

INTRODUCCION

El 6 de junio de 1994, hacia las 3.45 p.m., hora local, se produjo un terremoto de magnitud aproximada de 6 en la Escala de Richter, con epicentro en las proximidades septentrionales de la población de Toez, localizada en la ladera suroriental del Volcán Nevado del Huila (5.400 msnm), que aquí representa la cúspide de la Cordillera Central y la divisoria de aguas hacia las cuencas de los Ríos Magdalena y Cauca (Fig. 1).

El sismo, cuya intensidad debió alcanzar 8 a 9 en la escala modificada de Mercalli (v. Bolt 1981, apéndice D), afectó severamente 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 oriental.

Asimismo, por efecto el 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 y los múltiples daños a las viviendas creó un clima de pánico e inquietud psicológica en los moradores, que tuvieron que abandonar sus tierras y refugiarse 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 (v. Mojica et al., 1985). Dicho flujo 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 humanos en la desembocadura al Río Magdalena, que allí constituye la parte final del embalse de Betania.

El número de personas muertas o desaparecidas no ha sido establecido con claridad todavía, pero se estima entre unos 600 a 800. No obstante los efectos combinados del flujo de escombros y del sismo, que fue percibido en todo el país, dejaron una cifra de cerca de 40.000 damnificados, que perdieron sus viviendas, ganado y cultivos. Por lo demás, las entusiastas, pero apresuradas labores de rescate, llevadas a cabo más que todo por medio de helicópteros, crearon un caos que condujo a la desintegración temporal de un sinnúmero de familias y causó problemas sociales cuya gravedad puede incrementarse en el futuro próximo si no se toman las medidas correctivas apropiadas.

