

GUIA DE EXCURSION

HONDA - MARIQUITA - ARMERO - LERIDA¹

JAIRO MOJICA², JORGE BRIEVA², CARLOS MACIA²
GUILLERMO UJUETA² y JAIME MENDOZA²

1. INTRODUCCION

Este trayecto de la excursión técnica del Simposio Internacional sobre Neotectónica y Riesgos Volcánicos tiene por objeto mostrar y, en lo posible, discutir en el terreno:

- a) Los resultados hasta ahora obtenidos en la investigación de los catastróficos "flujos de lodo"³ que, como consecuencia de la actividad eruptiva del Volcán Nevado del Ruiz (VNR) en noviembre de 1985, afectaron extensas áreas de los valles de los ríos Lagunilla y Gualí (extremo NE del Departamento del Tolima).
- b) La estratigrafía del Cuaternario y del Terciario superior, que enmarcan el área afectada por los eventos antedichos.
- c) Los principales rasgos estructurales, algunos de ellos con carácter neotectónico, de este sector del Valle del Magdalena.
- d) Los criterios de campo para la evaluación del riesgo geológico, en las diferentes localidades, frente a eventuales nuevas avenidas por los ríos que nacen en el VNR.

Empero, teniendo en cuenta que sobre estos tópicos existen ya publicaciones efectivas (mencionadas más adelante) y que duran-

te las sesiones del Simposio se presentan varias conferencias relativas a los mismos, consideramos apropiado reducir esta memoria a un texto sintético y gráfico.

2. LOCALIZACION GEOGRAFICA

El área de estudio se halla localizada en la esquina NE del Departamento del Tolima y forma una franja de unos 20 km de ancho por 50 km de longitud, en dirección N-S. Se halla limitada al W por las estribaciones orientales de la Cordillera Central y hacia el E por el cauce del río Magdalena, el cual constituye una depresión geomorfológica que separa las Cordillera Central y Oriental (Fig. 1).

Se trata de una región de topografía variada, con pendiente general hacia el E, cuyo límite W está marcado por el pie de monte de la Cordillera Central (cota de 500 m) y el E por el río Magdalena (cota cercana a 200 m). El terreno se conforma de colinas y serranías de hasta 700 m de altura s.n.m., planicies menos elevadas (e.g. Abanicos de Lérida, Guayabal y Mariquita) y valles bajos y amplios, relacionados con los ríos Recio, Lagunilla y Gualí. Los rasgos geomorfológicos están controlados por las diferentes litologías presentes en el área. Así, el pie de monte está compuesto por una topografía abrupta y cauces profundos, con alta pendiente, propios de las rocas metamórficas e intrusivas de

1) Memoria de la Excursión Técnica a la región entre Honda - Mariquita - Armero - Lérida, Simposio Internacional sobre Neotectónica y Riesgos Volcánicos - Diciembre 1 - 7 de 1986, Bogotá, Colombia.
2) Departamento de Geociencias - Universidad Nacional - Apartado Aéreo 14490, Bogotá, Colombia.
3) Se trata en realidad de flujos de escombros ("debris flows" sensu SHARP & NOBLES 1953; BATES & JACKSON 1980; LEEDER 1982), es decir flujos de alta densidad, que transportan material detritico de composición y tamaño muy diversos. Sin embargo, en vista del arraigo logrado por el término "flujos de lodo" en los medios de comunicación y en la comunidad en general, se ha optado por mantenerlo en esta oportunidad.

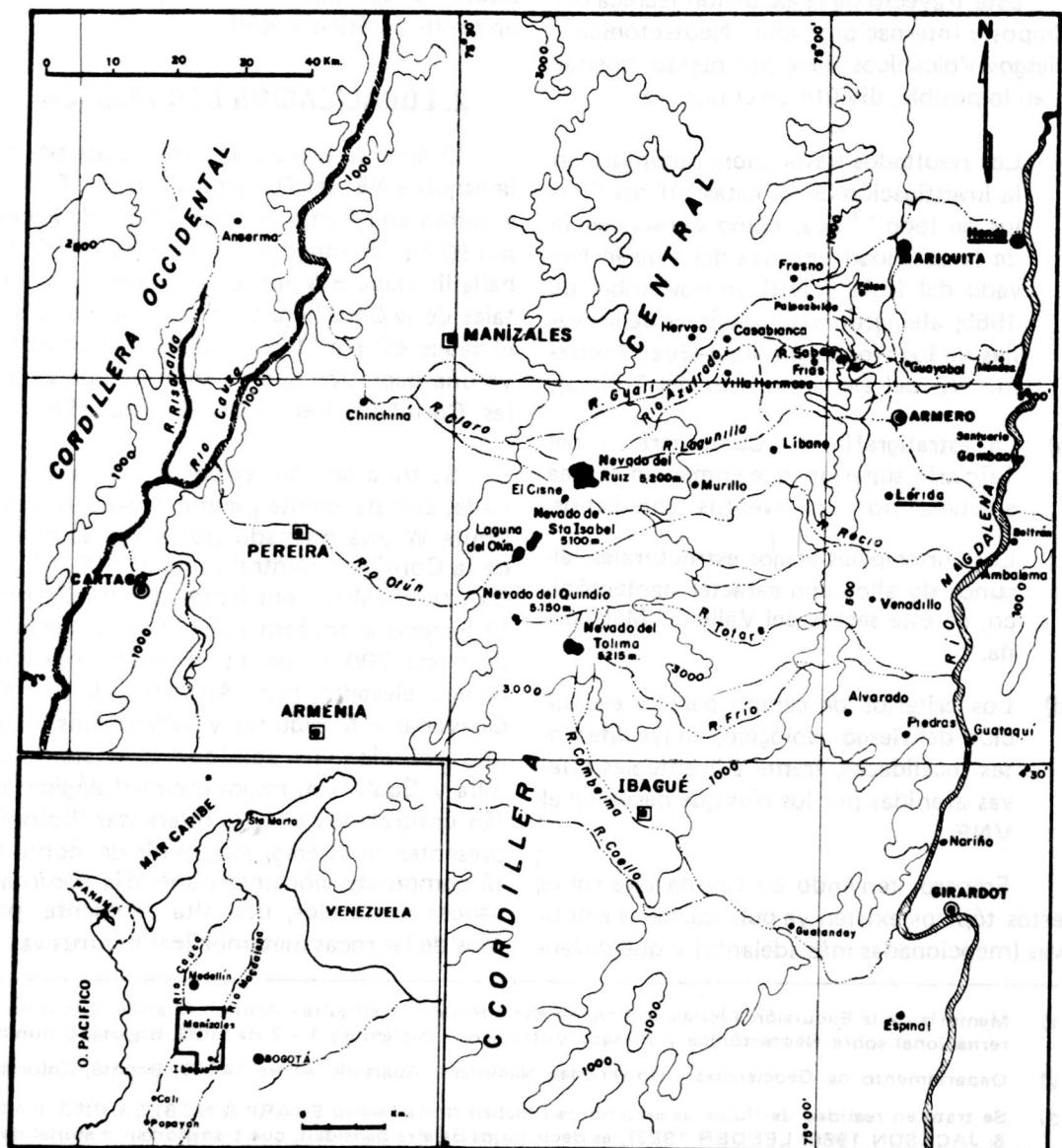


FIG. 1: Mapa de localización geográfica general.

la Cordillera Central. Las colinas redondeadas, de formas suaves con una cubierta vegetal escasa, son propias del Grupo Honda; las serranías con tope plano y taludes abruptos, fuertemente disectados por la erosión, caracterizan a la Formación Mesa. Los abanicos antiguos se manifiestan como planicies o mesetas con avanzada disección, y suave inclinación hacia el E. Los fondos planos representan el relleno cuaternario más joven, producido por la acción de los ríos antedichos.

El drenaje, en concordancia con lo anteriormente expuesto, se dirige en general hacia el E y NE, con excepción del río Bledo que se dirige hacia el N, por el borde del talud W del Abanico de Lérida; del río Cuamo que fluye de N a S, desde las proximidades de Mariquita para desembocar en el río Sambanija, al S de Guayabal; y de la quebrada Santo Domingo que nace cerca de Armero, corre hacia el N y desagua en el río Sambanija, en el lugar más bajo de una depresión geomorfológica con diferencia de altura de 234 m con respecto a Mariquita y de 80 m con relación a Armero.

El clima de la región es cálido-tropical, con períodos secos en enero y julio, y lluvias fuertes en abril y octubre. La precipitación anual es de cerca de 300 mm y la temperatura promedio de unos 28°C. Estas condiciones producen formaciones vegetales de bosque seco tropical, pero en sitios donde la altura aumenta, y la precipitación es mayor, se encuentran bosques húmedos subtropicales. La mayoría de las tierras bajas se dedica a la agricultura y la ganadería; las serranías más altas presentan vegetación escasa, debido a la presencia de subsuelo rocoso (Grupo Honda y Formación Mesa) a poca profundidad.

3. MARCO GEOLOGICO

La geología del área que nos ocupa ha sido descrita en diversas publicaciones (e.g. BUTLER, 1942; DE PORTA, 1965, 1966; THOMPSON, 1966), contándose además con las cartografías de RAASVELDT & CARVAJAL (1957), KASSEM & ARANGO

(1974), y BARRERO & VESGA (1976). Según se desprende de dichos trabajos y de las observaciones propias, la región visitada en esta ocasión está constituida por dos elementos geológicos mayores (Figs. 2 y 3);

a) La vertiente oriental de la Cordillera Central, limitada al E por un sistema de fallas inversas (Fallas de Mulato o Mutatá) que corre aproximadamente de N a S, justo al W de las poblaciones de Mariquita, Armero, Lérida y La Sierra, conformado, según se aprecia en la Figura 2, por metamorfitas (anfibolitas, esquistos gris-negruzcos y gris-verdosos) al parecer precámbricos a paleozoicos, plutonitas mesozoicas (Stock de Mariquita, Batolito de Ibagué, entre otros), rocas vulcanoclásticas jurásicas (Formación Saldaña; al W de Armero) y escasos remanentes del Terciario superior (ver más adelante). En la parte alta se tienen intrusiones dioríticas terciarias y materiales vulcanogénicos propios del Macizo Volcánico del Ruiz-Tolima.

b) El Valle del Magdalena (Fig. 3), en donde afloran sedimentos del Terciario superior (Grupo Honda y Formación Mesa) y del Cuaternario. El segundo comprende abanicos (Fig. 4) formados durante el Pleistoceno (Abanico de Lérida), el Pleistoceno-Holoceno temprano (Abanicos de Mariquita y Guayabal - El Rhin) y el Holoceno joven (Abanico del Recio, Abanico de Armero); y aluviones recientes en las vegas de los ríos Bledo, Cuamo y Gualf. El Terciario superior es fácilmente reconocible ya que da lugar a una topografía accidentada (colinas y sierras bajas) que enmarca las unidades cuaternarias; se trata de sedimentos poco consolidados, basculados hacia el E, bastante disectados.

La Falla de Honda, orientada en buena parte de N a S, corre por el borde W del río Magdalena, causa una repetición parcial del Terciario superior y da lugar a una barrera topográfica que desvía buena parte del drenaje y limita localmente la extensión oriental

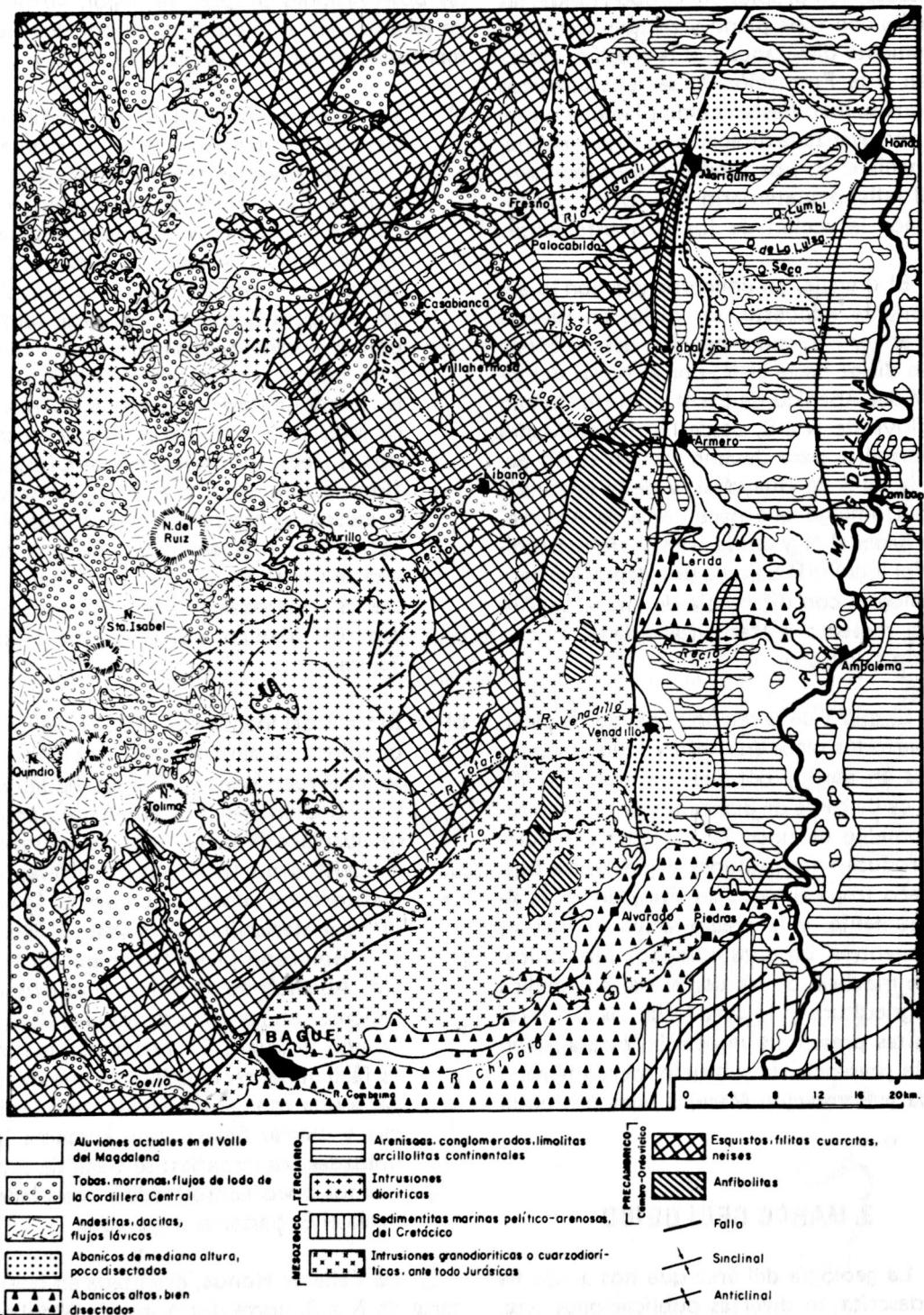


FIG. 2: Mapa geológico generalizado, que incluye el "Parque Nacional de los Nevados" y el extremo meridional del Valle Medio del Magdalena. Modificado de KASSEM & ARANGO (1974); tomado de MOJICA et al. (1986a).

