

# CARACTERISTICAS 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.

Jairo Mojica\*, Fabio Colmenares\*, Carlos Villarroel, Carlos Macía\* & Manuel Moreno\*

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. Colomb., No. 14, pp. 107-140, 23 Figs., Bogotá.

## RESUMEN

El 13 de noviembre de 1985 ocurrió una reactivación importante del Volcán Nevado del Ruíz (situado a 5.200 m s.n.m., en la mitad septentrional de la Cordillera Central Colombiana), que dió lugar a varias erupciones —acompañadas de numerosos sismos— que arrojaron a la atmósfera grandes cantidades de material sólido (piroclastos) y de gases; los últimos fueron expulsados a través del cráter principal (Cráter Arenas) y de nuevos focos fumarólicos con arreglo concéntrico alrededor de él.

La acción conjunta de dichos procesos (a los cuales se sumaron lluvias torrenciales) causó rápidos deshielos de una parte, estimada en un 10% de los glaciares que cubren el volcán y alimentan los nacimientos de los Ríos Lagunilla, Azufrado, Gualí, Claros y Molinos, generándose en cada uno de ellos avenidas de escombros rocosos y vegetales que limaron hasta la roca viva las paredes de los cauces utilizados, destruyeron los puentes y viviendas encontrados a su paso y, que a la salida de las zonas planas, arrasaron la ciudad de Armero, causaron graves destrozos en Chinchiná y algo más leves en Mariquita y Honda.

El evento que afectó a Armero —y que aquí se describe— fué en verdad el resultado de la conjunción de dos flujos casi simultáneos que descendieron por los cauces de los Ríos Azufrado y Lagunilla, los cuales confluyen a unos 23 km al W de Armero, en las proximidades de la población de Líbano. El material acarreado (lodo, arena, grave, cantos, bloques, raíces, troncos y ramas) provino en mayor proporción del cauce del Río Azufrado, en el cual alcanzó alturas de hasta 40 m (cerca a Casabianca); en el Río Lagunilla, unos 2 km antes de la confluencia con el Azufrado, el flujo alcanzó apenas unos 10 m de altura. De acuerdo con la información existente, se calcula que el flujo avanzó hasta el Valle de Armero con velocidad promedio cercana a 40 km/hora.

Las observaciones de campo adelantadas por los autores permitieron establecer que el flujo que destruyó a Armero ocurrió en forma de pulsos sucesivos, que comenzaron cerca de las 22:45 hora local y terminaron horas más tarde. Su efecto sobre el casco urbano fue desigual, arrasando por las bases el sector central y cubriendo de lodo denso algunos sectores laterales. Es así, que al llegar a la

---

\* Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

región plana la avenida rebosó el cauce normal del Río Lagunilla y se dividió en tres brazos. El de mayor dimensión se proyectó por el cauce antiguo del río ("Río Viejo"), hasta unos 18 km al E, donde se encontraba el caserío de Santuario; el segundo sobrepasó una baja divisoria de aguas y siguió hacia el Norte por el valle de la Quebrada Santo Domingo, hasta alcanzar el Río Sabandija, causando un temporal represamiento en él, frente a Guayabal; el tercero y más discreto avanzó por el cauce habitual del Río Lagunilla por un tramo de unos 10 km.

El área cubierta por los sedimentos fue de 3.387 hectáreas (33,87 km<sup>2</sup>); el volumen total del material transportado hasta el Valle de Armero, incluidas las fases líquida y sólida, se estima en cerca de 80 millones de metros cúbicos; según cifras oficiales la catástrofe de Armero causó entre 22.800 y 25.000 muertos, de 4.500 a 5.000 heridos y unos 7.100 a 9.000 sobrevivientes ilesos pero sin vivienda, en tanto que los daños materiales (vías, cultivos, contaminación de aguas, destrucción de distritos de riego) sobrepasarían los 30.000 millones de pesos.

De acuerdo con los relatos históricos, el Valle de Armero fue afectado también por flujos de lodo, de mayores proporciones que el de noviembre de 1985, en marzo 12 de 1595 y febrero 18 de 1845.

Los resultados del estudio de las propiedades del evento del 13 de noviembre de 1985 han servido para identificar con certeza anteriores flujos de lodo en la parte baja del extremo NE del Departamento del Tolima y para Evaluar el riesgo geológico correspondiente en dicha región.

#### ABSTRACT

On November 13, 1985, an important reactivation occurred of the necado del Ruíz Volcano, located at 5.200 m o.s.l. in the Northern half of the Central Cordillera of Colombia. This reactivation gave way to various eruptions accompanied by numerous seismos, the eruption releasing quantities of pyroclasts and gases into the atmosphere. The gases were expelled through the principal crater — Arenas Crater, as well as through new fumarolic points found in a concentric arrangement around the crater.

The combined action of these processes (to wich were added torrential rains) caused rapid melting of an estimated 10% of the glaciers wich cover the volcano and wich feed the sources of the Lagunilla, Azufrado, Gualí, Claro and Molino Rivers. Each of there rivers thus became flow-ways of debris-flow composed of rock and vegetation wich scraped soil, sediments and vegetation from the walls of the river valleys. The catastrophic flows destroyed the bridges and homes in its path and, arriving in the flatlands at the base of the Cordillera, took with it the city of Armero. Very serious damage was suffered by the town of Chinchiná as was lesser damage inflicted on Mariquita and Honda.

The event which destroyed Armero was the result of the conjunction of two nearly simultaneous flows which descended along the Azufrado and Lagunilla river valleys. The confluence of the two rivers is located some 23 Km to the W of Armero, near the town of Líbano. The transported material (consisting of mud, sand, gravel, blocks, roots, trunks and branches) for the most part came from the Azufrado river valley, in which it reached a hight of as much as 40 m (near the town of Casabianca). In the Lagunilla River, at a point some 2 km before its confluence with the Azufrado, the maximum altitud of the flow was just 10 m. In accord with the information obtained, it is calculated that the flow reached the Armero Valley with an average velocity of 40 Km/h.

The field observations permitted the conclusion that the flow which destroyed Armero occurred in sucessive pulses which began at around 22:45 local time and ended several hours later. Its effect on the city varied greatly from place to place, ripping the center of the city from its base while covering some lateral sectors with dense, viscous mud. Upon its arrival in the flatlands, the avalanche overflowed the banks of the Lagunilla river and divided into three branches. The largest of these travelled over the river's old bed (Río Viejo) reaching the hamlet of Santuario, some 18 kim to the E. The second branch overflowed a low watershed and continued North through the valley of the Santo Domingo ravine, reaching the Sabandija River and causing it to be temporarily dammed just before Guayabal. The third and least destructive branch flowed via

the habitual riverbed of the Lagunilla for a distance of some 10 Km. The area covered by the sediments is 3.387 hectares (33.87 Km<sup>2</sup>). The total volumen of the material including the liquid and solid phases, is estimated at approximately 80-100 million cubic meters. According to official statistics, the Armero catastrophe caused between 22.800 and 25.000 deaths, 4.500-5.000 wounded, and 7.100 to 9.000 homeless. With respect to material damages (roads, crops, contamination of water supply, destruction of irrigation installations) its cost would exceed 30 billion pesos (200,000.000 dollars).

According to historical documents, the Armero valley was affected by even worse mudflows (than that of November 13, 1985) on March 12, 1595 and February 18, 1845, this last being the most serious of the three events.

The study of the properties of the event of November 13, 1985 has permitted the certain identification of earlier mudflows in the lower part of the extreme NE of the Department of Tolima (Colombia) and has facilitated the evaluation of the geological risk to this region.

### KURZFASSUNG

Am 13. November 1985 fand eine heftige Reaktivierung des an der nördlichen Hälfte der Zentral Kordillere Kolumbiens gelegenen, vergletscherten Ruíz Vulkanes statt. Es handelte sich um einige von zahlreichen Erdbeben begleitete Eruptionen, die grosse Mengen von Pyroklastika und Gasen in die Luft setzten. Die Gase traten durch den Haupt-Krater ("Arena Krater") und neue, um ihm angeordnete Fumarolen aus.

Die Zusammenwirkung solcher Vorgänge (starke Gewitter miteingeschlossen) verursachte rasche Abschmelzung eines Teils (ca. 10%) der Gletscher, die den Vulkangipfel (5.200 m u.m.s.) bedecken und die Ursprünge der Flüsse Lagunilla, Azufrado, Gualí, Claros und Molinos speisen. Infolgedessen wurden in allen genannter Flüsse Schlammströme induziert, welche die Schluchtwände bis zum unverwitterten Gestein abschleifeten, sowie Brücken und einige Häuser zerstörten. Am Ausgang der Schluchte in die tief gelagerten Ebenen wurden die Städte Armero (völlig), Chinchiná (teilweise), Mariquita und Honda (gering) zerstört.

Die hier beschriebene Armero-Katastrophe war in Wirklichkeit das Resultat von zwei etwa gleichzeitigen konvergierenden Schlammströmen entlang der Flüsse Lagunilla und Azufrado, welche sich ca. 23 km. W Armero, nicht weit von Líbano vereinen.

Das abtransportierte Material (Schlamm, Sand, Kies, Gerölle und Blöcke, Wurzeln, Stämme und Zweige) stammt zum grössten Teil aus der Azufrado Schlucht, wo der Schlammstrom bis zu 40 m Höhe erreichte (nähe Casabianca) im Gegensatz dazu erreichte derjenige im Lagunilla Fluss, 2 km vor seiner Mündung in den Azufrado erst 10 m Höhe. Die Bisherigen Untersuchungen lassen auf eine Geschwindigkeit der Schlammströme von etwa 40 km/St schliessen.

Die Geländebeobachtungen deuten auch darauf hin, dass der Schlammstrom der Armero zerstörte in Form von sucseziven Pulsen, die gegen 22:45 Ortszeit begannen und einige Stunde später endeten, erfolgte. Die Auswirkungen in den verschiedenen Stadtteilen waren nicht gleich, da einige Vierteln total abrasiert und andere mit bis 3 m hoheren Schlammbedeckt wurden. Als die Schlammströme Armero erreichten, haben sich drei Arme gebildet: der erste und grösste nahm ein altes Flussbett ("Río Viejo"), bewegte sich etwa 18 km nach Osten und hielt nach der Ortschaft "Santuario"; der zweite mittlerer Grösse überquerte eine Kleine Wasserscheide, floss nach Norden, entlang dem Santo Domingo Bach und mündete in den Sabandija Fluss, wo sich kurzfristig ein Damm bildete; der dritte, kleinste folgte dem gegenwärtigen Bett des Lagunilla Flusses und verursachte mässige Überschwämmungen bis in eine Entfernung von 10 km.

Die von Sediment bedeckte Fläche Betrag 33,87 km<sup>2</sup>; das gesamte Volumen der Schlammströme, eingeschlossen Wasser und eingeschwammtes Material, wird auf ca. 80 Millionen m<sup>3</sup> geschätzt. Nach offiziellen Zahlen hinterliess die Katastrophe etwa 23.000 Tote, 4.500 Verletzte

und 8.000 Obdachlose. Die materiellen Schäden (an Strassenverbindungen, Brücken, Wasserverschmutzung, zerstörung von Wasserkanälen) durften zusammen über 30.000 Millionen kol. Pesos (ca. U.S. \$200 Millionen) betragen.

Historischen Erzählungen nach, wurde das Armero Tal am 12. März 1950 und am 18 Februar 1845 von ähnlichen aber grösseren Schlammströmen ubrschwemmt. Die Erforschung der Ereignisses vom 13. November 1985 ist für die Identifizierung von älteren Schlammströmen und die Abschätzung des geologischen Risiko in diesem Gebiet von grossem Nutzen geworden.

*“Ce qu’il y a d’étonnant, c’est qu’aucun des habitants de ces villages batis sur la boue solidifiée d’anciens éboulements n’a jamais soupçonné l’origine de ce vaste terrain...”*

Joaquín Acosta, 1950

(“Sur les montagnes de Ruiz et Tolima...”)

## INTRODUCCION

El Municipio de Armero se localiza en el nororiente del Departamento del Tolima y comprende: a) Una región cálida y baja, que hace parte del extremo meridional del Valle Medio del Magdalena; está conformada por extensas y fértiles planicies cuaternarias (aledañas a los Ríos Lagunilla, Cuamo y Sabandija) y por colinas bajas, disectadas, con inclinación suave hacia el Este, desarrolladas sobre sedimentos blandos del Terciario Superior (Formaciones o Grupos Honda y Mesa; Raasveldt & Carvajal 1957, Porta 1966, Barrero & Vesga 1976). b) Una región escarpada (Vereda San Pedro), de clima algo más benigno, en el pie de la Cordillera Central, con drenajes profundos captados por los Ríos Lagunilla y Sabandija. El Río Lagunilla y su afluente principal, el Azufrado, nacen en la ladera oriental del Volcán Nevado del Ruíz (VNR) y se alimentan inicialmente de las aguas provenientes del deshielo de los glaciares respectivos. Por el contrario, el Río Sabandija no tiene conexión directa con los glaciares del Ruíz, ya que su nacimiento se encuentra a media pendiente de la vertiente E de la Cordillera Central, en el sector entre las poblaciones de Casabianca y Frías (Fig. 1).

Ya antes de 1895, a orillas del Río Lagunilla, existía el caserío de San Lorenzo. Este poblado estaba ubicado a 1.5 km al E del piedemonte de la Cordillera Central, a 335 m s.n.m. En esta región termina el cañón del Río Lagunilla, y es donde éste inicia su lento recorrido de 29 km por la llanura, hasta desembocar en el Río Magdalena. San Lorenzo constituyó el núcleo urbano inicial, a partir del cual se desarrolló la ciudad de Armero,

nombre recibido en 1930. El área ocupada por el casco urbano había sido escenario, en tiempos históricos, como se describe más adelante, de dos importantes avenidas de lodo (1595 y 1845), relacionadas con la actividad del VNR, que devastaron extensas áreas de los valles del Río Lagunilla y de la Quebrada Santo Domingo (afluente del Río Sabandija), y causaron la destrucción de cultivos y un gran número de pérdidas humanas. Además de los mencionados eventos catastróficos, la región ha sido afectada por esporádicas inundaciones, por ejemplo en abril de 1950, ocasionadas por lluvias intensas en la Cordillera Central.

En la noche del 13 de noviembre de 1985, relacionada con una nueva erupción del VNR, ocurrió otra avenida que causó la destrucción casi total del núcleo urbano de Armero y el arrasamiento de una amplia zona rural a ambos lados de los cauces viejo y actual del Río Lagunilla y de la Q. Santo Domingo. Según estimativos oficiales, la avenida habría causado entre 22.800 y 25.000 muertos y de 4.250 a 5.000 heridos, en tanto que unos 7.100 a 9.000 sobrevivientes ilesos habrían quedado sin vivienda.

