremo derecho), una zona central menos deformada y con un vacío de material (mancha blanca), y el pie, caracterizado por amontonamientos y abultamientos de la masa en movimiento. Foto tomada hacia el sur.

esos muy sensibles a la meteorización y a la erosión, que se descomponen rápidamente y que pueden acumular bastante agua en épocas lluviosas, lo cual los hace propensos a los procesos de remoción en masa (Foto 5). Sin embargo, la riqueza de estas rocas en minerales fácilmente alterables (feldespatos, micas, vidrio volcánico) da lugar a suelos de alta fertilidad, apetecidos para los cultivos de clima frío, como papa, cebolla y otras hortalizas, lo cual, cuando las pendientes son fuertes, los convierte en presa fácil de la erosión.

Por otro lado, las rocas piroclásticas constituyen una cubierta que, como ya se dijo, enmascara la paleotopografía, y dificulta la identificación de rasgos tectónicos antiguos, como diaclasas, fallas y pliegues. En la cartografía preexistente se las asigna a la "Formación Popayán", que recubre extensas áreas del valle del Cauca y la vertiente occidental de la Cordillera Central. Según **Marín & París (1979)**, la formación Popayán incluye además de las piroclásticas arriba mencionadas, aglomerados, flujos de lodo, depósitos lacustres y de piedemonte y acumulaciones fluvio-glaciares. Dichos autores la ubican en el límite Terciario-Cuaternario, o sea en el Plio-Pleistoceno.

#### 4. Aspectos climáticos y drenaje

En la región estudiada, con altitudes entre 2.500 m (en Silvia) y 3.600 m (en la loma de La Campana), se presentan dos épocas lluviosas muy marcadas (enero a mayo y agosto a octubre) y dos intervalos relativamente secos (junio-julio y noviembre-diciembre). La precipitación varía, según **West (1956)** entre 2.000 y 3.000 mm/año, con valores altos en los meses de enero, mayo y octubre, que como lo enseña la práctica, son los tiempos más propicios para la ocurrencia de deslizamientos, represamientos de los cauces fluviales y ocurrencia de avenidas sedimentarias. De acuerdo con los mapas de **Eslava (1993)**, la región estudiada incluye los climas templado húmedo, frío húmedo y páramo húmedo, o cae simplemente en el tipo general de clima "húmedo lluvioso". La vegetación está constituida más que todo por pastos y los cultivos arriba mencionados en las tierras agrícolas y por arbustos y algunos bosques nativos en áreas no cultivadas. El clima húmedo lluvioso y la casi omnipresencia de rocas piroclásticas en superficie ocasiona la ocurrencia de innumerables nacimientos de agua, aprovechados por los habitantes para el consumo casero y el riego. No obstante los aspectos positivos anotados, estos nacimientos son también, como se explica más adelante, lugares propicios para la generación de deslizamientos locales.

El drenaje aquí está dominado por las dos corrientes mayores que descienden del páramo, los ríos Piendamó y

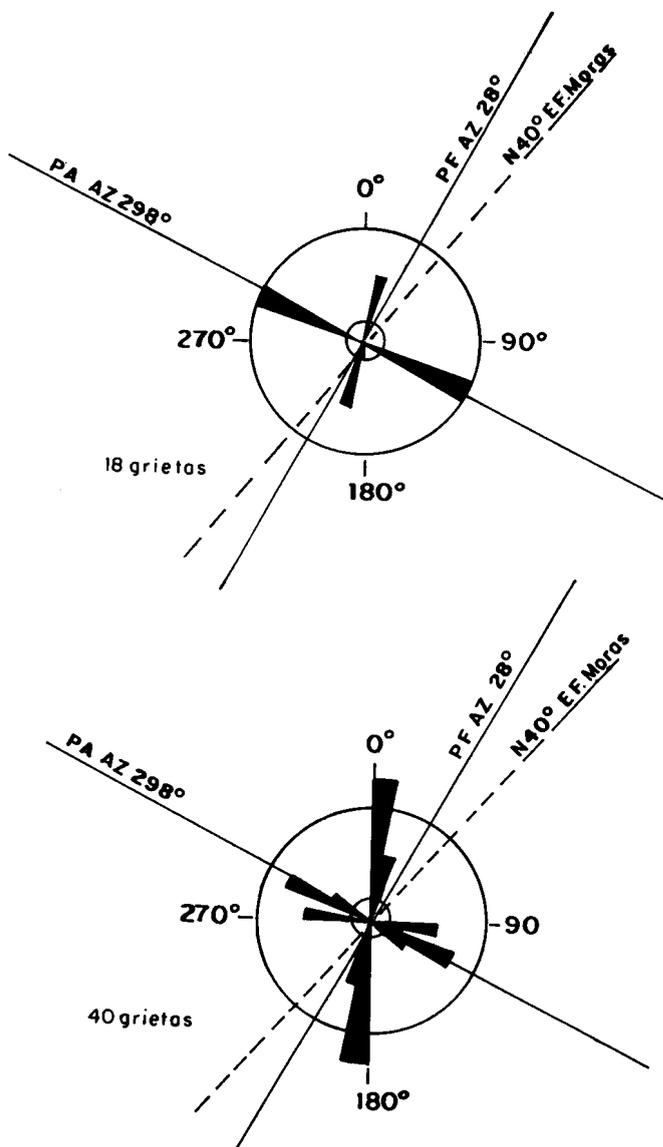
Cofre, caracterizados por su flujo perenne y sus aguas frías, de color acaramelado. En la región circunvecina a Silvia, el drenaje local muestra un arreglo entre paralelo y ortogonal, con cursos que varían entre SSE-NNW y NNE-SSW, lo cual sugiere un marcado control tectónico por diaclasas y fallas. No se ven aquí los diseños radiales propios de los edificios volcánicos, presentes, por ejemplo, en el "Cerro Nevado" de Pan de Azúcar, el Cerro Chiquillo y el Volcán Puracé, al oriente de Popayán, y del Nevado del Huila al N de Toez, a los cuales han de deberse las acumulaciones vulcano-sedimentarias que dieron lugar a la formación Popayán.

#### 5. Daños producidos por el sismo

En la región inspeccionada se pudo comprobar que, en orden creciente de importancia, el impacto del terremoto del 6.6.94 se manifiesta más que todo en forma de:

##### 1- Agrietamientos y corrimientos del terreno (notorios en zonas con terraplenes y cáminos), con el consecuente peligro de deslizamiento a corto plazo.

Este tipo de daños se observó principalmente a lo largo de la vía que, de manera circular, une las poblaciones de Silvia y Gabriel López, y en particular entre el sitio La Loca y la vereda La Cumbre en donde, en dos puntos, los agrietamientos amenazan con destruir entre 1 y 2 m de la banca de la vía (proximidades de la quebrada La Chorrera y W de la laguna de La Marquesa). Grietas semejantes, en todos los casos con separación entre 1 y 3 cm y con orientación preferencial casi E-W y N-S (Fig. 5), se encuentran también en los caminos que comunican las veredas de La Campana y El Cacique (Foto 6), al N del río Piendamó, así como en algunas áreas de cultivo de este sector. Al respecto es claro que las grietas, medidas en localidades diferentes y distanciadas por kilómetros, presentan un arreglo de dos sistemas que se cortan casi ortogonalmente. El significado de dicho arreglo no es claro: a primera vista, podría pensarse en un patrón de fracturas conjugadas, según lo pronostica la mecánica de rocas (teoría de Mohr-Anderson) en un sistema triaxial de esfuerzos, en el cual la dirección del máximo esfuerzo se encuentra en la bisectriz del ángulo agudo conformado por los dos sistemas de fracturas, y la de mínimo esfuerzo en la bisectriz del ángulo obtuso, o sea NNW-SSE, lo cual estaría en contradicción con las posibles direcciones de esfuerzos indicadas o derivadas de los mecanismos focales arriba mencionados. Más bien, los sistemas de grietas en cuestión



**Figura 5.** Diagramas rosa que muestran las orientaciones preferenciales de las grietas producidas en el terreno y en las viviendas por el sismo del 6.6.94: a) región al W del sitio La Loca; b) veredas La Cumbre y El Cacique. Como referencia, se dibujan el plano principal de falla (PF) en la zona epicentral (Fig. 3), el plano auxiliar (PA) y la dirección de la Falla de Moros.

tienden al paralelismo con los planos principal y auxiliar de los mecanismos focales (en particular con el deducido por la Universidad de Harvard), lo cual parece indicar que ellas representan grietas de extensión en las direcciones próximas a las de los planos focales.