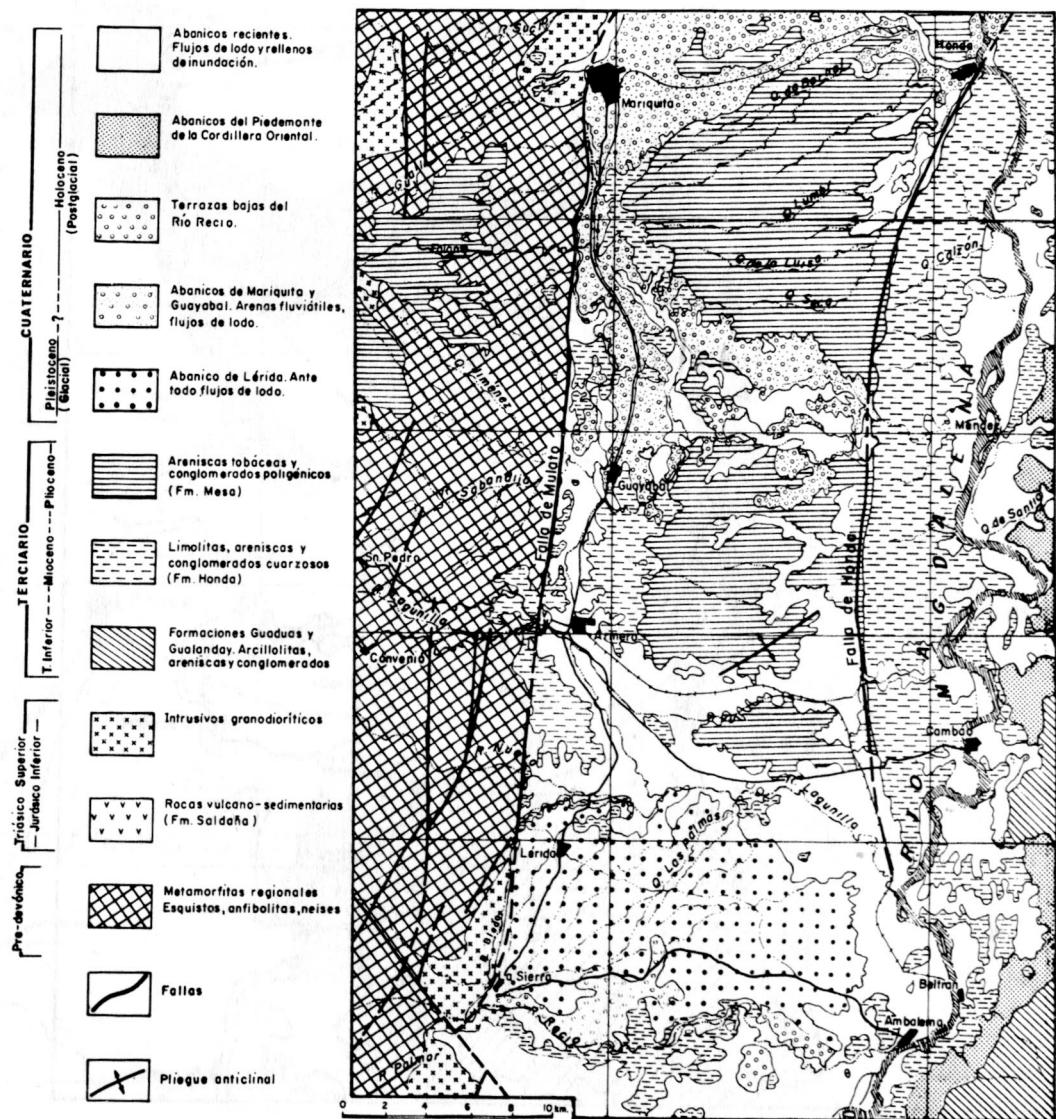


FIG. 3: Mapa geológico general del área de estudio y el piedemonte de la Cordillera Central. Fuentes: RAASVELDT & CARVAJAL (1957) y DE PORTA (1966). Tomado de MOJICA et al. (1986b).

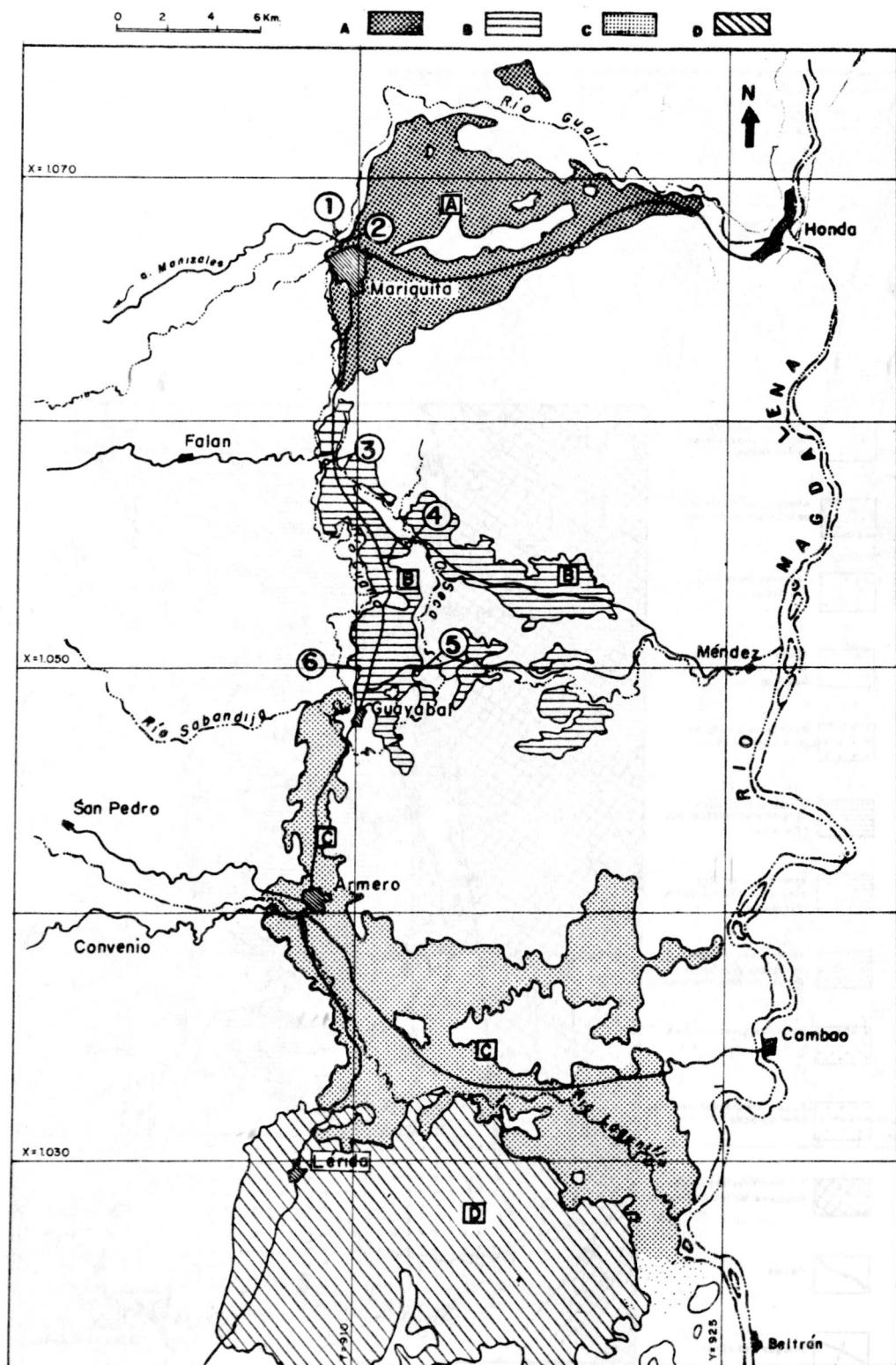


FIG. 4: Extensión de los abanicos Cuaternarios en el área de estudio, y localización de algunos de los perfiles Investigados entre Mariquita y Guayabal (Fig. 10) A, Abanico de Mariquita; B, Abanico de Guayabal - El Rhin, C, Abanico de Armero; D, Abanico de Lírida.

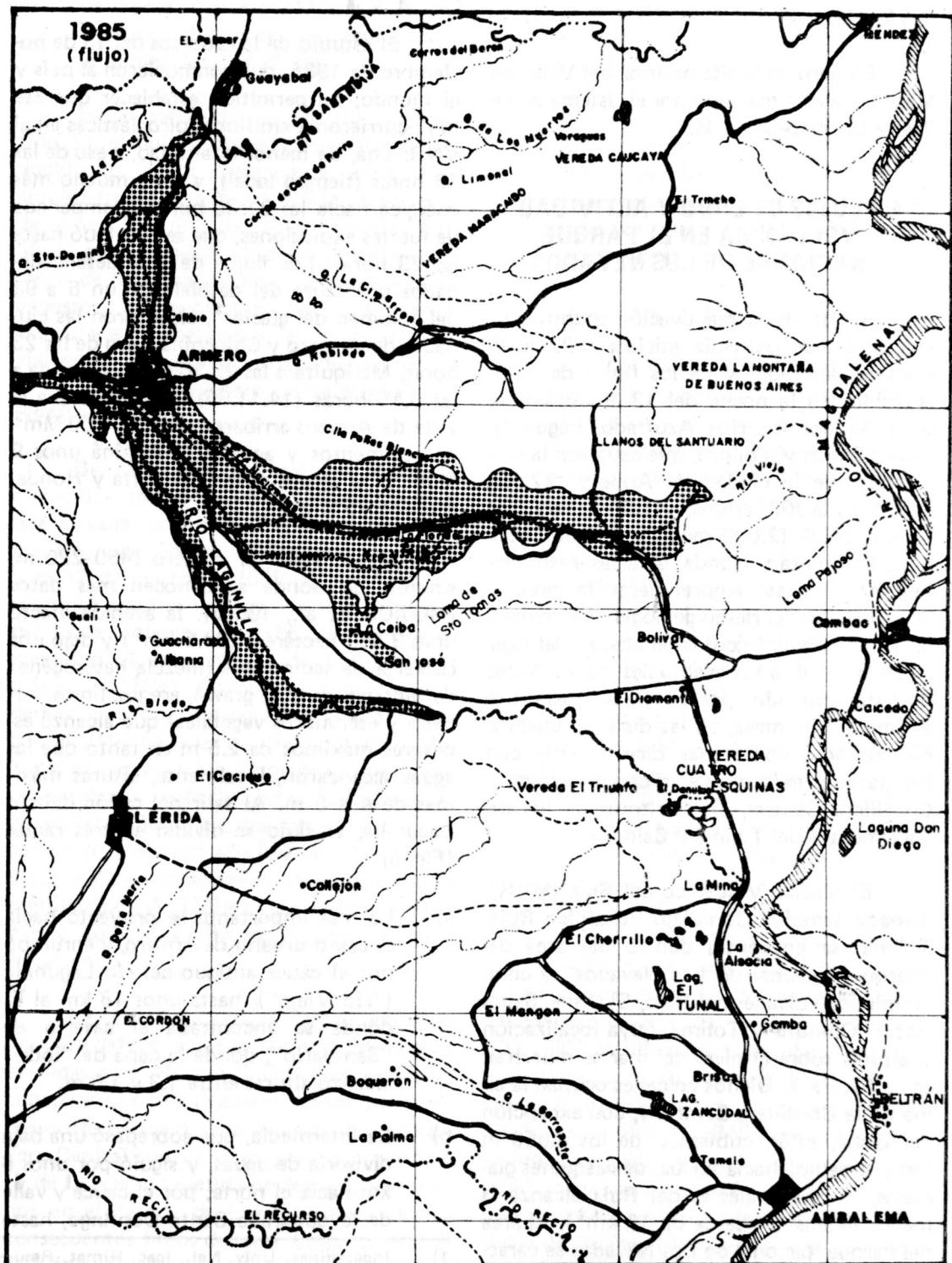


FIG. 5: Extensión abarcada por el flujo de lodo del 13.11.1985.

del Cuaternario más joven; así mismo, tal barrera da lugar a estrechamientos rápidos en las corrientes que la atraviesan (río Sabandija, río Viejo).

Empero, el límite oriental del Valle del Magdalena está marcado por el sistema de fallas de Cambao-Cambrás.

4. FLUJOS DE LODO Y ACTIVIDAD VOLCANICA EN EL PARQUE NACIONAL DE LOS NEVADOS

A raíz de la reactivación eruptiva del volcán Nevado del Ruiz, iniciada el 22 de diciembre de 1984, y de los flujos de lodos acaecidos en la noche del 13 de noviembre de 1985 por los ríos Azufrado, Lagunilla, Gualí, Claros y Molinos, que causaron la destrucción de la ciudad de Armero (22.000 muertos y 5.000 heridos) y daños apreciables en Chinchiná (2.000 muertos y 1.000 heridos), Mariquita y Honda, diversas instituciones colombianas¹ emprendieron la tarea de la evaluación del riesgo geológico inherente a los procesos volcánicos en el Macizo del Ruiz y, en especial, a los eventuales nuevos flujos de lodo generados por las erupciones o por avalanchas de nieve, en las distintas cuencas hidrográficas conectadas directamente con los glaciares existentes en dicho macizo de la Cordillera Central, en territorio de los departamentos del Tolima y Caldas.

El Macizo Volcánico del Ruiz (MVR), llamado también Complejo Volcánico Ruiz-Tolima, se encuentra dentro del área del "Parque Nacional de Los Nevados" y comprende los volcanes del Ruiz, El Cisne, Santa Isabel, Quindío y Tolima, cuya localización y alturas sobre el nivel del mar se muestran en la Figura 1. Dichos volcanes ocupan la cima de la Cordillera Central y, con excepción del Cisne, están cubiertos, de los 4.650 m (en promedio) hacia arriba, de casquetes glaciares, de los cuales el del Ruiz alcanza la mayor extensión (cerca de 19 km²). El área del Parque Nacional de Los Nevados se caracteriza por el clima frío, la vegetación de alto páramo, la persistente nubosidad y abundante precipitación; las escasas vías de penetración

y altura dificultan las labores de campo, haciéndose necesario, en muchos casos, el empleo de helicópteros.

El estudio de los sucesos del 13 de noviembre de 1985, que conmovieron al país y al mundo, ha permitido establecer que ese día ocurrieron 2 emisiones piroclásticas en el VNR: una, de menor intensidad, a eso de las 16 horas (tiempo local), y otra, mucho más energética hacia las 21:30 horas, acompañada de fuertes explosiones, que se continuó hasta las 23 horas. Los flujos de lodo desencadenados por causa del deshielo de un 6 a 9% del volumen del glaciar², alcanzaron las ciudades de Armero y Chinchiná a eso de las 23 horas, Mariquita a las 23.30 horas y Honda a las 0.15 horas (14.11.85). Se calcula que al valle de Armero arribaron unos 80-100 Mm³ de sedimentos y agua, a Chinchiná unos 9 Mm³, y al sector entre Mariquita y Honda, cerca de 15 Mm³.

En el Valle de Armero (450-220 m, s.n.m.), de donde se conocen más datos (MOJICA et al., 1986a), la avenida afectó unas 3.450 hectáreas (34.5 km²) y dejó una cubierta de sedimentos (mezcla heterogénea de bloques, cantos, gravas, arenas, limos, arcillas y escombros vegetales) que alcanzó espesores máximos de 2.5 m en tanto que las aguas alcanzaron, localmente, alturas máximas de 4 a 5 m. Al salir del cañón del río Lagunilla, el flujo se dividió en tres ramas (Fig. 5):

- a) La más importante se proyectó hacia el casco urbano de Armero, y enrumbó por el cauce antiguo del río Lagunilla ("río Viejo"), hasta unos 18 km al E, donde se encontraba el caserío de "Santuario", donde la capa de "lodo" alcanzó alturas entre 1.3 y 1.5 m.
- b) La intermedia, que sobrepasó una baja divisoria de aguas, y siguió por unos 8 km hacia el norte, por el cauce y valle de la quebrada Santo Domingo, hasta

1) Ingeominas, Univ. Nat., Igac, Himat, Resurgir, Ciaf.