## EL AREA DE LOS NEVADOS

En la cima y el tercio intermedio de la Cordillera Central colombiana se tienen 4 volcanes nevados (Tolima, Quindío, Santa Isabel y Ruiz) que conforman el “Parque Nacional de los Nevados”. De ellos el Ruíz es el que se localiza más al Norte y el que alcanza la mayor altura. Se trata de un edificio volcánico complejo, con tres cráteres, llamados Arenas, la Olleta y la Piraña, de los cuales, el

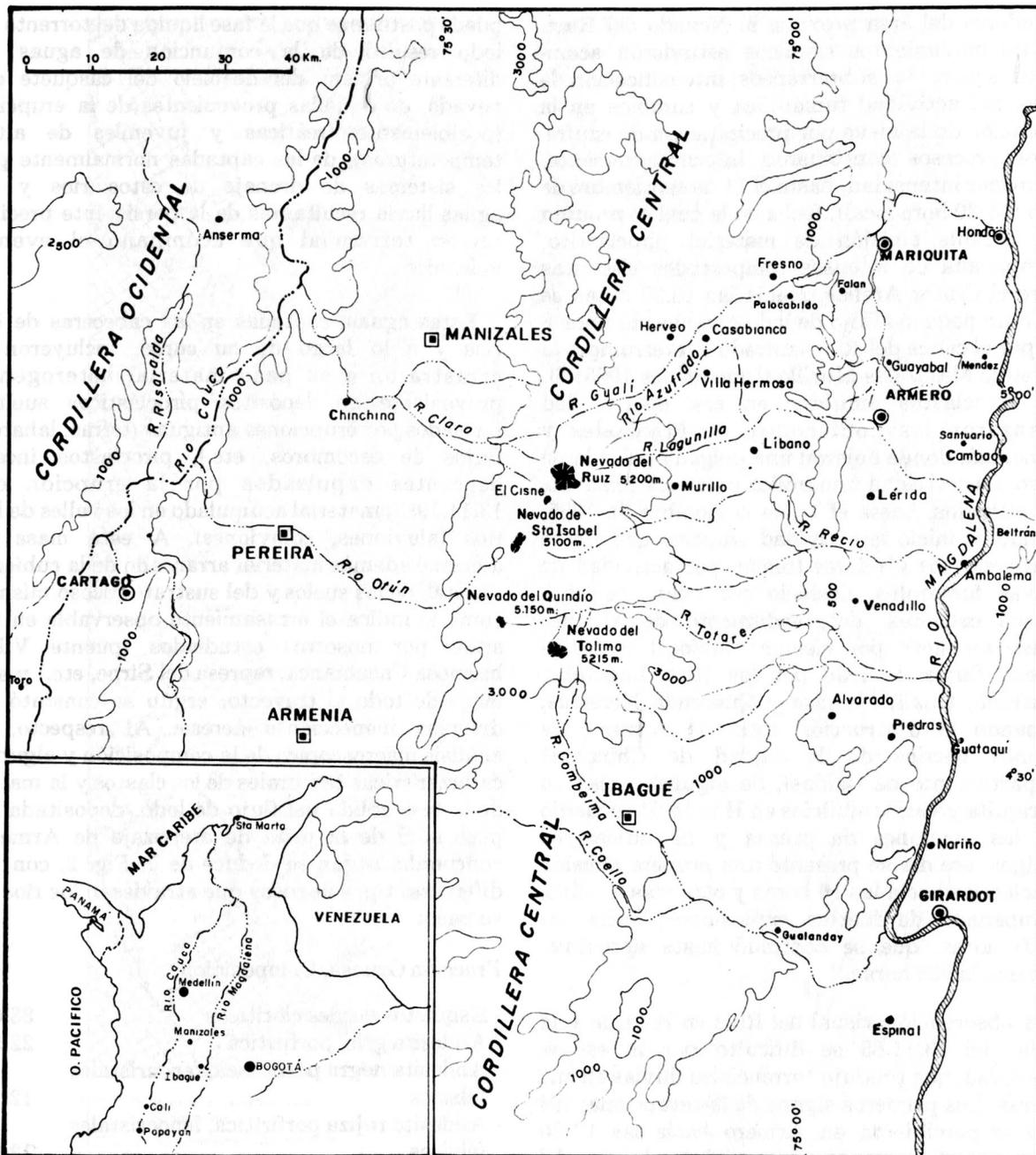


Fig. 1. Mapa de localización geográfica general.

primero es el único activo. De los nevados mencionados, el de mayor elevación es el Ruiz, con 5.200 m s.n.m., y está ubicado a  $4^{\circ} 53' 22''$  de latitud norte y  $75^{\circ} 19' 30''$  de longitud oeste. En la misma área, además de los anteriores, se tienen los Volcanes Machín, Páramo de Santa Rosa, El Cisne y Cerro Bravo, más bajos, sin nieves perpetuas y no activos en tiempos históricos. De los 4.800, hacia arriba, el Ruiz está cubierto por nieves perpetuas que ocupan un área de unos 17 km.<sup>2</sup> Directamente de los glaciares del Ruiz,

además del Lagunilla y del Azufrado, descienden también los Ríos Recio, Gualí, Molinos y la Quebrada Nereidas, afluentes del Chinchiná, desagan hacia el occidente, es decir hacia el Valle del Cauca.

#### ANTECEDENTES

Tras un período de 139 años de relativa calma, el 22 de diciembre de 1984 presentó una sucesión de sismos locales que causaron alarma en los

maradores del área próxima al Nevado del Ruíz. Dichos movimientos sísmicos estuvieron acompañados de ruidos subterráneos, intensificación de la normal actividad fumarólica y cambios en la coloración de la nieve por precipitación de azufre. Estos procesos continuaron intermitentemente, con menor intensidad, hasta el 11 de septiembre de 1985 (13:30 hora local), fecha en la cual se produjo una notable emisión de material piroclástico, acompañada de intensas tempestades eléctricas sobre el Cráter Arenas. Hacia las 18.30 horas se inició un pequeño flujo de lodo que avanzó unos 8 km por el cauce del Río Azufrado e interrumpió la carretera Manizales-Murillo (Ingeominas 1985: 6). Los piroclastos emitidos en esa oportunidad alcanzaron las poblaciones de Manizales y Chinchiná, donde dejaron una delgada película de polvo. La actividad fumarólica y sísmica continuó, con altibajos, hasta el 13 de noviembre de 1985, cuando se inició la actividad eruptiva que afectó localmente los glaciares (fusión por actividad de nuevas fumarolas, deshielo por caída de piroclastos calientes, desprendimiento de grandes masas de nieve por efectos sísmicos) y desencadenó flujos de lodo por los Ríos Lagunilla, Azufrado, Gualí, Molinos y Quebrada Nereidas, causando la destrucción total de Armero, de algunos barrios de la ciudad de Chinchiná (Departamento de Caldas), de algunas casas en Mariquita y varios edificios en Honda. De acuerdo con las versiones de prensa y de numerosos testigos, ese día se presentó una primera emisión piroclástica hacia las 16 horas y otra más notable, acompañada de fuertes explosiones, hacia las 21:30 horas, que se continuó hasta aproximadamente las 23 horas.

La observación visual del Ruíz en la tarde y la noche del 13.11.85 se dificultó por la espesa nubosidad, que produjo torrenciales lluvias en sus laderas. Los primeros signos de las erupciones del Ruíz se percibieron en Armero hacia las 17:30 horas, cuando comenzó a caer ceniza volcánica del tamaño de arena gruesa. No obstante, al parecer, la precipitación de cenizas, algo más finas, había empezado a eso de las 16 horas, pero mezcladas con agua lluvia, por lo cual pasaron desapercibidas para la mayoría de la población.

#### EL FLUJO DE LODO DEL 13.11.1985

#### VALLES DE LOS RÍOS AZUFRADO Y LAGUNILLA

Teniendo en cuenta las observaciones en el terreno, los fenómenos meteóricos antedichos, así como las versiones periódicas y de testigos,

puede postularse que la fase líquida del torrente de lodo resultó de la conjunción de aguas de diferente origen: del deshielo del casquete del nevado, de aquellas provenientes de la erupción (posiblemente freáticas y juveniles de altas temperaturas), de las captadas normalmente por los sistemas de drenaje de estos ríos y de aguas-lluvia resultantes de la persistente precipitación torrencial que acompañó el evento volcánico.

Estas aguas, captadas en las cabeceras de los ríos y a lo largo de su curso, incluyeron y arrastraron a su paso material heterogéneo proveniente de depósitos piroclásticos sueltos formados por erupciones antiguas (tefras, lahares, flujos de escombros, etc.), piroclastos incandescentes expulsados por la erupción del 13.11.1985, material acumulado en los valles de los ríos (aluviones, coluviones). A esta masa se adicionó además material arrancado de la cubierta vegetal, de los suelos y del sustrato rocoso mismo, como lo indica el arrasamiento observable en los sitios por nosotros estudiados (puente Villahermosa-Casabianca, represa del Sirpe, etc.) y a lo largo de todo el trayecto, según se constató en diversas inspecciones aéreas. Al respecto, el análisis macroscópico de la composición y algunas características texturales de los clastos y la matriz de la fase sólida del flujo de lodo, depositada un poco al S de la pista de aterrizaje de Armero, concuerda, según se deduce de la Fig. 2, con los diferentes tipos de rocas que atraviesan los ríos en su paso:

#### Fracción Gruesa. Composición:

- Esquistos verdes cloríticos	33.0%
- Andesita gris, porfirítica	22.5%
- Andesita negra porfirítica, fenocristales félsicos	12.7%
- Andesita rojiza porfirítica, fenocristales félsicos	12.2%
- Cuarzo lechoso	7.0%
- Esquisto gris oscuro	4.0%
- Granodiorita	2.8%
- Anfibolita	2.8%
- Filita verde	2.8%
- Esquistos negros, grafitosos	1.4%
- Andesitas con xenolitos de esquistos	1.4%

#### Redondez

- Granodioritas	Redondeadas
- Vulcanitas	Redondeadas a subredondeadas
Metamorfitas	Angulares a subangulares (tabulares).
- Cuarzo lechoso	Angular a subangular

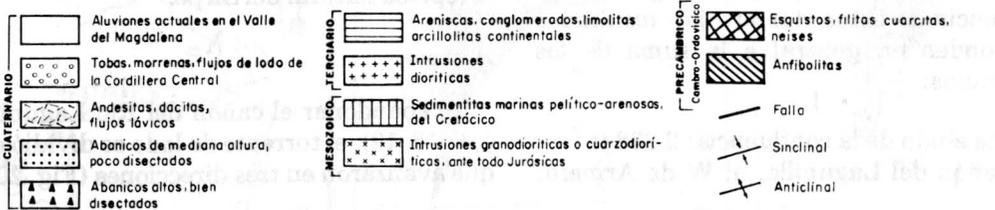
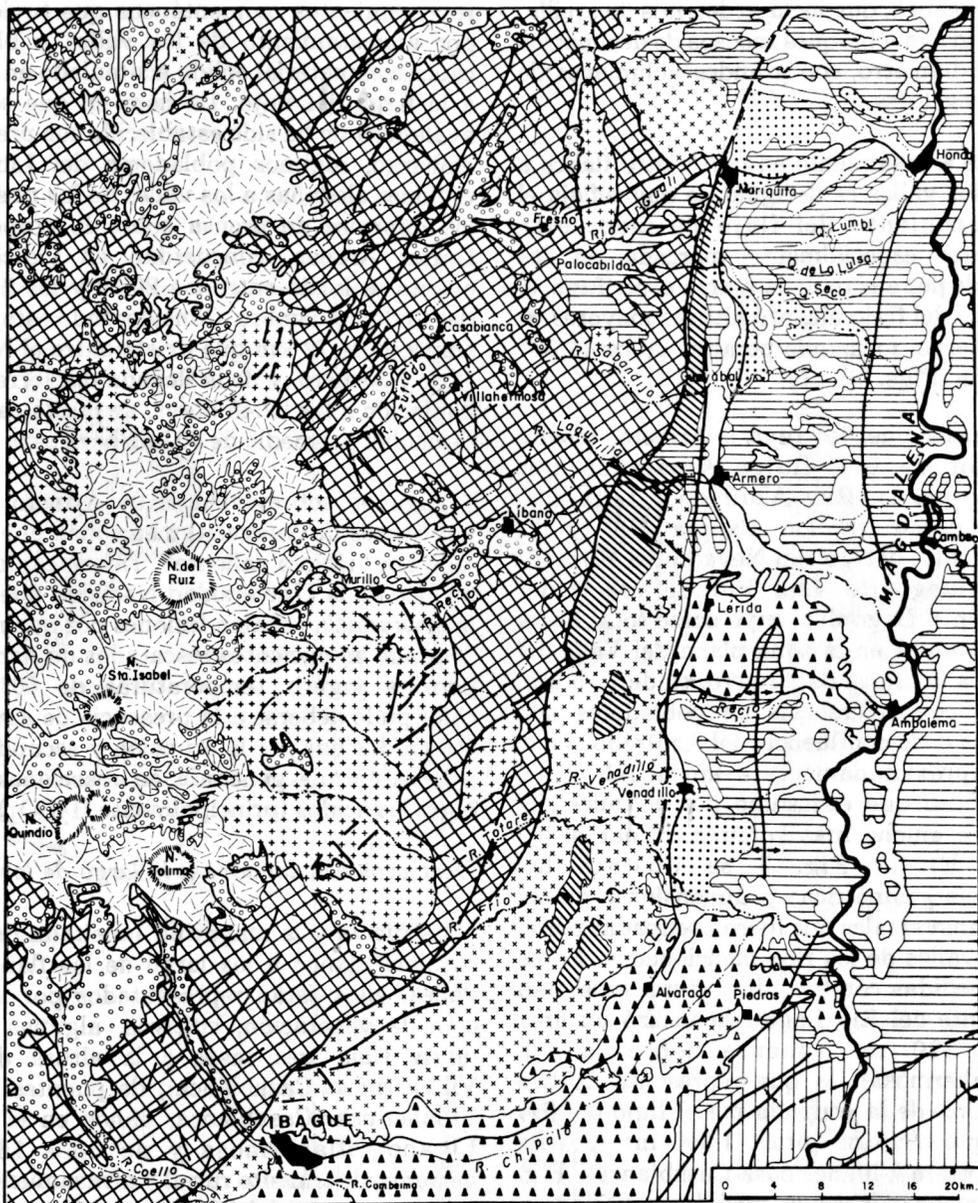


Fig. 2. Mapa geológico que incluye el "Parque Nacional de los Nevados" y el extremo meridional del Valle Medio del Magdalena. Modificado de Kassem & Arango (1976).

**Matriz**

- Compuesta por grava, arena y limo (angulares). La selección es mala.

Algunas personas que observaron el paso del torrente de lodo hacen referencia al intenso ruido

("rumbidos") producido, así como al desprendimiento de chipas de fricción por el choque de los elementos de la carga, y de éstos contra las paredes del lecho rocoso, lo cual evidencia la enorme capacidad erosiva de la masa fluida. De acuerdo con lo anterior se puede asumir que el flujo fue desde las cabeceras de los ríos una mezcla

densa, heterogénea, que incluyó detritos de arcilla, limo, arena, grava y bloques rocosos de decímetros a metros de diámetro, con grandes volúmenes de escombros vegetales.

El nivel de arrasamiento en uno y otro flanco a lo largo de los valles es desigual, lo que refleja el carácter turbulento del flujo de lodo; esta situación está especialmente marcada en las curvas, donde por efecto de la fuerza centrífuga, el nivel máximo del flujo alcanzó alturas mayores en el flanco externo, formando peraltes de hasta 30° de inclinación (Figs. 3B, 19).