Fig. 1 Localización general

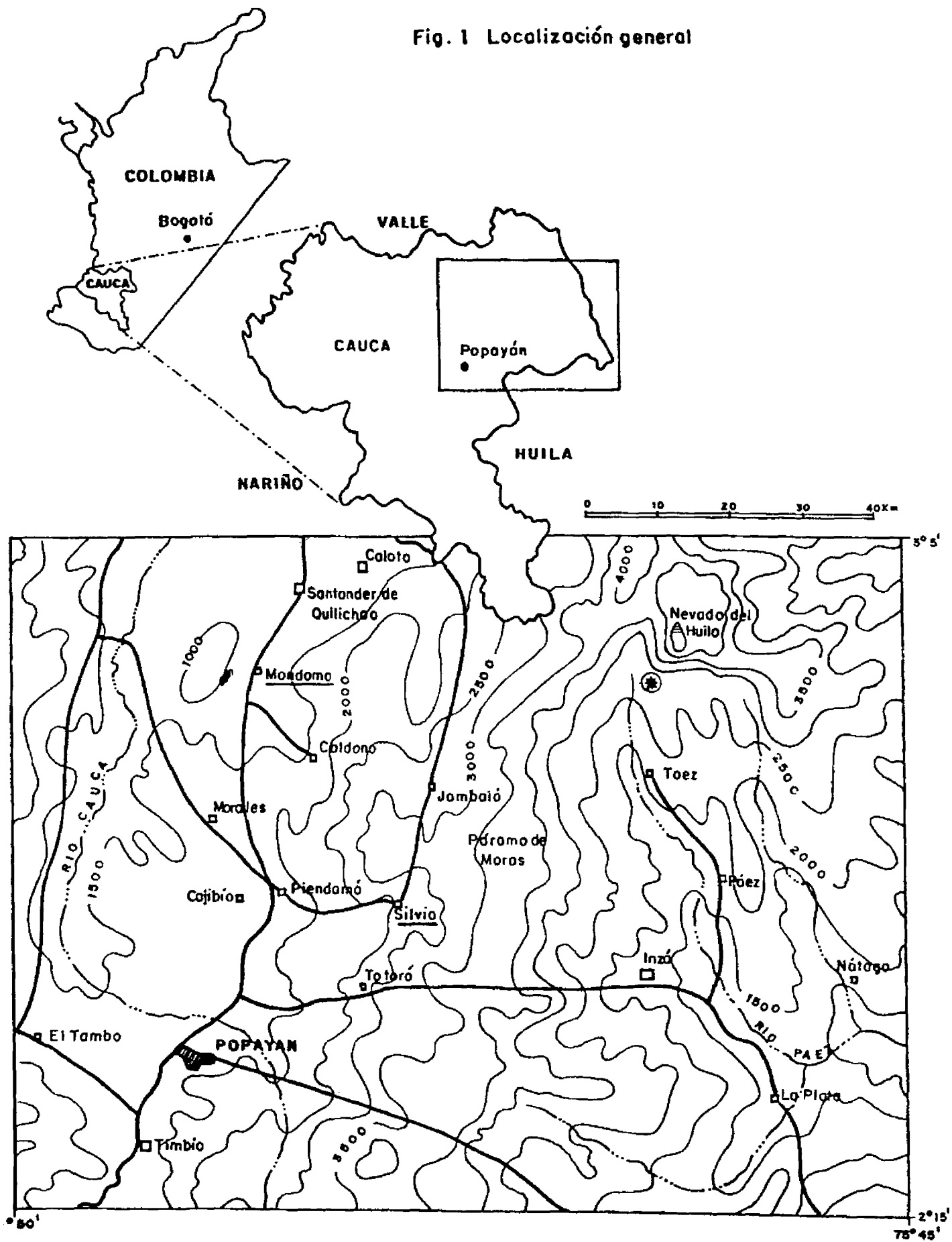


Fig. 1 mapa de localización general. El asterisco muestra la ubicación aproximada del epicentro del sismo del 6.6.94.