2) Estimado por JORDAN et al. (1986) entre 1200 y 1500 x 10⁶ m³.

alcanzar el río Sabandija, causando un represamiento temporal.

- c) La menor, que avanzó hacia el SE, por el cauce habitual del río Lagunilla, por un tramo de unos 10 km.

En el cañón mismo del río Lagunilla (Fig. 6), el flujo (resultado del material conducido en mayor parte por su afluente, el río Azufrado) ocupó una sección transversal de unos 2.200 m², con alturas promedio de 35 m, pero de hasta 60 m en el costado externo de las curvas fuertes, cercanas a pasos angostos, arrasando a su paso los puentes vehiculares y peatonales, así como algunas viviendas. La velocidad promedio del torrente en el caso de Armero, se ha estimado en 36-40 km/ hora.

De otro lado, los registros históricos conocidos (MOJICA et al, 1986a) indican que el valle de Armero había sido afectado por flujos de lodo el 19 de febrero de 1845 y el 12 de marzo de 1595 (Figs. 7 y 8), en términos amplios similares en su dinámica al del 13 de noviembre de 1985, pero de mayor magnitud (4 veces más el de 1845; 2 veces más el de 1595). Aunque, al parecer, en las demás cuencas hidrográficas relacionadas con el VNR (ríos Gualí, Recio, Claro y Molinos) no han ocurrido flujos de lodo en tiempos históricos, es decir desde la llegada de los españoles a Colombia, las investigaciones de campo han demostrado que en los sectores bajos y llanos se tienen evidencias de flujos prehistóricos (MOJICA et al, 1986b), seguramente holocenos, aún no datados radiométricamente.

Las observaciones de campo adelantadas para definir las áreas de riesgo por nuevas avenidas en el NE del Tolima han permitido constatar que prácticamente todos los abanicos cuaternarios del pie oriental de la Cordillera Central son, en su mayor parte, producto de la acción repetida de deshielos repentinos en el Parque de Los Nevados y de los consecuentes flujos de lodo. Empero, se puede diferenciar entre:

- a) Abanicos mayores, más altos y potentes, que se manifiestan como "meses-

tas", notablemente disectadas, como las de Lérida e Ibagué, de indudable edad pleistocena, cuando, en los lapsos de glaciación, las nieves permanentes descendieron a algunas alturas cercanas a 3.400 m, s.n.m.

b) Abanicos de altura intermedia, medianamente disectados, como los de Mariquita, Guayabal - El Rhin y Venadillo, al parecer de edad Pleistocena tardía a Holocena temprana, generados en épocas de avances importantes de los hielos, y por lo tanto en condiciones no equivalentes a las actuales.

c) Abanicos más bajos, con incipiente diseción, topográfica marcadamente llana, como los valles de los ríos Recio (región próxima a Ambalema) y Lagunilla, y la parte adyacente al cauce del río Gualí, y que en realidad constituyen los escenarios susceptibles de nuevas inundaciones y flujos de lodo que nos ocupan.

Por otra parte, los estudios previos de HERD (1982) y THOURET & VAN DER HAMMEN (1983) señalan que la cantidad total del hielo en el MVR, y en particular en el VNR ha variado notablemente durante el Holoceno y el Pleistoceno tardío. Al respecto THOURET & VAN DER HAMMEN op. cit.) definen 4 estadios glaciales: "El Ruiz" entre los siglos XVII y XIX, "Santa Isabel" entre el Holoceno medio a inferior, "Otún Temprano" 12.500 - 13.500 años a.p., y "Murillo" del Peniglacial superior. Así mismo, a modo de ejemplo, HERD plantea que entre 1500 y 1845, las nieves permanentes descendieron hasta los 4300 m (o sea unos 300 a 400 m por debajo del nivel actual), lo cual produjo un incremento de un 30% del área glaciar. Ello indica, entonces, que para los flujos de 1595 y 1845 había una mayor cantidad de hielo disponible que en la actualidad; así para la evaluación del riesgo geológico presente, los resultados derivados del estudio de dichos flujos de lodo no son directamente aplicables, en especial en lo relativo a la definición de los "eventos máximos". Empero, para el análisis global del riesgo geológico en ambas vertientes de la Cordillera

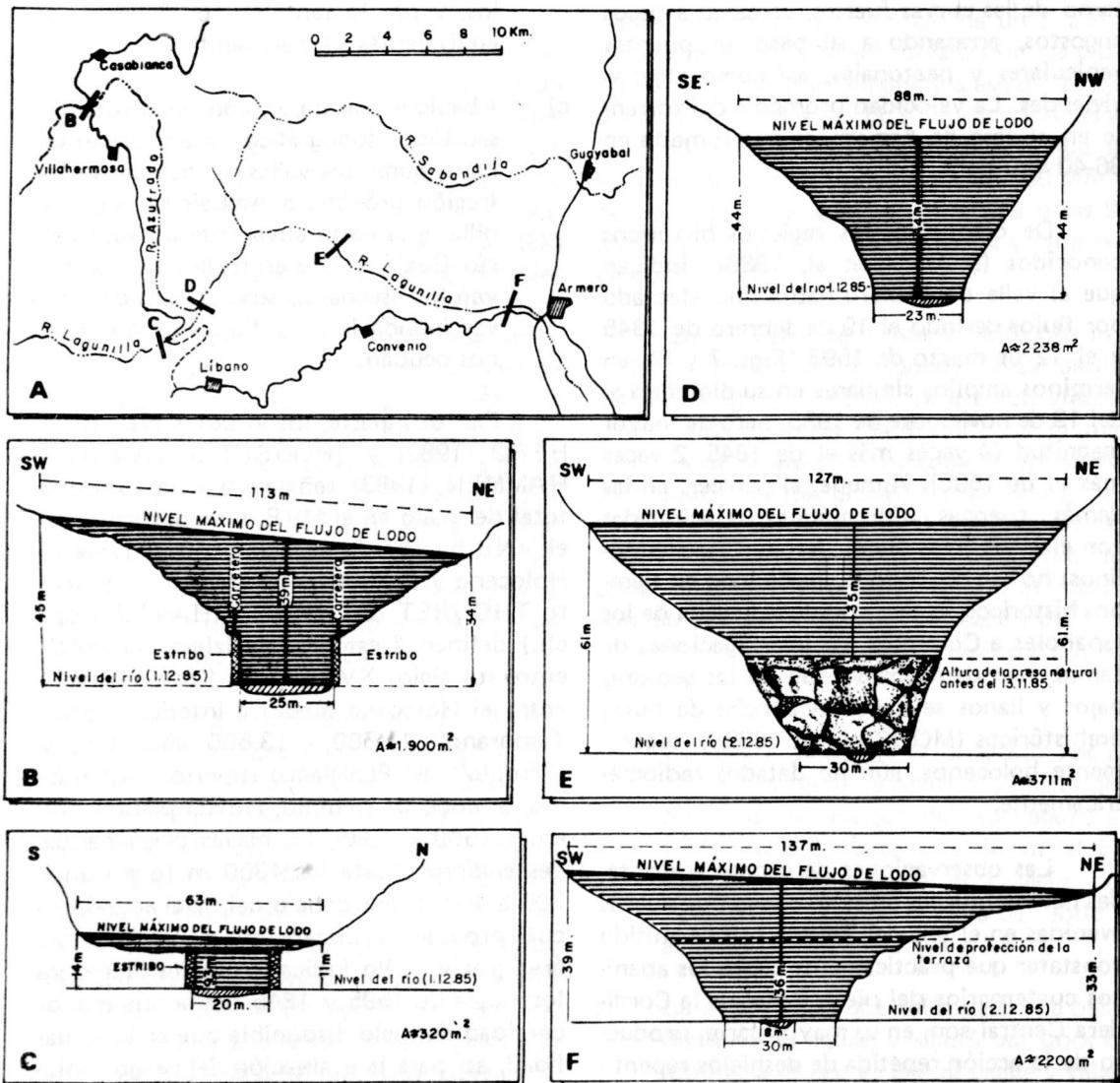


FIG. 6: Secciones transversales investigadas a lo largo de los ríos Lagunilla y Azufrado, luego del flujo de lodo del 13.11.85. A: Localización; B a F: perfiles transversales con indicación de las alturas máximas alcanzadas por el torrente en cada sitio; en los cortes, abajo a la derecha, se indica el área (A) ocupada por el flujo en cada sección. Detalles en el texto.

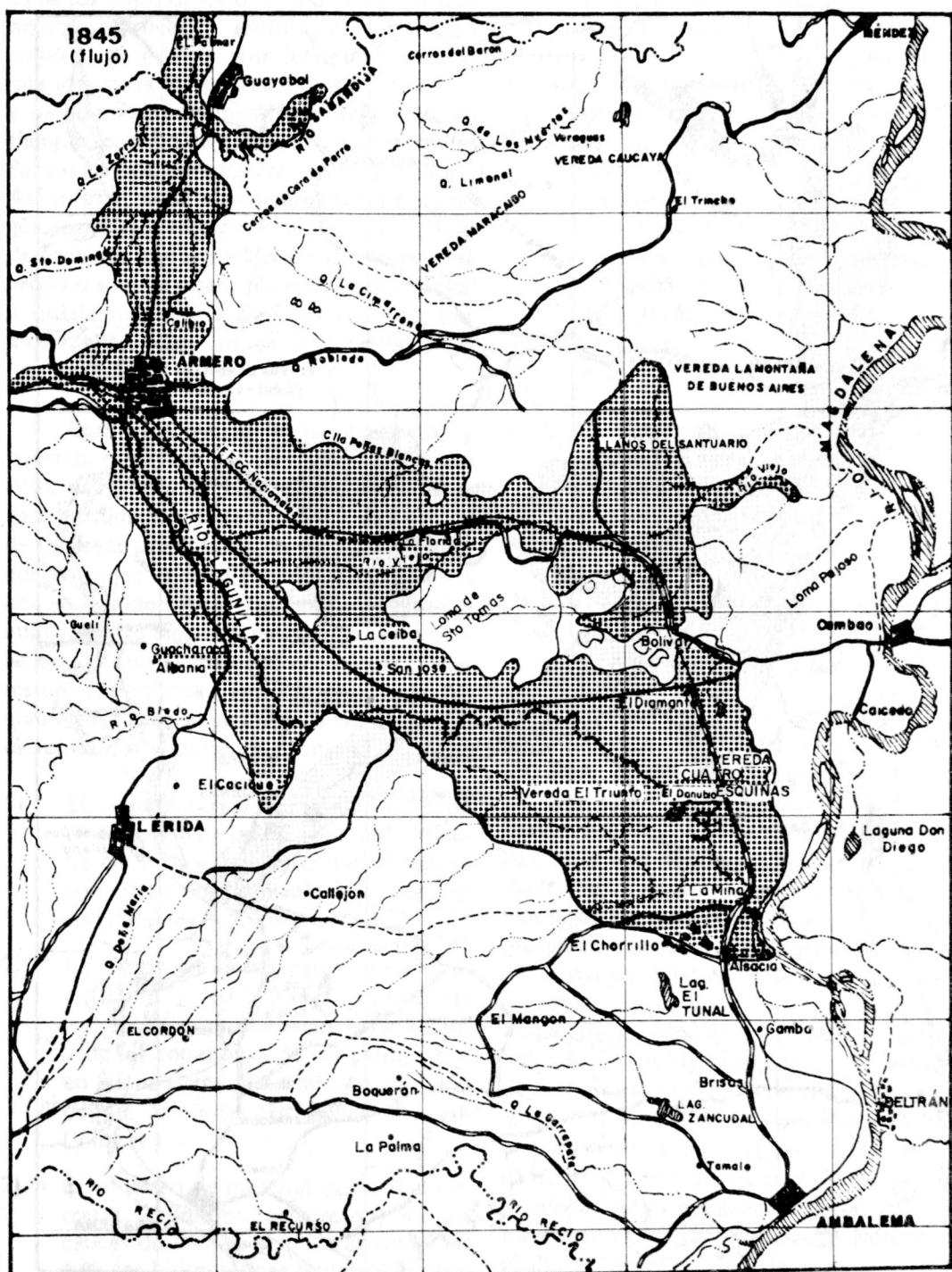


FIG. 7: Reconstrucción aproximada, con base en relatos históricos y observaciones de campo, del flujo de lodo del 19.02.1845.

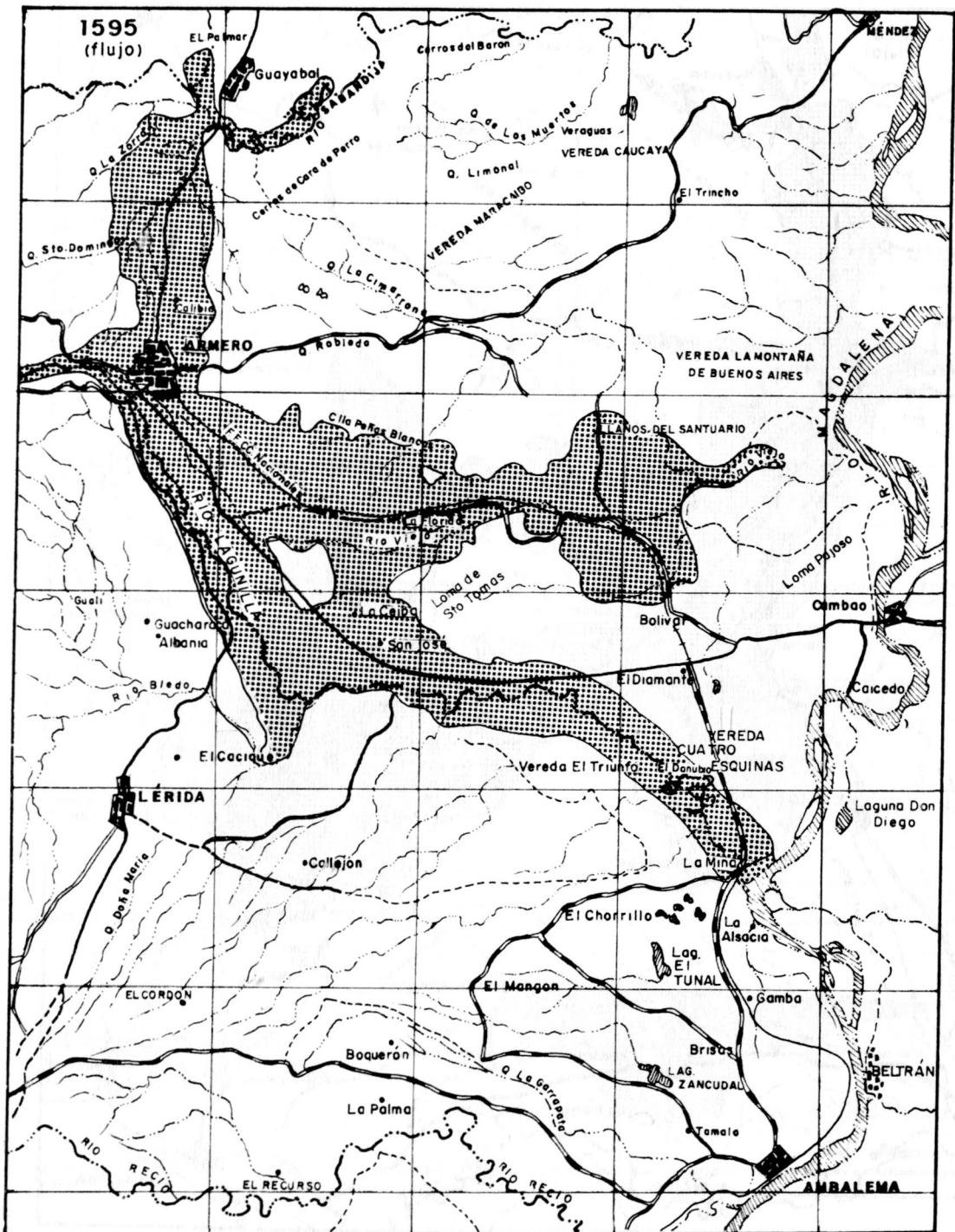


FIG. 8: Reconstrucción aproximada, con base en relatos históricos y observaciones de campo, del flujo de lodo del 12.03.1595.