Como medida preventiva inmediata para mitigar o detener los movimientos en las grietas, se recomen-

dó a los pobladores rellenarlas con arcilla y corregir o desviar los drenajes hacia las mismas.

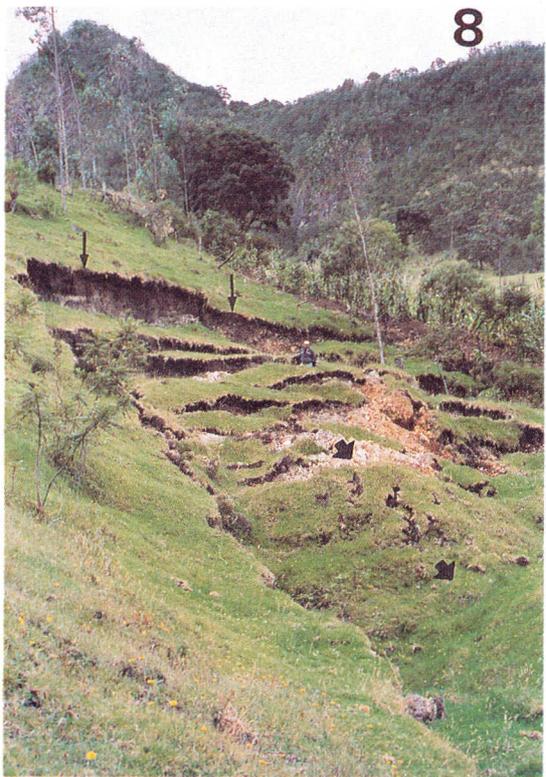
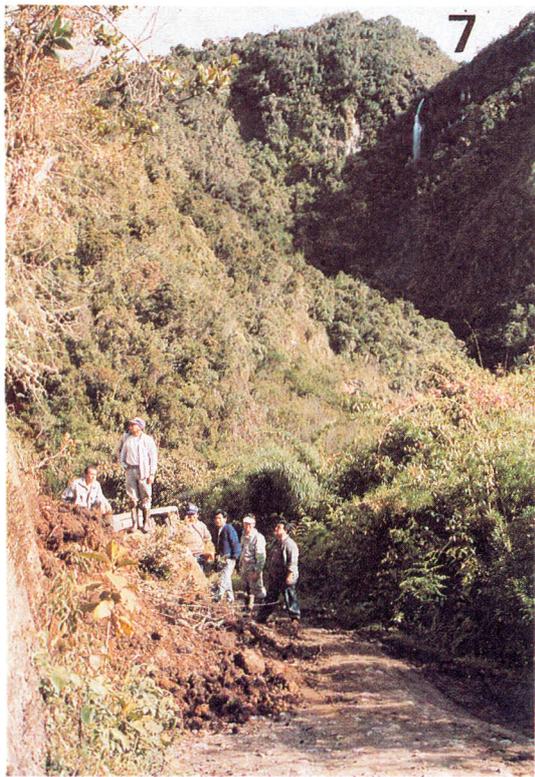
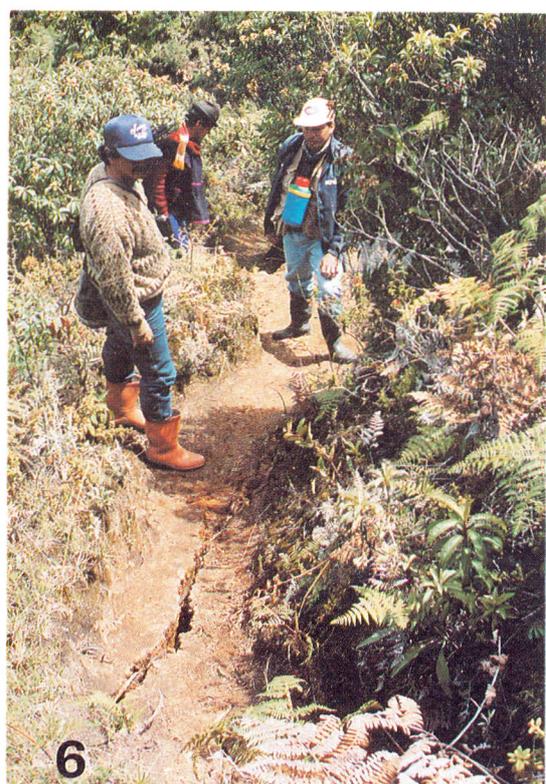
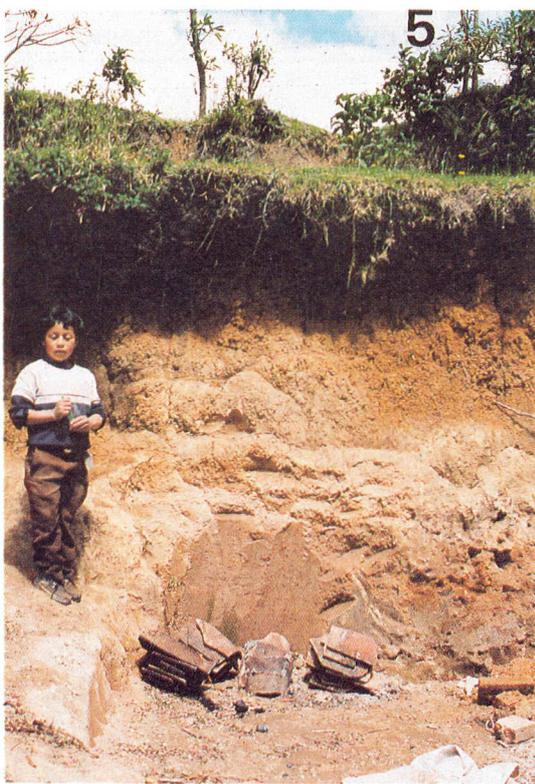
- 2- **Deslizamientos de diferentes tipos y proporciones**, en especial derrumbes, deslizamientos rotacionales y flujos de tierra, en laderas de alta y mediana pendiente, que afectan sobre todo zonas de cultivo y las hoyas de algunas de las quebradas mayores. Asimismo, durante el sismo hubo múltiples desprendimientos de roca, uno de los cuales, según la vida de dos niños guambianos que se hallaban a campo abierto, en la vereda La Campana.

**Derrumbes.** Ocurrieron principalmente en la vía de Silvia a Gabriel López y a la laguna de Piendamó, taponándola en varios puntos (Foto 7). Se trata, no obstante, de desprendimientos de pequeña proporción, que no amenazan con convertirse en problemas mayores. Otros derrumbes, de mayor tamaño, se vieron, a lo lejos, en laderas empinadas próximas al sitio La Loca.

**Flujos de barro o de tierra.** Se observó uno, muy llamativo, a lo largo del cauce de la quebrada El Barrial, en la vereda Cumbre Nueva. Se trata de un lugar con varios nacimientos de agua que mantienen saturado el terreno adyacente al cauce, lo cual en el momento del sismo, propició la licuación y despeque de una franja de unos 40 a 50 m de ancho y unos 200 m de largo. Según los testigos, el material avanzó unos 300 m en 4 a 5 minutos, arrastrando la cubierta vegetal (Fotos 9 y 10), derribando árboles, destruyendo una casa adyacente al curso y casi interesando otra, al otro lado del cauce. En total el área afectada tiene una longitud de aproximadamente 800 m y una anchura variable de 20 a 40 m. El movimiento cesó en un sector de muy poca pendiente, a unos 300 m de la llegada de la quebrada El Barrial al río Piendamó y, seguramente, permanecerá estancado ahí por largo tiempo. Las grietas observadas en la corona indican que el movimiento tiende a progresar pendiente arriba, poniendo en peligro varios cultivos y dos construcciones no habitadas.