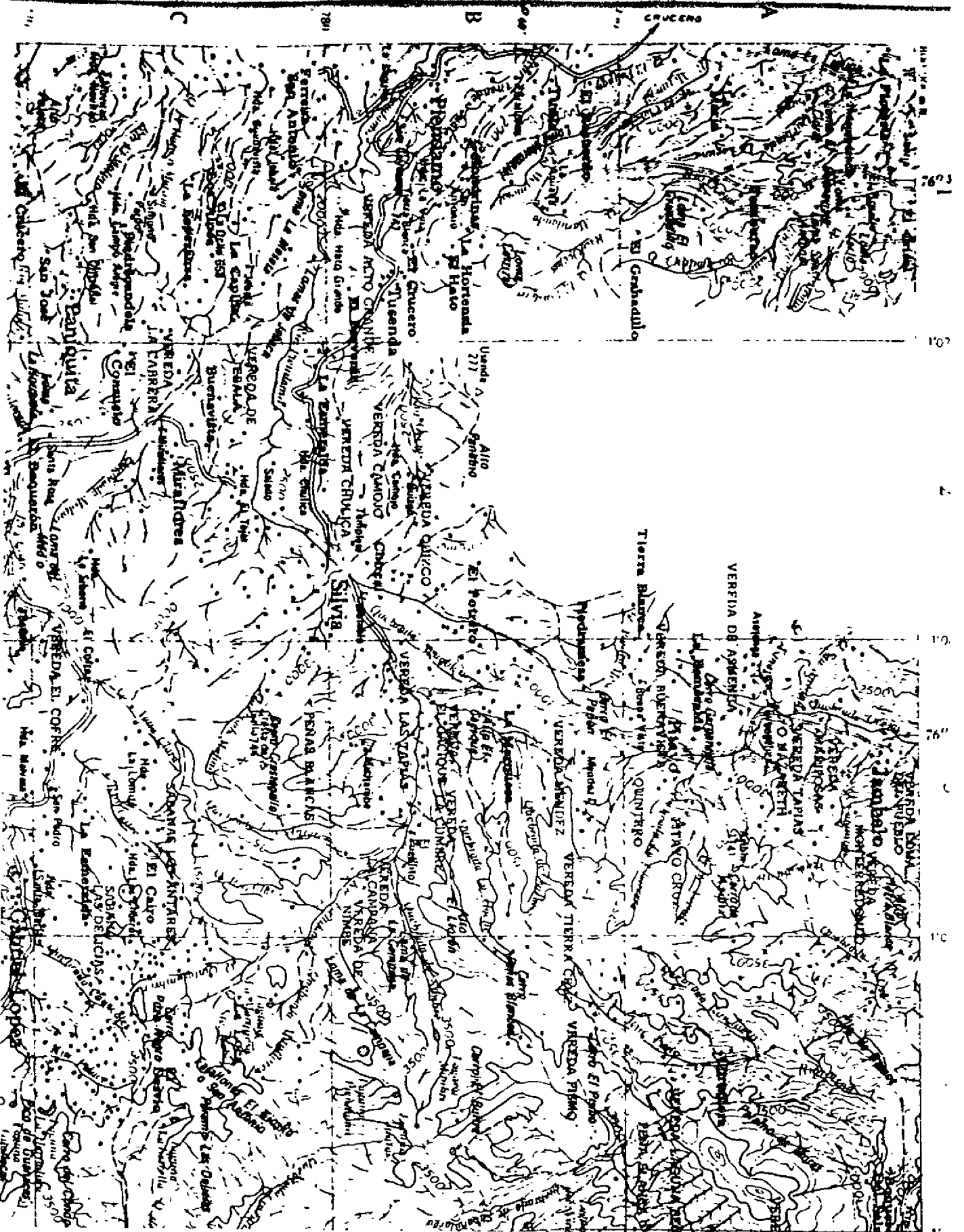
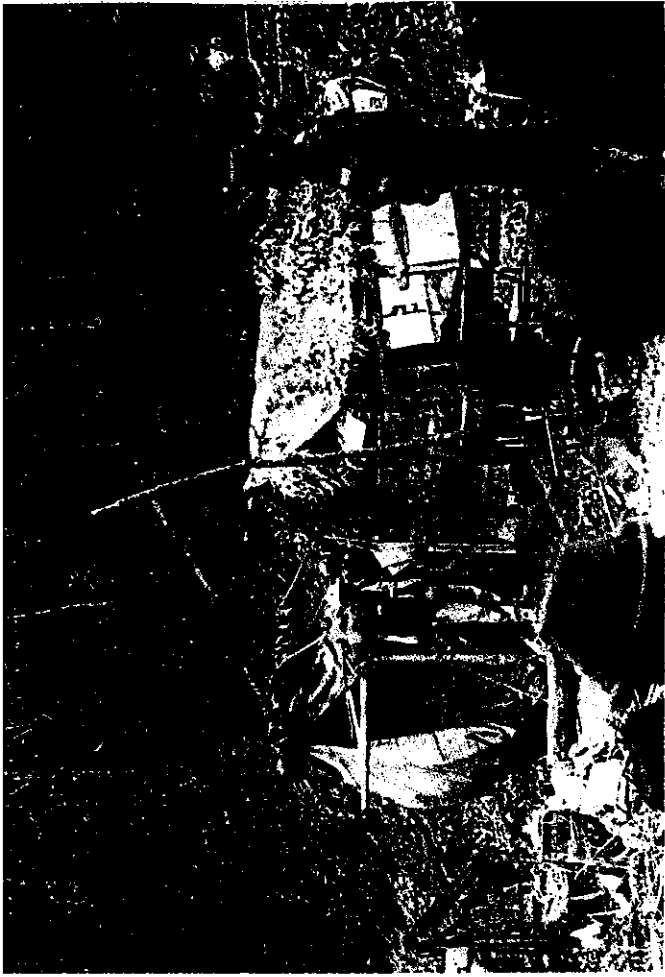


Foto 1 La comunidad guambiana reunida para tratar los problemas acarreados por el sismo del 06.06.84. Nótese los agrietamientos (flechas) cerca de los techos de la vivienda y la viga de madera, colocada para prevenir mayores daños.