Central y en particular de las zonas planas en los valles de los ríos Cauca y Magdalena, es de capital importancia tanto el estudio de los procesos actuales (que nos han permitido conocer con certeza los productos y la dinámica de los flujos de lodo, en momentos de una notable reactivación eruptiva del (VNR) así como el de eventos anteriores, que nos dan una idea de la variación a lo largo del tiempo y de las máximas dimensiones alcanzadas, en tiempos cuando la cantidad de nieve en el Parque de Los Nevados era mayor que ahora. Así mismo, debe tenerse en cuenta que, según los relatos históricos, al parecer, el flujo de lodo de 1845, en el valle de Armero, se produjo sin una ostensible actividad eruptiva, y quizás más por avalanchas causadas por movimientos sísmicos en el área del VNR (ver tabla 1).

Con base en lo arriba expuesto, y nuestras observaciones de campo, realizadas entre noviembre de 1985 y julio de 1986, se ha concluido que la determinación confiable de las áreas susceptibles de ser afectadas por nuevos flujos de lodo (lo cual a su vez tiene una gran importancia económica y múltiples implicaciones legales y de manejo social) relacionado con el vulcanismo en áreas glaciares de la Cordillera Central, depende del conocimiento preciso de diversos factores o parámetros, entre los que se cuentan:

- 1) El volumen real del hielo existente en cada uno de los nevados, en particular del Ruiz, ya que hasta hoy se trabaja con cifras muy estimativas, sin soporte con datos de "subsuelo".
- 2) La restitución detallada, en mapas 1:10.000 y 1:5.000 de los cauces de los ríos que descienden de los nevados, y de las zonas bajas de tales ríos, labor en buena parte ya adelantada, en 1956 por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- 3) El volumen de material disponible (terrazas, derrubios, vegetación) en los cauces de los ríos y en los ápices de las cuencas hidrográficas (ante todo material piroclástico suelto), para engrosar nuevas avenidas.
- 4) Los cambios morfológicos generados en los eventos precedentes o aquellos inducidos por actividad antrópica (construcción de presas, muros, canales de irrigación, etc.) que pueden causar la contención temporal o la desviación de eventuales nuevos torrentes.
- 5) La determinación del volumen de hielo correspondiente a cada una de las cuencas hidrográficas, su posible comportamiento ante próximos eventos eruptivos o sísmicos, y su respuesta ante diferentes tipos de la actividad volcánica, como explosiones fréáticas, actividad fumarólica intensa, explosiones laterales, posibles emisiones de lava y recalentamientos del edificio volcánico.
- 6) La determinación sistemática de las edades de los paleosuelos presentes en los perfiles estratigráficos de los diversos abanicos cuaternarios.

5. DINAMICA DE LOS FLUJOS DEL 13.11.1985 EN ARMERO Y MARIQUITA - HONDA

— **Armero (Fig. 9).**— De acuerdo con MOJICA et al. (1986a) y UJUETA & MOJICA (1986) el cubrimiento del área afectada por el flujo de lodo ocurrió en sucesivos pulsos con características diferentes. Así, el primer término se dió una corta inundación, que afectó ante todo los sectores más bajos del valle; luego vino un flujo extremadamente denso (hipersaturado de sólidos), de velocidad relativamente baja y variable, oscilante, que dió lugar en el sector proximal, a una cubierta continua con espesor variable (controlado por la topografía), de hasta más de 4 m de altura y radio de aproximadamente 3,5 km. El avance y empuje de esta masa, que incluía los bloques de mayor tamaño, causó el colapso de las construcciones, pero su efecto fue diferencial ya que el daño fue menor en zonas levemente más altas, en las cuales el "lodo" invadió las viviendas, inyectándose por puertas, ventanas y techos, sin derribarlos del todo; la alta densidad de esta

Fecha	12.03.1595 Fig. 8	19.02.1845 Fig. 7	13.11.1985 Fig. 5
Características	se constituyó el lodo	se observó el lodo	se observó el lodo
Cruces utilizados por los flujos	Río Lagunilla Río Gualí	Río Lagunilla Quebrada Santo Domingo Río Sabandija	Río Lagunilla Río Azufrado Río Gualí Quebrada Sto. Domingo Quebrada Molinos Quebrada Nereidas Río Chinchiná
Áreas afectadas	Valle río Gualí Valle río Lagunilla hasta su desembocadura en el Magdalena.	Valle río Lagunilla hasta su desembocadura en el Magdalena Valle quebrada Santo Domingo Valle río Sabandija	Valles de los ríos Lagunilla, Gualí y Chinchiná Valle quebrada Santo Domingo.
Daños	Devastación de áreas habitables y cultivables.	Devastación de áreas habitables y cultivables	Destrucción de Armero-Santuaria. Destrozos importantes en Chinchiná, Mariquita y Honda. Destrucción de puentes en los diversos cauces. Devastación de amplias áreas cultivadas.
Alcance de las cenizas	Más de 200 km al SW (Toro, Valle). Más de 70 km al NE (Mariquita).	---	Más de 700 km al NE (Venezuela)
Comparación con 13.11.85	2 veces mayor.	3 a 4 veces mayor	---
Causas	<p>Actividad volcánica VNR:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Explosión dirigida hacia el NE — Fumarolas antes y después de las erupciones — Caída de piroclastos: ceniza, piedra pómex, arena, grava — Deglaciación parcial — Sismos asociados a las erupciones 	<p>Actividad sísmica VNR:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Eventos eruptivos no comprobados 	<p>Actividad volcánica VNR:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Dos emisiones piroclásticas — Fumarolas antes y después de las erupciones — Deglaciación del 6 a 9 % del área nevada — Sismicidad asociada con las erupciones.
Método de Evaluación	Histórico-Investigación	Histórico-Investigación	Investigación

TABLA 1: Resumen comparativo de los flujos de lodo ocurridos en tiempos históricos por deshielos en el área del Volcán Nevado del Ruiz.

fase permitió que el flujo se detuviera en ciertas calles con marcada pendiente y que otras quedaran intactas.

A este primer depósito siguieron pulsos menos densos y más veloces, con alta capacidad erosiva, que disecaron amplias franjas del primer abanico imprimiéndole así un aspecto aterrazado y generando nuevos cañales de distribución, entre los que se destacan el del cauce del río Viejo (= Acequia Grande) y el de la Acequia de Maracaibo; esta última con dirección al N, hacia el río Sambanija. Entre tanto el cauce habitual del Lagonilla debió encontrarse colmado y obstruido, siendo recuperado sólo hacia el final del evento y dando lugar al transporte y distribución de sedimentos en una estrecha franja, por un tramo de unos 10 km.

Como resultado de los procesos descritos, en un lapso de una o más horas, resultaron afectadas 3.450 Ha. del valle, se desorganizaron totalmente los sistemas de riego, se interrumpieron las vías de comunicación y se semisepultó con sedimentos el caserío de Santuario, 18 km al E de Armero. Así, y de acuerdo con lo conocido de las narraciones históricas de los flujos de 1845 y 1595, se concluye que el Valle de Armero constituye un área no apta para los asentamientos humanos y que las construcciones que se adelanten en él estarán sujetas al riesgo de nuevas avenidas sedimentarias (o "avalanchas"); empero, y en virtud de que el período de recurrencia puede abarcar centenares de años, el terreno, una vez recuperados los suelos, es apto para la agroindustria.

— **Mariquita - Honda.**— A pesar de que los sucesos en este sector se tienen pocos datos, de los relatos de los testigos y del examen del terreno, se deduce que el comportamiento hidrodinámico del flujo de lodo al llegar a la planicie de Mariquita, pero restringido al valle actual del río Gualí, fue, en términos generales, muy similar al de Armero, aunque comparado con aquel, su volumen resultó bastante modesto. Empero, la energía fue suficiente para arrasar las obras civiles que encontró a su paso, según se describe en la Estación 6 de esta guía.

Los destrozos ocasionados por la avenida del río Gualí en la ciudad de Honda, luego de que la casi totalidad de la carga fuera depositada en la planicie al N de Mariquita, tienen su origen en el socavamiento del lecho del río con profundidad hasta de 3 m, y en el ataque violento de las aguas en sus riberas, según lo describen con detalle, en el informe de la segunda visita, los Ingenieros Acosta, Spinel y Gutiérrez, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional (Bogotá). Muchas de las edificaciones situadas en las márgenes del río sufrieron socavaciones de sus bases y posteriores hundimientos, y, aunque todavía no han colapsado, presentan ahora riesgo de derrumbarse. Así mismo, algunos de los puentes sobre el río Gualí, como el Puente López, perdieron por socavación los muros de ambos estribos.

6. ESTRATIGRAFIA

A lo largo del recorrido en este tramo de la excursión, se tiene ante todo unidades estratigráficas, parcial o totalmente relacionadas con la actividad volcánica en el Macizo del Ruiz - Tolima, que desde el Mioceno superior hasta el Holoceno han dado lugar a depósitos de piedemonte que tienden a llenar las zonas más bajas del N del Tolima. Dado que en la tercera parte de la guía se tratan en detalle y se examinan en el campo, las unidades propias de las Cordillera Central, restringimos este capítulo a aquellas correspondientes al Valle del Magdalena.

TERCIARIO

— **Grupo Honda.**— Constituido por una espesa secuencia de conglomerados poligénicos (a veces muy cuarzosos), areniscas líticas, limolitas y arcillolitas multicolores. Tiene una amplia extensión regional, que abarca el extremo S del Valle Medio y todo el Valle superior del Magdalena, cuyo límite se ha propuesto en la "Barrera de Guataquí - Piedras" (DE PORTA, 1966). Reciben el nombre del Grupo Honda las sedimentitas que afloran al E de la ciudad de Honda, entre la Falla de Honda (pie W de la Cuchilla de San Antonio, o Flor Colorada) hasta la

Falla de Cambao - Cambrás, lo cual implica que los límites inferior y superior del Grupo Honda no afloran en la localidad tipo. El término "Honda" fue introducido por HETTNER (1982) y ha sido utilizado de diversas maneras en la literatura:

- Hondasandstein - Hondasandstein Stufe (HETTNER, 1892)
- Honda Formation (WASHBURN & WHITE, 1923)
- Formación Andesítica de Honda (STUTZER, 1934)
- Piso de Honda (SCHEIBE, 1934)
- Estratos Túficos de Honda (GROSSE, 1935)
- Capas de Honda (WEISKE, 1938).
- Estratos y Series de Honda (STILLE, 1938). Este autor incluye, sin embargo, en este conjunto, a rocas de las formaciones Mesa, Secas, Hoyón, Cimarrona y San Juan de Río Seco. En este error también incurren otros investigadores como ANDERSON (1926) e IRISARRI (1929).

BUTLER (1942) presenta una revisión adelantada en el área de estudio y postula que las "Series de Honda" han de dividirse en Honda Inferior (sin rocas volcánicas, con un espesor de 1600 m) y Honda Superior (con aportes vulcanogénicos, ante todo clastos andesíticos, y más de 2400 m de espesor). Esta división ha sido transladada a otros sectores del Valle del Magdalena, con diversos matices (WELLMAN, 1970).

De acuerdo con DE PORTA (1966), el Grupo Honda está integrado, de base a techo, por las Formaciones Cambrás (que no aflora en la región de Honda), San Antonio y Los Limones. La Formación San Antonio se compone ante todo de areniscas y conglomerados, con supeditadas intercalaciones limosas, y, según dicho autor, comprende los Miembros Flor Colorada (422 m), Los Co-

cos (271 m) y La Ceibita (437 m). La Formación Los Limones está constituida, más que todo, por "lutitas rojas con intercalaciones de arenas".

VAN HOUTEN (1976) señala que en el Grupo Honda están representados principalmente sedimentos de llanura aluvial, y aporta evidencias de la influencia del vulcanismo andino en diferentes niveles del mismo. La edad determinada con base en dataciones radiométricas, según VAN HOUTEN (op. cit.) va del Mioceno medio al superior (10 a 20 m.a.). De otro lado, en algunos sitios del Valle Superior del Magdalena, cuyas edades abarcan del Oligoceno superior al Mioceno superior; VAN HOUTEN & TRAVIS (1968) dan un rango que va del Mioceno - Mioceno tardío al Plioceno temprano; BELTRAN & GALLO (1968), con base en datos palinológicos, postulan una edad sobre todo Miocena para el Grupo Honda en la Cuenca de Neiva. Empero, y de acuerdo con DE PORTA (1974), el Grupo Honda ha de comprender un lapso Oligoceno superior - Mioceno superior.

— **Formación Mesa.**— Comprende una compleja sucesión de areniscas inmaduras ("de sal y pimienta"), poco consolidadas, conglomerados poligénicos e intercalaciones arcillosas. Todo el conjunto presenta un marcado carácter volcánico en la composición de los clastos, con abundantes cantos de lavas y pómex andesítico-dacítico, a los que acompañan fragmentos esquistos, anfibolíticos y de cuarzo lechoso y plutonitas granodioríticas.

La Formación Mesa ocupa grandes extensiones del área de trabajo, caracterizándose por sus colinas escalonadas, o "mesas", de donde recibe su nombre, mencionado en primer término por HETTNER (1892). La autoría del nombre estratigráfico es atribuida por DE PORTA (1974) a WEISKE (1926-1938). Fue redefinida por BUTLER (1942) y DE PORTA (1965, 1966). El primero da como sección tipo los afloramientos al NW de la población de Honda, en tanto que el segundo considera mejor la sección al SE de Mariquita (Cerro Lumbí), donde

se diferencian tres Miembros (Las Palmas, Bernal y Lumbí), con espesor total de unos 450 m.

En la literatura se encuentran las siguientes denominaciones:

- Vulkanische Tufftafeln (HETTNER, 1982).
- Capas de Mesa o Capas Tabulares de Toba Volcánica (WEISKE, 1938).
- Mesa Formación (WHEELER, 1935).
- Mesas de Tobas Volcánicas (SCHEIBE, 1934).
- Mesa Conglomerate (FIELDS, 1957).
- Mesa Group (Morales et al, 1958).

A la Formación Mesa se le atribuye una edad Mioceno? - Plioceno (DE PORTA, 1974); sin embargo, DUEÑAS & CASTRO (1981) aportan datos que parecen indicar que la unidad podría ser totalmente Pliocena.

VAN HOUTEN (1976) considera que se trata de un grupo con un espesor de aproximadamente 1000 m, indicando que es producto de un gran incremento en la actividad volcánica en la Cordillera Central. Dicha actividad está representada en los materiales fragmentarios que la componen: andesitas y pómex en forma de clastos gruesos, areniscas lítico-volcánicas y arcillas montmorilloníticas. Asimismo, según observaciones recientes, algunos niveles de la Formación Mesa presentan características texturales propias de los flujos de lodo.

CUATERNARIO

Incluye una variada gama de sedimentos, con carácter de conos o abanicos aluviales (atribuibles a los ríos que descienden de la Cordillera Central), originados en diferentes tiempos, y sobre los cuales no se tienen dataciones precisas, lo cual, como es lógico dificulta o imposibilita, los intentos

de correlación, o de la extensión de la nomenclatura estratigráfica más allá de los límites de cada "cono". Sin embargo, ateniéndose a la disposición altimétrica de las superficies de cada uno de los abanicos y del grado de disección en ellos, es posible postular el orden estratigráfico seguido a continuación:

- **Formación Lérida.**— Según DE PORTA (1974), representa el "cono aluvial que se extiende a ambos lados del río Recio y cuyos depósitos llegan hasta las proximidades de Ambalema, junto al río Magdalena". El término "Formación Lérida" se debe a WASHBURN & WHITE (1923), quienes, sin dar mayor información, indican que se trata de "depósitos arcósicos y piroclásticos, por encima de la Formación Mesa".

