

## LOS DESLIZAMIENTOS DEL 2 DE JULIO EN EL CERRO DOAN: SUS CAUSAS Y CONSECUENCIAS

Sergio Mora C.\*  
 Rolando Valdés C.\*  
 Carlos Ramírez\*\*

### RESUMEN

*Durante las últimas horas de la tarde y las primeras de la noche del día 2 de julio de 1987, una fuerte pero concentrada perturbación atmosférica generó una tormenta de elevada intensidad de lluvias en la región del Cerro Doán (275 mm) al este del embalse y Presa de Cachí y al oeste del Río Pejibaye.*

*No obstante su limitada extensión (25 km<sup>2</sup>), la zona fue afectada por gran cantidad de deslizamientos y aludes de detritos y lodo, especialmente las cuencas altas de los Ríos Urasca, Vueltas, Humo, Humito, Cacao, Naranja y Sordí, y se generaron inundaciones, avalanchas y un enorme arrastre de materiales sólidos (lodo, cantos, bloques, troncos, etc.).*

*La situación se tornó en una seria amenaza para las obras de infraestructura (Planta de Cachí, Ingenios de Coope-Pejibaye y Humo, etc.), líneas vitales (carreteras, puentes, línea de transmisión eléctrica, acueductos) y para la población y sus elementos de subsistencia (vivienda, cultivos, porquerizas, caballerizas, hatos ganaderos, cafetales, etc.). Esto trajo como consecuencia una pérdida económica considerable para la región y el país entero, si se tienen en cuenta las pérdidas por la actividad económica local, daños a la infraestructura y los daños y detención temporal de la generación de la Planta de Cachí.*

deslizamientos, que a su vez produjeron aludes y avenidas en los ríos locales.

El resultado fue la destrucción de extensas áreas de cultivos, puentes, caminos y viviendas, lo que generó graves problemas a la economía de la zona y graves daños a la Planta de Cachí, pues provocó su salida de operación durante 15 días, aproximadamente.

En adelante se describirán los aspectos de mayor relevancia de este evento.

### UBICACION GEOGRAFICA

La región más afectada por el fenómeno de deslizamientos y avalanchas fue aquella que comprende las laderas de los Cerros Congo, Doán y Campano, es decir, en el interfluvio anterior a la confluencia de los Ríos Pejibaye y Reventazón, Provincia de Cartago (Figura No. 1). El área se encuentra entre 10 y 15 km al SW de Turrialba y de 15 a 20 km al E de la Ciudad de Cartago. Las coordenadas geográficas que la delimitan son aproximadamente (Hoja Pejibaye):

83° 49' W (555 000 E) – 83° 40' 00" (573 000 E)  
 09° 47' 30" W (198 000 N) – 9° 52' 00" (205 000 N)

Las elevaciones oscilan entre los 630 y 1865 metros sobre el nivel del mar y las precipitaciones pluviales promedio "normales" son de 4950 mm (Est. Oriente) y 5340 mm (Est. El Humo) por año. Cabe mencionar que en 1981 fueron registrados casi 8000 mm de lluvia en la estación El Gato (Oficina de Hidrología, ICE).

### ANTECEDENTES

En la tarde y noche del 2 al 3 de julio de 1987, debido a un disturbio atmosférico de elevada intensidad de lluvias, se generaron grandes cantidades de

\* Departamento de Geología, Instituto Costarricense de Electricidad. Escuela Centroamericana de Geología CICEFI, U.C.R. INGEOSA.

\*\* Departamento de Estudios Básicos, Instituto Costarricense de Electricidad.

### RELIEVE

El relieve general de la región se puede catalogar como muy fuerte y abrupto. Los valores máximos del



índice de relieve alcanzan los 700 m/km<sup>2</sup> y 42% respectivamente, en el área de Pejibaye.

Estos valores son indicativos de una región geomorfológicamente joven, en donde el ciclo natural de erosión se encuentra aún intensamente activo. La actividad humana se ha encargado de acelerar el proceso.

Basta con mencionar para ello que el volumen de sedimentos en suspensión del Río Pejibaye (Est. Oriente) es un promedio de 1240 toneladas/año/km<sup>2</sup> (Oficina Hidrología, ICE).

## LITOLOGIAS

En la región afloran esencialmente tres grupos de litologías, a saber:

- a) **Rocas sedimentarias**, probablemente del Eoceno Superior asociables a la Formación Tuis, por ejemplo calizas arcillosas fosilíferas, areniscas y lutitas.
- b) **Rocas volcánicas y volcanoclásticas**, probablemente Plio-Pleistocénicas, asociables a la Formación Doán; por ejemplo lavas dacíticas y andesíticas, aglomerados y brechas.
- c) **Depósitos de sedimentos coluvio-aluviales** del Cuaternario, sin consolidar originados por la acumulación de materiales recientemente erosionados y transportados fluvialmente (aluviones) o gravitatoriamente (deslizamientos).