Foto 2 Ante la gravedad de los daños sufridos por las construcciones durante el sismo, muchas casas 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 glacial, a los que se ha superpuesto la actividad fluvial reciente. Las áreas en verde claro en primero y segundo plano son ante todo cultivos de papa y cebolla.

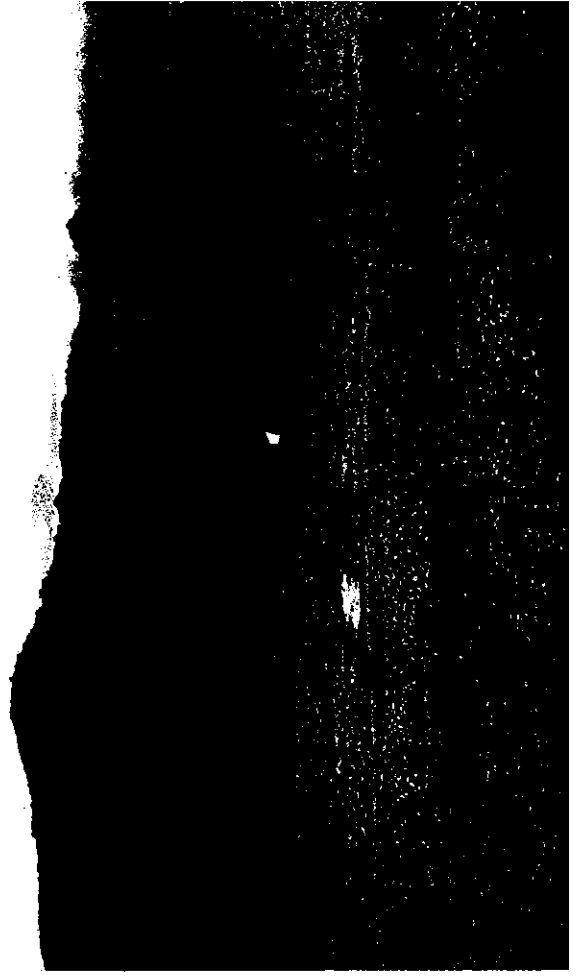
Foto 4 Antigua laguna fluvio-glacial al W del sitio La Loca, vía Silvia-Gabriel López, con desarrollo de turberas y vegetación actual de patos y frailejón. A pesar de la escasa pendiente, durante el sismo se produjo el deslizamiento indicado por las flechas, en el que pueden diferenciarse la corona (extremo derecho), un 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.



3



4



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.

Ante la gravedad de los eventos mencionados, la Universidad Nacional, a través de las Vicerrectorías y de su Centro para la Prevención de Desastres (CEPREVE) 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.

Así, el presente informe contiene los resultados de una visita de 5 días (17 a 21 de junio) a la región circunvecina al Municipio de Silvia, Departamento del Cauca, llevada a cabo por el Geólogo Jairo Mojica y el alumno Diógenes Rovira, de 8º semestre de la Carrera de Geología. 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. Sin embargo, por falta de 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 visita a la población de Mondomo, ya en el valle del Río Cauca, donde curiosamente, a pesar de su lejanía de la zona epicentral, se produjeron daños severos que arrasaron unas 45 casas del barrio Belén.

ASPECTOS GEOLOGICOS

En la región estudiada 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 de la región (arriba de los 3.000 m) se conservan también geoformas, muchas veces desdibujadas, de tipo glaciogénico 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 glaucofana (Feininger 1978; Orrego et al. 1980), poco resistentes a la erosión y expuestos localmente en las cabeceras de la Q. Juanambú y el pie suroccidental del Cerro El Peñón al NNE de

Silvia. Estas rocas hacen parte de la así llamada "Unidad de Esquistos Glaucofánicos Jambaló" por Orrego et al. (op. cit.).