Se trata, de acuerdo con MOJICA et al (1986b) de un abanico originado por el río Recio, en el que intervienen principalmente flujos de lodo, con cantos y bloques (en general redondeados, de decímetros a metros de diámetro) de vulcanitas andesíticas, pumitas, esquistos, anfibolitas, plutónitas graníticas y cuarzo lechoso, para un espesor total de cerca de 80 m. El perfil estratigráfico incluye además algunos conjuntos arenoso-conglomeráticos deleznables, con carácter de "sedimentos torrentiales". En el río Recio la base de la unidad (depósitos proximales) descansa sobre rocas intrusivas, en tanto que al N, en el descenso hacia el río Bledo, se apoya sobre areniscas del Grupo Honda. DE PORTA (1974) opina que el "Cono de Lérida" está conformado por dos "etapas", una inferior de origen fluvial (que correspondería con la terraza baja indicada por RAASVELDT & CARVAJAL, 1957) y una superior, que representaría el verdadero cono (terrazza alta de RAASVELDT & CARVAJAL). ETHERINGTON (1942) emplea el término "Cono del Recio", mientras que para VAN HOUTEN (1976) se trata de "Lérida Conglomerate Breccia and Sandstone", producto de la actividad explosiva del Ruiz y de los correspondientes flujos de escombros proyectados hacia el pie de monte de la Cordillera Central y el Valle del Mag-

dalena. VAN HOUTEN (op. cit.) da a conocer dataciones radiométricas, a partir de clastos vulcanogénicos de 4.3 ± 0.3 m.a., para la parte inferior y 1.5 ± 0.5 m.a. para la superior. Por otro lado, al comparar la altura y grado de disección del Abanico de Lérida con los de Mariquita, Guayabal - El Rhin y Armero, es obvio que el de Lérida es más antiguo, relacionado seguramente con las glacaciones pleistocenas.

— **Formación Gualí.**— Propuesta por BUTLER (1942) para designar depósitos "muy similares a la Formación Mesa" pero menos litificados y obviamente más jóvenes, que ocupan las riberas del río Gualí en las cabeceras de la población de Honda. Según dicho autor, la sección tipo se encuentra en el costado S de la planta eléctrica de Honda y alcanza 21.5 m, integrados en la base por una "masa" conglomerática, con cantos de 1 m de diámetro de "granito" filita, cuarzo y chert, a los que siguen estratos "tobáceos" más finos y "aglomerados" volcánicos. BUTLER opina que se trata en buena parte de material retrabajado de la Formación Mesa y que la unidad se extiende por las planicies (abanicos) de Mariquita, Armero y Ambalena; más aún, ETHERINGTON (1942) propone considerar como Formación Gualí los abanicos de Mariquita (que incluye el de Guayabal - El Rhin de MOJICA et al. 1986b), Lérida, Ibagué, Ortega y Chaparral, lo cual a nuestro juicio constituye una generalización demasiado amplia, ya que se estarían mezclando unidades cuya continuidad espacio-temporal no ha sido comprobada. Nos parece que, siguiendo a DE PORTA (1966: 273), sería más apropiado mantener restringido el nombre de Formación Gualí para los sedimentos de los Abanicos de Mariquita y Guayabal - El Rhin, que evidentemente tienen un origen común en el río Gualí. Columnas estratigráficas características de la parte alta de esta unidad, son las representadas en la Figura 10. Según dichos perfiles, y los demás que se verán en el transcurso de la excursión, la Formación Gualí se compone de una alternancia de fanglomerados (que resultan ser flujos de lodo") bien consolidados y areniscas conglomeráticas, muy friables, de tipo torrencial.

El espesor real de la Formación Gualí ha de ser muy superior al indicado por BUTLER (1942) y próximo a los 75 m indicados por VAN HOUTEN (1976), para lo que él llama "Gualí Sandstone and conglomerate", indicando que hacia La Dorada el espesor disminuye a 6 - 7 m.

Dentro de la Formación Gualí aparecen también facies litológicas especiales, como las que aparecen en la Cantera Guasimal (Estación 3 de esta guía), que parecen corresponder con antiguos deltas represados frente a Honda, y que en parte pueden ser de tipo lagunar, y semejan lo que BUTLER (1942), refiriéndose a materiales expuestos al SE de Honda, denominó Depósito Lagunares o "Lake Hettner", y que él involucra en la Formación Mesa, aunque reconoce que se trata de capas más jóvenes. A la Formación Gualí deben corresponder, en nuestro concepto, también los afloramientos descritos por DE PORTA (1966) como parte del "Lake Hettner", que aparecen de Puerto Bogotá hacia el E, en la forma de terrazas bajas a lado y lado del río Magdalena, adosadas en diferentes niveles del Grupo Honda, fácilmente reconocibles por sus colores claros a blancos, y su litología conglomerática, y que en algunos puntos recubren sedimentos limo-arenosos, con estratificación fina, propios de fases de inundación del río Magdalena.

La edad de la Formación Gualí no ha sido establecida con precisión, pero con base en las observaciones de campo, BUTLER (1942) supone que se trata de sedimentos pleistocenos; RAASVELDT & CARVAJAL (1957) apuntan en la misma dirección, cuando señalan, en el lugar de la Formación Gualí, terrazas del Pleistoceno. VAN HOUTEN (1976) obtuvo, de los detritos vulcanogénicos, edades de 2.6 ± 0.9 m.a. (en hornblenda) y 5.5 ± 0.5 m.a. (en plagioclase "contaminada"), que de todos modos no representan el momento de la sedimentación. A pesar de lo anterior, en este trabajo se considera que la Formación Gualí ha de comprender parte del Pleistoceno superior y del Holoceno antiguo.

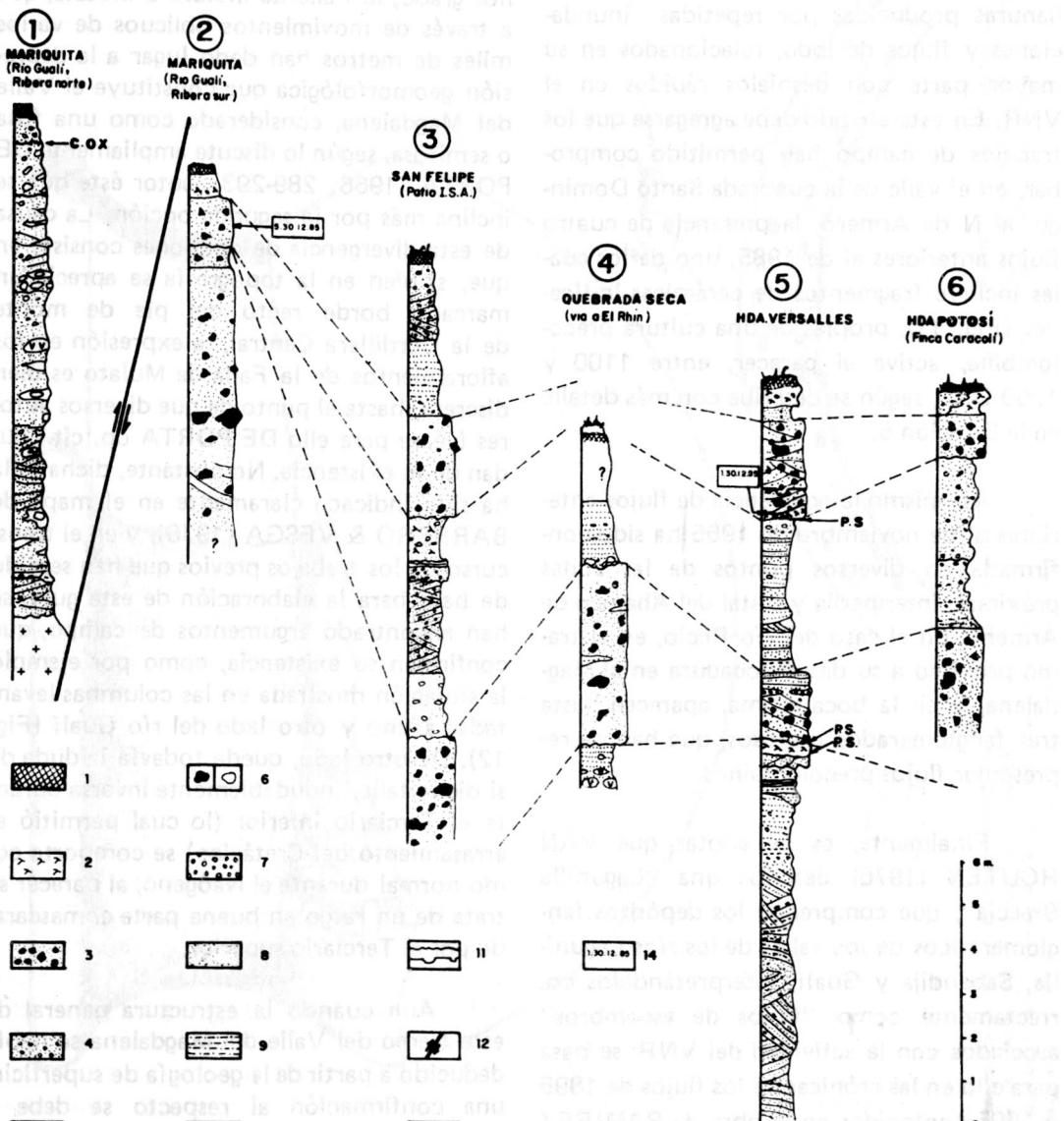


FIG. 10: Perfiles estratigráficos del Cuaternario (Formación Guálfestudiados entre Mariquita y Guayabal . (Tol.); localización Figura 3. 1: Suelo orgánico, actual; 2: Capas tobáceas; 3: flujos de lodo; 4: arenas sueltas, conglomeráticas; 5: capas con estratificación paralela; 6: cantes angulares (en negro), cantes redondeados (en blanco); 7: gravas redondeadas; 8: arenas; 9: límos; 10: capas con estratificación cruzada; 11: límites erosivos; 12: falla inversa; 13: intrusivos granodioríticos; 14: muestras analizadas sedimentológicamente. P.S.: Paleoosuelos; C.O.X: Costra de oxidación.

— **Abanicos Recientes.**— Los sedimentos que rellenan los valles de los ríos Lagunilla y Recio (incluyendo el valle actual del Gualí) constituyen el Cuaternario más reciente, escasamente disectado, más llano y más apto para la agroindustria. Según lo evidencian los registros históricos, y los sucesos de noviembre de 1985, se trata de llanuras producidas por repetidas inundaciones y flujos de lodo, relacionados en su mayor parte con deshielos rápidos en el VNR. En este sentido debe agregarse que los trabajos de campo han permitido comprobar, en el valle de la quebrada Santo Domingo, al N de Armero, la presencia de cuatro flujos anteriores al de 1985, uno de los cuales incluye fragmentos de cerámicas indígenas (Fig. 11), propias de una cultura precolombina, activa al parecer, entre 1100 y 1200 D.C., según se describe con más detalle en la Estación 8.

Así mismo la ocurrencia de flujos anteriores al de noviembre de 1985 ha sido confirmada en diversos puntos de las zonas proximal, intermedia y distal del Abanico de Armero. En el caso del río Recio, en el tramo próximo a su desembocadura en el Magdalena, y en la boca misma, aparecen hasta tres fanglomerados gravosos, que han de representar flujos precolombinos.

Finalmente, es de anotar que VAN HOUTEN (1976) describe una "Lagunilla Breccia", que comprende los depósitos fanglomeráticos de los valles de los ríos Lagunilla, Sabandija y Gualí, interpretándolos correctamente como "flujos de escombros" asociados con la actividad del VNR; se basa para ello en las crónicas de los flujos de 1895 y 1595 contenidos en la obra de RAMIREZ (1975). Como se verá en las estaciones correspondientes, la fracción gruesa de dichos conglomerados incluye siempre clastos de diverso origen, como andesitas porfiríticas grises, negras y rojizas, pumitas, filitas, esquistos micáceos y graffíticos, anfibolitas, cuarzo lechoso y rocas graníticas.

7. TECTONICA

FALLAS

Como ya se mencionó en los capítulos anteriores, los rasgos estructurales más prominentes de la región son los Sistemas de Fallas de Cambao (= Cambrás), de Honda y en menor grado, la Falla de Mulato o Mutatá, que a través de movimientos oblicuos de varios miles de metros han dado lugar a la depresión geomorfológica que constituye el Valle del Magdalena, considerado como una fosa o semifosa, según lo discute ampliamente DE PORTA (1966: 289-293), autor éste que se inclina más por la segunda opción. La causa de esta divergencia de opiniones consiste en que, si bien en la topografía se aprecia un marcado borde recto del pie de monte de la Cordillera Central, la expresión en los afloramientos de la Falla de Mulato es bien discreta, hasta el punto de que diversos autores (véase para ello DE PORTA op. cit.) dudan de su existencia. No obstante, dicha falla ha sido indicada claramente en el mapa de BARRERO & VESGA (1976), y en el transcurso de los trabajos previos que han servido de base para la elaboración de esta guía, se han encontrado argumentos de campo, que confirman su existencia, como por ejemplo la situación mostrada en las columnas levantadas a uno y otro lado del río Gualí (Fig. 12). De otro lado, queda todavía la duda de si dicha falla, indudablemente inversa durante el Terciario inferior (lo cual permitió el arrasamiento del Cretácico) se comporta como normal durante el Neógeno; al parecer se trata de un rasgo en buena parte enmascarado por el Terciario superior.