## ASPECTOS RELEVANTES DE LA GEODINAMICA EXTERNA

En esta región se han conjugado varios factores geológicos y geomorfológicos que inducen a una elevada inestabilidad potencial de laderas. El mapa geomorfológico elaborado por Valdés y Mora (1985) evidencia claramente la situación. La región está llena de cicatrices de antiguos deslizamientos y escarpes rocosos. Por otra parte, abundan los conoides de deyección, abanicos coluvio-aluviales y otros tipos de depósitos de laderas, lo que atestigua la intensa actividad erosiva y generación de deslizamientos, desprendimientos y avalanchas.

Únicamente a nivel ilustrativo, se pueden mencionar los abanicos de Volio, Río Oro, Cachí, Taus, Humo, Cacao, Casa de Teja y Tepemechín<sup>1, 2, 4, 7, 9</sup>

## ASPECTOS GENERALES DE LA TORMENTA

La tormenta del 2 de julio de 1987 posee características importantes que ameritan ser mencionadas.

Como se observa en la Figura No. 2, las isoyetas totales muestran dos núcleos de mayor precipitación. Uno en las subcuencas de los Ríos Naranjo, Urasca y Guatuso, con un máximo de 115 mm y el otro en las subcuencas de los Ríos Humito, Cacao y Humo, con un máximo de 260 a 275 mm. Toda esta lluvia cayó en tan solo 5 horas<sup>6</sup>.

Sin embargo, a partir de la Figura No. 3 que muestra la distribución horaria de la precipitación acumulada, se puede apreciar que, en realidad, hubo dos tormentas consecutivas. La primera se desarrolló entre las 14 y las 17 horas, sobre las áreas de T-6, Cordoncillal y El Humo con máximos de 115, 80 y 110 mm respectivamente (Figura No. 4). La segunda (Figura No. 5) se desarrolló entre las 17 y las 19 horas, sobre Cachí-Naranjo (110 a 125 mm) y persistió sobre El Humo (150 mm adicionales).

El elemento definitivo de disparo fue entonces la segunda tormenta, pues el agua precipitada debe haber saturado los suelos y la segunda ejercido su acción de desestabilización última. Nótese que el área de Cordoncillal y T-6, que registrara las mayores precipitaciones en la primera tormenta, no se vio afectada, pues la segunda tormenta no se presentó y porque su mayor cobertura forestal (Reserva de Tapantí), debe haber contribuido a evitar el desarrollo de deslizamientos gracias a la mejor regulación hidrológica e hidrogeológica natural con que cuenta.

Los ríos más afectados con esta tormenta fueron El Humo (241 m<sup>3</sup>/s) y el Pejibaye (929 m<sup>3</sup>/s). Para este último, la avenida corresponde a un período de recurrencia de 550 años mientras que el de la lluvia en la estación El Humo tiene un período de recurrencia de 25 años<sup>6</sup>.

## LA DESESTABILIZACION DE LAS LADERAS

Dadas las condiciones naturales climáticas, geológicas y geomorfológicas, propensas a la inestabilidad