**Deslizamientos rotacionales.** Se presentan en múltiples sitios del área investigada, unos iniciados antes del sismo, otros causados por él. Los más importantes se dieron en:

- a- El sector al E de la vía Gabriel López-Silvia en las proximidades del sitio La Loca y el borde W de una antigua laguna glaciar. Se trata de un des-

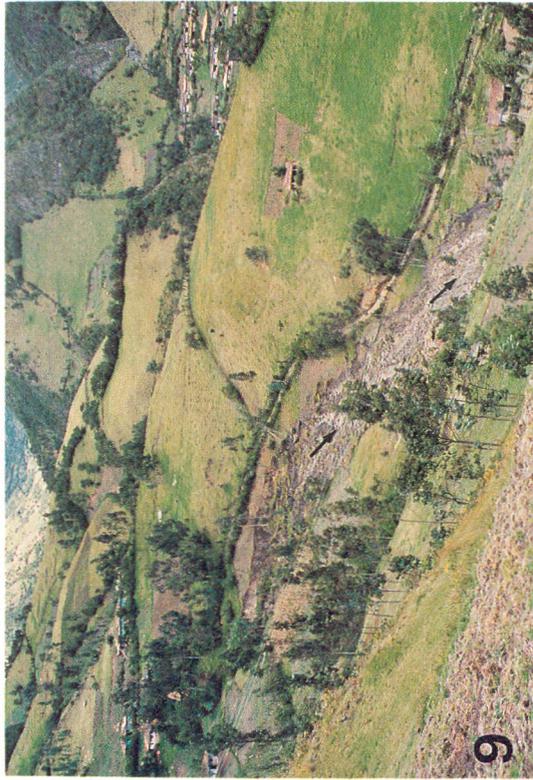


**Foto 5.** Perfil superficial en una colina de la vereda La Cumbre, que muestra un suelo húmedo desarrollado sobre rocas piroclásticas de la formación Popayán, poco consolidadas, blancas y porosas. El espesor expuesto aquí es superior a 2.5 m.

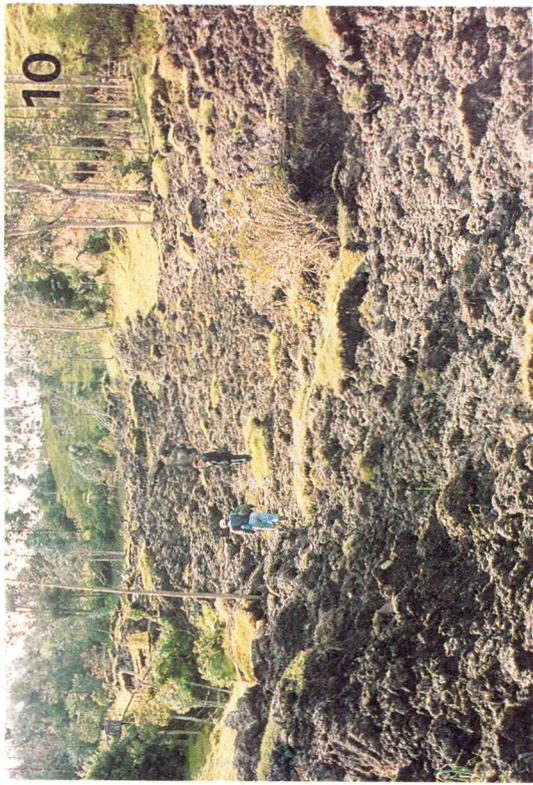
**Foto 6.** Agrietamiento del terreno en el camino entre las veredas La Cumbre y El Cacique. Las grietas, con abertura de hasta 8 cm, se desarrollan en piroclastitas no consolidadas de la formación Popayán. Foto tomada hacia el oeste.

**Foto 7.** Pequeño derrumbe producido durante el sismo del 6.6.94 en el costado sur de la vía Silvia-Gabriel López, sitio La Chorrera.

**Foto 8.** Deslizamiento rotacional en las cabeceras de la quebrada Juanambú. Las flechas gruesas señalan el sentido del desplazamiento. En la corona (flechas finas) se observa un corte del suelo actual, desarrollado sobre piroclastitas de la formación Popayán.



9



10



11



12

- Foto 9.** Vista panorámica del flujo de barro en la quebrada El Barrial, vereda La Cumbre. Las flechas indican el sentido de avance del movimiento. Foto tomada hacia el sureste.
- Foto 10.** Detalle del flujo de barro mostrado en la Foto 9. Vista tomada en dirección aguas arriba de la quebrada El Barrial.
- Foto 11.** Detalle del deslizamiento rotacional mostrado en la Foto 4, al W del sitio La Loca. El lugar corresponde al sector central del corrimiento, donde quedaron parches sin el material deslizado (flechas gruesas), que debido a la violencia del sacudón se desordenó totalmente, colapsando los bloques en diferentes direcciones. Las flechas finas muestran un deslizamiento menor en el borde de la vía a Silvía. Foto tomada hacia el NNW.
- Foto 12.** Bloque de material desprendido por el deslizamiento mostrado en las Fotos 4 y 11. A la derecha se ve el suelo actual, pleno de raíces, desarrollado sobre piroclásticas inconsolidadas (tobas de lapilli) y por lo menos tres paleosuelos (franjas negras).

lizamiento, disparado indudablemente por el sismo, con forma de pera alargada (Foto 4), que se movió de occidente a oriente en una anchura de 100 a 150 m y una longitud cercana a 350 m. La pendiente del terreno deslizado es de apenas unos 5° y está constituido por una alternancia de horizontes húmicos negros (suelo actual y varios paleosuelos) y de rocas piroclásticas claras, con espesor total expuesto superior a 2,5 m (Fotos 11 y 12) que en conjunto producen un suelo saturado de agua que se mece con el movimiento de las personas, lo cual es propio de las formaciones lagunares, turbosas.

La masa desplazada se ve cortada por numerosas fallas normales en la zona de la corona y abultamientos en la parte terminal. No obstante, debido a la energía del sismo, incrementada por la escasa consolidación del terreno y la saturación de agua del mismo, se produjo una desorganización casi total de los bloques desprendidos, que aparecen volcados en diferentes direcciones; asimismo, en el sector central, quedaron parches vacíos por el corrimiento excesivo (despegue) del material en movimiento (Foto 11). Este grado de desorganización del material removido puede indicar también que, en este lugar, la aceleración vertical pudo ser próxima al valor de la gravedad.

De todos modos, el deslizamiento a más de espectacular, no causó prácticamente daños, dado que se trata de un terreno despoblado y sin cultivos.

- b- Escuela de Guambia Nueva, próxima a la quebrada Las Delicias (Fig. 6). Es esta una construcción con dos bloques de salones de clase de reciente construcción en ladrillo, y una casa antigua, en adobe, que sirve como salón comunal. Todas ellas sufrieron agrietamientos durante el sismo y en uno de los bloques de salones se hundió, peligrosamente, el techo de tejas de asbesto, soportadas por cerchas de lámina con perfil en U y uniones con tornillos.

Las instalaciones se encuentran en una explanación en el borde de un talud casi vertical dejado por un deslizamiento pretérito (Foto 13); durante el sismo se produjeron agrietamientos y hundimientos en el borde del talud, a unos 5 m del bloque más cercano de salones y se generó un deslizamiento rotacional en el pie del mismo

(Foto 14). Dicho deslizamiento, de pequeña proporción, afectó un suelo con mínima pendiente (menor de 10%) en una depresión húmeda que desemboca en la quebrada Las Delicias. En la corona se aprecian fallas normales con superficie cóncava, que profundizan hasta 1,5 m, con desprendimientos de un suelo desarrollado en rocas piroclásticas. La franja desplazada es de unos 25 m de ancho por unos 60 m de largo.

