

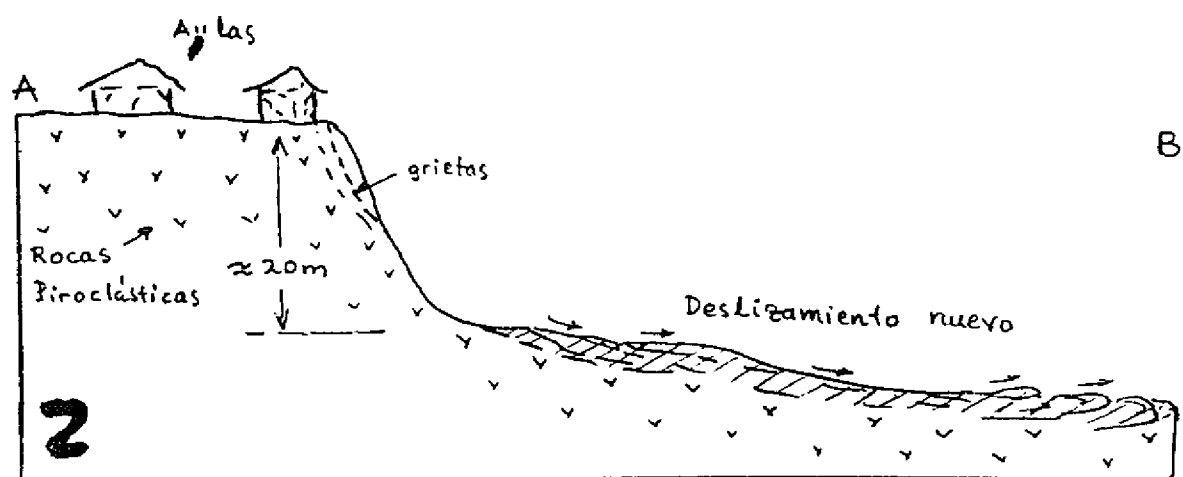
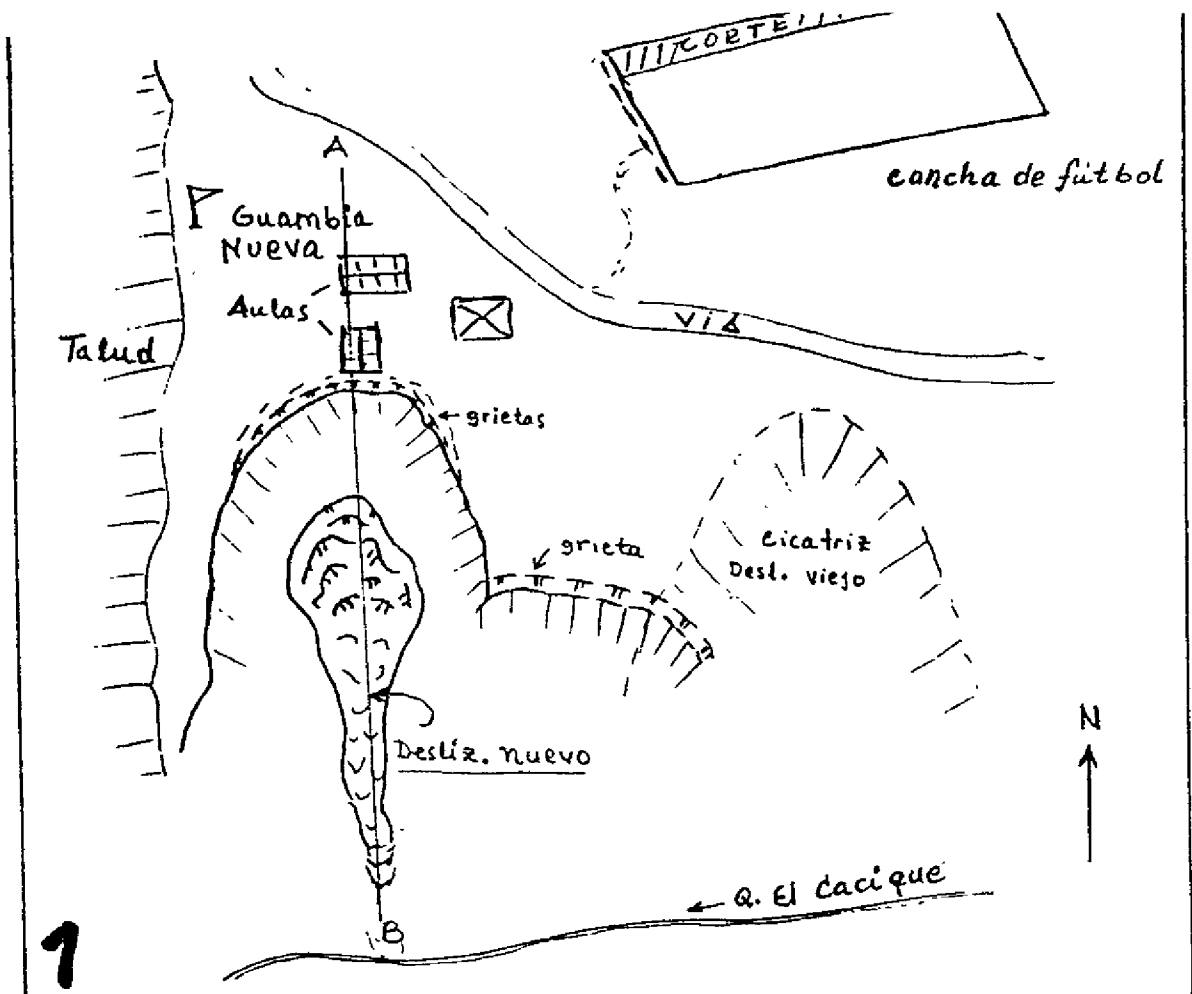