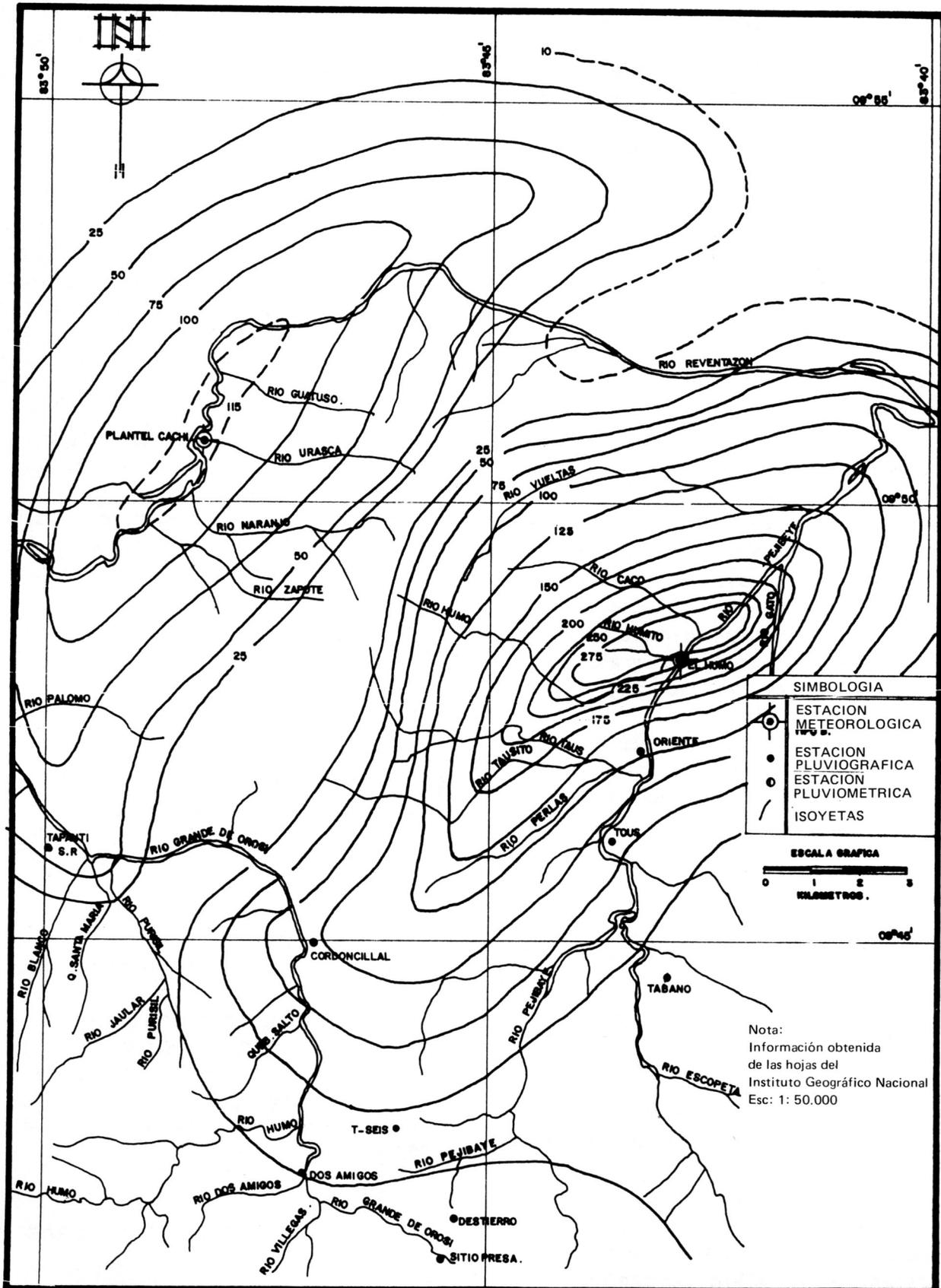


FIGURA No. 2. Isoyetas de la tormenta del 2 de julio de 1987. Totales en mm de la lluvia caída entre las 14 y 19 horas.

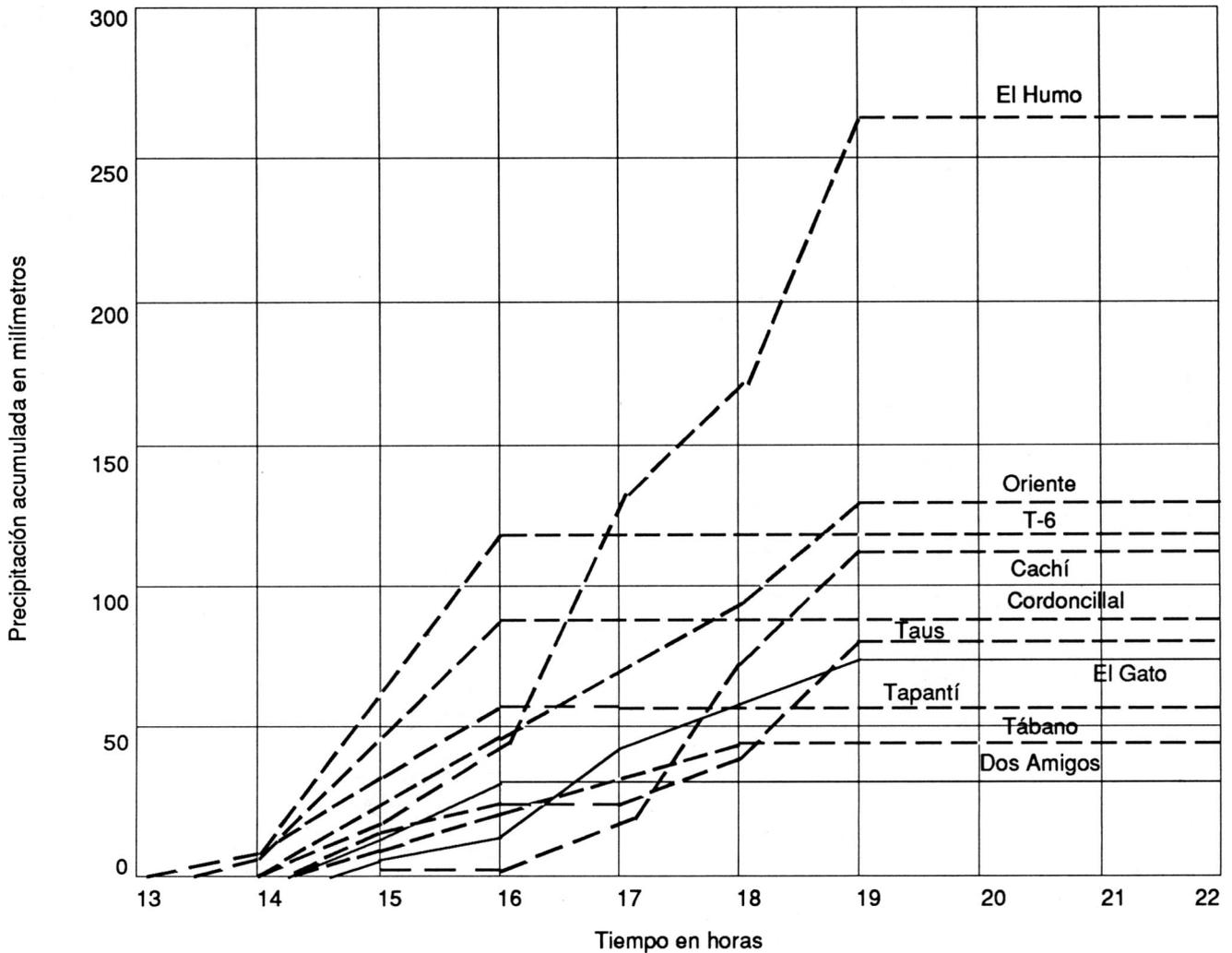


FIGURA No. 3. Distribución horaria de la tormenta del 2 de julio de 1987.

de laderas y la contribución de la actividad del hombre, en su labor de explotación destructiva de los recursos naturales, bastó pues con la generación de un evento atmosférico poco usual, para que ocurriese una catástrofe.