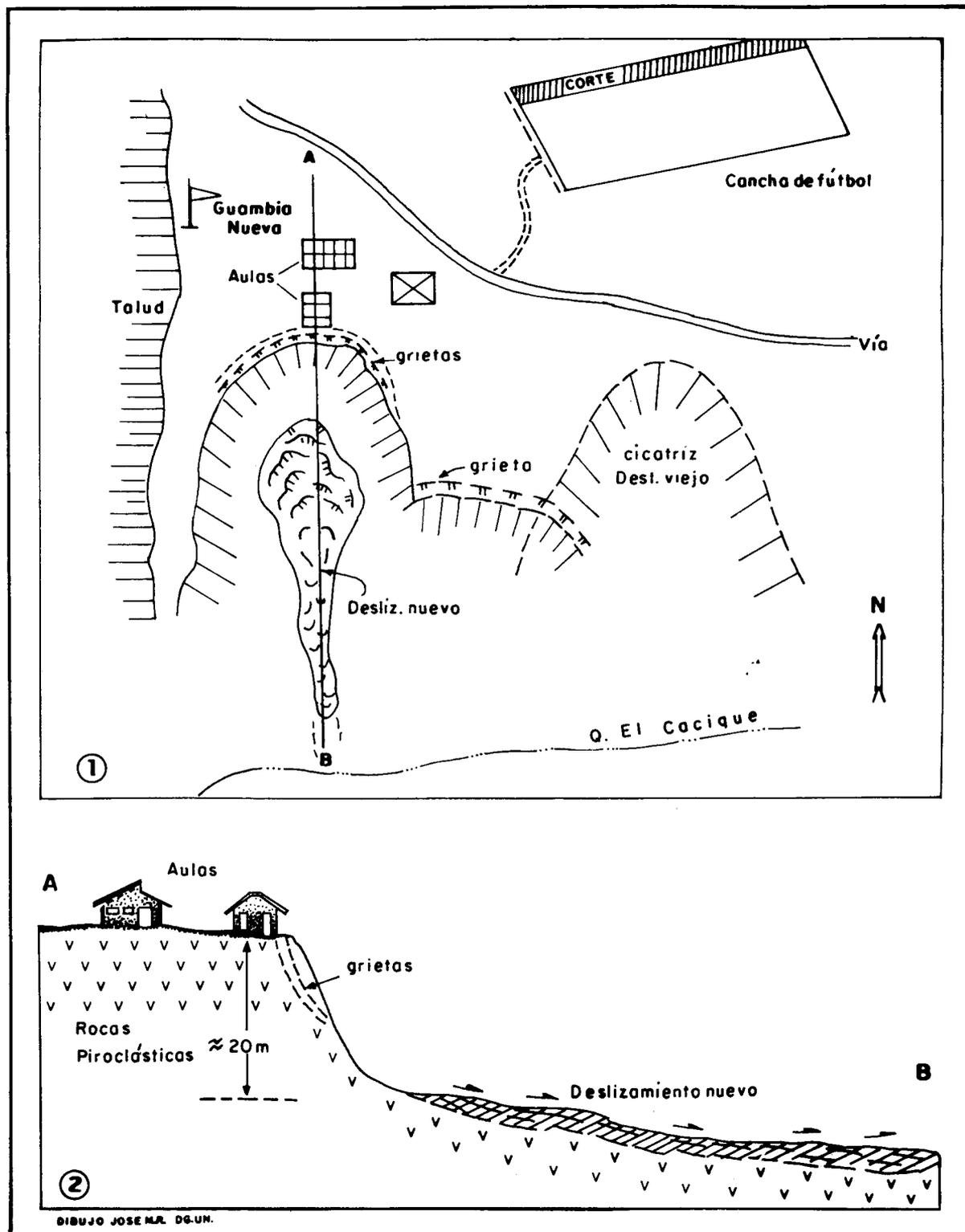
Dado que el deslizamiento tiende a ser retrogresivo, a que el talud está agrietado y que las construcciones antedichas sufrieron averías considerables, se aconseja trasladar las edificaciones hacia la actual cancha de fútbol, situada a unos 80 m al NE.

- c- Cantera Las Delicias (Fig. 7, Fotos 15 y 16). Deslizamiento localizado a unos 200 m adelante y al W de la desviación hacia Jambaló (vía Silvia-Jambaló). Aunque anterior, el deslizamiento debió agudizarse durante el sismo. El origen es sin duda la pérdida de soporte del talud por la extracción de material y el uso continuado de explosivos.

La cantera se encuentra al lado occidental de la carretera y consta de un patio de acumulación y carga y de un frente de extracción en una pared con unos 45° de inclinación, que en conjunto producen una superficie cóncava, abierta por el oriente. La diferencia de altura entre el piso de la cantera y el borde superior de la zona de extracción es de unos 35 a 40 m.

El material extraído consiste más que todo de rocas piroclásticas algo brechosas, que aquí hacen parte de un pequeño espolón que desciende hacia el oriente. En la parte más baja afloran también rocas verde-oscuras que incluyen diques? y brechas volcánicas.

Un recorrido por el sector arriba del borde del talud muestra que el espolón que constituye la fuente de materiales se encuentra agrietado en una longitud de cerca de 70 m; sin embargo, la distribución de las grietas no es uniforme, ya que las mismas se concentran hacia el borde del talud (6 a 7, espaciadas a más o menos 1 m) y hacia la corona (10 a 15 espaciadas a 1 y 2 m), quedando un sector intermedio casi libre de ellas. En el sector de la corona el movimiento rotacional a través de las rupturas produce