Aun cuando la estructura general de este tramo del Valle del Magdalena se había deducido a partir de la geología de superficie, una confirmación al respecto se debe a ACOSTA & OBANDO (1984), quienes dan a conocer información sísmica que demuestra que las fallas de Cambao y Honda representan en verdad complejos sistemas de cabalgamiento hacia el W, con múltiples planos arqueados (superficies lísticas, convexas hacia el W) que buzan hacia el E y que tienden a juntarse (o se juntan) en profundidad. Así

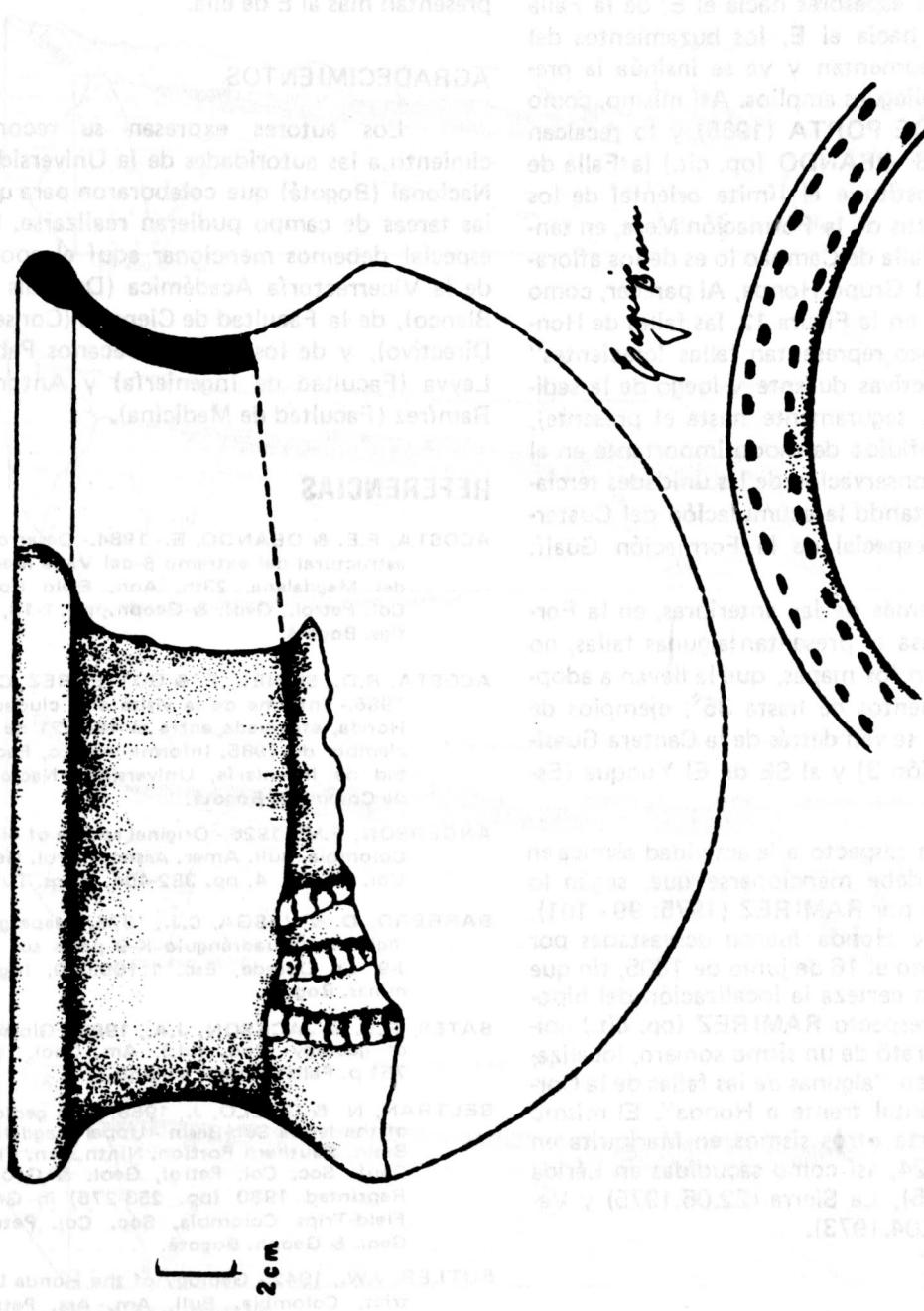


FIG. 11: Fragmento de una vasija ceremonial perteneciente a una cultura indígena "Panche - Pantágoros - Pijao", hallada en un flujo de lodo (tercero por debajo del de noviembre de 1985), en terrenos de la Granja experimental de la Universidad del Tolima, (Quebrada Santo Domingo, al N de Armero: Estación 8 de la guía). Arriba, vista lateral; abajo, detalle de la ornamentación punteada de la parte superior interna del cuello. Identificación y reconstrucción: Profesor: Gonzalo Correal; Dibujo: Sra. Eugenia de Brieva (ambos del Museo de Ciencias Naturales, Universidad Nacional, Bogotá).

mismo, los registros sísmicos mencionados muestran que hasta la Falla de Honda la cobertera sedimentaria presenta una suave inclinación hacia el E, dando lugar a un monocinal que ha permitido una mayor conservación de los espesores hacia el E; de la Falla de Honda hacia el E, los buzamientos del Terciario aumentan y ya se insinúa la presencia de pliegues amplios. Así mismo, como lo señala DE PORTA (1966) y lo recalcan ACOSTA & OBANDO (op. cit.) la Falla de Honda constituye el límite oriental de los afloramientos de la Formación Mesa, en tanto que la Falla de Cambao lo es de los afloramientos del Grupo Honda. Al parecer, como se muestra en la Figura 12, las fallas de Honda y Cambao representan fallas "crecientes" (es decir activas durante y luego de la sedimentación, seguramente hasta el presente), que han influido de modo importante en el grado de conservación de las unidades terciarias, y limitando la acumulación del Cuaternario, en especial de la Formación Gualí.

Además de las anteriores, en la Formación Mesa se presentan algunas fallas, no indicadas en los mapas, que la llevan a adoptar buzamientos de hasta 35°; ejemplos de estos casos se ven detrás de la Cantera Guasimal (Estación 3) y al SE de El Yunque (Estación 5).

Con respecto a la actividad sísmica en la región, debe mencionarse que, según lo consignado por RAMIREZ (1975: 99 - 101), Mariquita y Honda fueron desvastadas por un terremoto el 16 de junio de 1805, sin que se sepa con certeza la localización del hipocentro; al respecto RAMIREZ (op. cit.) opina que se trató de un sismo somero, localizado tal vez en "algunas de las fallas de la Cordillera Oriental frente a Honda". El mismo autor reporta otros sismos en Mariquita en 1697 y 1824, así como sacudidas en Lérida (12.12.1965), La Sierra (22.06.1975) y Venadillo (03.04.1973).

PLIEGUES

El desarrollo de pliegues en este sector del Magdalena es bien precario, pues, como ya se indicó, desde el pie de la Cordillera Central hasta la Falla de Honda se tiene un suave monocinal; empero, en la Formación Mesa se han identificado algunas estruc-

turas, como por ejemplo al W de Armero. Al E de la Falla de Honda, la tectónica compresiva ha generado amplias cubetas (sinclinales), que tienden a superponerse por acción de las fallas de cabalgamiento que se presentan más al E de ella.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a las autoridades de la Universidad Nacional (Bogotá) que colaboraron para que las tareas de campo pudieran realizarse. En especial debemos mencionar aquí el apoyo de la Vicerrectoría Académica (Dr. Luis H. Blanco), de la Facultad de Ciencias (Consejo Directivo), y de los señores Decanos Pablo Leyva (Facultad de Ingeniería) y Antonio Ramírez (Facultad de Medicina).

REFERENCIAS

- ACOSTA, F.E. & OBANDO, E.- 1984.- Desarrollo estructural del extremo S del Valle Medio del Magdalena. 23th. Ann. Field Conf. Col. Petrol., Geol. & Geoph., pp. 1-18, 13 figs. Bogotá.
- ACOSTA, R.D., SPINEL, F. & GUTIERREZ, C.I., 1986.- Informe de la visita a la ciudad de Honda, efectuada entre el 18 y 21 de diciembre de 1985. Informe Inédito, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- ANDERSON, F.M., 1926.- Original source of oil in Colombia. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Vol. 10, No. 4, pp. 382-404, 8 figs. Tulsa.
- BARRERO, D. & VESGA, C.J., 1976.- Mapa geológico del Cuadrángulo K-9 parte sur del J-9 La Dorada, Esc. 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.
- BATES, R.L. & JACKSON, J.A., 1980.- Glossary of geology (2nd. Ed.). Am. Geol. Inst. 751 p. Falls Church. Virginia.
- BELTRAN, N. & GALLO, J., 1968.- The geology of the Neiva Sub-Basin - Upper Magdalena Basin, Southern Portion. Ninth Ann. Field Conf. Soc. Col. Petrol., Geol. & Geoph. Reprinted 1980 (pp. 253-275) in Geol. Field-Trips Colombia, Soc. Col. Petrol. Geol. & Geoph. Bogotá.
- BUTLER, J.W., 1942.- Geology of the Honda District, Colombia. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. Vol. 26, No. 5, pp. 793-837, 14 figs., Tulsa.
- DE PORTA, S., 1965.- La estratigrafía del Cretácico superior y Terciario en el extremo S del Valle Medio del Magdalena. Bol. Geol. Univ. Ind. Santander, No. 19, pp. 5-30, 13 figs. Bucaramanga.

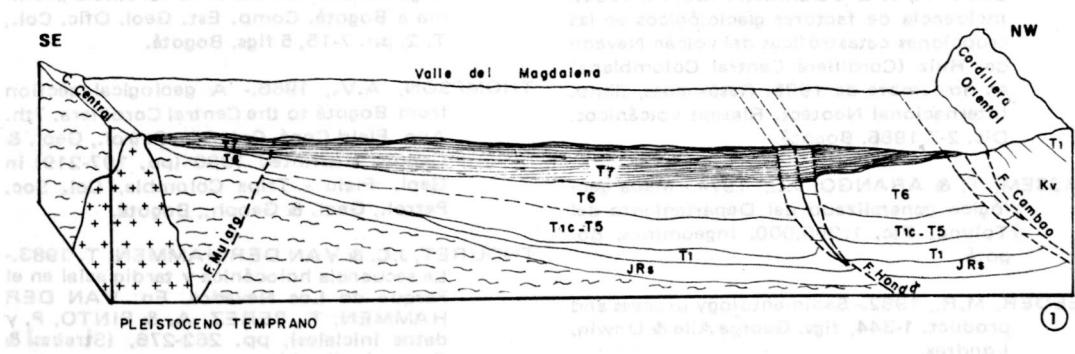
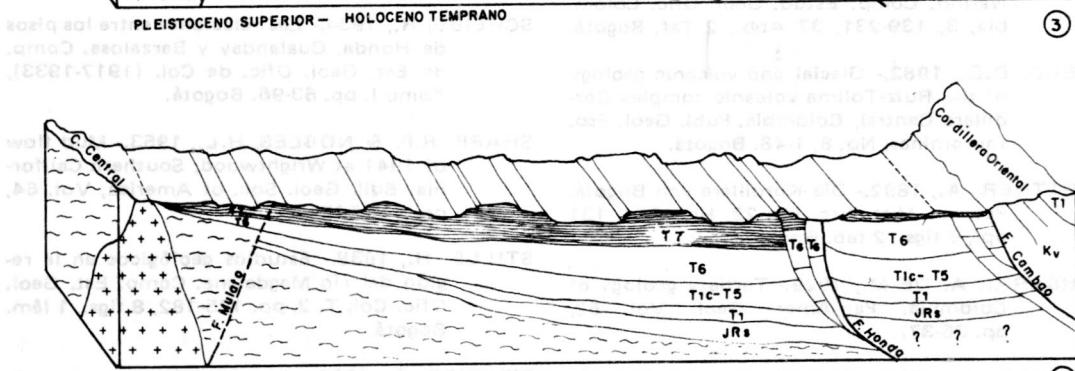
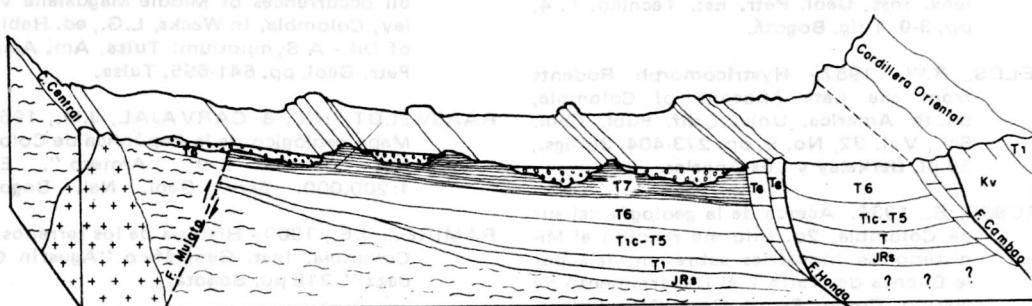
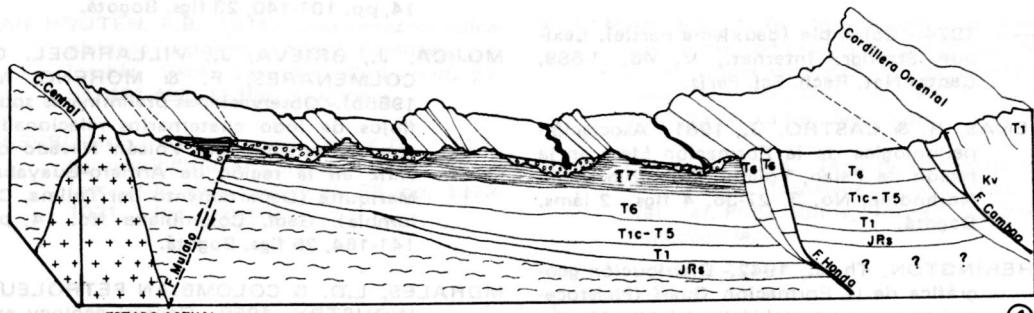


FIG. 12: Modelo generalizado que muestra los principales rasgos tectónicos del área de Honda e intenta visualizar la ubicación y geometría de las formaciones Mesa y Guía.

Jrs: Formación Saldanía; Kr: Cretácico; T1: Formación Guaduas; T1c-T5: Formación Hoyón; Gr: Gualanday, Formación La Cira; T6: Grupo Honda; T7: Formación Mesa; círculos: Formación Gualí. Interpretación del subsuelo con base en ACOSTA & OBANDO (1984).