La avalancha que destruyó a Armero, resultó de la unión de dos flujos separados que descendieron por los Ríos Azufrado y Lagunilla, los cuales nacen en los flancos NE y E, respectivamente, del Volcán Nevado del Ruiz. El Azufrado, luego de 49.3 km de recorrido, desemboca en el Lagunilla, cuyo curso total hasta su desembocadura en la zona plana del Valle del Magdalena, a la altura de Armero, es de 72.5 km. De acuerdo con referencias de pobladores que habitan cerca de la confluencia del Azufrado con el Lagunilla, aproximadamente 4 km al NNW del Líbano, el flujo que descendió por el cauce del Azufrado fue mucho más voluminoso que el del Lagunilla. En la Fig. 3 se ilustran las características geométricas y dimensiones de las secciones transversales que fueron ocupadas por el flujo en los valles de los ríos mencionados. Estas secciones, medidas con brújula y cinta, muestran que el torrente del Río Lagunilla utilizó un área aprox. de 320 m<sup>2</sup> (puente sobre la vía Líbano-Villahermosa), lo que representa apenas una sexta parte de la ocupada por el flujo del Río Azufrado, que alcanza aprox. 1.900 m<sup>2</sup> (puente sobre la carretera Villahermosa-Casabianca), Fig. 4). Otras secciones de cauce, medidas aguas abajo de la confluencia de estos ríos arrojan resultados que corresponden en general a la suma de los aportes de ambos:

- 200 m aguas abajo de la confluencia: 2.238 m<sup>2</sup>
- Boca del cañón del Lagunilla, al W de Armero: 2.200 m<sup>2</sup>
- Represa natural de El Sirpe, Santa Cruz: 3.711 m<sup>2</sup>: en esta sección, 1.095 m<sup>2</sup> corresponden al área de la represa y aproximadamente 400 m<sup>2</sup> al salto del lodo, como consecuencia de que la represa actuó de rampa o trampolín. Las versiones obtenidas en diferentes sitios indican que el torrente de lodo no fue un evento único, sino que transcurrió de manera intermitente, como pulsos sucesivos o "bombadas" durante cerca de dos horas y media, lo que se debía seguramente a los

represamientos momentáneos que tuvieron lugar por angostamiento de los valles y bloqueo del cauce con material sólido acumulado en el frente y a lo largo del flujo. La hora en que se inició la avalancha no ha sido establecida con precisión; sin embargo, algunos pobladores del Líbano y de regiones aledañas a los valles de los ríos, así como los informes de prensa sobre la erupción en el Cráter Arenas, concuerdan en indicar que el evento se inició entre las 20.30 y las 21.00 horas del 13 de noviembre. Considerando este hecho y el trayecto de 72 km que existe entre el Nevado del Ruiz y Armero, y de la llegada del torrente a esta población a las 22.45 horas, se puede calcular una velocidad promedio de 40 km/hora para el flujo.

Algunos sobrevivientes de Armero y algunos habitantes de Guayabal mencionan que el flujo de lodo era "tibio a caliente". Informes del personal médico de la Universidad Nacional que atendió a la emergencia señalan lesiones por quemaduras de 2° grado en pacientes rescatados de Armero. Esto permite sugerir temperaturas de 60°-70°C. El calor pudo deberse a la presencia de aguas calientes producidas por la erupción y secundariamente a la exotermia generada en reacciones químicas entre los ácidos (principalmente H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y el agua.

#### *Destrozos ocasionados a lo largo de los valles*

La fuerza y la magnitud inusitada del torrente ocasionó daños a lo largo de los flancos de los valles; ellos están representados por la destrucción de vegetación, cultivos, algunas viviendas (entre ellas tres casas a la altura del puente Villahermosa-Casabianca), de puentes (en la vía Villahermosa-Casabianca, daños en el de la vía Líbano-Villahermosa y de unos 16 puentes menores, de tránsito rural) y arrasamiento total de la represa natural del Sirpe.

#### *Armero*

Al abandonar el cañón del Río Lagunilla (Figs. 5, 6, 18, 19), el torrente de lodo se dividió en brazos que avanzaron en tres direcciones (Fig. 20):

- El de mayor dimensión se proyectó sobre el centro de Armero, arrasando las construcciones por las bases (Fig. 7), y enrumbo por el cauce antiguo del río ("Río Viejo"), hasta unos 18 km al E, donde alcanzó el caserío de Santuario que quedó cubierto de lodo areno-gravoso, hasta alturas entre 1.3 y 1.5 m.
- El septentrional sobrepasó una baja divisoria de aguas y siguió, por unos 8 km, hacia el Norte, por

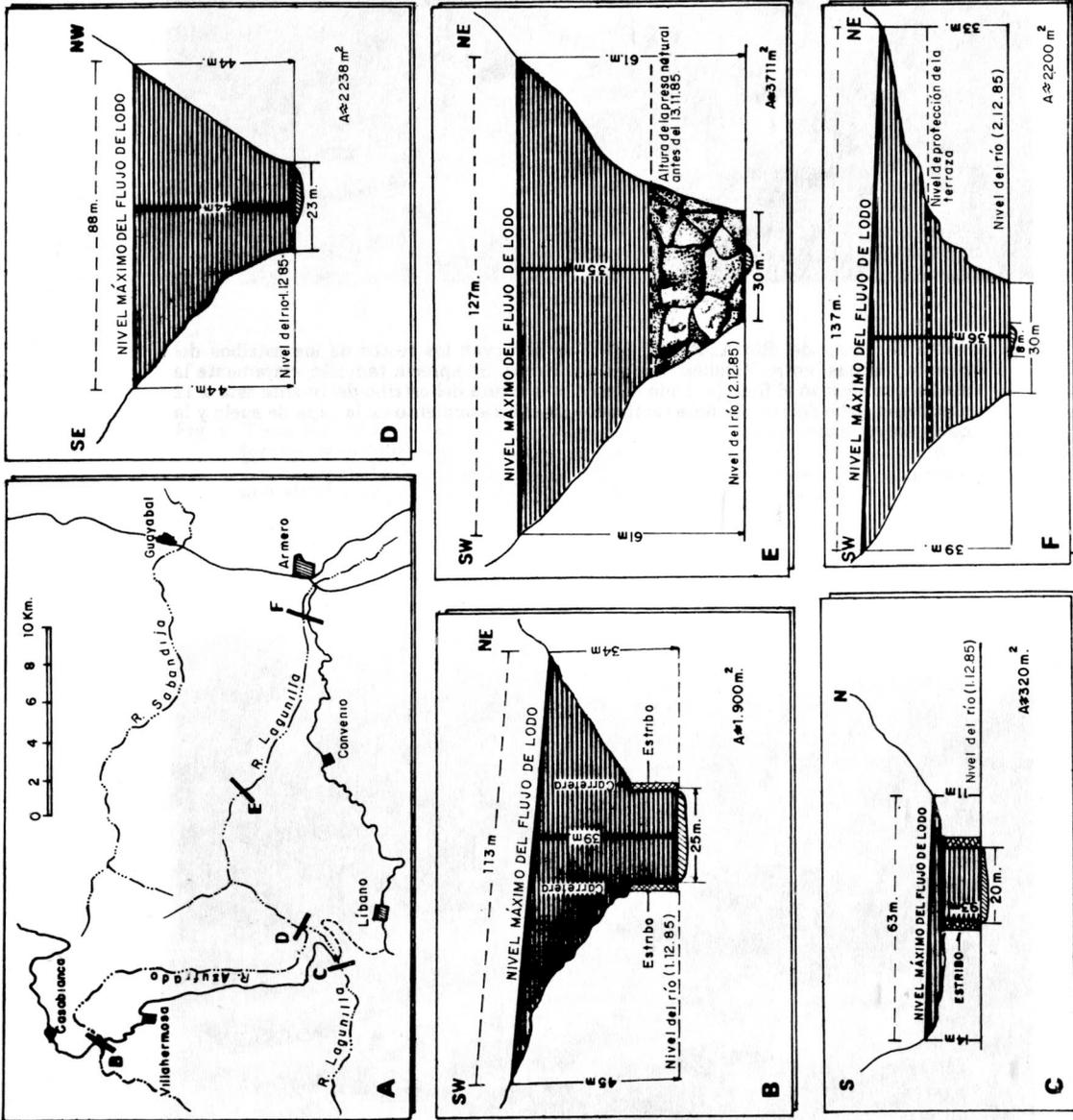


Fig. 3. Secciones transversales investigadas a lo largo de los Ríos Lagunilla y Azufrado, luego del flujo de lodo del 13.11.85. A: localización; B a F: perfiles transversales con indicación de las alturas máximas alcanzadas por el torrente en cada sitio; en los cortes, abajo a la derecha, se indica el área (A) ocupada por el flujo en cada sección. Detalles en el texto.



Fig. 4. Vista del cauce del Río Azufrado, donde se observan los restos de los estribos del puente (flechas) entre Villahermosa y Casabianca. Se aprecia también claramente la altura que alcanzó el flujo (a modo de escala, la altura del estribo del puente está a 12 m sobre el lecho del río). Se nota también el total arrasamiento de la capa de suelo y la cubierta vegetal.

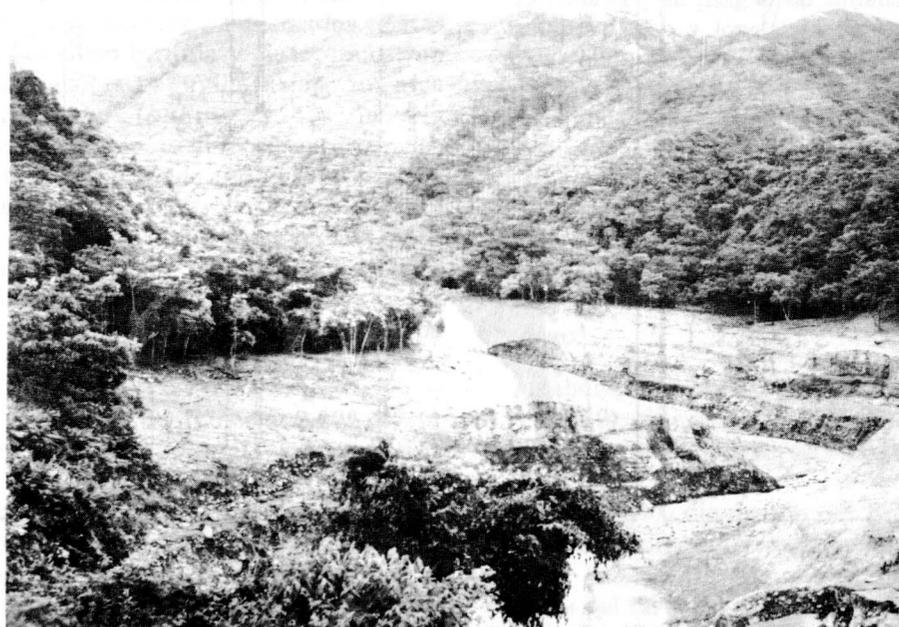


Fig. 5. Aspecto del cauce del Río Lagunilla, 20 días después del flujo de lodo del 13.11.1985, en un punto situado a unos 600 m arriba de su salida al Valle de Armero. La diferencia de altura entre el nivel de las aguas y los bordes de arrasamiento de la vegetación varía entre 25 y 30 m. Las terrazas que forman los taludes del cauce son antiguas y fueron erodadas, en parte, por el flujo.

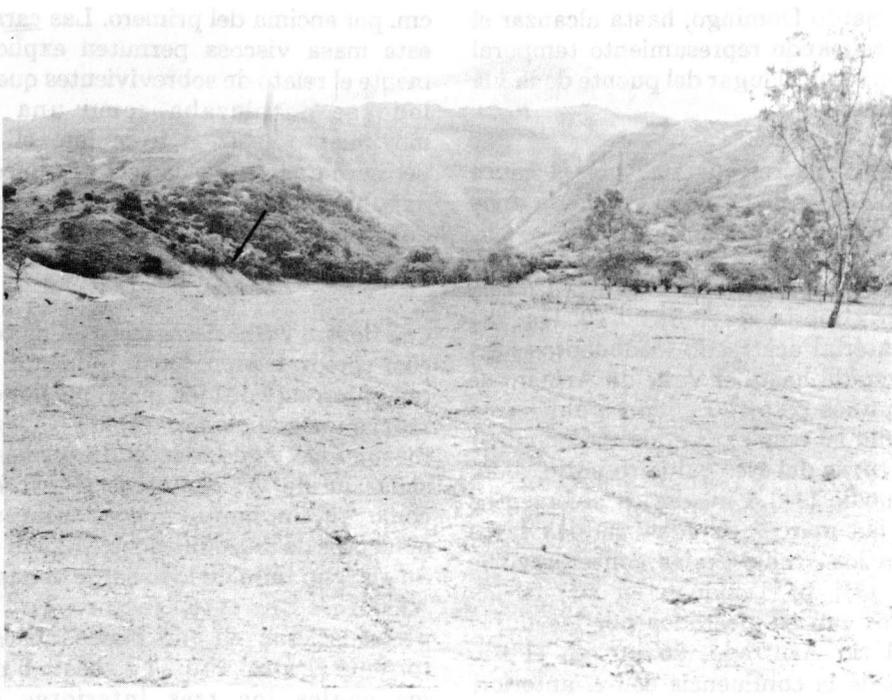


Fig. 6. Toma frontal en la boca del cañón del Río Lagunilla. En primer plano se observa la terraza de la ribera septentrional, situada a unos 15 m. Sobre el cauce del río, y que fue sobrepasada por el flujo de lodo. Al fondo, en la ribera meridional, puede verse una altura mayor de arrasamiento (flecha). Foto tomada hacia el W.

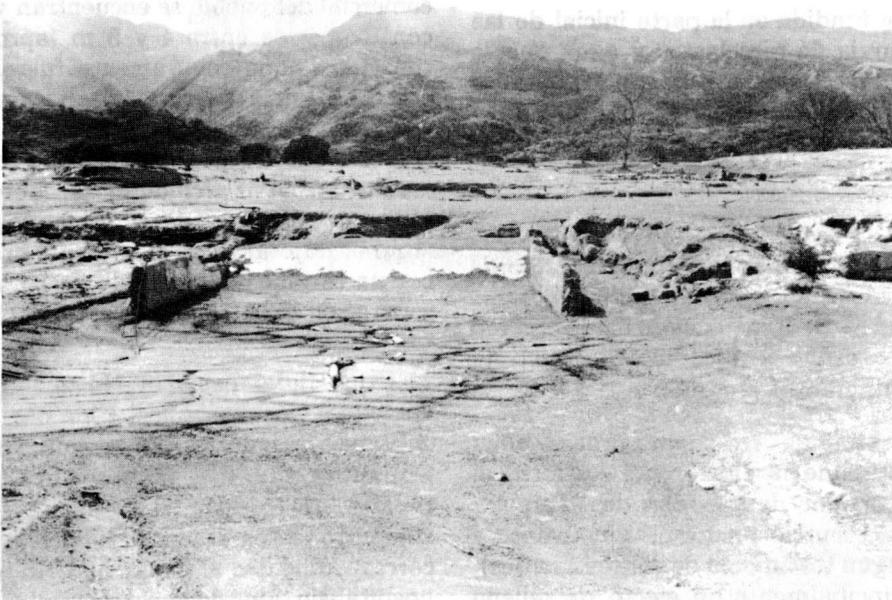


Fig. 7. Vista general que muestra los efectos devastadores del brazo principal del flujo de lodo del 13.11.1985 (caracterizado por el poder erosivo, debido a su poca viscosidad y rapidez) que afectó la parte central y sur de Armero. Se observan algunos cimientos de las construcciones, además de los cortes, en forma de pequeños escalones, excavados sobre antiguos flujos, sobre los cuales se había construido la ciudad de Armero.

el valle de la Q. Santo Domingo, hasta alcanzar el Río Sabandija, causando represamiento temporal (unas 8 horas) en él, en el lugar del puente de la vía Armero-Guayabal.