En efecto, la lluvia intensa generó un proceso de saturación especialmente en las capas de dos tipos de suelo: aquellos formados por coluvios y los generados por desarrollo de la descomposición *in situ* de las litologías locales (residuales, regolitos).

**DISTRIBUCION ESPACIAL**

Como producto de un reconocimiento realizado desde los caminos y senderos de acceso, en la Figura No. 1 se puede apreciar la distribución

espacial que tuvo el fenómeno de desestabilización de laderas. Obsérvese que en general los deslizamientos se concentraron dentro de una área máxima de 25 km<sup>2</sup>. Esto concuerda más o menos bien con las áreas de mayor concentración de lluvias y en especial de sus mayores intensidades (Figuras No. 1, 2, 4 y 5).

Nótese además que las cuencas más afectadas fueron Naranjo, Vueltas, Cacao y Humito. Las otras afectadas lo fueron, en menor intensidad: Tambor, Sordí, Lajas, Urasca y Humo y fuera de ellas, prácticamente no hubo daños ni evidencias de desestabilización considerable o evidente. Analizando fotografías aéreas posteriores, es posible concluir que el área más afectada pueda extenderse un poco más de lo mencionado, pero la diferencia no será notable.

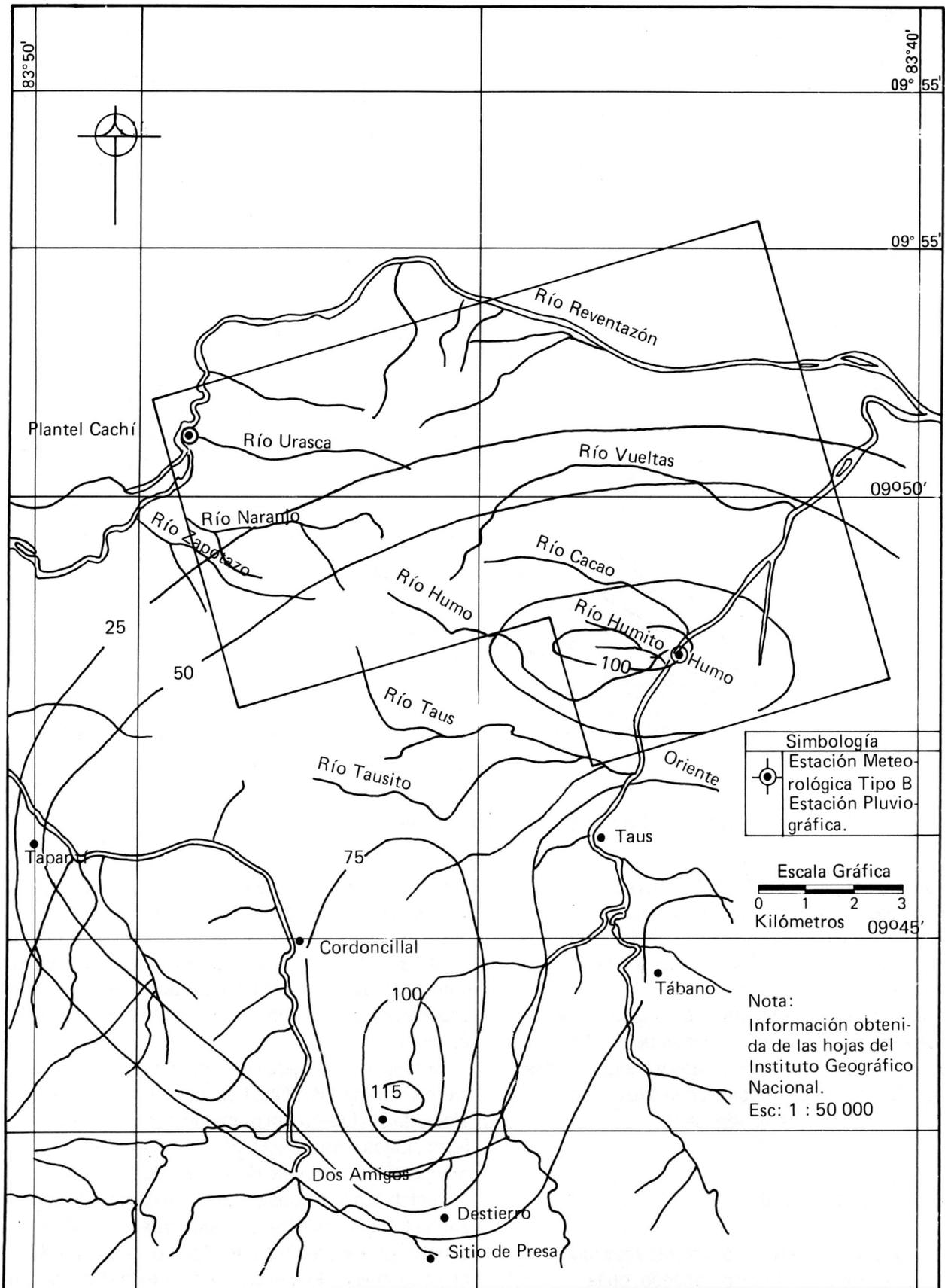


FIGURA No. 4. Curvas de igual intensidad de lluvias (totales en mm) entre las 14 y 17 horas de 2 de julio.