Fig. 4 Deslizamientos rotacionales antiguos y recientes en la Escuela de Guambia Nueva.
 1. Croquis, en vista de planta, de la situación general.
 2. Corte A-B, a lo largo de los bloques de aulas y el deslizamiento generado por el sismo el 6.6.94.

Foto 13 Aulas de clase de la Escuela Guambía Nueva, al borde de un talud casi vertical, en el que afloran piroclásticas ocres de la Fm. Popayán.

Foto 14 Corona del deslizamiento rotacional en el pie del talud mostrado en la Foto 13. Afloran aquí también tobos de la Fm. 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 Guambía 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.

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. 5, 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 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 m³, o de manera parcial cayendo: a) los veinte metros que siguen al borde del talud (equivalentes a unos 34.000 m³ de material); b) luego los 30 m intermedios (aproximadamente 82.000 m³);

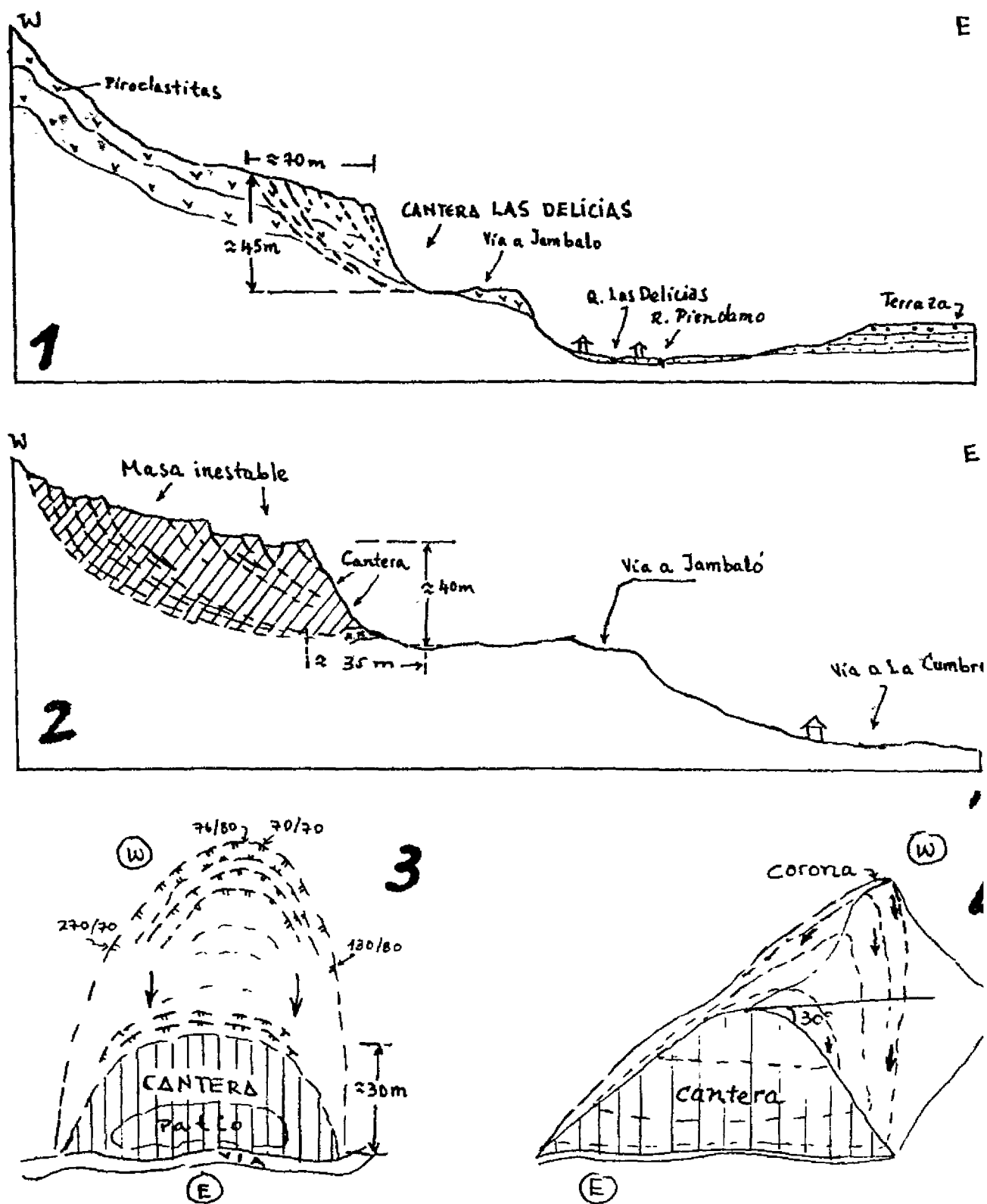


Fig. 5 Esquemas diversos, que ilustran la situación y magnitud del deslizamiento en la Cantera Las Delicias.

1. Corte general E-W.
2. Ampliación del corte 1 en la zona del deslizamiento.
3. Vista de planta.
4. Bloquediagrama.

y c) los 20 a 30 m del sector de la corona (aproximadamente 56.000 m³).

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 m³, 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 Q. 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.

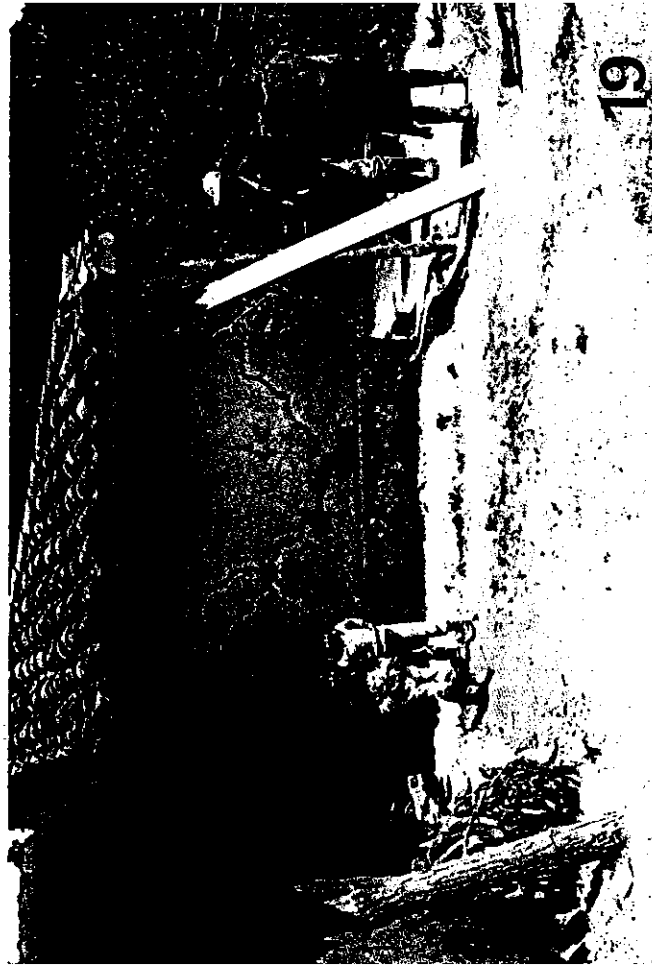
Por lo anterior, se aconseja tomar medidas inmediatas que incluyen:

- 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 Q. Aguablanca. Se presenta aquí un deslizamiento retrogresivo, anterior al sismo del 6.6.94, que sigue el cauce de la Q. 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 Q. 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. 6, Foto 8), desarrollado en piroclastitas amarillentas y derrubios de ladera que afecta el costa N de la Q. 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 Q. 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

- Foto 17 Deslizamiento activo en el costado occidental de la Q. Manchay (flecha), extramuros septentrionales de Silvia. El material que se desliza está compuesto por rocas piroclásticas inconsolidadas de la Fm. Popayán.
- Foto 18 Deslizamientos recientes y erosión acelerada en una quebrada indennominada, afluente de la Q. Manchay, en un lugar próximo al mostrado el 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 el adobe propició la caída de los pañetes durante el sismo.



18



20



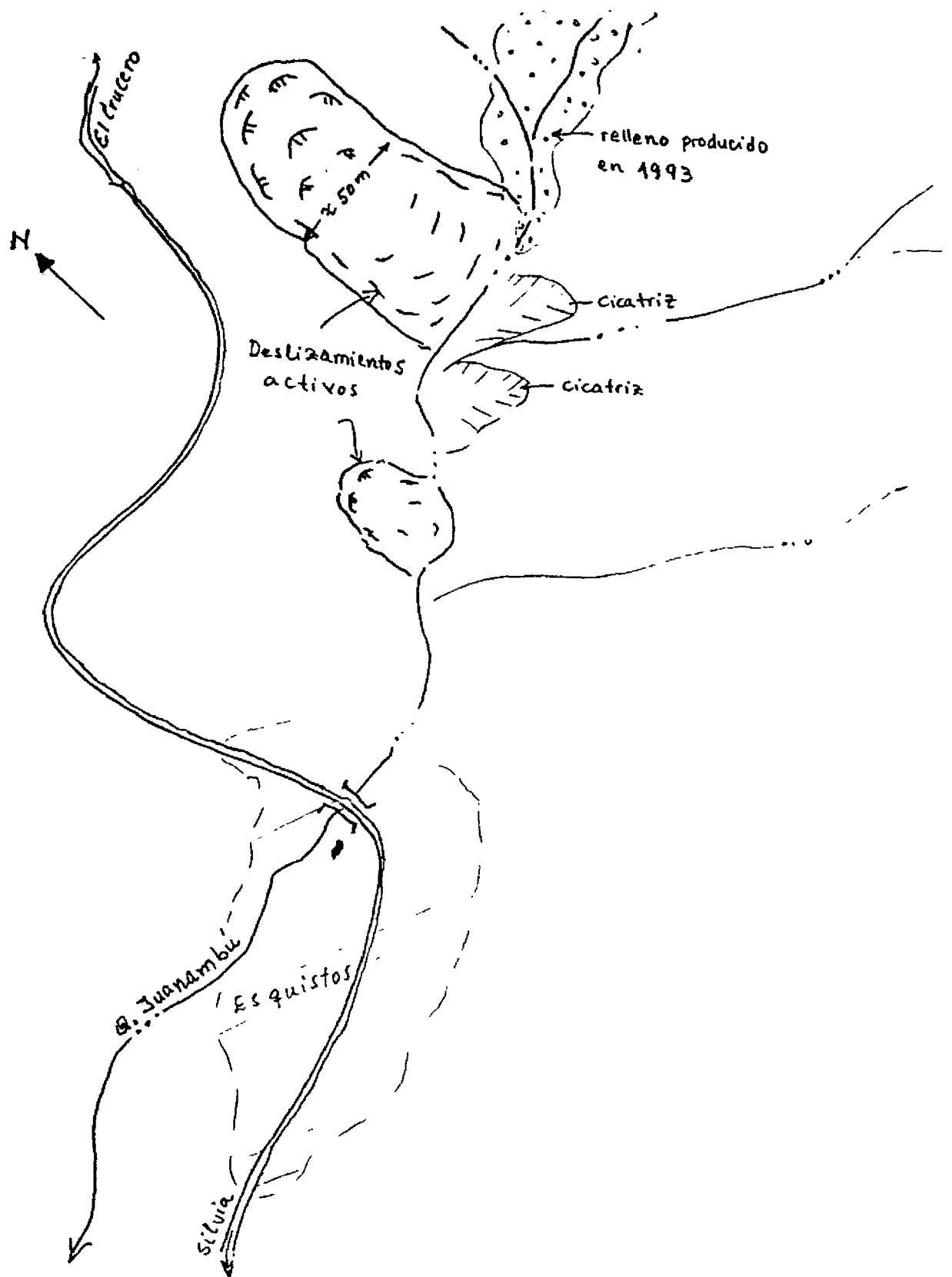


Fig. 6 Esquema ilustrativo, en vista de planta, de la situación del deslizamiento rotacional en las cabeceras de la Q. Juanambú al NNE de Silvia.