- El tercero y más discreto avanzó por el cauce habitual del Río Lagunilla, por un tramo de unos 10 km, hasta la Hda. La Vuelta.

El área afectada por el flujo de lodo alcanzó una extensión aproximada de  $3.387 \pm 10$  Ha. El volumen del material acarreado (sedimentos más agua) por la avenida hasta el Valle de Armero se ha calculado en unos 80 a 100 millones de metros cúbicos. Para ello se emplearon dos métodos: a) A partir de las cifras del área cubierta por el lodo, el espesor promedio ( $\approx 1.5$  m) de los sedimentos depositados y las marcas dejadas por las fases más líquidas en los árboles y las construcciones (Figs. 13, 14, 17); b) Teniendo en cuenta las longitudes de los cauces afectados por los flujos (49.3 km en el río Azufrado, 35 km en el Río Lagunilla antes de la confluencia con el anterior, 23 km en el Río Lagunilla luego de la confluencia con el Azufrado), el espesor promedio del material erodado de las paredes de los cursos ( $\approx 1$  m), la altura de los flujos en cada uno de los ríos (Fig. 20), el volumen estimado de sedimentos arrancados del fondo de los cauces —profundizados en general entre 4 y 5 m—, la cantidad de nieve desprendida o fundida de los glaciares correspondientes (unos 35 Mm), los detritos involucrados por la nieve fundida en la parte inicial de las cuencas, y la lluvia de piroclastos y agua que se sumaron al agua de deshielo. Empero, los detalles con respecto a la cuantificación de los diferentes parámetros serán motivo de una publicación posterior.

La densidad, la velocidad, la duración del paso del flujo, y las diferencias topográficas, además de "obstáculos artificiales", como un molino de arroz (fig. 8) situado al W de la población, determinaron que la región resultara afectada de distinta manera en sus diferentes sectores:

- A partir del Molino de Arroz san Lorenzo, en el sector que comprende la Iglesia del Carmen, el Hospital y el surtidor de gasolina de "Terpel", una fase espesa escurrió en forma envolvente e intermitente (según testimonio de sobrevivientes), produciendo principalmente un efecto de relleno parcial de calles y plantas bajas de edificaciones hasta una altura aproximada de 2 m (Figs. 9, 10). El torrente de lodo estaba compuesto principalmente de carga sólida con una pequeña fracción líquida; esta última sólo ascendió hasta unos 50

cm. por encima del primero. Las características de esta masa viscosa permiten explicar razonablemente el relato de sobrevivientes que narran que el lodo se desplazaba como una muralla con movimiento lento e irregular; el mismo hecho permitió que pequeños sectores quedaran exentos de cubrimiento del lodo (Fig. 11), como fue el caso de algunas calles al E del surtidor de gasolina de Terpel.

- El Centro y Sur de Armero (zona comercial, bancos, catedral, etc.) fue totalmente destruido, ya que el torrente de lodo que fluyó por este sector fue mucho más violento, rápido y seguramente de menor viscosidad; las edificaciones fueron arrasadas desde los cimientos (Figs. 7, 12). Es así como en un punto puede observarse bajo los cimientos de una edificación, 1.20 m del espesor de un antiguo flujo de lodo sobre el que se construyó Armero. En este sector, en árboles que permanecieron en pie puede observarse que el torrente alcanzó alturas de hasta 5 m (Fig. 17), de los cuales los tres inferiores seguramente arrastraban carga gruesa (bloques de decímetros a metros de diámetro), que descortezó los tallos hasta esa altura. El residuo sólido se depositó en espesores muy variados, entre unos centímetros y 1.70 m; estos últimos en forma de barras con bloques que llegan hasta 1 m de diámetro; localmente se observa imbricación en los clastos. En el sector donde se emplazaba la parte central y comercial del pueblo se encuentran varios bloques con diámetros entre 4 y 5 m (aprox. 250 a 300 toneladas), que seguramente fueron arrastrados unos 2.5 km a partir de la boca del cañón del Lagunilla. En su parte distal, sector de Santuario, el depósito se caracteriza por lodo con predominio amplio de matriz arcillo-limosa, sobre una pequeña carga de clásticos de centímetros de diámetro. Aquí el flujo alcanzó alturas del orden de 2.1 m, con un residuo sedimentado de 1.2 m, luego de la separación de la fase líquida (Figs. 13, 14).

- El que fluyó hacia el Norte, en dirección de Guayabal, alcanzó unos 4 m por encima de la superficie, con un depósito residual de hasta 1.5 m. Considerando los aspectos de viscosidad y rapidez, el torrente de lodo de este brazo se comportó con características intermedias entre los correspondientes al denso que "inundó" el sector hospital-surtidor de gasolina-molino de arroz, y el que arrasó la parte central y sur de la población. Es así como algunas edificaciones a pesar de la destrucción de algunos muros dispuestos perpendicularmente a la dirección del flujo, lograron mantenerse en pie (hospital psiquiátrico, desmo-

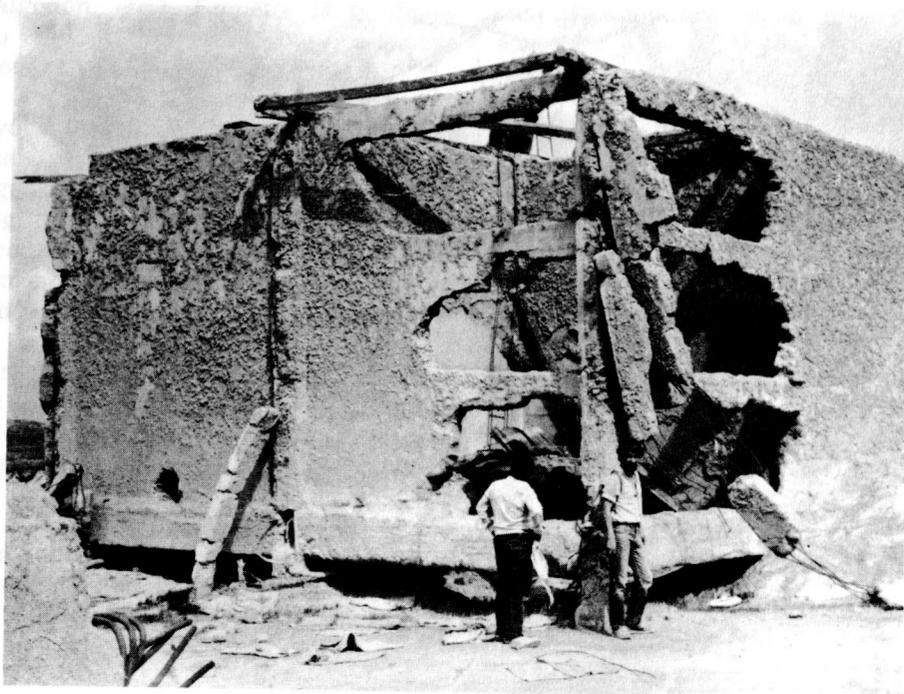


Fig. 8. Vista de los restos del molino de arroz "San Lorenzo". Esta edificación se encontraba en el extremo W del sector de la población afectado por la fase espesa y viscosa. Puede observarse que, si bien el depósito de la fase sólida sólo cubrió la planta baja, el efecto destructor sobrepasó la altura total del edificio.



Fig. 9. Otra vista del sector afectado por la fase espesa del flujo de lodo. La edificación corresponde al hospital de Armero, situado al lado de la vía que atraviesa la población y que comunica a Ibagué con Honda. La carretera, limpiada hasta el nivel del asfalto, permite apreciar bien la altura del lodo, en este punto cercana a 2 m.



Fig. 10. Vista de una casa afectada por una fase viscosa del flujo de lodo en el sector septentrional de Armero, cerca de la estación de gasolina de Terpel. En este caso el lodo, que vino del norte, empujó e hizo ceder la puerta del garaje y las ventanas, y alcanzó una altura desigual, entre 1.2 y 1.6 m.



Fig. 11. La naturaleza viscosa del lodo que cubrió un sector de Armero permitió que parte de unas pocas calles quedara intacta; en la figura se muestra una de ellas. Al fondo puede apreciarse la destrucción ocasionada (árboles caídos, postes derrumbados) y los despojos arrastrados (flecha).

tadora de algodón, etc.). Empero, la corriente lodosa tuvo energía suficiente para arrancar localmente los rieles de la vía férrea (Fig. 16).

- El que fluyó a lo largo del cauce actual del Río Lagunilla fue el menos destructivo y se extendió como un angosto brazo. Fue predominantemente líquido y seguramente tuvo lugar en las etapas finales del proceso, una vez que el torrente de lodo arrasó a Armero y las últimas fases líquidas se reencauzaron por el curso habitual del río.

Considerando todo lo expuesto anteriormente y sopesando la información disponible, resulta difícil reconstruir el evento en todas sus etapas y características; sin embargo, es posible concluir que:

- El Torrente sobre Armero no se produjo como una sola avenida, sino como oleadas sucesivas ("bombadas") que fluyeron durante un tiempo largo, quizás de varias horas.

- En algunos sectores, a decir de los sobrevivientes la avenida se presentó primero en forma de una fase eminentemente acuosa, a manera de inundación (sector central y comercial).

- El comportamiento diferencial del torrente sobre el área afectada parece estar controlado, principalmente, por la ocurrencia de sucesivos pulsos de lodo de diferente viscosidad y por las variaciones topográficas presentes antes de la avalancha (diferencias de sólo unos pocos metros). De esta forma, el torrente espeso que cubrió el sector al Este del molino de arroz, y que resultó el menos afectado, se sitúa sobre una loma baja, orientada según un eje E-W, mientras que el flujo violento que arrasó el sector central y comercial, que seguramente ocurrió después del más viscoso, aprovechó la parte topográficamente más baja.

## REVISION HISTORICA Y COMENTARIOS

Por considerarlo de interés científico y práctico, a continuación se transcriben y analizan algunas de las narraciones sobre flujos de lodo en la región de Armero, ocurridas en tiempos históricos, o sea luego del descubrimiento de América. Dichas narraciones, aunque por lo general poco precisas, permiten dilucidar las características y dimensiones de tales eventos y constituyen herramienta valiosa para efectos de la comprensión y comparación del flujo de lodo del 13 de noviembre de 1985 con los precedentes. Así mismo el examen de la información contenida en ellas facilita la

cuantificación del riesgo geológico a que está sometido este sector del Valle del Magdalena (Figs. 20 a 23) ante eventuales avenidas de lodo por el Río Lagunilla, relacionadas con repentinos deshielos en el área del VNR.

Vale la pena anotar aquí que, reproducciones fragmentarias o completas de los relatos históricos, de por sí de difícil consulta en las fuentes originales, aparecen en diversas obras o artículos, entre los que se tienen: Ramírez (1975), Goberna (1985), Calvache et al. (1985), Hermelín et al. (1985), Forero Benavides (1986).

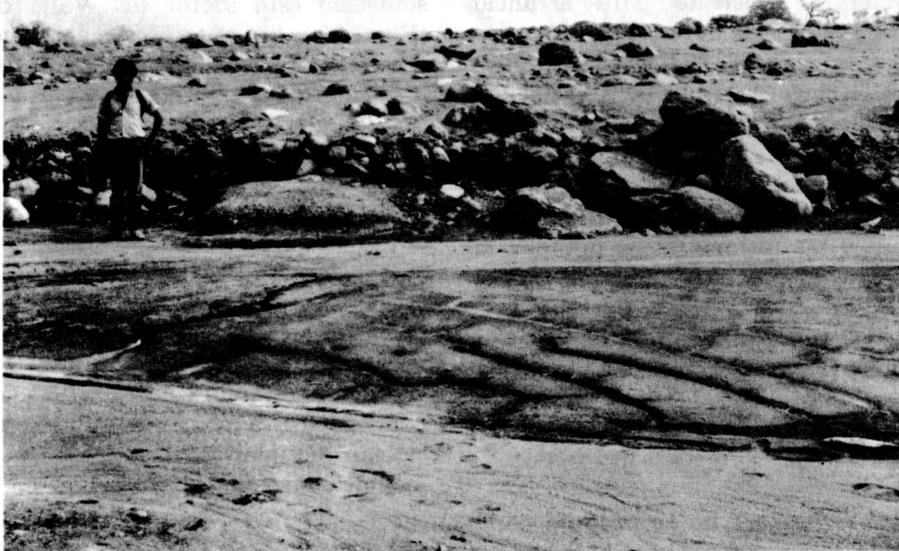
Para facilitar la lectura de las narraciones que nos ocupan, a continuación se dan las equivalencias actuales de las unidades castellanas de medida utilizadas por los autores respectivos:

1 legua = 5.572,7 m  
1 legua cuadrada = 3.105,5 hectáreas  
1 vara = 83,5 cm  
1 pie = 28 cm  
1 estado = 7 pies = 1,96 m

## EL FLUJO DE LODO DE 1595

Fray Pedro Simón, clérigo español llegado al Nuevo Reino de Granada en 1604, describe en 1625 el evento que afectó el VNR y el valle del Río Lagunilla el 12 de Marzo de 1595. Es claro, sin embargo, que dicho autor tuvo que utilizar para ello testimonios y documentos ajenos. Se trata de dos relatos; uno según la versión de personas que observaron el fenómeno desde el poblado de Toro, situado en el valle del Río Cauca, en el pie oriental de la Cordillera Occidental, a unos 90 km en línea recta del Ruiz; otro, siguiendo la descripción de observadores anónimos de los hechos desde la ciudad de Mariquita. El primer relato dice así:

Sucedió, pues, que el día, mes y año dichos. (12 de marzo de 1595), habiendo salido el sol muy claro y despabilado, a dos horas de su luz, que sería como a las ocho, salió de este volcán un tan valiente, ronco y extraordinario trueno, y tras él otros tres no tan recios, que se oyeron en distancia de más de cuarenta leguas en su circunferencia, y mucho más a la parte que soplabla el viento: tras los cuales comenzaron a salir tan crecidos borbollones de cenizas...y comenzó a caer envuelta con piedra pómez, tan menuda como arena, que fué acrecentándose poco a poco, hasta ser como menudo granizo, y que hacía el mismo ruido que en los tejados. Duró esto como dos horas, habiéndose aclarado



**Fig. 12.** Sector marginal del flujo rápido que destruyó el centro de Armero en Noviembre de 1985. En primer plano parte del área arrasada por las bases; el canalillo fue formado por escorrentía de aguas superficiales. En segundo plano un depósito en forma de barra longitudinal, que alcanza hasta 1.5 m de altura; la barra se compone principalmente de bloques poligénicos, subredondeados, mal seleccionados y con imbricación evidente. La corriente fluyó de derecha a izquierda. Vista tomada hacia el sur, a unos 200 m al SE del lugar donde se encontraba el "Banco de Colombia".