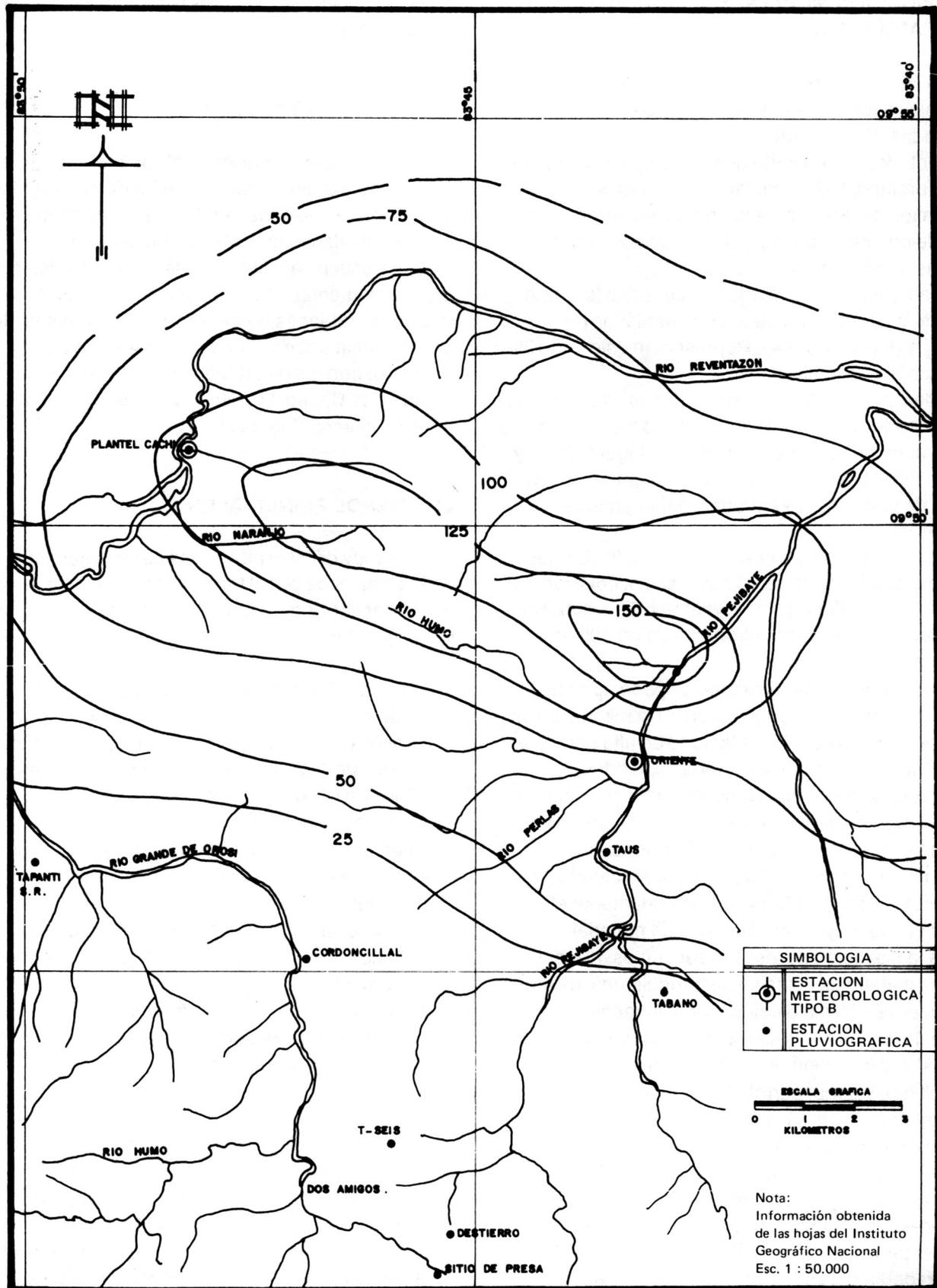


FIGURA No. 5. Curvas de igual intensidad de lluvias (totales en mm) entre las 17 y 19 horas de 2 de julio.

## CLASIFICACION MORFO-GEOTECNICA DE LOS DESLIZAMIENTOS

En la Figura No. 6 se muestra un esquema con los principales tipos de desestabilización de laderas observadas. Por su parte, en la Figura No. 7 fueron representados, en un corte geológico típico, los espesores y profundidades máximas interesadas por los deslizamientos. Fueron también muy numerosos los casos de erosión intensa y concentrada que formaron cárcavas de elevado desarrollo.