**Figura 6.** Deslizamientos rotacionales antiguos y recientes en la escuela de Guambia Nueva.

1. Croquis, en vista de planta, de la situación general.

2. Corte A-B, a lo largo de los bloques de aulas y el deslizamiento generado por el sismo el 6.6.94.

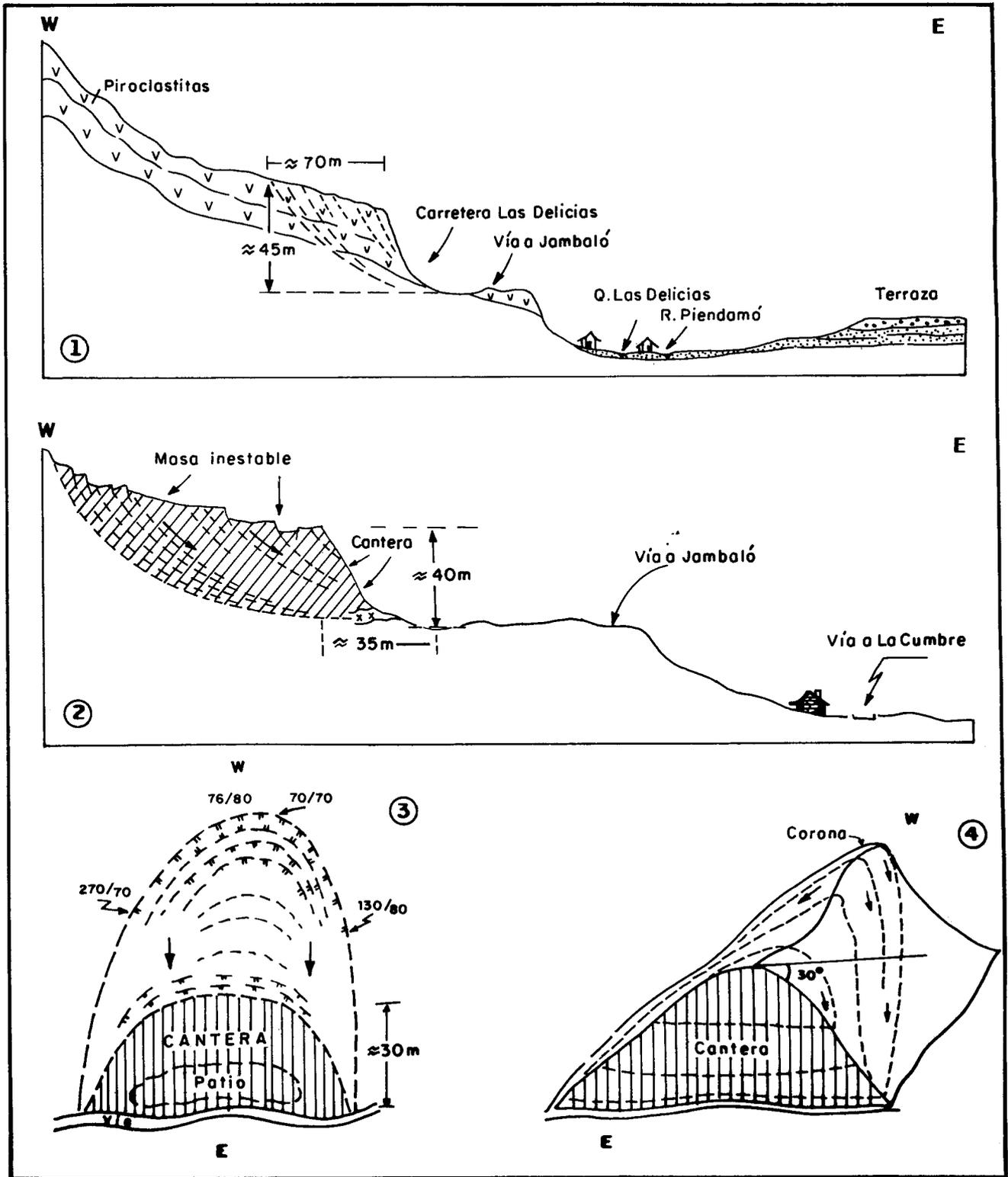


Figura 7. Esquemas diversos que ilustran la situación y magnitud del deslizamiento en la cantera Las Delicias. 1. Corte general E-W. 2. Ampliación del corte 1 en la zona del deslizamiento. 3. Vista de planta. 4. Bloquediagrama.

hundimientos hasta de 1.8 m (Foto 15), con aberturas de 1 a 3 decímetros; en el talud los hundimientos alcanzan hasta 1 m, calculándose un corrimiento total de la masa, hasta ahora, de unos 8 a 10 m. Todo ello permite deducir que se está ante un deslizamiento activo, de tipo retrogresivo, susceptible de dispararse de un momento a otro, sobre todo en los momentos de lluvias fuertes que incrementan el peso de la masa inestable y lubrican los planos de falla.

La distribución desigual y el desplazamiento observado en las grietas sugieren que el talud podría deslizarse como un todo, desde el pie del talud hasta la corona, lo cual llevaría a la caída de unos 173.000 m<sup>3</sup>, o de manera parcial cayendo: a) los veinte metros que siguen al borde del talud (equivalentes a unos 34.000 m<sup>3</sup> de material); b) luego los 30 m intermedios (aproximadamente 82.000 m<sup>3</sup>); y c) los 20 a 30 m del sector de la corona (aproximadamente 56.000 m<sup>3</sup>).

Un cálculo obtenido a partir de los datos logrados en el terreno, indica que la superficie cóncava de la cantera podría almacenar unos 33.000 m<sup>3</sup>, más o menos equivalentes al volumen desprendido en el caso de la opción a) arriba mencionada; ante las opciones b) y c), la capacidad de almacenamiento sería totalmente superada, lo cual significaría que el deslizamiento rebasaría la carretera y llegaría hasta la quebrada Las Delicias, afectando, seguramente, el puente de la vía Silvia-La Cumbre y unas 2 a 6 casas que se encuentran en la trayectoria a seguir por el material rocoso a deslizarse.

Por lo anterior, se aconsejó tomar medidas inmediatas que incluyen:

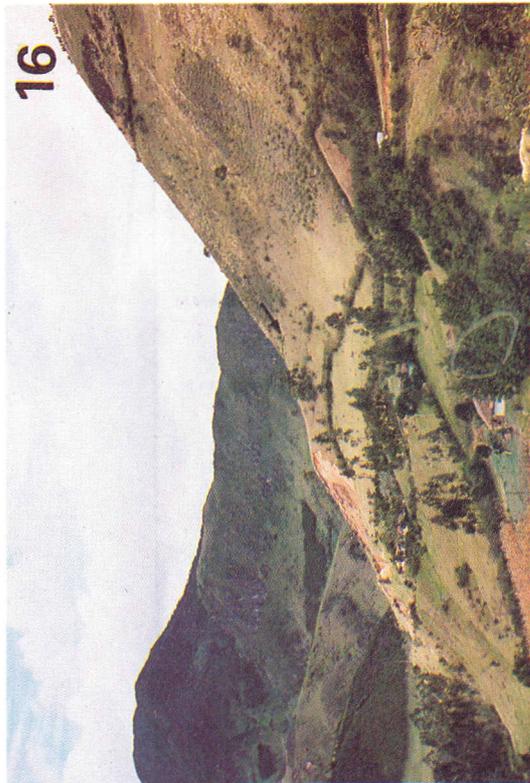
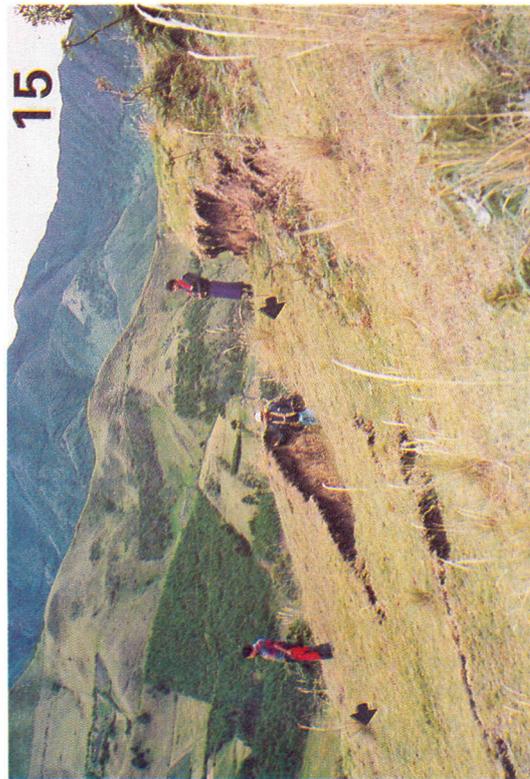
- Revisión y estudio detallado del problema, por parte de las autoridades competentes, en particular de la Secretaría de Obras Públicas del Cauca.
  - Suspensión de los trabajos de explotación en la cantera.
  - Evacuación de las viviendas amenazadas por el deslizamiento.
- d- Paso de la vía Silvia-Las Delicias-Jambaló sobre la quebrada Aguablanca. Se presenta aquí

un deslizamiento retrogresivo, anterior al sismo del 6.6.94, que sigue el cauce de la quebrada Aguablanca y abarca unos 50 m de ancho por más de 300 m de largo. El movimiento amenaza con desprender los 20 m de la vía que se encuentran a lado y lado de la quebrada, ya afectados por hundimientos de la banca y destrucción de parte del drenaje.

- e- La quebrada Juanambú, aguas arriba del primer puente de la vía El Crucero-Silvia, en el pie SSW del Cerro El Peñón. Ocurre aquí un deslizamiento rotacional (Fig. 8, Foto 8), desarrollado en piroclastitas amarillentas y derrubios de ladera que afecta el costado septentrional de la quebrada Juanambú y que se mueve de N a S; hasta el momento se ha desprendido una masa de unos 50 m de ancho y unos 70 m de largo, con hundimientos de hasta 4 y 5 m en la corona. En las proximidades, aguas arriba y aguas abajo de la quebrada Juanambú se ven cicatrices de movimientos anteriores; el que nos ocupa no se inició con el sismo de junio/94, sino con las lluvias fuertes de enero pasado. A la fecha de la visita, la zona de la corona, que se halla a unos 30 m de la vía, se encontraba seca, en tanto que la parte media y final estaban empapadas por aguas que brotan en el sitio. El deslizamiento ha llegado ya hasta el cauce de la quebrada Juanambú estrangulándolo, situación que, por lo escuchado de los moradores, no es nueva, ya que el año anterior otros deslizamientos lo obstruyeron, obligándolo a cambiar ligeramente de curso.

Afortunadamente, el examen del terreno muestra que las pendientes en ambas vertientes de la quebrada son bajas y que en el lugar del deslizamiento actual y de los previos no hay capacidad suficiente de embalse para causar una avenida sedimentaria importante, ya que el cauce puede obstruirse y destaparse gradualmente. De todos modos, se aconseja estudiar con más detalle el problema y tratar de detener los deslizamientos mediante la conducción directa a la quebrada, de los ojos de agua, y la arborización del sector, ahora dedicado al cultivo de pastos, papa y cebolla.