- Cronologicamente, 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 porosos 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 Fm. Popayán incluye además de las piroclastitas 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.

ASPECTOS CLIMATICOS Y DRENAJE

En la región estudiada, con alturas 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 la lo enseña la práctica, son los tiempos más propicios

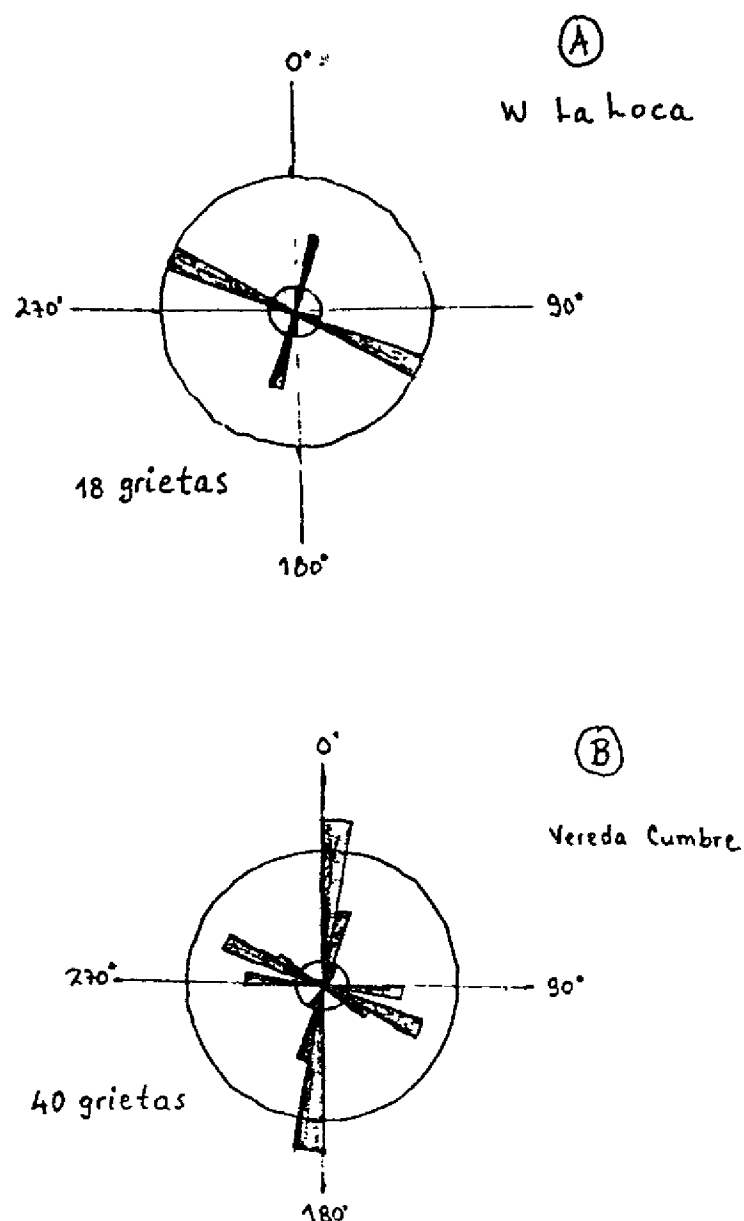


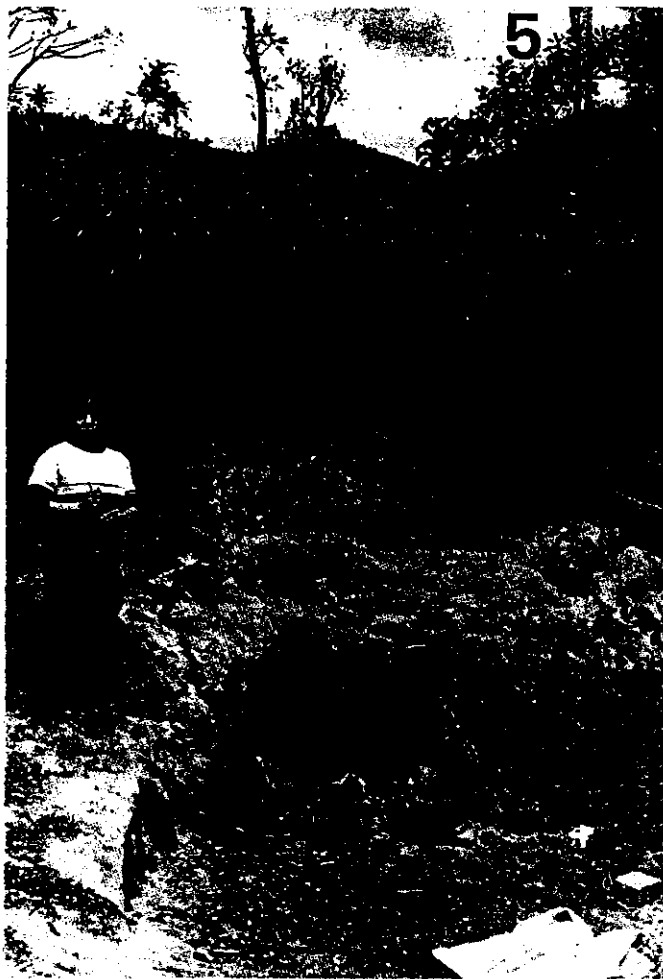
Fig. 3 Diagramas rosa que muestran las orientaciones preferenciales de las grietas producidas en el terreno y en las viviendas por el sismo del 6.6.94: a) región al W del sitio La Loca; b) veredas La Cumbre y El Cacique. El ángulo agudo que se forma en los cuadrantes N-W y S-E sugiere que la compresión sísmica se encuentra en dirección NW-SE.

Foto 5 Perfil superficial en una colina de la Vereda La Cumbre, que muestra un suelo húmico desarrollado sobre rocas piroclásticas de la Fm. Popayán, poco consolidadas, blandas 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 Fm. 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 Q. 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 Fm. Popayán.



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 sea 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 Chiguillo 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 Fm. Popayán.

DANOS 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 caminos), 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 (Fig. 2), 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 Q. 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. 3), 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.

Como medida preventiva inmediata para mitigar o detener los movimientos, se recomendó a los pobladores rellenar las grietas 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 segó 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 Q. 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 despegue 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 Q. 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 glacial. Se trata de un deslizamiento, 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

Foto 9 Vista panorámica del flujo de barro en la Q. 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 Q. 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 Silvia. Foto tomada hacia el NNW.