**Fig. 13.** Aspecto de los destrozos causados por el tramo distal del flujo de lodo del 13.11.1985 en el caserío de Santuario. Nótese la ausencia de material grueso en la superficie, las marcas del flujo de lodo en las paredes y las grietas de desecación. Algunas paredes, perpendiculares a la dirección de la corriente cedieron al empuje de la avenida; los muros paralelos al flujo permanecieron intactos. Foto tomada hacia el oriente, el 25 de Enero de 1986.

algo el aire, hasta que después de ellas tornó a oscurecerse con un nubarrón tan espeso que no se podía leer una carta, con ser casi medio día, prosiguiendo siempre el llover la ceniza y piedra pómez hasta las dos del día con aquella oscuridad, porque aclarando entonces, quedó el horizonte como día nublado. No cesó de llover de esta ceniza en toda la noche, de suerte que a la mañana estaba toda la tierra cubierta de más de una cuarta de piedra pómez y ceniza, que bajando pegajosa con la humedad que debía de tener el volcán de donde salía, se pegaba mucho a donde quiera que caía; y así se descubrió al otro día la tierra tan triste y melancólica, cubierta de ceniza, árboles y plantas, sembrados, casas y todo lo demás, que parecía un día de juicio. Los ganados bramaban por no hallar que comer; las vacas no daban leche a sus becerros; las legumbres de las huertas no se parecían y como por la mayor parte es toda esta tierra de montañas y arboledas, que todo el año están frescas, verdes y alegres a la vista, se acrecentaba la melancolía de verlas hechas montes y árboles de ceniza que se extendió tanto hacia la parte del occidente, a donde debiera de correr el viento, que llegó hasta la ciudad de Toro, que está de la Cartago veintiocho leguas, que con las ocho que hay de volcán a la ciudad de Cartago, vienen a ser más de treinta y seis las que voló, con gran daño de esta ciudad de Toro, pues acertando a estar tiernos los maíces todos los derrumbó. Los ríos y quebradas corrían espesos, de suerte que los peces que tenían huían de una parte y otra sin saber a donde; muchos de ellos saltaban a tierra buscando socorro contra el raudal de la ceniza. Acudió al del cielo la ciudad de Cartago con procesiones, sacrificios y otras plegarias a Dios que fué servido con su acostumbrada piedad usarla en esta ocasión, enviando tan abundantes aguaceros, jueves y viernes siguientes, que lavaron todos los árboles y tierra, dejándola alegre y regada, de que estaba harto necesitada, por estar muy seca antes que sucediera tempestad. La cual conocieron algunos caminantes que yendo de la ciudad de Mariquita a Cartago, tres días antes tuvieron lugar grandes temblores y bramidos de tierra, que entendieron perecer, y el estado en la noche antes del domingo que llovió esta ceniza, vieron estos españoles que arrojaba el volcán gran número de piedras pómez, tan grandes como huevos de avestruz; de allí para abajo hasta gruesos de huevos de paloma, tan encendidos

chispeando, como sale el hierro de la fragua, que parecían estrellas erráticas; daban algunas sobre ellas y sobre sus caballos, que no los inquietaban poco. La parte que este cerro mira al oriente, que es la de la ciudad de Mariquita, por una pequeña abra, por donde salía tanta agua como una naranja, reventó con tan gran fuerza que hizo una abertura de más de trecientos pasos en ancho, y de doscientos estados en hondo (de suerte que se hubo de echar el camino real que iba por allí, por otra parte), y por la que salía la poca agua comenzó a salir grueso de dos bueyes, dura hasta hoy, con que creció en aguas el río Gualí, que es el que riega los cimientos de la ciudad de Mariquita; el cual y otro su compañero, que corre al sur, que llaman el de la Lagunilla, y se originan ambos de la nieve que se derrite de este cerro, corrían tan cuajados de ceniza que más parecía mazamorra de cernada que agua.

Salieron ambos de madre, dejando la tierra por donde derramaron tan quemada que en muchos años después no producía la tierra ni aún pequeñas hierbas; los pescados de ambos ríos, que por ser muy grandes tienen muchos, no pudieron huir de la tempestad encenizada que los traía antecogidos, parecían entre aquel barro cenizoso, que llegando así ambos ríos al de la Magdalena, donde entran, no dejaron de turbarle algo sus aguas, aunque son tantas.

Otra parte de aquella orilla abajo, y llegando a aquel volcán que allá en las entrañas está ardiendo, como se conoce en el fuego y humo que echa de cuando en cuando, con la contradicción del agua y fuego le hizo vomitar aquella ceniza y piedra pómez por donde pudo (al modo que se levanta la ceniza cuando se le hecha el agua al fuego), y reventando ella por la parte más flaca, vino a salir aquel borbotón de agua tan grande y a durar sin cesar, por durar el origen de donde viene..."

#### *Comentario.*

Es claro que el evento del 12 de marzo de 1595 se debió a una notable erupción del VNR, ya que las explosiones principales se escucharon hasta unos 100 km al W del volcán, dirección en la cual soplaba el viento. Dado que la caída de ceniza, con espesor cercano a 20 cm, sobre Toro y Cartago persistió durante el día y la noche de la erupción, y que en su tamaño varió entre el de "menuda

arena" y "menudo granizo" que causaba ruido en los tejados, se deriva que la emisión de piroclastos en el Ruíz duró varias horas y que la erupción fue en proporción mucho mayor que la acaecida el 13 de noviembre de 1985.

Al parecer, el suceso volcánico de 1595 estuvo precedido de temblores y ruidos subterráneos muy evidentes, y dió lugar a la precipitación de grandes e incandescentes bombas en las proximidades del cráter; "en la noche antes del domingo que cayó esta ceniza" significa que los viajeros que iban de Mariquita a Cartago observaron algunas explosiones previas a las detectadas en el Valle del Cauca. La mención de un boquete formado por las explosiones en el costado oriental del Ruíz — con unos 250 m de diámetro y unos 400 m de profundidad, según se infiere del relato — indica sin duda una explosión lateral que indujo a la formación de grandes avenidas de lodo por los Ríos Gualí y Lagunilla, que "corrían tan cuajados de ceniza que más parecía mazamorra de cernada que agua".

Es interesante anotar que el autor, además de la escueta descripción, intenta una interpretación de los acontecimientos ocurridos en el Ruíz, cuando señala que la erupción se debió a la "contradicción del agua y el fuego que le hizo vomitar aquella ceniza y piedra pómez", lo cual alude, tal vez erróneamente, a una explosión de tipo freático-magmático.

En la segunda descripción dice Fray Pedro Simón que:

"Entre esta ciudad y el poniente, a diez y seis leguas de distancia, a donde parte términos con la de Cartago por partes montuosas y partes rasas, está un volcán, el más notable de este reino, el cual es un cerro redondo nevado, altísimo, que de pocas partes del reino se deja ver en tiempo sereno, por la nieve de que está cubierto toda la vida; por cuya cumbre, y entre aquella envejecida nieve, está siempre saliendo una pirámide de humo, que se ve algo encendida en las más oscuras noches. Los rastros de piedra pómez, azufre y arena menuda negra que hay a muchas leguas de sus contornos, en especial a la parte de esta ciudad de Mariquita hasta el Río Grande, dan claras muestras de haber en otros tiempos reventado este volcán por cumbre y sembrado todas estas cosas; pero la reventazón que con evidencia vieron y oyeron los de este reino fue a doce de marzo, domingo de Lázaro del año de mil quinientos

noventa y cinco (1595), como a las once del día, cuando dió tres truenos sordos como de bombardas, tan grandes que se oyeron más de treinta leguas por toda su circunferencia, causados de haber reventado este cerro por bajo de la nieve por el lado que mira al este y nace este río Gualí. Abrió de boca más de media legua, en que quedó descubierta mucha piedra azufre, y debió sin duda hacerse la reventazón por el lado y faldas que siempre las tenía abiertas por muchas partes a causa de que debe tener fuego muy profundo, y la boca de la cumbre angosta, y poder por allí vomitar tanta maleza como arrojó en esta ocasión. En la parte por donde reventó ahora tienen su principio dos famosos ríos, el que hemos dicho de Gualí, vecinos a esta ciudad, y otro mayor que él, a cinco leguas camino de la de Ibagué, que llaman el de la Lagunilla, ambos, como hemos dicho, de la nieve que se derrite de lo alto. Estos debieron atajarse con la tierra que arrojó la reventazón, y rebalsando algún tiempo sus corrientes, salieron después con tanto ímpetu, ayudado por ventura de nuevas fuentes que se abrieron en esta ocasión, que fue cosa de asombro sus crecientes, y el color del agua que traían, que más parecía que agua, masa de ceniza y tierra, con tan prestilencial olor de piedra azufre que no se podía tolerar de muy lejos. Abrasaba la tierra por donde se extendía el agua y no quedó pescado en ninguno de los dos que no muriese. Fue más notable esta creciente que en el río de Gualí, en la Lagunilla, cuya furia fue tal que desde donde desemboca por entre dos sierras para salir al llano arrojó por media lengua muchos peñascos cuadrados, en que se echó de ver su furia más que si fueran redondos, y entre ellos uno mayor que un cuarto de casa. Ensanchóse por la sabana más de media lengua de distancia por una parte y otra, mudando por la una de nuevo la madre, y anegando la inundación todo el ganado vacuno que pudo antecoger en cuatro o cinco leguas, que fue así extendido hasta entrar en el de la Magdalena, abrasando de tal manera las tierras por donde iba pasando, que hasta hoy no han vuelto a rebrotar sino cual y cual espartillo. No se sabe haber hecho otros daños".

#### Comentario.

Esta versión es más clara y concisa que la anterior. La referencia a un volcán con forma de "cerro redondo, altísimo" concuerda con las



**Fig. 14.** Construcciones de bahareque (barro y madera) afectadas por el lodo en el caserío de Santuario. Se aprecia que las casas soportaron bien el empuje de la avenida que alcanzó aquí alturas de 1.9 m, evidenciadas por las marcas en las paredes. La capa de lodo, ya seco, tiene apenas unos 90 cm. El flujo avanzó aproximadamente de izquierda a derecha, según lo muestran los troncos orientados; en los muros se notan las huellas de impactos de la carga más gruesas, que descascararon las paredes hasta casi 1.6 m de altura. Foto tomada en enero 25 de 1986.



**Fig. 15.** Vista de los efectos producidos por el brazo del flujo que corrió hacia Guayabal, por el valle de la Q. Santo Domingo. Se trata, en este caso, de una corriente rápida y de viscosidad intermedia, que pudo volcar el camión mostrado, sin llegar a cubrirlo totalmente, y arrastrarlo por un tramo no establecido. Foto tomada el 24 de noviembre de 1985, cuando el sedimento se encontraba todavía húmedo y blando, sin señales de grietas de desecación.

características del Ruíz. "Por cuya cumbre está siempre saliendo una pirámide de humo, que se ve algo encendida en las noches más oscuras" da a entender que la actividad fumarólica, acompañada de discretas emisiones de ceniza, persistió por varios años en aquella época. "Los rastros de piedra pómez, azufre y arena menuda negra que hay a muchas leguas de sus contornos" (aludiendo a Mariquita) constituye una observación geológica avanzada que, con razón, conduce al narrador a la conclusión de que el Ruíz tuvo múltiples erupciones previas a las de 1595.

El acontecimiento de una explosión lateral, por la falda oriental del Ruíz es en este relato más evidente que en el precedente, ya que esta vez se especifica que las explosiones escuchadas en Mariquita (58 km en línea recta del VNR) fueron causadas por "haber reventado este cerro por debajo de la nieve, por el lado que mira al este y nace este Río Gualí"; lo anterior significa también que el material piroclástico no fue expulsado por el Cráter Arenas. El diámetro de la voladura en las cabeceras del Río Gualí sería de unos 2.800 m, en contraposición a los 280 m indicados en el primer relato.

La narración permite deducir, otra vez, que más que una gran inundación, los sucesos del 12 de marzo de 1595 generaron importantes flujos de lodo por los Ríos Gualí y Lagunilla, pero de mucha mayor magnitud en el último, puesto que con respecto a la villa de Mariquita, situada al borde del Gualí, no reporta daños en las viviendas. La violencia de la avenida por el Lagunilla se evidencia cuando el narrador dice que "al salir al llano arrojó por media legua muchos peñascos cuadrados, entre ellos uno mayor que un cuarto de casa"; como elemento de comparación recuérdese que el 13 de noviembre de 1985, bloques algo menores fueron arrastrados hasta unos 2,5 km de la boca del cañón del Lagunilla.

Por otra parte en el relato se postula que los Ríos Lagunilla y Gualí debieron represarse temporalmente y que sus corrientes salieron después "con tanto ímpetu, ayudadas por ventura de nuevas fuentes que se abrieron en esta ocasión (¿fuentes termales, fumarolas?) que fue cosa de asombro sus crecientes, y el color del agua que traían que más parecía que agua, masa de ceniza y tierra". La mención de que la "inundación" alcanzó el Río Magdalena y que "arrastró el ganado que pudo antecoger en cuatro o cinco leguas" indica que el evento de 1595 superó por mucho al de nuestra más cercana referencia, o sea el de noviembre de 1985.

seguramente la mayor catástrofe histórica producida en Colombia por avenidas de lodo fue la ocurrida en febrero de 1845. De este suceso se tienen descripciones bastante completas, entre las que se cuentan las del Coronel Joaquín Acosta (1846 y 1850) y las de José Manuel Restrepo (1954) y Gustavo Arboleda (1918).

El primer relato de Acosta, según la versión de Hermelin et al. (1985), dice:

"El 19 de febrero de 1845, hacia las 7 de la mañana, se oyó un gran ruido subterráneo en las orillas del Magdalena, desde Ambalema hasta Méndez. Este ruido subterráneo fué seguido por un temblor de tierra en una extensión menos considerable. Luego bajó del Nevado del Ruíz por el Río Lagunilla, un inmenso flujo de lodo espeso el cual, llenando rápidamente el lecho de este río, cubrió o arrastró los árboles y las casas, sepultando hombres y animales. Pereció toda la población de la parte superior y más estrecha del valle del Lagunilla. En la parte inferior, varias personas se salvaron huyendo lateralmente hacia las alturas; otros, menos afortunados quedaron aislados en los altos de montículos donde fué imposible socorrerlos a tiempo para salvarlos de la muerte.

Se evalúa en 1000 el número de víctimas; la mayoría agricultores dedicados al gran cultivo de tabaco de Ambalema.