sitio. El deslizamiento ha llegado ya hasta el cauce de la Q. 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 Q. Manchay, en los extramuros 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 Q. Manchay, pero ante todo el occidental (Foto 17), y en particular las vertientes de la quebrada indennominada (Foto 18) que desemboca, viniendo del W, en las proximidades del puente, vertientes que muestran numerosos, pero modestos, derrumbes y procesos de erosión regresiva acelerada. En todos los casos, el material en movimiento son rocas piroclásticas amarillentas a ocres, 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 Q. 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 construidos 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, 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 Fm. 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

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

Foto 22 Casa de construcción reciente, en ladrillo, con 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 los cornisas y las esquinas de los muros. Vereda La Campana.

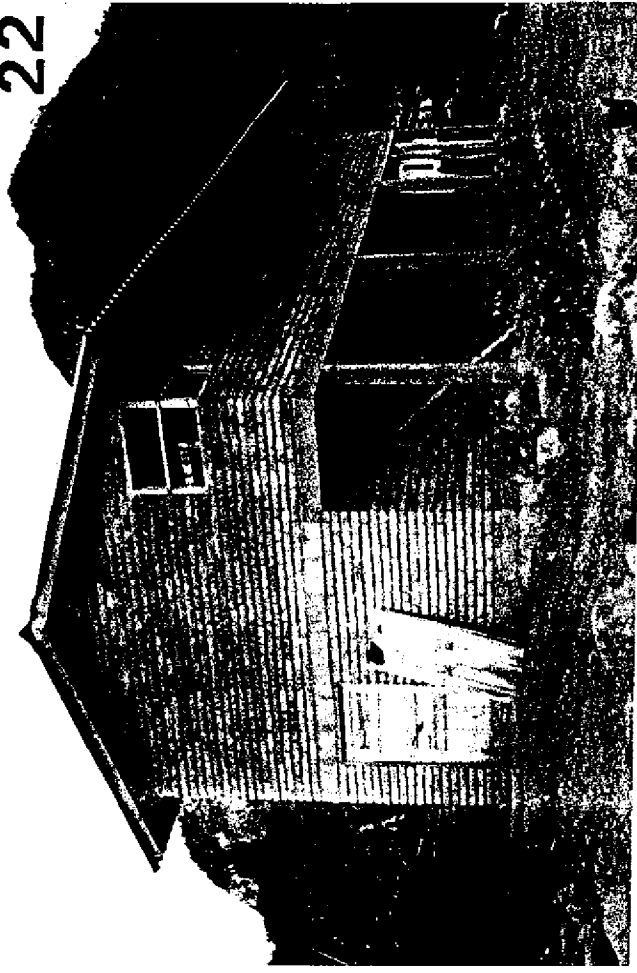
Foto 23 Casa de bahareque, semidestruída por el sismo del 6.6.94 en el barrio Belén, al NW de Mondomo. Nótese que los mayores daños ocurren en las esquinas de los muros.