- f - Parte baja de la quebrada Manchay, en los extremos de Silvia. En una franja anterior y posterior al primer puente de la vía de Silvia hacia El Crucero, se tienen múltiples deslizamientos que afectan ambos costados de la quebrada



**Foto 13.** Aulas de clase de la escuela Guambia Nueva, al borde de un talud casi vertical, en el que afloran piroclastitas ocre de la formación Popayán.

**Foto 14.** Corona del deslizamiento rotacional en el pie del talud mostrado en la Foto 13. Afloran aquí tobas de la formación Popayán. La flecha muestra una grieta con hundimiento de casi 1 m. Véase también Fig. 4.

**Foto 15.** Corona del deslizamiento rotacional de la cantera Las Delicias, vereda Guambia Nueva. El hundimiento a través de las grietas alcanza aquí hasta 1.8 m. Las flechas indican el sentido de movimiento del material. Foto tomada hacia el sur.

**Foto 16.** Vista panorámica del deslizamiento de la cantera Las Delicias. La flecha indica el sitio de la corona mostrado en detalle en la Foto 15. Toma hacia el SW. Al fondo se ven escarpes fuertes desarrollados en vulcanitas andesíticas grises. En segundo plano: trazo de la vía Silvia-Jambaló.

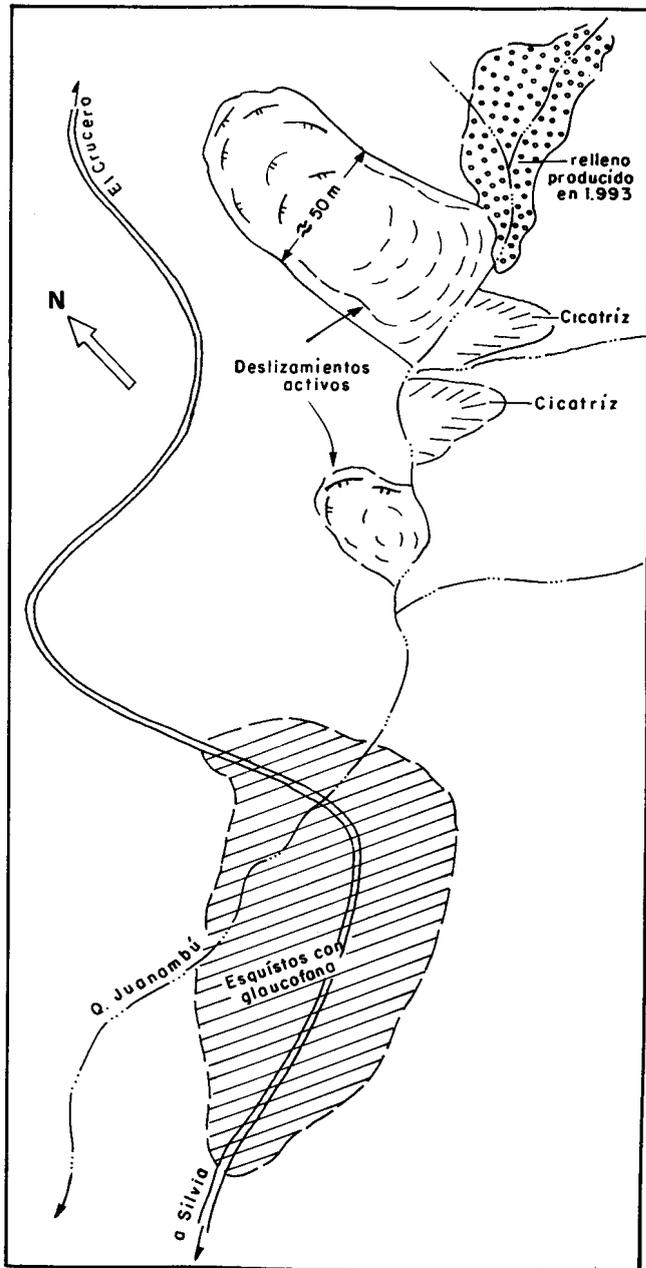


Figura 8. Esquema ilustrativo, en vista de planta, de la situación del deslizamiento rotacional en las cabeceras de la quebrada Juanambú al NNE de Silvia.

Manchay, pero ante todo el occidental (Foto 17), y en particular las vertientes de la quebrada indenumerada (Foto 18) que desemboca, viniendo del W, en las proximidades del puente, vertientes que muestran numerosos, pero modestos, derrumbes y procesos de erosión re-

gresiva acelerada. En todos los casos, el material en movimiento son rocas piroclásticas amarillentas a ocre, muy poco consolidadas.

Los deslizamientos en cuestión, más otros (con características de flujos de barro) localizados 1 km más al N, causaron meses atrás una crecida que cubrió con rocas, lodo y restos vegetales, el valle relativamente ancho (80-100 m) y plano que forma la quebrada Manchay a la entrada de Silvia. El efecto mayor esa vez fue el taponamiento temporal de la vía, que corre por el costado E del valle en cuestión. No obstante, debe anotarse que, ante crecientes mayores que la antedicha, quedan en peligro de ser arrasadas unas 15 casas del barrio Los Sauces, las cuales fueron construidas demasiado próximas al lecho activo y deberían, por lo tanto, ser trasladadas a lugares más seguros.

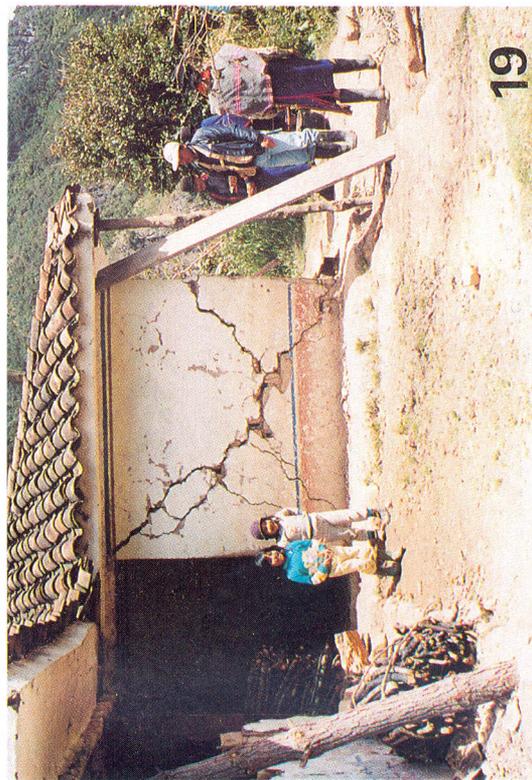
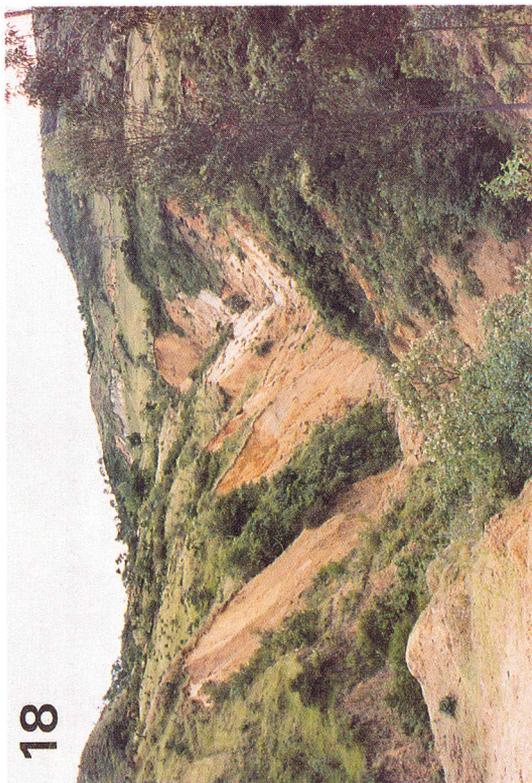
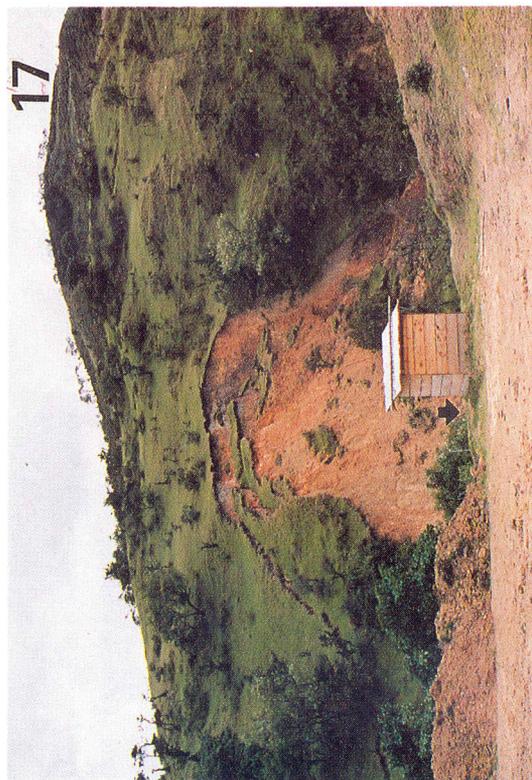
- 3- **Agrietamientos, hundimientos y colapso parcial o total de las edificaciones.** En conjunto constituyen el tipo de daños más nocivo y oneroso para la población y se dieron más que todo desde el oriente de Silvia hasta la cumbre de la Cordillera Central y en la región de Mondomo, en el valle del río Cauca.