Obviamente, se notó cómo se intensificó la erosión en donde ya existían procesos desarrollados de antemano (Figura No. 6A). Representan estos un 15% de los casos observados.

Los deslizamientos que movilizaron únicamente las capas superiores del suelo o de coluvio fueron también numerosos (20% del total; caso B Figura No. 6; y también Figura No. 7). Ocurrieron principalmente en laderas de pendiente moderada y generalmente cubiertas de pastos.

Por otra parte, los deslizamientos más frecuentes fueron los que lograron movilizar el suelo, coluvios y el saprolito (tipo C, Figura No. 6; ver también Figura No. 7), los cuales representan alrededor de un 40% del total observado.

Como característica particular, se pudo apreciar que los deslizamientos se generan en la mitad o en los dos tercios superiores de las laderas de alta pendiente, sobre todo cuando éstas estaban cubiertas de pasto o cultivos menores. Generalmente, sus coronas desarrollaron un retroceso hasta encontrar sectores de ladera cubiertos de árboles. En estos casos, cuando las raíces eran suficientemente profundas y resistentes, se pudo detener espontáneamente el movimiento de mayores volúmenes de material.

Dada la elevación de los deslizamientos, al moverse los materiales éstos se desprendieron y bajaron por la ladera en forma de alud, aprovechando los canales de los torrentes de montaña. En forma global, fueron tal vez los fenómenos más destructivos.

Por último, y por desarrollo en mayor escala de los casos anteriores, en las laderas de mayor pendiente y más maltratadas por la deforestación y práctica inadecuada de manejo, ocurrieron deslizamientos más profundos y extensos, que desprendieron materiales y dejaron al descubierto la roca sana (D, Figura No. 6, ver también la Figura No. 7). Estos representaron alrededor del 25% de los casos observados, entre los cuales sobresalen por sus dimensiones los

de las cabeceras de los Ríos Naranjo y Vueltas, a ambos lados del Cerro Doán.

## AVALANCHAS Y AVENIDAS

Ya se mencionó que los deslizamientos ocurrieron, en su mayoría, en la mitad superior de las laderas y que los materiales desprendidos se precipitaron en aludes y avalanchas hacia los ríos principales.

Con frecuencia, estos aludes represaron los ríos, al menos momentáneamente, generaron grandes avenidas, cargadas de todo tipo de sedimentos: desde arenas hasta enormes bloques de 4 y 5 m de diámetro, troncos de árboles, animales muertos, etc. En los Ríos Cacao, Humito y Naranjo, esta situación fue muy intensa (Figura No. 1).

## LOS DAÑOS PRINCIPALES

Será muy difícil establecer la cuantía general de los daños causados por el fenómeno; solamente se podrá especular sobre su extensión, de conformidad con la lista siguiente:

- Extensas áreas destruidas por los deslizamientos y aludes: se perdieron sectores de bosque, pastos, cultivos de café, caña, maíz, etc. Aproximadamente un total de 100 hectáreas totalmente destruidas y 1300 con daños parciales
- Según el mandador de la Hacienda Cachí, solamente ahí se perdieron cerca de diez millones de colones por la destrucción de cafetales, almácigos y 2 puentes
- Fueron destruidos 8 puentes, parcialmente dañados otros 10 (Figura No. 2) y cerca de 15 km de caminos
- Alrededor de 10 viviendas fueron destruidas y otras 25 parcialmente dañadas (Figura No. 2); se informó de un total de 3 muertos
- Se informó además de una pérdida (aproximada) de alrededor de 60 cerdos, 60 vacas, y 16 caballos
- Se dañaron las parrillas de la Toma de Presa de Cachí, debido a la presión ejercida por los detritos de un lado, sobre el túnel vacío del otro; aparte de los costos de su reparación y limpieza, habrá que agregar la pérdida de generación al haberse tenido que vaciar el embalse y detener las turbinas durante alrededor de 15 días completos.