- DE PORTA, J., 1966.- La geología del extremo del Valle Medio del Magdalena. Bol. Geol. No. 22, 1-347, 37 figs., 48 fotos, No. 23: mapas y láminas. Univ. Ind. Santander. Bucaramanga.
- 1974.- Colombie (deuxième partie). Lexique Stratigr. Internat., V. 46, 1-689, Centre Nat. Rech. Sci. París.
- DUEÑAS, H. & CASTRO, G., 1981.- Asociación paleontológica de la Formación Mesa en la región de Falan, Tolima, Colombia. Geol. Norandina, No. 3, 27-36, 4 figs., 2 láms. Bogotá.
- ETHERINGTON, Th. J., 1942.- Distribución geográfica de la Formación Guálf (Pleistoceno) en una parte del Valle del Alto Magdalena. Inst. Geol. Petr. Est. Técnico. T. 4, pp. 3-9, 1 fig. Bogotá.
- FIELDS, R.W., 1957.- Hystricomorph Rodents from the Late Miocene of Colombia, South America. Univ. Calif. Publ. Geol. Sci., Vol. 32, No. 5, pp. 273-404, 35 figs., 36 pl. Berkeley y Los Angeles.
- GROSSE, E., 1935.- Acerca de la geología del sur de Colombia. 2o. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un viaje por la Cuenca del Patía y el Departamento de Narino. Comp. Estud. Geol. Ofic. Colombia, 3, 139-231, 37 Abb., 2 Taf. Bogotá.
- HERD, D.G., 1982.- Glacial and volcanic geology of the Ruiz-Tolima volcanic complex Cordillera Central, Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 8, 1-48. Bogotá.
- HETTNER, A., 1892.- Die Kordillere von Bogotá. Peterm. Mitt. Erg. Bd. 22, Heft 104, 131 pp., 9 figs., 2 tab. Bogotá.
- IRISARRI, A. DE M., 1929.- Tertiary geology of Colombia. Pan-Amer. Geol. Vol. 52, pp. 35-37.
- JORDAN, E., FERNANDEZ, B., MOJICA, J., BRIEVA, J. & COLMENARES, F., 1986.- Incidencia de factores glaciológicos en las erupciones catastróficas del volcán Nevado del Ruiz (Cordillera Central Colombiana) en noviembre de 1985. Resúmenes, Simp. Internacional Neotéct. Riesgos volcánicos. Dic. 2-7 1986. Bogotá.
- KASSEM, T. & ARANGO, J.L., 1974.- Mapa geológico generalizado del Departamento del Tolima. Esc. 1:250.000. Ingeominas. Bogotá.
- LEEDER, M.R., 1982.- Sedimentology process and product. 1-344, figs. George Allen & Unwin. Londres.
- MOJICA, J., COLMENARES, F., VILLARROEL, C., MACIA, C. & MORENO, M., 1986a.- Características del flujo de lodo ocurrido el 13 de noviembre de 1985 en el Valle de Armero, Tolima. Geol. Colombiana, No. 14, pp. 107-140, 23 figs. Bogotá.
- MOJICA, J., COLMENARES, F., VILLARROEL, C., MACIA, C. & MORENO, M., 1986a.- Características del flujo de lodo ocurrido el 13 de noviembre de 1985 en el Valle de Armero, Tolima. Geol. Colombiana, No. 14, pp. 107-140, 23 figs. Bogotá.
- MOJICA, J., BRIEVA, J., VILLARROEL, C., COLMENARES, F. & MORENO, M., 1986b).- Observaciones preliminares sobre flujos de lodo cuaternarios relacionados con la actividad del Volcán Nevado del Ruiz en la región de Armero-Guayabal-Mariquita (Departamento del Tolima, Colombia). Geol. Colombiana No. 14, pp. 141-164, 25 figs. Bogotá.
- MORALES, L.D. & COLOMBIAN PETROLEUM INDUSTRY, 1958.- General geology and oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. In Weeks, L.G., ed. Habitat of Oil - A Symposium: Tulsa, Am. Assoc. Petr. Geol. pp. 641-695. Tulsa.
- RAASVELDT, H.C. & CARVAJAL, J.M., 1957.- Mapa geológico de la República de Colombia, Plancha K-9 "Armero", Esc. 1:200.000. Serv. Geol. Nal. Bogotá.
- RAMIREZ, J.E., 1969.- Historia de los terrenos en Colombia. Inst. Geográfico "Agustín Codazzi", 218 pp. Bogotá.
- SCHEIBE, R., 1934.- Las relaciones entre los pisos de Honda, Gualanday y Barzalosa. Comp. de Est. Geol. Ofic. de Col. (1917-1933), Tomo I, pp. 63-96. Bogotá.
- SHARP, R.P. & NOBLES, H.L., 1953.- Mud flow of 1941 at Wrightwood, Southern California. Bull. Geol. Soc. of America, Vol. 64, pp. 547-560.
- STILLE, H., 1938.- Estudios geológicos en la región del río Magdalena. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. 2, pp. 125-182, 8 figs., 1 lám. Bogotá.
- STUTZER, O., 1934.- Acerca de algunos rastros de la glaciaciación diluvial en la cordillera próxima a Bogotá. Comp. Est. Geol. Ofic. Col., T. 2, pp. 7-15, 5 figs. Bogotá.
- THOMPSON, A.V., 1966.- A geological section from Bogotá to the Central Cordillera. 7th. Ann. Field Conf. Col. Soc. Petrol., Geol. & Geoph. Reprinted 1980 (pp. 197-219) in Geol. Field - Trips Colombia, Col. Soc. Petrol., Geol. & Geoph., Bogotá.
- THOURET, J.C. & VAN DER HAMMEN, T. 1983.- La secuencia holocénica y tardiglacial en el Parque de Los Nevados. En: VAN DER HAMMEN, T., PEREZ, A. & PINTO, P. Y datos Iniciales), pp. 262-276, (Strauss & Cramer). Hirschberg.
- UJUETA, G. & MOJICA, J. 1986.- El flujo de lodo del 13.11.1985 en Armero (Tolima, Colombia): nuevos resultados obtenidos de la fotointerpretación y las observaciones de campo. Resúmenes Simposio Internacional Riesgos Volcánicos - Neotectónica, Dic. 2-7, 1986. Bogotá.

- VAN HOUTEN, F.B. & TRAVIS, R.B., 1968.- Cenozoic deposits, Upper Magdalena Valley, Colombia. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., Vol. 52, No. 4, pp. 675-702, 13 figs. Tulsa.

VAN HOUTEN, F.B., 1976.- Late cenozoic vulcaniclastic deposits, Andean Foredeep, Colombia. Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 87, pp. 481-495, 12 figs. New York.

WASHBURNE, C.W. & WHITE, K.D., 1923.- Oil possibilities of Colombia. Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., Vol. 68, pp. 1023-1031, 2 figs. Pittsburg.

WEISKE, F., 1938.- Estudio sobre las condiciones geológicas de la Hoya del río Magdalena. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. IV, 1a. parte, pp. 16-124. Bogotá;

WELLMAN, S.S., 1970.- Stratigraphy and petrology of the non marine Honda Group (Miocene), Upper Magdalena Valley, Colombia. Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 81, No. 8, pp. 2353-2374, 13 figs. New York.

WHEELER, O.C., 1935.- Tertiary stratigraphy of the Middle Magdalena Valley. Proc. Ac. Nat. Sci. Philadelphia, Vol. 87, pp. 21-39. Philadelphia.

HOJA DE RUTA (Fig. 13)

Jueves 4 de diciembre de 1986

- a) En la mañana, partiendo del Hotel Tequendama, en el centro de Bogotá, viaje en bus a Honda (160.0 km). Guía para este trayecto a cargo del geólogo Carlos Ulloa (Ingeominas - Bogotá).
- b. Observaciones en Puerto Bogotá y el centro de Honda, para explicar la estratigrafía, la tectónica y los principales rasgos geomorfológicos de este sector, y apreciar algunos de los destrozos causados en Honda por la creciente del río Gualí en la madrugada del 14.11.1985, los cuales se continúan hasta el presente.
- c. Recorrido Honda-Mariquita, para observar afloramientos del Terciario y del Cuaternario, y los efectos del flujo de noviembre de 1985, por el río Gualí, en la localidad de Mariquita.

Pernoctada en Honda, Hotel Molino Campestre.

DESCRIPCION DEL RECORRIDO Y ESTACIONES

km

- 0.0 Estación 1.- Entrada a Puerto Bogotá, restaurante Los Cauchos. Se asciende a pie (7 minutos) hasta las antenas de Telecóm, por sobre conglomerados y areniscas del Grupo Honda. Desde este lugar se tiene una excelente vista panorámica, que permite reconocer con facilidad las diferentes unidades terciarias y cuaternarias, y la expresión morfológica de la Falla de Honda.

Al W, del otro lado del río Magdalena, se aprecia la ciudad de Honda, construida en su totalidad sobre diferentes niveles de la Formación Gualí; al fondo, a unos 50 m por encima de la nueva vía a Mariquita, se observa bien el límite entre la Formación Gualí y la Formación Mesa. La primera ocupa el tercio inferior de la ladera y aparece adosada, como una terraza con leve inclinación hacia el N, contra la Formación Mesa; ésta da lugar a colinas algo más altas, con la morfología escalonada característica de estratos horizontales o subhorizontales. Más cerca del río Magdalena se ven terrazas bajas que pueden ser producto de abrasión o depósito del mismo. La morfología indica que este sector constituye la parte distal del Abanico de Mariquita, ya bastante disectado; mirando hacia el S, es claro que la Formación Gualí (constituida ante todo por flujos de escombros) ha sobrepasado el río Magdalena y ha avanzado, aguas arriba, por unos cuantos kilómetros dejando atrás terrazas inconfundibles, que se entrelazan o recubren depósitos aluviales, arenoso-limosos, rojo-cafés, notablemente laminados, que señalan represamientos temporales del río Magdalena en tiempos holocenos.

Al S y SW se tiene una morfología diferente de las anteriores, más escarpada (cuchilla Flor Colorada) con alturas máximas cercanas a 550 m s.n.m., que corresponde con la parte baja del Grupo Honda, en este caso la Formación San Antonio, Miembro Flor Colorada de DE PORTA (1966). El trazo principal de la Falla de Honda corre por el pie W de dicha cuchilla, y en el sector de Puerto Bogotá se encuentra cubierto por sedimentos de la Formación Gualí, de tal manera que en la ruta seguida no se tienen afloramientos de dicha falla.

que se muestra en la parte superior de la figura 13. La parte inferior de la figura 13 muestra el mapa de localización de estaciones para la excursión técnica Simposio Internacional Neotectónica - Riesgos Volcánicos.

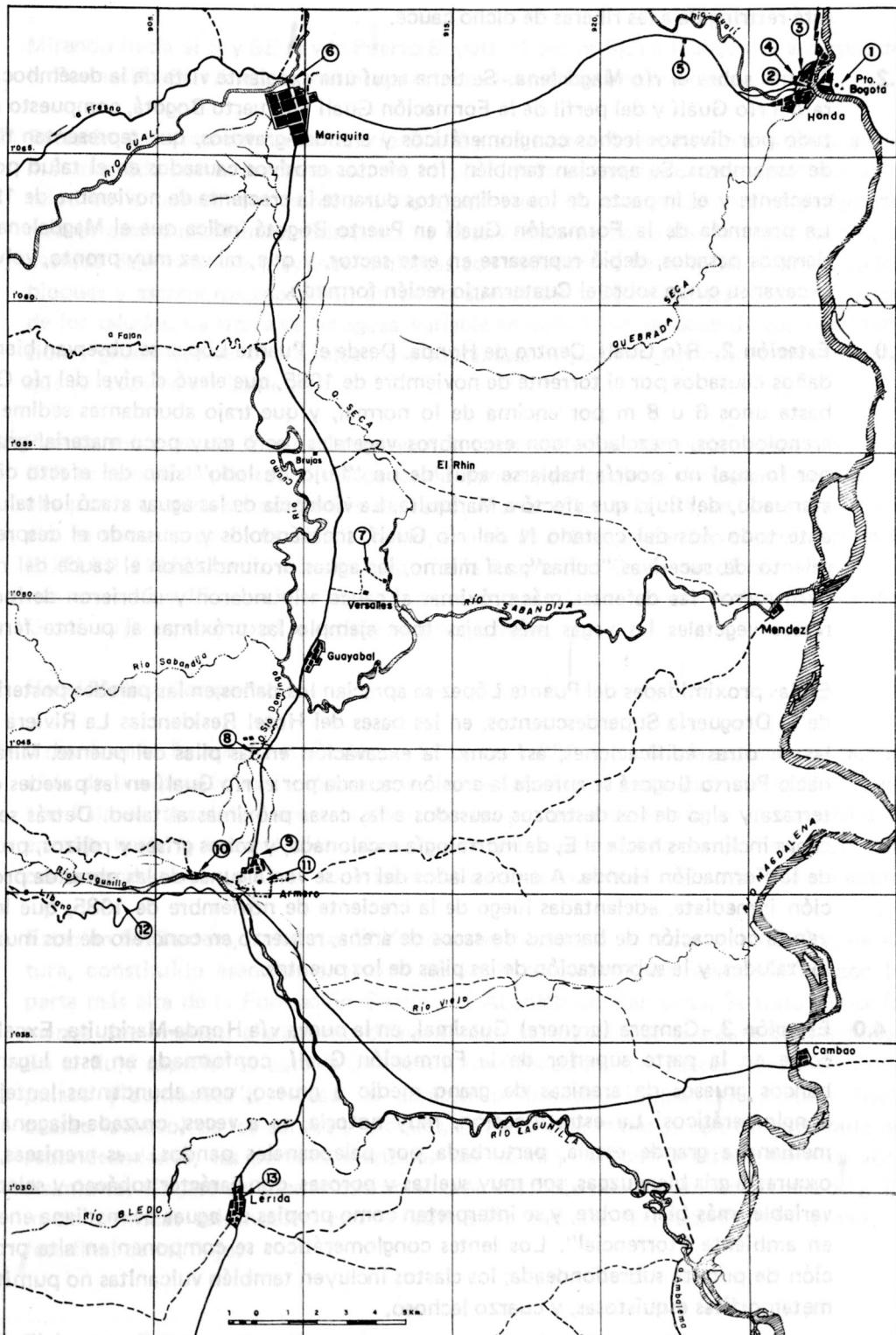


FIG. 13: Mapa de localización de estaciones. (2a. parte, excursión técnica Simposio Internacional Neotectónica - Riesgos Volcánicos).

Se aprecia bien que el río Gualí ha excavado su valle sobre la Formación Gualí, dejando diversos niveles (terrazas erosivas) y que el área de riesgo ante nuevas avenidas está restringida a las riberas de dicho cauce.

1.2. Puente sobre el río Magdalena. - Se tiene aquí una excelente vista de la desembocadura del río Gualí y del perfil de la Formación Gualí en Puerto Bogotá, compuesto ante todo por diversos lechos conglomeráticos y arenoso-gravosos, que representan flujos de escombros. Se aprecian también los efectos erosivos causados en el talud por la creciente y el impacto de los sedimentos durante la creciente de noviembre de 1985. La presencia de la Formación Gualí en Puerto Bogotá indica que el Magdalena, en tiempos pasados, debió represarse en este sector, y que, tal vez muy pronto, volvió a excavar su curso sobre el Cuaternario recién formado.

2.0 Estación 2.- Río Gualí, Centro de Honda. Desde el Puente López se observan bien los daños causados por el torrente de noviembre de 1985, que elevó el nivel del río Gualí hasta unos 6 u 8 m por encima de lo normal, y que trajo abundantes sedimentos arenolodosos, mezclados con escombros vegetales, pero muy poco material grueso, por lo cual no podría hablarse aquí de un "flujo de lodo" sino del efecto distal, atenuado, del flujo que afectó a Mariquita. La violencia de las aguas atacó los taludes, ante todo los del costado N del río Gualí, socavándolos y causando el desprendimiento de sucesivas "cunas"; así mismo, las aguas profundizaron el cauce del río y destruyeron las defensas más próximas al cauce e inundaron y cubrieron de lodo y restos vegetales las vegas más bajas (por ejemplo las próximas al puente férreo).

En las proximidades del Puente López se aprecian los daños en las paredes posteriores de la Droguería Superdescuentos, en las bases del Hotel Residencias La Riviera y en las de otras edificaciones, así como la excavación en las pilas del puente. Mirando hacia Puerto Bogotá se aprecia la erosión causada por el río Gualí en las paredes de la terraza y algo de los destrozos causados a las casas próximas al talud. Detrás se ven capas inclinadas hacia el E, de morfología escalonada, y tonos grises y rojizos, propias de la Formación Honda. A ambos lados del río se ven algunas de las obras de protección inmediata, adelantadas luego de la creciente de noviembre de 1985, que incluyen la colocación de barreras de sacos de arena, refuerzo en concreto de los muros y los taludes, y la submurmación de las pilas de los puentes.

4.0 Estación 3.- Cantera (arenera) Guasimal, en la nueva vía Honda-Mariquita. Excelente corte en la parte superior de la Formación Gualí, conformada en este lugar por bancos gruesos de arenicas de grano medio a grueso, con abundantes lentejones conglomeráticos. La estratificación, muy notoria, es a veces, cruzada-diagonal, de mediana a grande escala, perturbada por paleocanales pardos. Las areniscas, gris oscuro a gris blancuzcas, son muy sueltas y porosas, con carácter tobáceo y selección variable, más bien pobre, y se interpretan como propias de aguas de mediana energía, en ambiente "torrencial". Los lentes conglomeráticos se componen en alta proporción de pumita subredondeada; los clastos incluyen también vulcanitas no pumíticas, metamorfitas esquistosas, y cuarzo lechoso.

En el costado S de la cantera se encuentra el tope de un flujo de escombros con cantos redondeados de hasta 15 cm de diámetro, lo cual demuestra que los sedimen-

tos descritos anteriormente son más jóvenes. La altura de la cantera varía entre 7 y 8 m.

Mirando hacia el S y SE se verá Puerto Bogotá, el sector SE de Honda, los escarpes de la Formación San Antonio y el brazo principal de la Falla de Honda.