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 otras viviendas, arrasadas por el terremoto.

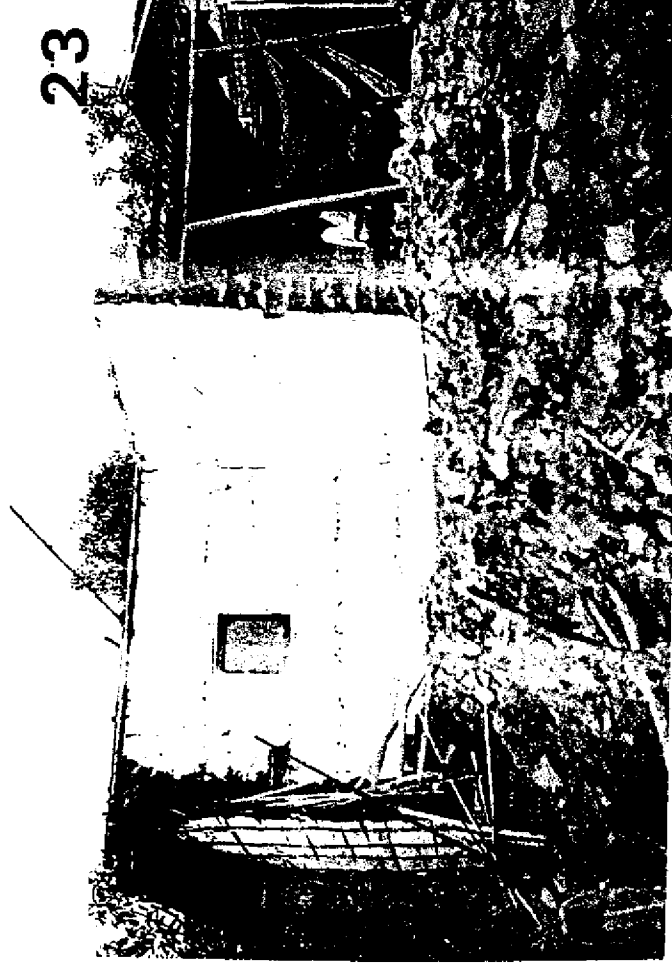
21



22



23



24



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 Fig. 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 techo 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, según la escala modificada de Mercalli, la intensidad del sismo en este lugar debió ser próxima a 9. 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.

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 recomienda:

- 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.

REFERENCIAS CITADAS

- BOLT, B.A. (1981): Terremotos.- Editorial Reverté, 266 pp., Barcelona.
- ESLAVA, J.A. (1993): Climatología y diversidad climática de Colombia.- Rev. Acad. Col. Cienc. Exac. Fis. Nat., Vol. 18 (71), pp. 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.
- MARIN, P. & PARIS, G. (1979): Mapa geológico generalizado del Departamento del Cauca, escala 1:350.000.- INGEOMINAS, Popayán/Bogotá.
- MOJICA, J., COLMENARES, F., VILLARROEL, C., MACIA, C. & MORENO, M. (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 Nº 14, pp. 107-140, 23 Figs., Bogotá.
- ORREGO, A., CEPEDA, H. & RODRIGUEZ, G.I. (1980): Esquistos glaucofánicos en el área de Jambaló.- Geol. Norandina, Nº 1, pp. 5-10, Bogotá.
- WEST, R.C. (1956): The Pacific Lowlands of Colombia. A negroid Area of the American Tropics.- Monograph Nº 8, 152 pp., Louisiana State University Press, Baton Rouge.