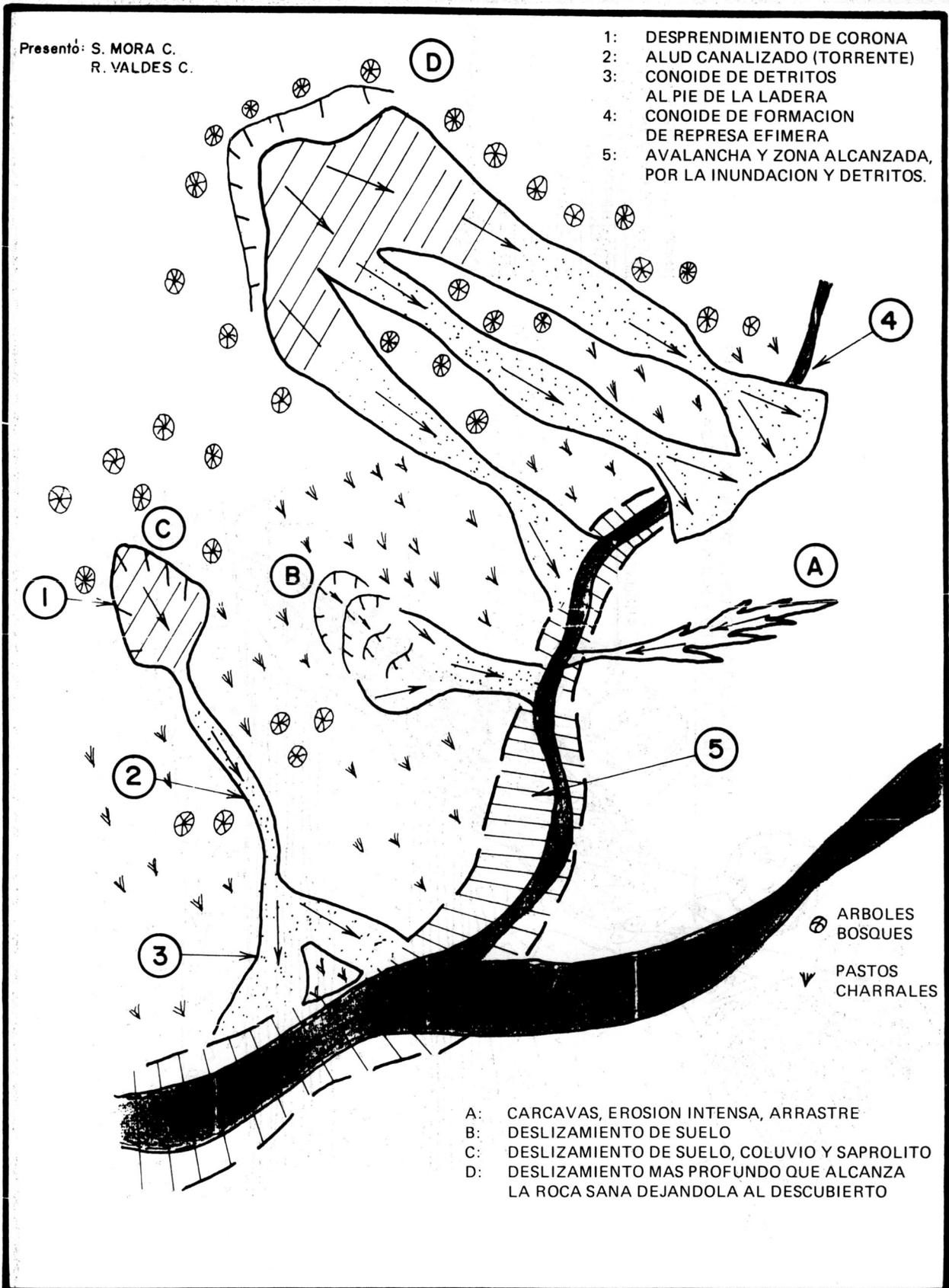


FIGURA No. 6. Esquema con los componentes típicos de deslizamientos en litologías con desarrollo de perfiles residuales.