Llegando a la llanura con ímpetu, la corriente de lodo se dividió en dos brazos: el más importante siguió el curso del Lagunilla, dirigiéndose así hacia el Magdalena; otro, después de haber franqueado una divisoria bastante alta, se apartó siguiendo una dirección formando un ángulo casi recto hacia el norte y recorrió el Valle de Santo Domingo, trastornando y arrastrando selvas enteras que fueron a precipitarse al río Sabandija, que quedó así detenido por una inmensa presa. El peligro de una inundación de las tierras situadas aguas arriba se volvía inminente. Afortunadamente una lluvia abundante que sobrevino durante la noche les dió a las aguas suficiente impulso para abrirse paso a través de ese amontonamiento de árboles despedazados, de arenas, de rocas y lodo fétido, mezclado con enormes bloques de hielo que habían bajado de la cordillera en una abundancia tal que después de varios



**Fig. 16.** Toma en el margen oriental del brazo del flujo de lodo que corrió hacia Guayabal. La foto, tomada cerca de la Granja Experimental de la Universidad del Tolima, muestra cómo la energía de las aguas fue suficiente para levantar y desplazar lateralmente los rieles del ferrocarril, incluidos los piolines.



**Fig. 17.** Arbol con restos de una cerca de alambre y ramas que lo envuelven por la base, marcando bien la dirección del flujo (izquierda a derecha). Aunque el sedimento depositado aquí no pasa de 1 m, las huellas de barro en el árbol indican que las aguas alcanzaron, en este punto, hasta unos 3,5 m de altura. Foto tomada el 15 de noviembre de 1985, en el kilómetro 1,5 de la vía Armero-Cambao.

días aún no se habían fundido enteramente, a pesar de las altas temperaturas (28-29 grados) de esos lugares. Ahora bien esta masa de hielo provenía de una altura de 4.800 m, límite inferior de las nieves perpetuas bajo esta latitud (4° 5'). Por primera vez los habitantes de las tórridas orillas del Magdalena vieron de cerca agua solidificada por el frío. Varias personas fueron congeladas, y fué un espectáculo extraño ver las tibias aguas del Magdalena acarreado bloques de hielo.

El terreno cubierto por escombros y lodo es de más de cuatro leguas cuadradas. Presenta el aspecto de un desierto o de una playa en la superficie de la cual surgen como islotes, amontonamientos de grandes quebrados que resistieron el impulso del torrente. El espesor de la capa de lodo varía mucho: es mayor hacia la parte superior, donde alcanza a menudo 5 a 6 metros. Un cálculo debajo de la realidad daría más de 300 millones de metros cúbicos de material acarreado o expulsado en forma de colada de los flancos del volcán Ruíz.

Se ignoran las causas de esta catástrofe pero según M. Degenhart (1843) ya existía un derrumbe muy considerable hacia el norte de la Mesa del Ruíz y es probable que el de 1845 tuvo lugar sobre la vertiente sur, porque allí es donde nace el Lagunilla. Como durante los grandes terremotos de 1828, se notaron en los ríos grandes cantidades de peces muertos."

#### *Comentario.*

Joaquín Acosta es uno de los primeros naturalistas colombianos que comprendió la importancia del estudio de los fenómenos geológicos y, sobre todo, de la publicación en revistas de circulación asegurada.

En esta narración queda claro que el flujo de lodo de 1845 se dividió en dos ramas principales, una de las cuales alcanzó y represó temporalmente el Río Sabandija, causando alarma en los pobladores del caserío de Guayabal; la otra rama siguió, como en 1595 y 1985 el cauce del Río Viejo. Así mismo es de suponer que una parte importante del torrente siguió el curso actual del Río Lagunilla.

Un aspecto novedoso, y seguramente insólito para muchos lectores, es la mención de grandes

bloques de hielo en el área cubierta por el lodo entre el Río Sabandija, Armero y el Río Magdalena. El hecho de que, a pesar del clima cálido local, tales bloques de hielo hayan permanecido por varios días indica que, en contraposición a noviembre de 1985, en aquella ocasión la temperatura del lodo fue bien baja; tanto que algunos sobrevivientes "murieron congelados". El que parte del hielo haya alcanzado el Río Magdalena señala la ocurrencia de pulsos ricos en fase líquida capaces de transportar el hielo a través de la zona plana.

El área de la zona afectada por el lodo en el valle, de más de "cuatro leguas cuadradas" (más de 12.000 hectáreas) representa un cubrimiento unas cuatro veces mayor que el del flujo de 1985; este estimativo es acorde con los espesores máximos de 5 a 6 m reportados por Acosta, en comparación con los 2.5 m, en el sector del hospital central, en 1985. Una deducción semejante se deriva de comparar el volumen total de material, de "más de 300 millones de metros cúbicos en 1845" contra apenas unos 80 millones de metros cúbicos en 1985.

El segundo relato de J. Acosta, según traducción selectiva de Carlos Villarroel, dice:

"Se acuerda, sin duda, de mi noticia incertada en el acta de la Academia de Ciencias de 27 de Abril de 1846, sobre los flujos de lodo que inundaron una vasta extensión de los bordes del Magdalena en el mes de febrero de 1845. He querido ver las huellas que aún permanecen de esta catástrofe y establecer su origen. Encontré que las arenas y lodos de la inundación, ya consolidados, no son sino un conglomerado traquítico de la misma naturaleza que el que constituye, sobre la orilla izquierda del Magdalena, una zona de 150 kilómetros de largo y 25 de ancho promedio, desde el río Guarinó, al N, hasta el Tuello (error de imprenta, léase Cuello), al S, que he recorrido y examinado.

Me ha llamado la atención la identidad de los fenómenos antiguos y modernos. Así el río Lagunilla (que se puede comparar de un modo general al *Oise*) ha cambiado varias veces de curso. El lecho más antiguo está rodeado de altos parapetos de conglomerado traquítico acumulados sobre la orilla izquierda, que es la más baja. En otro lecho que el río abandonó como consecuencia de nuevos descensos de lodo, comenzó a desarrollarse una selva cuyos árboles tiene hoy

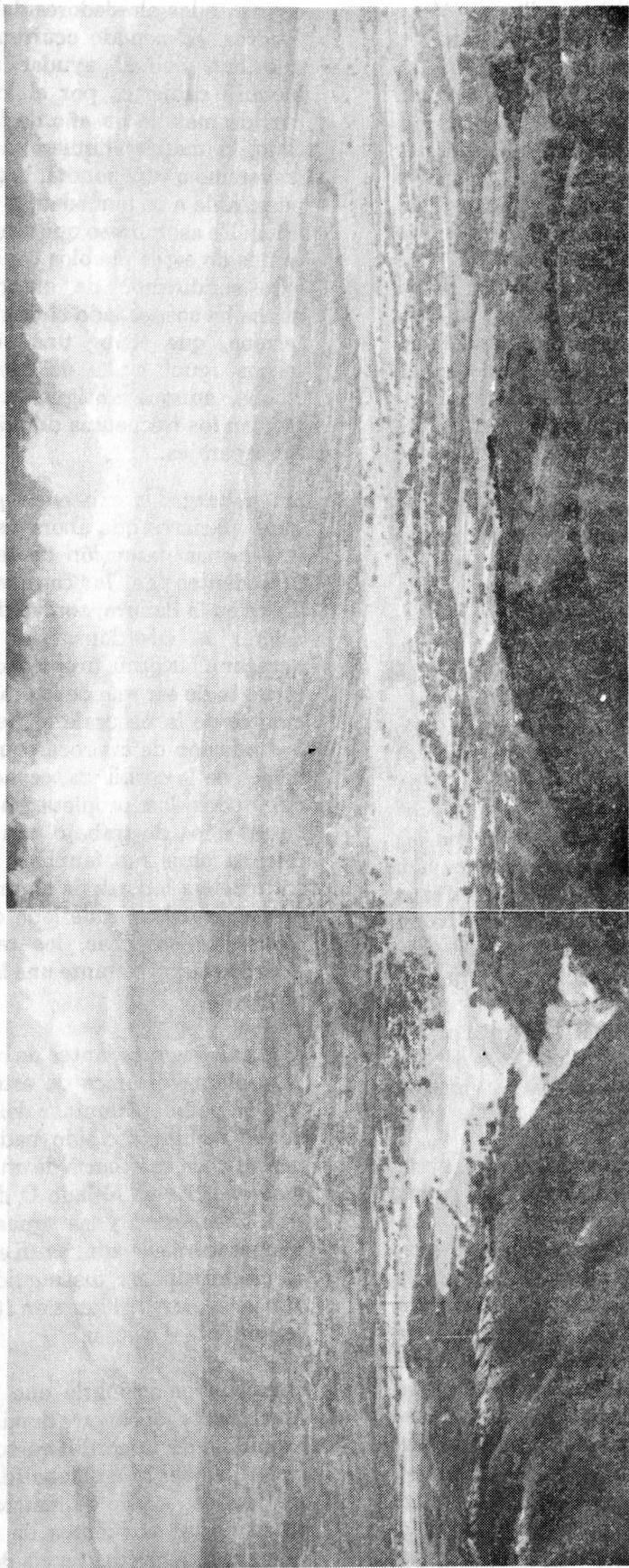


Fig. 18. Vista panorámica de la salida del cañón del Río Lagunilla al Valle de Armero, y de gran parte del área cubierta por el lodo el 13. 11. 1985. Se ve bien la bifurcación del flujo hacia Guayabal (izquierda) y hacia el centro de Armero. Nótese, en primer plano, el efecto de peralte del flujo en las curvas del río.

varios siglos de edad. El Lagunilla siguió su curso actual durante muchos años, pero, en 1845, volvió en parte a su antiguo lecho. Los lodos, los bloques de rocas cristalizadas y los fragmentos de hielo que arrastró entonces, arrasaron los bosques, quebraron los árboles y cubrieron las casas y campos. Una parte del río sigue hoy el antiguo cauce. Tan pronto como en una garganta los árboles se acumulaban, formando un obstáculo, los lodos se extendían a ambos costados hasta que, por la fuerza del impulso de las corrientes, la barrera era traspasada y retirada, aunque solamente en parte, quedando protuberancias que varios años después eran cubiertas por otras inundaciones, de forma que, a menudo, se pueden observar 8 a 10 flujos lodo traquítico pudingiformes, sobrepuestos en los diferentes escalones de las laderas; el fenómeno es más evidente en las partes bajas de la llanura donde las corrientes habían perdido ya una parte de su fuerza, y donde era menos difícil detenerlas; es pues en las orillas del Magdalena donde los conglomerados han adquirido la forma de lomas más elevadas (100 metros). Sin embargo, la fuerza de los torrentes de lodo era suficiente como para atravesar el Magdalena en línea casi recta y formar las lomas de la margen opuesta. Vea el corte No. 3 que dibujé (*Peñón de Providencia*) frente a uno de los antiguos cauces del Lagunilla... En el último flujo los lodos eran fríos y los fragmentos de hielo flotaron hasta en el Magdalena, a una distancia de 50 kilómetros del punto de proyección, He medido el más grande de los bloques de roca diorítica que los lodos del Lagunilla han arrastrado hasta aproximadamente 2 kilómetros del pie de la cordillera; él tiene cerca de 500 metros cúbicos.

No obstante, algunas leguas más al S, en la llanura, y sobre todo en los alrededores de los cursos de agua (ríos *Recio*, *Totare*, *La China*, *Chipalo*) y de todos los barrancos y depresiones del terreno, se ven millones de bloques erráticos más pequeños, desde 1 decímetro hasta 4 y 5 metros cúbicos, de traquitas y sienitas dispersos y poco redondeados, reposando sobre el conglomerado traquítico, que los arrastró cuando estaba en estado pastoso. La contracción de los lodos luego de secados ha hecho aparecer bloques que se veían en estado fluido, así ellos permanecen en la superficie de la tierra, a la que pueden incluso cubrir casi completamente, como

ocurre en los alrededores del pueblo llamado *Piedras*. A menudo ocurren fuertes lluvias, que han debido ayudar a destapar los bloques cubiertos por el lodo; pero transcurrido más de un año de la ocurrencia del flujo, la matriz adquiere la consistencia de travertino o tufa sonora, llegando a ser poco permeable a la humedad, y en consecuencia árida. Es asombroso que ninguno de los habitantes de estos pueblos construidos sobre el lodo solidificado de antiguas avalanchas nunca ha sospechado el origen de este vasto terreno, que ocupa una superficie por lo menos igual a la del departamento del Rhone, aunque antiguas tradiciones testimonian los frecuentes diluvios de lodo sobre estos parajes...

Sin embargo, la existencia probada de antiguos glaciares que ahora han desaparecido, la inmensa extensión de terrenos erráticos procedentes de la cordillera, expandidos ahora en la llanura, son ya datos que pueden aclarar la cuestión. Será pues necesario agregar a las otras propiedades del ácido sulfúrico la de ser uno de los más grandes niveladores de la naturaleza, físicamente por la degradación de las rocas que constituyen el núcleo de la cordillera, económicamente porque todos los propietarios que, luego de varios años de trabajo han acumulado una fortuna para sus familias, ven perderse el fruto de las labores de algunas generaciones en una inundación de lodo que destruye las casas, las cosechas, los rebaños, y torna estéril la tierra durante una larga sucesión de años.

Una palabra más, antes de concluir, sobre la naturaleza volcánica de este grupo, que yo sólo he podido examinar del lado E y del N, donde no he percibido nada que me haga pensar en la existencia de un cráter antiguo o moderno. Es en el lado O donde se encuentran la solfatara y las aguas termales a una temperatura elevada; es en este flanco donde se asegura haber distinguido los humos, y aún la luz muy brillante en 1842. Es un punto que intentaré aclarar.