#### Area de Silvia

En el casco urbano de Silvia los efectos del sismo fueron leves y sólo causaron agrietamientos menores en las edificaciones más antiguas, de adobe, y desprendimiento parcial de los pañetes de los techos, en guadua o caña de castilla revestida en cemento.

Los daños más notorios aparecen al E de Silvia, desde la altura de la vereda El Cacique, hacia la cumbre de la cordillera, donde prácticamente todas las edificaciones sometidas al sacudón resultaron afectadas hasta el punto de tener que ser demolidas o sometidas a complicadas y costosas reparaciones. El examen de numerosas de ellas muestra que el efecto del sismo es bien desigual, dependiendo del tipo de materiales usados para la construcción (aquí por tradición y bajo costo más que todo de adobe y bahareque), de la situación con respecto a la topografía y de la constitución del substrato.

Así, resulta claro que las construcciones más afectadas resultaron ser siempre las de adobe (Fotos 19 y 20), que debido a la poca adherencia del "cemento" o pegue de barro, durante el sismo se desintegraron y colapsaron, o se agrietaron y desencajaron hasta quedar totalmente inservibles. En las de bahareque,



**Foto 17.** Deslizamiento activo en el costado occidental de la quebrada Manchay (flecha), extramuros septentrionales de Silvia. El material que se desliza está compuesto por rocas piroclásticas inconsolidadas de la formación Popayán.

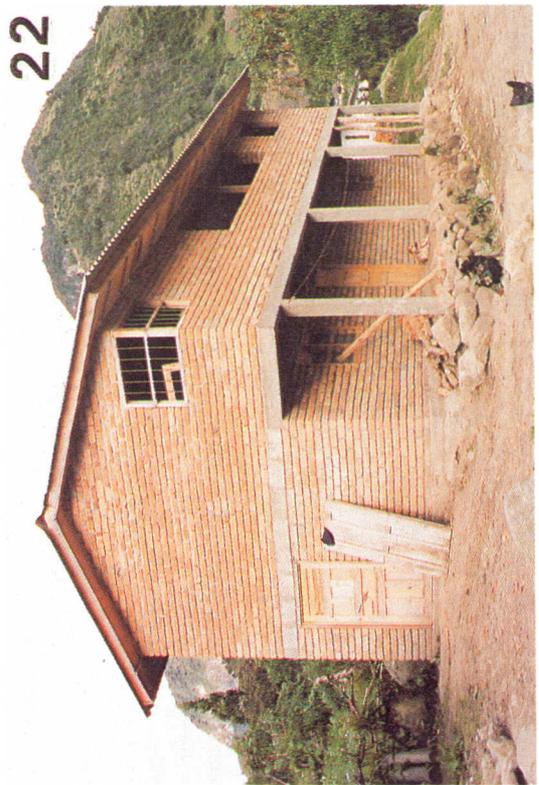
**Foto 18.** Deslizamientos recientes y erosión acelerada en una quebrada indominada, afluente de la quebrada Manchay, en un lugar próximo al mostrado en la Foto 17. Vista hacia el WNW.

**Foto 19.** Casa averiada por el sismo en la vereda La Cumbre. Nótese el arreglo en «X» de las grietas.

**Foto 20.** Detalle de un muro de adobe, que muestra bien el desprendimiento del cemento de barro y la inestabilidad del muro, que se sostiene por gravedad. La escasa adherencia del cemento en adobe propició la caída de los pañetes durante el sismo.



21



22



23



24

**Foto 21.** Casa de bahareque con agrietamientos fuertes cerca del techo.

**Foto 22.** Casa de construcción reciente, en ladrillo, vigas de amarre y columnas, que resistió bien la sacudida sísmica del 6.6.94. Sin embargo, internamente se ven grietas que afectan sobre todo las cornisas y las esquinas de los muros. Vereda La Campana.

**Foto 23.** Casa de bahareque, semidestruida por el sismo del 6.6.94 en el barrio Belén, al NW de Mondomo. Nótese que los mayores daños ocurren en las esquinas de los muros.

**Foto 24.** Casa en bloque y ladrillo, con vigas y columnas de concreto, que soportó bien el sismo, en el barrio Belén al NW de Mondomo. Los asteriscos muestran lugares en donde existían viviendas, arrasadas por el terremoto.

los daños fueron algo menores, pero de todos modos los muros, pisos y techos se agrietaron, inclinaron y/o desencajaron (Foto 21). Por regla general, las construcciones perdieron total o parcialmente los tejados, en su gran mayoría de teja de barro, colocadas en superposición, sin amarres apropiados.

Las escasas construcciones en bloque de cemento y ladrillo compacto o perforado soportaron mejor las sacudidas sísmicas, en especial aquellas con algún tipo de viga de amarre y/o columnas de concreto (Foto 22). Sin embargo, no faltan en ellas las grietas y los desencajes en los techos.

En relación con la influencia de las propiedades del substrato en los daños en las construcciones, debe anotarse que en el área al E de Silvia son pocas, dado que, invariablemente, las edificaciones reposan sobre las piroclastitas de la formación Popayán arriba mencionada; las escasas diferencias han de reflejar entonces cambios locales de espesor de la cubierta piroclástica y, seguramente, en el grado de saturación o humedad de las mismas. Sin embargo, parece ser que las construcciones localizadas en las crestas de las colinas y en el pie de los valles resultaron más afectadas que las situadas a media ladera, lo cual refleja, seguramente, un efecto topográfico.

Por otra parte, resulta evidente que las averías mayores en las edificaciones ocurren en las uniones entre el techo y las paredes, y en las esquinas entre los muros; las grietas tienden, muchas veces, a formar arreglos en "X" (Foto 19).

En el caso de las construcciones en adobe, es claro que durante el sismo (o quizás antes del mismo), el pegue entre los adobes perdió toda adherencia (Foto 20), quedando las viviendas en pie sólo por efecto del peso. Asimismo, muchas de las edificaciones de adobe y bahareque perdieron los pañetes, que por lo común, son motivo de prolija decoración.

La medición sistemática de las grietas en las construcciones permite identificar dos sistemas preferenciales, uno con azimut entre 90 y 110°, otro con azimut entre 0 y 20°, es decir un sistema casi E-W y otro casi N-S. Como se ve en la figura 3, la intersección de los sistemas de grietas forma ángulos ligeramente agudos en los cuadrantes N-W y S-E, lo cual sugiere que, si las grietas representan rupturas de cizalla, el arreglo anotado puede ser producto de una compresión SE-NW. Sin embargo, una confirmación al respecto se tendrá sólo cuando se

den a conocer las soluciones del mecanismo focal del terremoto del 6.6.94.