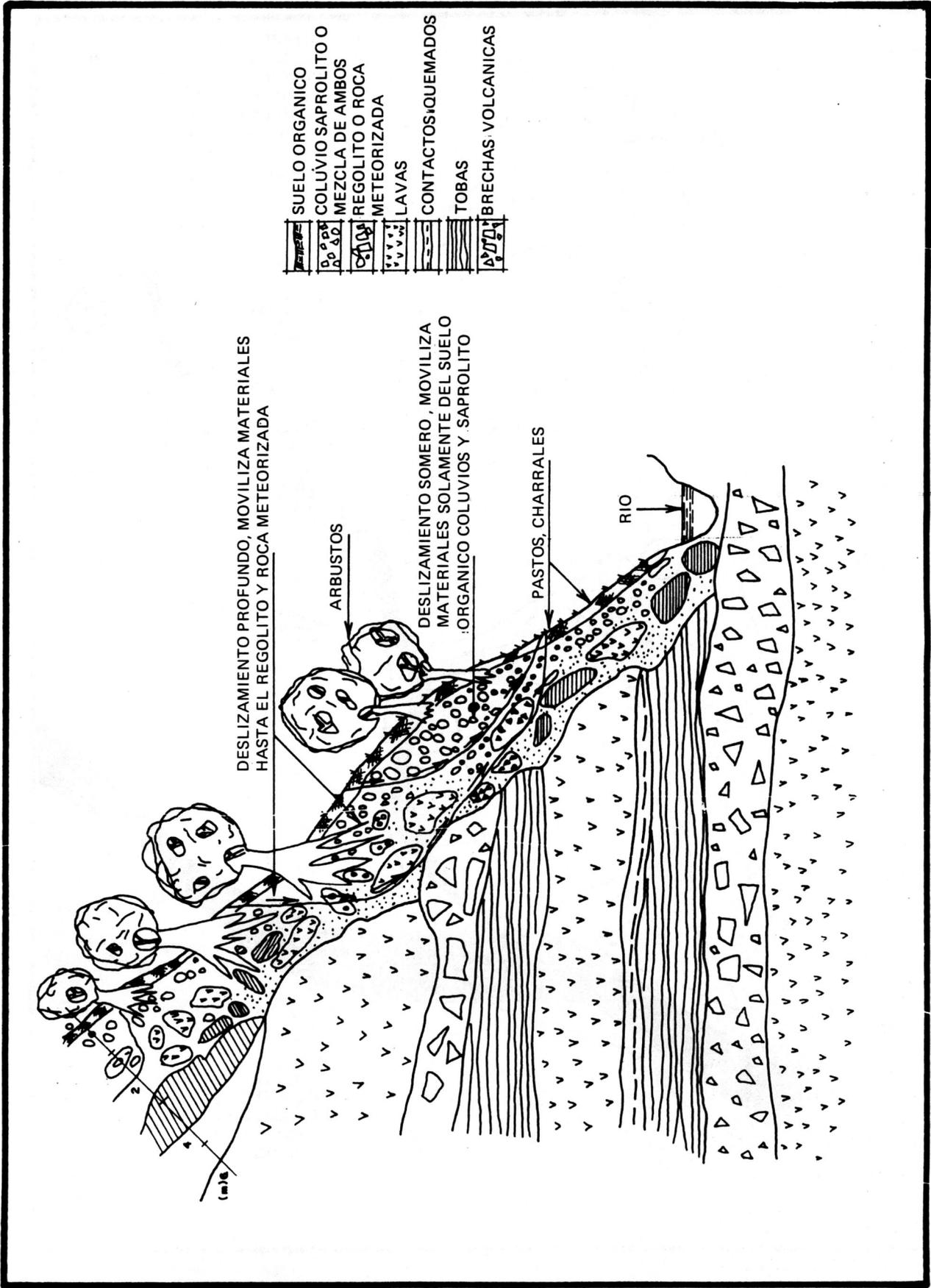


FIGURA No. 7. Esquema de desarrollo de los deslizamientos somero y profundo en litologías de origen volcánico que muestran un desarrollo típico de perfiles residuales.

## CONCLUSIONES

Los efectos combinados de un disturbio atmosférico que aportó una gran intensidad de lluvias, el manejo incorrecto y sobre todo la destrucción progresiva de la cobertura forestal de las cuencas de los ríos locales, provocó que se generara un proceso de desestabilización masiva en las laderas adenañas al Cerro Doán.

Se deslizó una enorme cantidad de materiales que a su vez fueron arrastrados por los ríos principales, destruyendo con ello cultivos, viviendas, caminos, puentes y provocando serios daños y hasta la detención de la operación de la Planta de Cachí.

Los deslizamientos movilizaron materiales del suelo, coluvios, saprolitos y regolitos, en particular en las áreas desprovistas de bosques y sometidas a pastoreo y cultivos de café, caña y maíz.

Fue asombroso que no ocurrieran más daños y que el saldo de muertos fuera de 3 solamente. Este fenómeno deberá servir de lección en el sentido de que sin un manejo adecuado de las cuencas, situaciones como éstas seguirán repitiéndose en el futuro, quizás con mayor intensidad, en éstas y otras cuencas. Si en algo se aprecian los recursos naturales y los beneficios del sector hidráulico, no se podrá pasar esto por alto.

Es imprescindible que se realice un vuelo para tomar fotografías aéreas de la región afectada, con el objetivo de lograr una mejor cartografía de deslizamientos y áreas adenañas afectadas.

Sería también conveniente integrar un equipo multidisciplinario para evaluar todos los aspectos del evento ocurrido y comenzar a contemplar las necesidades de investigación, prevención, control y alerta para el futuro, en éstas y otras cuencas.

Un equipo así debería integrarse al menos por un ecólogo, un ingeniero forestal, un geólogo y un hidrólogo.

## LITERATURA CITADA

1. Bustos, R. **Geología del área de Taus, San Gerardo y alrededores. Provincia Cartago.** Campaña Geológica G-5216. Escuela Centroamericana de Geología. 1986. 61 p.
2. González, G. **Geología de El Humo y alrededores.** Campaña Geológica G-5216. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. 1986. 32 p.
3. Morales, N. **Estudio geológico de los alrededores de Río Gato y Tepemechín, Pejibaye de Turrialba.** Campaña Geológica G-5216. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. 1986. 23 p.
4. Ortiz, M. **Geología de la zona de Pejibaye y alrededores, Provincia Cartago.** Campaña Geológica G-5216, Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R., 1986. 41 p.
5. Quesada, J. **Estudio geológico de los alrededores de La Esperanza, Pejibaye, Cartago.** Campaña Geológica G-5216, Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. 1986. 36 p.
6. Ramírez, C. **Informe de las avenidas del 2 de julio de 1987 en los Ríos Naranjo, Humo y otros.** Oficina de Hidrología, ICE. 1988. 22 p. + cuadros.
7. Ruiz, S. **Geología del Cerro Gavilucho y alrededores, Provincia Cartago.** Campaña Geológica G-5216. Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. 1986. 25 p.
8. Sierke, H. **Estudio geológico de la Fila Omega y alrededores.** Campaña Geológica G-5216, Escuela Centroamericana de Geología, U.C.R. 1986. 53 p.
9. Valdés, R. y S. Mora. **Estudio de reconocimiento geológico-geotécnico del Proyecto Hidroeléctrico El Gato.** Oficina de Geología Básica, ICE, 1985. 96 p.