Olvidaba mencionarle que la diferencia de nivel entre el lugar donde desemboca el Lagunilla de la cordillera sobre la llanura y las orillas del Magdalena (distancia, 25 kilómetros) es de sólo 66 metros, y que la velocidad de las corrientes de lodo puede evaluarse por la circunstancia de que se ha visto

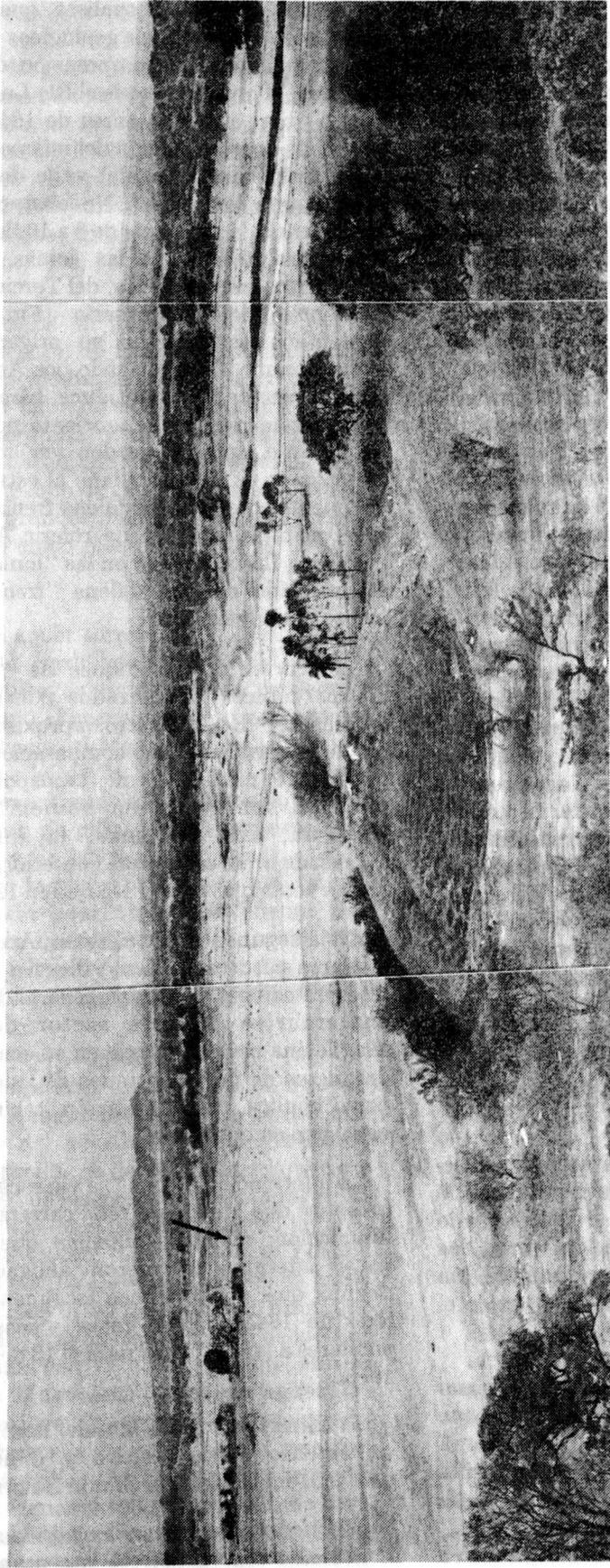


Fig. 19. Composición de fotos tomadas cerca de la boca del cañón del Río Lagunilla. En primer plano se observa la parte proximal del flujo de lodo y una "isla" conformada por rocas de la Fm. Saldaña. A la derecha, como un surco oscuro, se ve el cauce actual del Río Lagunilla, profundizado y ampliado durante la avenida. Los restos del molino de arroz (flecha) se encuentran en el ápice del sector cubierto con lodo muy viscoso y lento, que sigue la línea de árboles en pie.

escapar de la muerte a algunas personas huyendo a toda carrera delante de la inundación, mientras que aquellas que quisieron escapar lateralmente fueron ahogadas. La fuerza de impulso de los lodos lanzados desde alturas cercanas a los 5.000 metros ha sido tan grande en todas las épocas que bastó para cubrir de bloques erráticos (algunos de varios metros cúbicos) la llanura hasta 25 kilómetros, y para atravesar y detener el gran río Magdalena, como es posible advertir viendo los regueros de conglomerados traquíticos dispuestos en forma de lomas sobre la otra orilla del Magdalena, al frente y en la dirección de las corrientes de agua que desembocan en la orilla derecha, como el *Cuello, Opia, etc., etc...*

No admito en el *Ruíz* otra acción química que la del ácido sulfúrico. Es fácil imaginarse que enormes fragmentos de roca desagregados, cubiertos de nieve y suspendidos sobre abismos, pueden perder el equilibrio, y precipitarse en aludes de nieve, de tierra, y que el conjunto, mezclado en las cañadas estrechas con pendientes rápidas, debe llegar a la planicie en estado pastoso, y con una gran fuerza de proyección, arrastrando bloques traquíticos de lo alto de la cordillera, y bloques de diorita y sienita de la base. Las dos noches que pasé cerca a la nieve no cesé de oír el ruido sordo de los aludes. Los guías me han asegurado que, en la estación de lluvias, estos ruidos son más frecuentes. El *Lagunilla*, el río *Recio* y todos los otros ríos son de un color amarillento en las partes altas de sus cursos, cerca a sus fuentes en el *Ruíz*.

#### Comentario.

Este texto, publicado en el Boletín de la Sociedad Geológica de Francia (1950), es el producto de dos cartas de J. Acosta al notable geólogo galo Elie Beaumont. Esta vez, Acosta presenta los resultados de sus observaciones en el terreno un tiempo después (tal vez hacia 1850) de ocurrido el evento de 1845.

La conclusión de que los materiales consolidados a partir del flujo de 1845 "no son más que un conglomerado traquítico de la misma naturaleza que el que constituye, en la orilla izquierda (occidental) del Magdalena, una zona de 150 km. de largo y 25 de ancho promedio..." representa una aplicación, temprana en nuestro

medio, del principio actualista, que enseña que el estudio de los procesos geológicos de hoy en día son la guía para la comprensión de los eventos pasados; la opinión de que el Río *Lagunilla* cambió varias veces su curso antes de 1845 ha de ser el resultado de la aplicación del mismo principio y de un examen minucioso del valle del río y de las laderas que lo limitan. No obstante, cuando el autor señala la presencia de 8 a 10 flujos de lodo en diferentes niveles de las lomas, se refiere a sedimentos más antiguos, del Terciario Superior a comienzos del Cuaternario (Fm. Mesa), que evidentemente debieron su origen a múltiples eventos como el investigado por Acosta. Se trata en este caso de flujos antiguos, bien consolidados, y ya basculados hacia el oriente por la tectónica subreciente, que se pueden ver muy bien, por ejemplo, en el sector aledaño al estribo occidental del puente sobre el Magdalena frente a Cambao; a tales materiales se ha de referir Acosta cuando menciona flujos de lodo en las "lomas más altas", al otro lado del Magdalena "frente a antiguos lechos del *Lagunilla*".

La ocurrencia de bloques de "cerca de 500 metros cúbicos" arrastrados por la avenida de lodo hasta "dos kilómetros aproximadamente del pie de la cordillera", en comparación con bloques de apenas unos 100 m<sup>3</sup> transportados a una posición semejante en noviembre de 1985, reafirma, una vez más, la interpretación, expresada en el comentario anterior, de un evento varias veces mayor en 1845 que en 1985.

En la segunda mitad del texto, Acosta abandona el marco puramente local y llega a sorprendentes interpretaciones del origen general de las planicies cuaternarias de este sector del Valle del Magdalena señalando que en su mayor parte son productos de flujos antiguos de lodo, lo cual a su paso implica una indicación tácita del riesgo geológico en tales áreas.

La información de que "se vió escapar a algunas personas que huyeron a toda carrera delante de la inundación, mientras aquellas que lo quisieron hacer lateralmente fueron ahogadas" permite deducir que, por lo menos localmente, el flujo de lodo de 1845 incluyó fases viscosas y lentas, similares a las descritas para el 13 de noviembre de 1985.

La narración de José Manuel Restrepo, autor de un extenso diario político y militar, y amigo personal del Libertador Simón Bolívar, dice:

"El 19 del corriente, a las 7 de la mañana, ha ocurrido una catástrofe lamentable en el río

Lagunilla, que corre del Poniente al este y desemboca en el río Magdalena. En dicha hora se oyó un gran ruido en la vega del río, y se sintió como un temblor de tierra. En breve apareció una inmensa inundación de lodo que cubrió y arrastró los bosques, las casas y los desgraciados habitantes que no huyeron: unos quedaron sepultados y algunos pocos se acogieron a los árboles que resistieron la fuerza del torrente.

Pocos de estos se pudieron salvar y los demás perecieron de hambre y de sed, pues ninguno les podía socorrer. Han muerto como 1.000 habitantes de la parte alta del valle de Lagunilla, y de 4 a 6 leguas cuadradas quedaron cubiertas de piedras, cascajo, arena y lodo de tierra no vegetal. Entre esto había grandes masas de nieve. La capa lodo era de cinco pies de espesor en lo más bajo.

Luego que aquel torrente salió de la estrechura de la cordillera, donde subía a 200 varas de altura, se dividió en dos corrientes. La una siguió el curso del antiguo cauce del Lagunilla hacia el Magdalena, y la otra invadió el valle de la quebrada de Santo Domingo arrastrando los bosques, lo mismo que si fueran de paja. Precipitose en el río Sabandija, y los árboles, lodo y piedras le formaron una fuerte represa que amenazaba inundar todo aquel valle; felizmente una fuerte lluvia que cayera por la noche hizo crecer los tributarios del Sabandija y sus aguas rompieron la tapia que cerraba el curso del río.

Aún se ignora cuál fue la causa de este desastre. La opinión más probable es que una gran parte del nevado del Ruíz, de donde nace el Lagunilla, se derrumbó con la nieve y tapó el curso de las aguas; aumentadas estas con el deshielo de la nieve rompieron la tapa, arrastrando cuanto encontraron al paso y mezclando mucha nieve que aún no se había disuelto. Creen otros que acaso el Ruíz, que es un volcán, hizo alguna erupción de lodo, lo que prueban con el hecho de que aun el mismo río Magdalena tuvo sus aguas hiediondas a azufre. Se ensuciaron tanto que no se podían beber, y los peces, medio muertos, huían a las orillas. El nevado del Ruíz está como a 10 leguas y todavía no han ido a registrar aquellos lugares para saber la causa de tamaña desgracia. El terreno cubierto

era muy fértil y con sementeras de tabacos. Si las tierras quedan estériles, la pérdida se calcula en 500.000 pesos”

#### *Comentario.*

En términos generales este autor coincide con J. Acosta, pero, de acuerdo con su estimación, el área arrasada por el lodo en 1845 (de “4 a 6 leguas cuadradas”) podría oscilar entre 12.420 y 18.633 hectáreas, o sea entre 4 y 5 1/2 veces más que en noviembre de 1985; así mismo el espesor mínimo del sedimento depositado en 1845, cercano a 1.5 m es reflejo de un evento de grandes proporciones. No obstante, la altura de “200 varas” (unos 167 m) del flujo en el cañón del Lagunilla resulta evidentemente exagerada, ya que ello daría lugar a secciones transversales ocupadas por el lodo en el cauce no de 3 a 4, sino de 8 a 10 veces mayores que las observadas en noviembre de 1985. La altura esperada del lodo en el cañón en dicha ocasión podría ser de 80 a 100 m.

Por otra parte resulta curioso que tanto Acosta como Restrepo sostengan que no se supo con seguridad la causa del desastre; fuera de los ruidos y vibraciones del suelo — relacionados, como ya se sabe, al movimiento turbulento de la masa — que antecedieron el momento en que asomó la avenida sedimentaria en la planicie de la futura Armero, tales autores no mencionan proceso alguno visto o sentido en el VNR (como por ejemplo explosiones, fogonazos, caída de ceniza). Sin embargo, ambos suponen, con bastante lógica, que tal vez grandes desprendimientos de nieve y represamientos temporales de la corriente originaron el proceso catastrófico. Al respecto hay que recordar que unas versiones consignadas por Gómez Picón (1945) señalan que antes del flujo de lodo del 18 de febrero de 1845 el Río Lagunilla estuvo “seco” por algún lapso de tiempo (v. también Acevedo, 1981):

“El señor Roberto J. Treffry, un inglés que por ese entonces se encontraba en aquellos contornos, geólogo e ingeniero, achacó lo ocurrido a alguna erupción subterránea combinada con un gigantesco deslizamiento de parte de la mole del Ruíz que obstruyó el alto cañón, pues a los temblores y ruidos subterráneos se agregó que el cráter principal del nevado arrojaba densa cantidad de humo. Se formó de este modo un gran lago del cual emergían uno que otro islote, enriquecido por el aporte de las aguas lluvias, que fueron intensas, y cuya duración fue de más de una semana. Las gentes de las partes media y baja de la hoya se mostraban abismadas de

la ausencia o desaparición del rochelero río, hasta cuando este hizo su tremenda y espectacular salida, en la forma que se conoce. Uno de los brazos en que se dividió, al romper la formidable barrera que obstruyó su pasó, tomó rumbo norte, por el pie de la cordillera, hasta llegar al Sabandija, en el que depositó los materiales transportados, formando a la vez amenazadora represa, que intranquilizó hasta lo indecible a los habitantes del pequeño poblado de Guayabal”.

Las anteriores narraciones históricas nos llevan a suponer entonces que el flujo de 1845 antes que a una erupción comparable con las de 1595 y 1985, se debió seguramente a actividad sísmica en el área del Ruíz y consecuente deslizamiento de parte apreciable de los glaciares del costado oriental; empero la anotación acerca de aguas “hediondas a azufre” sugiere una apreciable reactivación fumarólica o hidrotermal.

La descripción de Gustavo Arboleda dice:

“Al terminar la administración Herrán ocurrió una gran desgracia en la provincia de Mariquita, por una formidable creciente del río Lagunilla, que ocasionó muchas pérdidas de vidas y de intereses materiales. El 18 de enero hubo una gran erupción del Ruíz, que produjo un derrumbe desde la cima del nevado, que trajo en su caída toda la nieve que lo cubría, la cual fue a dar al arroyo del Chispeadero, afluente del mencionado río. En el lugar por donde este sale de la cordillera a explanada, alcanzaron las aguas una altura como de ciento sesenta pies sobre el nivel ordinario de ellas y se explayaron al llegar a llanura, que en una extensión de seis leguas convirtiéndose en inmenso arenal; las casas y caneyes fueron arrastrados y medio sepultados y los pocos árboles que quedaron embarrados hasta su copa, demostraban la inmensidad de la avenida. Hubo como cuatrocientas personas muertas; familias enteras perecieron sin librar un solo miembro de ellas; muchos individuos que escaparon por la causalidad vieron perecer a los suyos, resultando de repente solos en el mundo; una niña de dos años se salvó asida del brazo de su madre, que había perecido y estaba casi sepultada en el fango; otros evitaron la muerte en troncos de árboles de los que arrancó de cuajo la avenida y allí estuvieron alimentándose con cañas o plátanos que les arrió la creciente, pasando algunos días entre ansias mortales. Por doquiera que, a raíz del cataclismo, iban los individuos que

con el gobernador de la provincia se dirigieron a prestar auxilio, había miembros separados de las distintas personas que se extinguieron al golpe de los árboles que arrebató el empuje de las aguas. Se perdieron las plantaciones casi todas de tabaco, cerca de un millón de matas, y los ganados. Los capitales destruidos no bajan de medio millón de pesos”.

*Comentario.*

Salta a la vista que la fecha señalada por Arboleda (18 de enero) no coincide con las de Acosta y Restrepo (19 de febrero). Así mismo, Arboleda habla de una “gran erupción del Ruíz”, pero no da prueba alguna al respecto.

La altura indicada del torrente a salir al valle (aprox. 45 m) es seguramente correcta (1 1/2 veces mayor que la del 13 de noviembre de 1985); la anotación de que “los árboles quedaron embarrados hasta la copa” significaría alturas de fluido, en el valle mismo, de 10 a 15 m, lo cual comparado con los 3 a 4 m. máximos de noviembre de 1985 resulta, sin duda, aún más impresionante.