5.2 Estación 4.- Vista del cauce del río Gualí y del sector W del Barrio Las Delicias, el más afectado por la creciente del 14.11.1985. Nótese que las casas más próximas al talud de la terraza que bordea el río Gualí han sido evacuadas ante el peligro de nuevos desprendimientos. Asimismo, se observa que en las orillas internas del río, la avenida dejó extensos playones cubiertos con sedimentos heterogéneos (arena, lodo, bloques y escombros vegetales), en tanto que en las orillas externas socavó las bases de los taludes. La altura de las aguas, variable en cada lugar, de acuerdo con la dimensión y geometría del cauce, alcanzó a sobrepasar el puente nuevo sobre el río Gualí, que se cruza en el kilómetro.

5.9 Puente sobre el río Gualí.- Desde aquí, a unos 400 m en dirección aguas arriba (al SW) se aprecia la planta hidroeléctrica de Honda y parte de los destrozos causados en ella por la avenida de noviembre de 1985. A unos 50 m más allá, en la margen W del río, se tiene un perfil de difícil acceso, que ha de corresponder con el propuesto por BUTLER (1942) como secuencia tipo de la Formación Gualí; en dicho perfil se tienen unos 12 a 15 m visibles, que no representan más que un tramo de la Formación Gualí, cuyo espesor total se estima superior a 50 m.

9.2 Hotel Molino Campestre.

9.7 Urbanización Palma del Río.- Al S y SE, a unos 250 m de la vía se tiene una buena vista de la expresión morfológica de la Formación Mesa, en este caso de los Miembros Las Palmas (abajo) y Bernal (arriba). En los costados de la vía, y en especial a la entrada hacia la urbanización, se ven materiales cuaternarios, conglomeráticos, que corresponden con los 2 m superiores del perfil a examinar en la próxima estación.

10.1 Estación 5.- Cantera, Industrias El Yunque. Se tiene aquí un corte, de unos 6 m de altura, constituido esencialmente por flujos de escombros, correspondientes con la parte más alta de la Formación Gualí, y el Abanico de Mariquita. Se trata de por lo menos dos eventos, claramente diferenciados, separados por una superficie erosiva. En el flujo superior se aprecia una tenue estratificación, que parece marcar distintos pulsos ("bombadas"). Nótese el carácter polimictico (vulcanitas, metamorfitas, cuarzo lechoso) de los cantes y bloques, la mezcla de material con diverso grado de redondeamiento, las paredes verticales del talud y la relativa buena cementación. Asimismo, téngase en cuenta que en el tope del flujo inferior aparecen unos 50 a 70 m de areniscas deleznables, con estratificación paralela, que representan, tal vez, la fase final de tal flujo.

19.8 Si las condiciones atmosféricas lo permiten, desde este punto se pueden apreciar la ciudad de Mariquita, la vertiente oriental de la Cordillera Central y, al fondo, el Nevado del Ruiz.

34.5 Bomba Terpel en Mariquita.

25.7 Estación 6.- Puente sobre el río Gualí, en el sector NW de Mariquita. Se aprecia aquí el cauce del río y los efectos producidos por el flujo de escombros del 14.11.1985, que alcanzó aquí una anchura de 330 m y una altura máxima, con respecto al nivel actual de las aguas en el puente provisional, de 13 m, para una sección transversal de unos 500 m². Por el costado E el flujo fue contenido por la terraza sobre la cual está construida la ciudad. Dicha terraza constituye una hombrera de protección, con una altura de 7 m por encima del nivel máximo alcanzado por las aguas en noviembre de 1985, y está compuesta por flujos antiguos. Nótese la presencia de grandes bloques, algunos de los cuales alcanzan hasta 400 toneladas, arrastrados por trayectos de varios centenares de metros por la corriente, que además borró toda huella de las construcciones (entre ellas varias casas, el matadero municipal, una granja avícola, el puente original, y la tubería del oleoducto y del acueducto; ésta última viene de un sitio a unos 5 km al N, donde se encuentra la toma en el río Sucio) que encontró a su paso.

De otro lado, es de resaltar que, en el costado W del río Gualí, se tiene un perfil del Cuaternario muy diferente del que aflora en el sitio de observación, ya que se trata de sedimentos fluviales sueltos, arenoso-conglomeráticos, perturbados tectónicamente (levantados), interpretados como de aguas torrenciales y que no tienen relación con flujos de escombros. Al parecer este Cuaternario, más antiguo que el de la terraza de Mariquita, se depositó directamente sobre las rocas intrusivas granodioríticas del "Stock de Mariquita".

Viernes 5 de diciembre de 1986 (Hotel Molino Campestre)

Recorrido Honda - Mariquita Armero - Lírida y regreso Honda. El kilometraje se cuenta esta vez desde el hotel.

0.0 Hotel Molino Campestre

14.3 Bomba Terpel, Mariquita

16.5 A la salida de Mariquita se observa una planicie con leve inclinación hacia el S, que de acuerdo con los cortes que se ven más adelante, a ambos costados de la vía, resulta constituida por flujos antiguos, en fase proximal, con grandes bloques y cantos, en general redondeados; dichos flujos reposan discordantemente sobre metamorfitas regionales (esquistos) del núcleo de la Cordillera Central.

19.5 Puente sobre el río Cuamo. Se transita aquí por un estrechamiento topográfico o garganta, que se considera representa el ápice del Abanico de Guayabal - El Rhin y, claro está, parte de la Formación Gualí.

33.9 Estación 7.- Hacienda Versalles, al NNE de Guayabal. Desviándose de la vía asfaltada hacia el E, luego de 1.350 m se llega a las instalaciones de la finca; de allí, siguiendo hacia el N, se recorren 900 m y se arriva al lugar de observación, que es una cañada, generada por erosión regresiva a partir de la quebrada Seca.

El perfil estratigráfico expuesto en este sitio (Fig. 10; 5) permite reconocer con claridad la naturaleza de los materiales que componen el Abanico de Guayabal, y las diferencias lito-faciales entre flujos de escombros y sedimentos "torrenciales", o de

aguas normales. Los primeros, aquí en fase distal, se manifiestan como bancos gruesos, relativamente consistentes (que dan lugar a taludes verticales) con difusa estratificación interna (a veces cruzada, a grande escala), que como se dijo en el caso de la Estación 5, puede representar en diferentes oleadas de un mismo flujo; la selección es pobre y hay mezcla de clastos redondeados y angulosos. Los segundos se caracterizan por su escasa a nula cohesión y su estratificación bien definida, marcada por la alternancia de capas (en general interdigitadas) de arena, grava y conglomerados, con cantos siempre redondeados. Se trata de conjuntos poco resistentes a la erosión, fácilmente lavados por las aguas lluvias.

El perfil contiene cuatro delgados paleosuelos, cuyas dataciones se encuentran en curso. El más alto de ellos, por debajo del flujo que constituye la superficie del terreno, se manifiesta por restos de gramíneas en situ, por lo común dobladas o inclinadas hacia el SE.

Nótese que, aunque en general la base de los flujos y de los conjuntos deleznables es erosiva, en el caso de los flujos es menos notoria, lo cual concuerda bien con la observación que se hará, en una zona también distal, del flujo de lodo de noviembre de 1985, en la Estación 8.

39.0 Guayabal, entrada al centro.- Una parte minoritaria de los damnificados de Armero se ha reubicado en el sector N de esta localidad, pero la mayoría se concentra en Lérida, lugar con mayor seguridad y mejores perspectivas para el desarrollo futuro.

40.0 Puente sobre el río Sabandija.- Los flujos del río Lagunilla han alcanzado al Sabandija (éste sin conexión directa con el VNR) en diversas oportunidades (1985, 1845, 1595 y 1100-1200), causando represamiento temporales que, sin embargo, no han afectado el área donde está ubicado el casco urbano de Guayabal.

40.9 Serpentario de Armero.- Este lugar resultó ligeramente afectado en noviembre de 1985, ante todo por el agua que inundó las instalaciones y obligó a la evacuación.

42.4 Estación 8.- Granja Experimental de la Universidad del Tolima. Gracias a la excavación de un canal para rectificar el cauce de la quebrada Santo Domingo, en agosto de 1986 se puso al descubierto un extenso corte que permite examinar con facilidad la estratigrafía de los cuatro primeros metros del terreno, constituido en este sector por sucesivos flujos de escombros (distales) y paleosuelos; de los primeros, comenzando por el de noviembre de 1985 se ven cinco, de los segundos se aprecian cuatro.

En el cuarto flujo, de arriba hacia abajo, se encontró embebido un fragmento bien conservado de una urna funeraria, identificable por su ornamentación, que, como ya se indicó, representa una cultura indígena "Panche - Pantágoros - Pijao", ubicada por dataciones radiométricas entre los años 1100 y 1200 de la era actual. Entonces, los flujos intermedios han de representar los eventos de 1845 y 1595.

El seguimiento lateral de los distintos niveles de perfil permite en claro que los espesores no son constantes y que, a pesar de la aparente homogeneidad, los flujos presentan gradación normal, aunque poco marcada. Así mismo, en la base del estrato que debe corresponder con el flujo de 1845, se aprecia la presencia de un paleocanal, de hasta 1,5 m de profundidad.

El examen detallado permite comprobar la pobre selección del material sedimentario, la mezcla de clastos redondeados con angulares (en especial en el tamaño grava) y el carácter polimórfico. Notese que, en este caso, los flujos deben haber tenido una muy baja capacidad erosiva, ya que los suelos pre-existentes se han conservado bien.

Por lo último, de lo anterior se deriva que los eventos representados en este corte han tenido una dinámica hidráulica semejante, y que desde tiempos precolombinos, los flujos conducidos por el río Lagunilla se han desbordado hacia la quebrada Santo Domingo, y por ende alcanzado el río Sabandija.

Instalaciones de Inagrario (Silos). Nótese que se pasa frente a un campo de bloques, asociado con el cauce principal del brazo N del flujo del 13.11.1985, lo cual indica que se está ya en una zona proximal con alta capacidad de carga. Se han encontrado aquí columnas andesíticas, de hasta 150 kilos, con sus aristas apenas desgastadas, lo cual indica que fueron transportadas, en suspensión y sin mayor fricción desde el área del VNR.

46.6 Estación 9.- Entrada a Armero, frente al Hospital Siquiátrico y en las proximidades del arrasado Hotel Pindalito Inn. Vista panorámica del brazo de la quebrada Santo Domingo y del cañón del río Lagunilla al SE del punto de observación. En la vía se pueden examinar los sedimentos depositados el 13.11.1985 y parte de los daños causados en el extremo N del casco urbano. Las colinas circundantes corresponden a la Formación Honda y son ante todo conglomerados cuarzosos y areniscas de grano grueso. Nótese el espesor (aprox. 2 m) y el carácter proximal del flujo.

49.6 Estación 10.- Boca del Cañón del Río Lagunillas. Vista panorámica que incluye el cauce habitual, los sitios de desbordes del flujo del 13.11.1985 y la parte proximal abanico, que abarca todo el casco urbano de Armero. Nótese que la separación de los brazos hacia la quebrada Santo Domingo y el sector central de Armero ocurrió unos 200 m antes (al W) del lugar donde se ven los restos del Molino de Arroz San Lorenzo, sitio donde termina la pequeña cresta topográfica que sirvió de defensa para el sector menos afectado de la población. Si el tiempo es bueno, desde aquí se puede ver un 50% del área cubierta por el flujo, apreciándose también los varios desniveles del Valle de Armero y la baja divisoria de aguas que separa la quebrada Santo Domingo de la cuenca del Lagunilla.

En la ribera S aflora pórfitos de la Formación Saldaña, recubierta por lo menos por cuatro flujos antiguos, en los cuales predominan cantos y bloques redondeados (fase proximal, de canal); separando dichos flujos se ven tres paleosuelos, y encima los sedimentos depositados en 13.11.1985.

51.6 Estación 11.- Centro de Armero, lugar donde se encontraba la iglesia mayor. Estamos en el brazo central del flujo de noviembre de 1985, en el sector de máximo transporte y velocidad de la avenida. Nótese que las construcciones fueron arrasadas por los cimientos y que la única obra que soportó el ataque fue la caja fuerte del Banco de Colombia; asimismo, que la sedimentación en este sector fue prácticamente nula.

Al SE se ven grandes bloques, transportados, presumiblemente, desde la boca del cañón, por un tramo de 2,5 km. A unos 300 m al E se ve que las construcciones de este

sector habían sido levantadas sobre pasados flujos de lodo, cuyo perfil permite reconocer claramente un paleosuelo.

En la terraza que se encuentra al N del lugar de observación se ve bien la imbricación de los bloques tabulares. Al SE, hacia el fondo, se aprecia un campo de piedras y bloques gigantes que indican la zona de máxima energía del primer pulso. Notar que los restos de los cimientos más visibles y conservados son aquellos paralelos al flujo; los que estaban dispuestos de manera perpendicular al flujo fueron cortados por más abajo. A pesar de que el terreno es plano, mirando con atención se descubren terracitas bajas, producto de la erosión de las oleadas posteriores al primer pulso.

52.4 Desviación a Cambao, puente sobre el río Lagunilla. Nótese que, aunque las aguas sobrepasaron el piso del puente y destruyeron sus barandas, las instalaciones de la Hacienda El Puente quedaron intactas.

52.6 Desviación a Líbano.

56.2 Estación 12.- Sitio La Calera, a unos 3 km al W de la boca del río Lagunilla, y a unos 5 km del centro de Armero. Vista panorámica del flujo de lodo de noviembre de 1985.

Se aprecian bien las tres ramas del flujo, el centro de Armero, las colinas que enmarcan el Valle de Armero y sirven de límite natural a los flujos; se ve también, al N, a unos 300 m del punto de observación, el cauce del Lagunilla y la parte próxima a la boca del cañón.

El lugar se encuentra sobre capas del Grupo Honda, que descansan discordantemente sobre rocas cristalinas (anfibolitas y esquistos negros-grises), seguramente pre-devónicas, lo cual se evidencia bien en la ribera izquierda del Lagunilla. Al borde de la vía se ven intensas impregnaciones de petróleo en las areniscas y conglomerados del Grupo Honda.

Observando alrededor se alcanzan a divisar la Planicie de Líbano, todo el Valle del río Lagunilla, y el pie W de la Cordillera Oriental. El Valle del Magdalena en esta región alcanza una anchura de unos 25 km.

El flujo de noviembre de 1985 alcanzó en este sector del cauce entre 30 y 40 m de altura, siendo evidente el efecto de peralte en las curvas. El cauce fue profundizado, arrasando los sedimentos gruesos pre-existentes, que son en buena parte restos de flujos anteriores. La terraza baja, gris oscura que se ve en la ribera N del cauce del Lagunilla, puede ser debida a un evento tardío del flujo de noviembre de 1985, cuando ya había perdido mucha energía.

59.7 Puente sobre el río Lagunilla, desvío hacia Líbano.

67.9 Puente sobre el río Bledo - Se nota que la litología en las riberas de dicho río no muestran vestigios de flujos de escombros, sino sedimentos limo-arenosos, propios de eventos de inundación.

69.0 Límite Septentrional del Abanico de Lérida, que reposa aquí, en discordancia, sobre areniscas blanco-amarillentas del Grupo Honda. Nótese que la base del abanico se compone de potentes flujos, con bloques heterogéneos, en general redondeados. Hacia arriba se aprecia una tenue gradación y una difusa estratificación.

71.3 Estación 13.- Lérida, estación de servicio Terpel. Aquí, si el tiempo lo permite, se hará una corta visita en bus, para ver las obras que se adelantan para reubicar la mayoría de los damnificados de Armero. Téngase en cuenta la diferencia de altura de la meseta con respecto al Valle de Armero, y que el Abanico de Lérida es una unidad antigua, de la cual por efectos de la erosión (y de la tectónica?) queda sólo la parte proximal. Es claro entonces que el lugar escogido para el nuevo asentamiento no ofrece riesgo ante eventuales nuevos flujos catastróficos por el río Lagunilla, y aún por el río Recio.