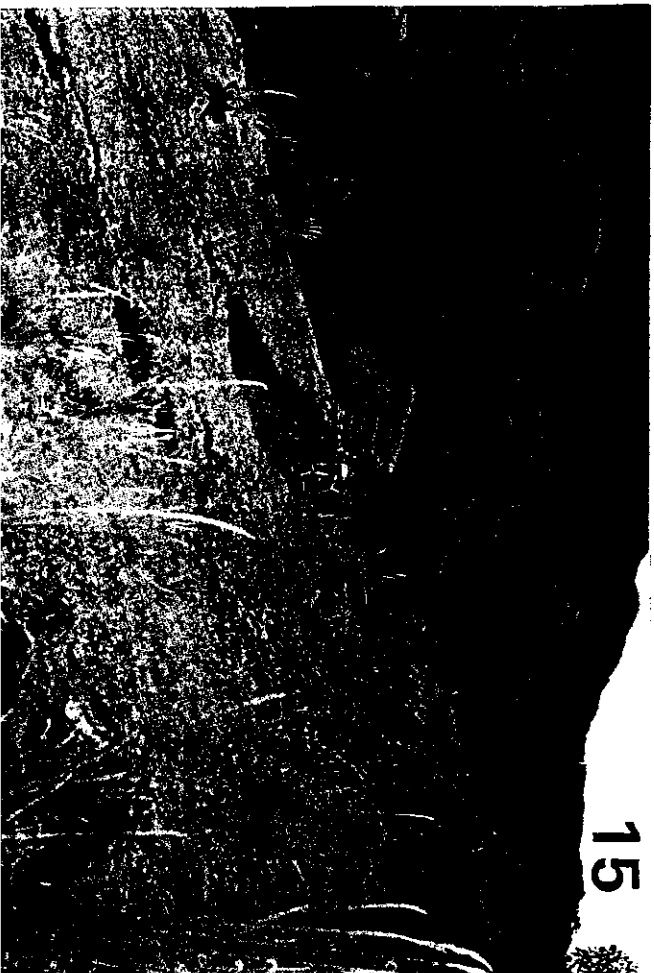
Foto 12 Bloque de material desprendido por el deslizamiento mostrado en las Fotos 4 y 11. A la derecha se ve el suelo actual, pleno de raíces, desarrollado sobre piroclásticas inconsolidadas (tobas de lapilli) y por lo menos tres paleosuelos (franjas negras).



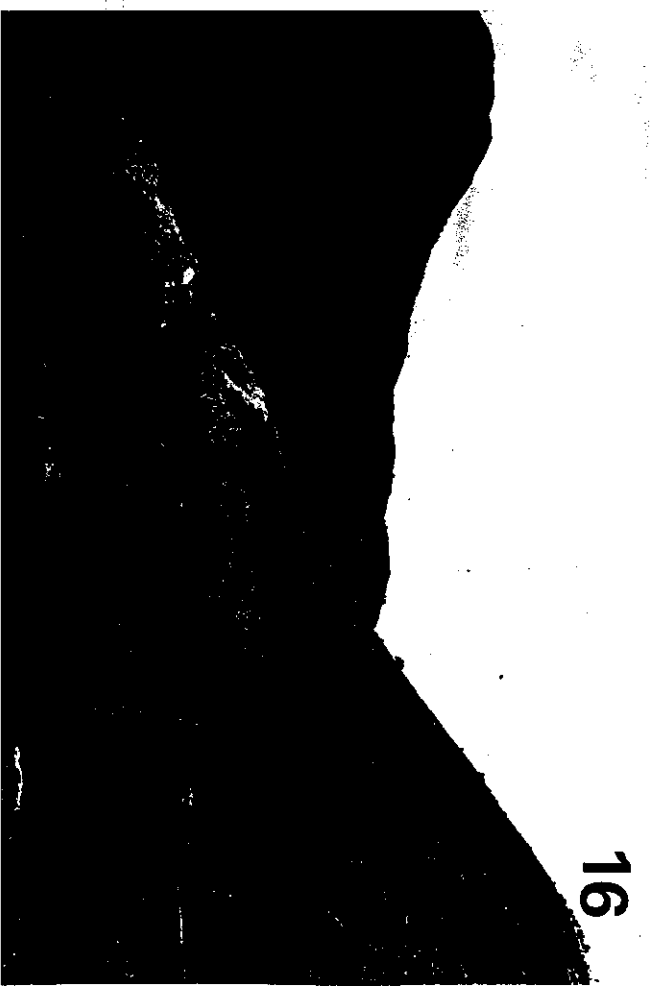
13



15



16



5º 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 movimien-

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 Q. Las Delicias (Fig. 4). 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 archedas de lamina 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 Q. Las Delicias. En la zona de la explanación se ven fallas normales con superficie concava, que profundizan hasta 1,5 m, con desplazamientos 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