## CONCLUSIONES

Como complemento a las conclusiones expuestas sobre el flujo de lodo del 13.11.1985, y de acuerdo con los relatos históricos, se puede establecer que:

- a) Los flujos de lodo que han afectado el Valle del Río Lagunilla no son uniformes en cuanto a dimensión, alcance y propiedades físicas de los sedimentos depositados. El mayor evento en tiempos históricos ha sido el de 1845.
- b) Los flujos de 1595 y 1985 tuvieron estrecha relación (causa y efecto) con reactivaciones eruptivas del Volcán del Ruíz; por el contrario, el flujo de 1845 parece haber sido desencadenado por causas diferentes a eventos volcánicos comparables con los del 13.11.1985. Los aludes de nieve que generaron la avenida de 1845 se debieron tal vez más a desestabilización de los glaciares por efectos sísmicos y/o calentamiento del edificio volcánico.
- c) El volumen de material acarreado por los flujos históricos en el Valle de Armero ha oscilado entre 80-100 y más de 300 Mm.<sup>3</sup>. No obstante, la cifra para un posible evento máximo, en caso de deshielo total de los glaciares del sistema de los Ríos Lagunilla y Azufrado, sólo podrá ser

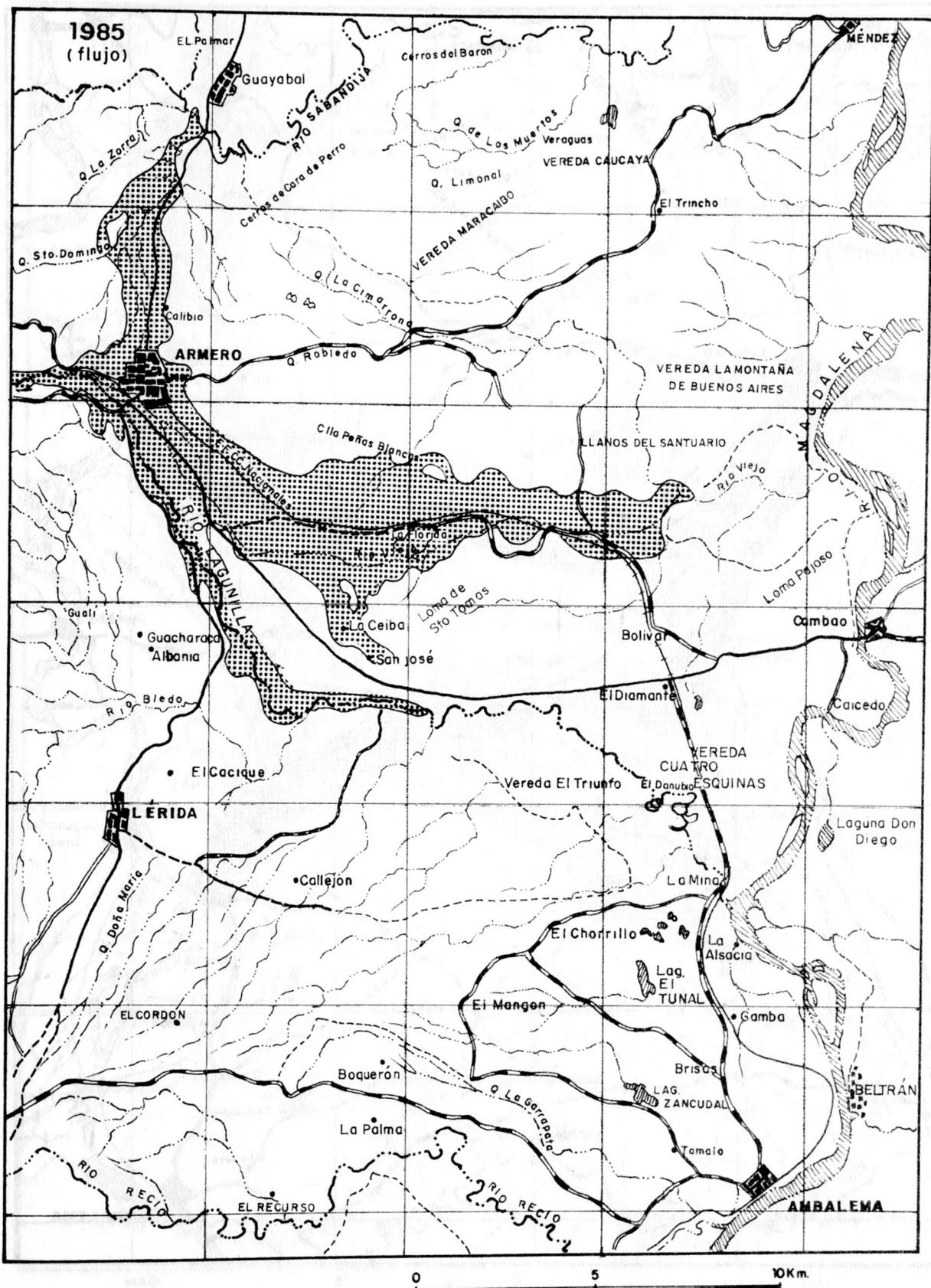


Fig. 20. Extensión abarcada por el flujo de lodo del 13.11. 1985.



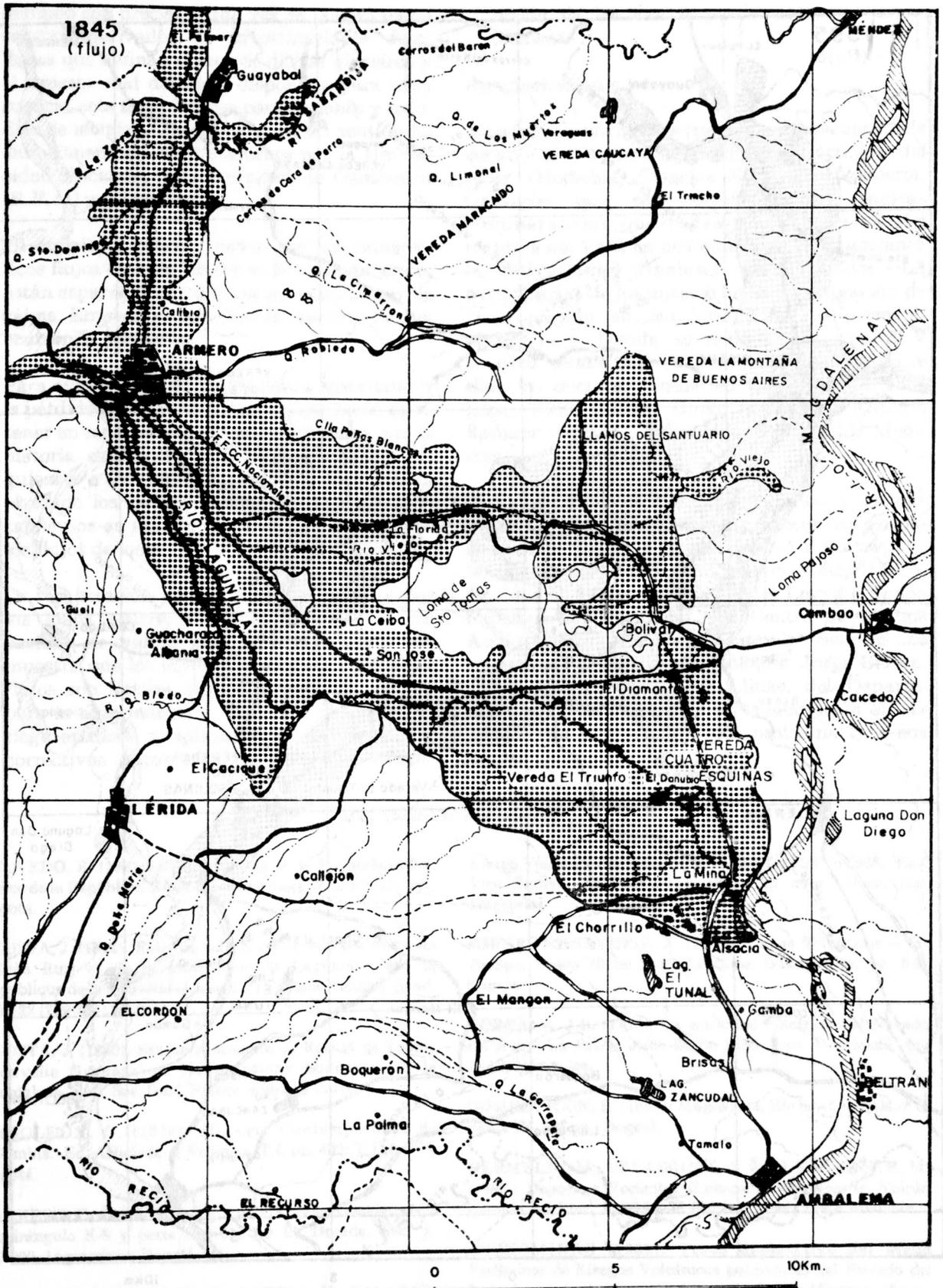


Fig. 22. Reconstrucción aproximada, con base en relatos históricos, del flujo de lodo de febrero de 1845.



definido con precisión una vez se tengan datos seguros derivados de investigaciones detalladas que definan el área de dichos glaciares y el espesor real del hielo disponible para cada cuenca; esta tarea implica perforaciones y estudios de sísmica. Un proyecto en tal sentido ha sido comenzado conjuntamente por la Universidad Nacional, la Universidad de Osnabruck (R.F.A.) y el Ingeominas.

- d) El registro histórico indica que los catastróficos flujos de lodo, de por sí de corta duración, están separados entre sí por periodos largos de calma. Empero, no hay certeza absoluta de una ocurrencia periódica.
- e) Para evitar o disminuir los daños materiales y la pérdida de vidas humanas, es necesario mantener en mente los eventos descritos, ya que la historia demuestra que las generaciones siguientes a los eventos de 1595 y 1845 habían olvidado los hechos y erigieron nuevos asentamientos en áreas arrasadas previamente por los flujos de lodo.
- f) La recuperación de los terrenos cubiertos por los lodos ocurre, en forma natural, en un período de varios años. La experiencia demuestra que los suelos desarrollados sobre los flujos son fértiles, y por lo tanto muy aptos para la agro-industria. Mediante el empleo de riego artificial y aplicación de fertilizantes y correctivos apropiados, el lapso de recupe-

ración de los suelos puede acortarse sensiblemente.

#### *Agradecimientos.*

La realización de este trabajo es consecuencia de las acciones inmediatas, en diferentes campos del saber (Medicina, Ciencias Sociales, Ingeniería, Geología), que, con motivo de las trágicas circunstancias que rodearon la reactivación eruptiva del VNR en noviembre de 1985, adelantó la Universidad Nacional de Colombia. La participación de los autores en la investigación de lo acontecido en las localidades de Armero, Mariquita y Honda se debe al entusiasmo y positivo estímulo de numerosas personas, entre ellas los doctores Guillermo Benavides, Alvaro León, Mario Garcés, Omar Agudelo y Antonio Ramírez (Decano), todos de la Facultad de Medicina.

Por el apoyo económico, logístico y demás ayudas recibidas debemos agradecer la permanente intervención e interés del señor Rector, Dr. Marco Palacio, del señor Vice-rector Académico, Dr. Luis H. Blanco, del Dr. Pablo Leyva (Decano Facultad de Ingeniería), del Centro de Medios Audiovisuales (Cemav) y de la Sección de transportes; a los colegas geólogos, Jorge Brieva, Jaime Mendoza y Rubén Llinás, del Departamento de Geociencias por su colaboración en las discusiones y el análisis del problema que nos ocupa.

#### REFERENCIAS CITADAS

- ACEVEDO, E. (1981): El Río Grande de la Magdalena.-Ed. Banco de la República, Biblioteca Luis Angel Arango, 131 pp., Bogotá.
- ACOSTA, J. (1846): Relation de L'éruption boueuse sortie du Volcán Ruíz et de la catastrophe de Lagunilla dans la Republique de la Nouvelle Grenada.— Comptes Rendus. Acad. Scie. 22 (709-710), Paris.
- ACOSTA, J. (1850): Sur les montagnes de Ruíz et de Tolima (Nouvelle Granade) et les éruptions boueuses de la Magdalena.-Bull. Soc. Geol. France. 489-496, Paris.
- ARBOLEDA, G. (1919): Historia Contemporánea de Colombia.-Ed. Arboleda & Valencia, T.I, pg, 490; T.II p. 474, Bogotá.
- BARRERO, D. & VESGA, C.J. (1976): Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9 y parte Sur del J-9 La Dorada, Esc. 1: 100.000.-Ingeominas, Bogotá.
- CALVACHE, M.L., DUQUE, G., GARCIA, N., SALAZAR, J.E. & SALAZAR, B. (1985): Memorias del Seminario sobre Riesgo Volcánico del Ruíz, Univ. Nal. Marzo 26 de 1985. -Rev. Vías Transp. 12 (53), 1-114, Figs. sin núm., Univ. Nal. Manizales.
- FORERO BENAVIDES, A. (1986): Temas Volcánicos.— El Tiempo, Enero 19 de 1986, Lecturas Dominicales, pp. 8-9. Bogotá.
- GOBERNA, J.R. (1985): La actividad volcánica del Nevado del Ruíz.- La Patria Julio 28 de 1985, Rev. Dominical, pp. 14-18, Manizales.
- GOMEZ PICON, R. (1945): Magdalena, Río de Colombia.-Ed. Santa Fé, 526 pp., Bogotá.
- HERMELIN, M., VELASQUEZ, A. & BUSTAMANTE, M. (1985): Depósitos Recientes (Lahares) derivados del Volcán Nevado del Ruíz, Revisión Histórica. Mscr. Inéd. Medellín.
- INGEOMINAS (1985): Texto explorativo del Mapa Preliminar de Riesgos Volcánicos potenciales del Nevado del Ruíz.-Instituto de Investigaciones Geológico-Mineras, 18 pp., Octubre 7 de 1985, Bogotá.

KASSEM, T. & ARANGO, J.L. (1974): Mapa Geológico generalizado del Departamento del Tolima, Esc. 1: 250.000.-Ingeominas, Bogotá.

PORTA, J. de (1966): La Geología del Extremo S del Valle Medio del Magdalena.-Bol. Geol. No. 22, 1-347, 37 Figs., 48 fotos, No. 23: mapas y láminas, Univ. Industr. Santander, Bucaramanga.

PORTA, J. de (1974): Colombie (deuxime partie).-Lexique Stratigr. Internat., V, 46: 1-689. Centre Nat. Rech. Sci., Paris.

RAASVELDT, H.C. & CARVAJAL, J.M. (1957): Mapa Geológico de la República de Colombia, Plancha K-9 "Armero", Esc. 1:200.000.—Serv. Geol. Nat., Bogotá.

RAMIREZ, J.E. (1975): Historia de los terremotos en Colombia.- Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 250. pp. 2a. Edic., Bogotá.

RESTREPO, J.M. (1954): Diario Político y Militar.-Bibli. Presidencia de Colombia, T.I, p. 403; T.II, p. 370; T.III, p. 742, Bogotá.

SIMON, Pedro (1625): Noticias historiales de las conquistas de la tierra firme en las Indias Occidentales.-Ed. Medardo Rivas, 376 pp., Capítulos VI y XLI, 1892, Bogotá. También en Biblioteca Autores Contemporáneos, Min. Educ. Nat., Edic. Rev. Bolivar, Ed. Kelly, T. IV y VI, 1953, Bogotá.

Manuscrito recibido, marzo de 1986.

Dirección de los autores:  
Universidad Nacional de Colombia  
Departamento de Geociencias  
Apartado 14490  
Bogotá, Colombia.