### Area de Mondomo

Gracias a la colaboración efectiva del cuerpo de policía y del comité local de emergencia, fue posible establecer, en una visita de dos horas, que en Mondomo el sismo del 6.6.94 causó múltiples daños a las viviendas, tanto en la zona urbana como en la rural.

Sin embargo, el sector más afectado, sin que sea claro el por qué, fue el barrio Belén ubicado al NNW de la población, en donde unas 45 casas sufrieron averías irreparables; la mayoría de ellas eran construcciones en adobe y bahareque (Foto 23). Las que quedaron en pie muestran techos colapsados y muros y pisos agrietados y desencajados. Las construcciones en bloque de cemento y de ladrillo, pero sin vigas de amarre y columnas de concreto resultaron también muy afectadas; sólo una de ellas, con amarres en las bases y en el techo resistió bien el sacudón (Foto 24). La iglesia del barrio, que durante el sismo de Popayán (1982) perdió las torres, experimentó esta vez agrietamientos y rupturas en las ventanas.

Así, pues, en la escala modificada de Mercalli, la intensidad del sismo en este lugar debió ser próxima a 8. Las personas mayores interrogadas afirman que el terremoto en cuestión fue el más fuerte hasta ahora vivido por ellas, y que durante el mismo, la tierra se movía en forma de olas, que era difícil mantener el equilibrio y que los objetos caían con facilidad; otros apreciaron también movimientos del suelo en forma de vaivén. No obstante, los efectos reales del sismo no pudieron ser apreciados de primera mano y con exactitud, pues a nuestra llegada (junio 20) ya casi todas las viviendas afectadas habían sido demolidas y se había emprendido la reconstrucción de las mismas. Mientras tanto, buena parte de los damnificados habitaban en carpas o galpones de madera y plástico; además, muchas viviendas averiadas en menor escala habían sido abandonadas (temporalmente) por temer a su caída, ya que las réplicas sísmicas, aunque suaves, continuaban a la fecha de la visita, creando un clima de incertidumbre en la población.

En resumen, de acuerdo con el censo del comité de emergencia, en la zona urbana y en las veredas circundantes, resultaron "133 casas afectadas, 112 averiadas y 21 destruidas"; no se registraron pérdidas humanas.

## 6. Recomendaciones

Dado que las observaciones aquí consignadas son producto de una visita efectiva de 4 días, y que no hubo tiempo para detallar los problemas arriba descritos, se recomendó:

- 1- Adelantar un estudio geomorfológico minucioso que permita definir mejor la extensión, número y alcance de los deslizamientos activos y potenciales en el área investigada, así como sus efectos en las construcciones, los cauces próximos y las zonas de cultivo.
- 2- A partir de dicho estudio, determinar los puntos apropiados para reubicar las viviendas y otro tipo de construcciones en peligro, o ya demolidas por los afectados, en el caso de que la localización actual sea inapropiada.
- 3- Establecer las soluciones ingenieriles o de reforestación, para la atenuación, mitigación o cura definitiva de algunos de los problemas de erosión regresiva o de deslizamientos potenciales, por mal manejo del suelo, exceso o mal trato de las aguas negras o servidas, o por la presencia de nacimientos de agua, que aquí son numerosos y empapan los suelos sensibles desarrollados en rocas piroclásticas.
- 4- Desarrollar un programa para la reconstrucción adecuada de las edificaciones afectadas por el terremoto del 6.6.94, teniendo en cuenta que, para seguridad y tranquilidad de la población, todas ellas deben tener algún tipo de diseño antisísmico. Además, puesto que la comunidad guambiana acostumbra a construir las viviendas por el sistema comunitario de "mingas", sería conveniente que se capacitara un número suficiente de personas en las técnicas de la construcción antisísmica, no necesariamente de costo elevado. Qué diseño o diseños adoptar, es un asunto a resolver conjuntamente entre pobladores, arquitectos e ingenieros.

## Agradecimientos

El autor reconoce la valiosa ayuda recibida por parte de la comunidad guambiana durante las labores de campo, y en especial el apoyo del gobernador del Cabildo, señor Segundo Tombé y a Felipe, nuestro incansable guía. Por el apoyo económico para los desplazamientos, a la Vicerrectoría de Recursos y al Centro de Prevención de Desastres de la Universidad Nacional, este último en cabeza de los doctores Rosalba Quintero y Omar Agudelo. Por la elaboración de los dibujos al señor José Miguel Rodríguez (Depto. Geociencias, Univ. Nal.). Por el procesamiento del texto a la señora Elcira de Mojica.

## Bibliografía

- Bolt, B.A.** 1981. Terremotos. Editorial Reverté, 266 pp., Barcelona.
- CERESIS.** 1985. Catálogo de terremotos para América del Sur. 4, 136 pp., Centr. Reg. Sismol. Am. Sur, Lima.
- Cuervo, E.** 1995. Armazón rombehédrica del ageología colombiana. Un modelo de evolución tectónica. Mem. VI Congr. Colombiano Petrol., T1, 71-78, Bogotá.
- Eslava, J.A.** 1993. Climatología y diversidad climática de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (71): 507-538, Bogotá.
- Feininger, T.** 1981. Esquisto glaucofánico en Los Andes Colombianos cerca de Jambaló, Departamento del Cauca. III Congr. Col. Geol., resúmenes, p. 43, Medellín.
- Gómez, H.** 1986. Algunos aspectos neotectónicos hacia el suroeste del litoral surcolombiano. Revista CIAF, 11 (1-3): 281-298, Bogotá.
- INGEOMINAS.** 1988. Mapa geológico de Colombia, Esc. 1:1.500.000, Bogotá.
- INGEOMINAS/RSNC.** 1994. El Sismo de Páez (Cauca) del 6 de junio de 1994. Bol. Mens. Sismos. 2 (6), 13-26, Bogotá.
- INGEOMINAS.** 1995. El sismo del 6 de junio de 1994. En Mem. Semin. Sismotectónica en Colombia, marzo 23/95, Bogotá.
- Marín, P. & G. París.** 1979. Mapa geológico generalizado del Departamento del Cauca, escala 1:350.000. INGEOMINAS, Popayán/Bogotá.
- Mojica, J.** 1994. Evaluación de los daños causados por el terremoto del 6 de junio de 1994 en la región al oriente de Silvia, Cauca, Colombia. Inf. Téc. (Inéd.), 15 pp, Univ. Nal., Bogotá.
- , **Colmenares, F. Villarroel, C. Macía, C & M. Moreno.** 1985. Características del flujo de lodo ocurrido el 13 de noviembre de 1985 en el Valle de Armero (Tolima, Colombia). Historia y comentarios de los flujos de 1595 y 1845. Geol. Colombiana (14): 107-140, Bogotá.
- Nelson, H.W.** 1959. Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali. Leidsche Meded. (22): 1-75, Leiden.
- Orrego, A.** 1982. Geología y Geoquímica del área mineralizada El Pisco, Silvia (Cauca, Colombia). Public. Geol. Esp. INGEOMINAS (10): 47-63, Bogotá.
- , **Cepeda, H. & G.I. Rodríguez.** 1980. Esquistos glaucofánicos en el área de Jambaló. Geol. Norandina (1): 5-10, Bogotá.
- Ramírez, J.E.** 1967. El macrosismo del Huila, macrosismo del 9 de febrero de 1967. Rev. Javeriana T67 (33): 323-333, Bogotá.
- . 1975. Historia de los terremotos en Colombia.- Inst. Geogr. Agustín Codazzi, 250 pp., Bogotá.
- Ujueta, G.** 1982. Lineamientos de dirección noroeste-sureste en la Cordillera Oriental colombiana (sector Girardot-Cúcuta) y en los Andes venezolanos. Trab. Prom. Prof. Titular, Inéd., 166 pp., Univ. Nal., Bogotá.
- West, R.C.** 1956. The Pacific Lowlands of Colombia. A negroid Area of the American Tropics. Monograph (8) 152 pp., Louisiana State University Press, Baton Rouge.