

OBSERVACIONES RECENTES SOBRE LAS CARACTERISTICAS DEL BASAMENTO ECONOMICO DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA EN LA REGION DE PAYANDE-ROVIRA (TOLIMA, COLOMBIA), Y EN ESPECIAL SOBRE LA ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA DEL MIEMBRO CHICALA (=PARTE BAJA DE LA FM. SALDAÑA)

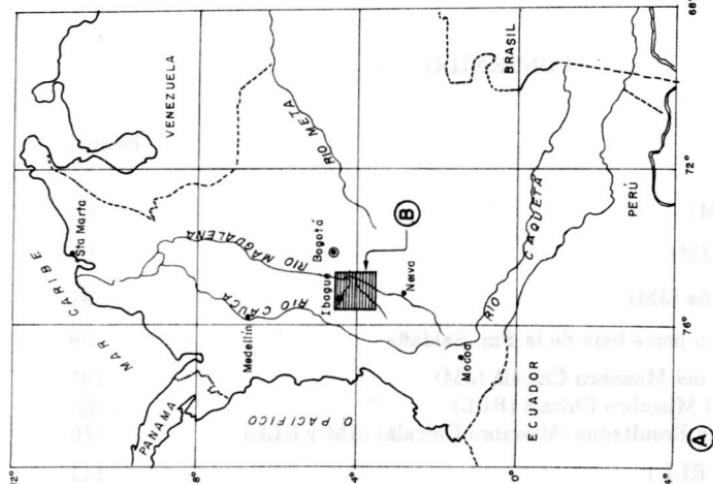
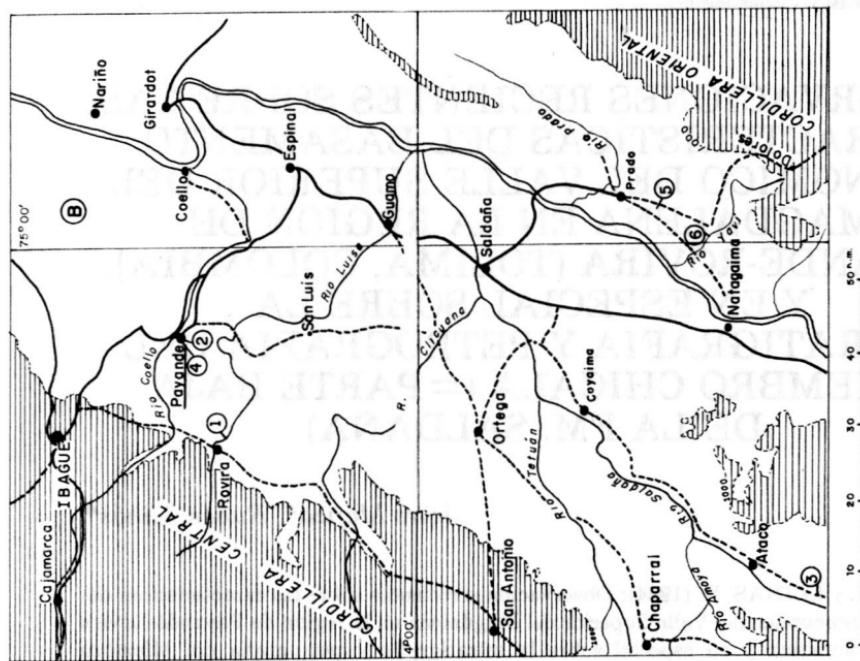
Jairo Mojica, Rubén Llinás**

MOJICA, J. y LLINAS, R. (1984): Observaciones recientes sobre las características del basamento económico del Valle Superior del Magdalena en la región de Payandé-Rovira (Tolima, Colombia), y en especial sobre la estratigrafía y petrografía del Miembro Chicalá (= parte baja de la Fm. Saldaña).-Geol. Colomb., 13, pp. 81-128 , 18 Figs., 1 tabla, 5 Láms., Bogotá.

CONTENIDO

	Página
1. Introducción (JM)	85
2. Marco Geológico (JM)	87
3. El Grupo Payandé (JM)	93
4. La Formación Saldaña (JM)	95
5. El Miembro Chicalá o parte baja de la Fm. Saldaña	99
5.1. Afloramientos del Miembro Chicalá (JM)	101
5.2. Petrografía del Miembro Chicalá (RLL)	108
5.3. Discusión de los Resultados (Miembro Chicalá) (JM y RLL)	110
6. Conclusiones (JM y RLL)	111
Apéndice: Descripción sucinta de secciones delgadas (RLL)	112

* Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.



Localización geográfica del área de estudio y de las principales localidades mencionadas en el texto. Los números indican las áreas o localidades tipo de: 1, Fm. Luisa; 2, Fm. Payandé; 3, Fm. Saldanía; 4, Miembro Chicalá; 5, Miembro Prado; 6, Fm. Yavi.

Fig. 1

RESUMEN

Observaciones de campo realizadas en los últimos 6 años han permitido algunos avances en el conocimiento del "basamento económico" del Valle Superior del Magdalena y en especial del referente al área de Payandé-Rovira. Allí, el Cretácico basal reposa sobre diferentes conjuntos litológicos del Triásico Superior-Jurásico Inferior (sedimentos calcáreos y vulcanoclásticos de las Formaciones Payandé y Saldaña), atestiguando la existencia de un período de fallamiento (tectónica de bloques y un importante evento erosivo precretácicos). Lo anterior significa que las Formaciones Payandé y Saldaña, además de constituir el substrato para la transgresión cretácea, jugaron un papel temporal como regiones de aporte para la unidad más baja de dicha transgresión.

El aspecto más llamativo, descubierto en los últimos años, es que, al contrario de la situación conocida en otros lugares del Valle Superior, en Payandé-Rovira la Fm. Saldaña comienza con un conjunto marino y fosilífero, denominado Miembro Chicalá. Se trata, según los resultados de análisis petrográficos, de una secuencia oscura, vulcanosedimentaria, con algunos bancos calcáreos, que a lo largo del carreteable entre Payandé y la Quebrada Chicalá ha proporcionado amonitas heteromorfas, bivalvos, corales y restos de crinoideos. Entre las amonitas se encuentra, entre otras, *Rhabdoceras* sp. (Wiedmann & Mojica 1980), un género propio del Retiano.

De otro lado, se ha comprobado que el paso de las Calizas de Payandé al Miembro Saldaña se caracteriza por la presencia de espesos niveles de conglomerados de cantos de caliza y limolitas con estructuras de derrumbes sinesedimentarios, que en conjunto constituyen paquetes de olistostromas. Estos últimos señalan el comienzo de una actividad tectónica concomitante con el inicio del "Vulcanismo Saldaña".

Así, se confirma que la actividad efusivo-piroclástica que dio origen a la Fm. Saldaña comenzó ya en el Triásico tardío, abarcando luego parte del Jurásico, como lo demuestra la presencia de amonitas del Liásico Inferior (Sinemuriano) en la vulcanosedimentaria Fm. Morrocoyal, comparable con la Fm. Saldaña, en los alrededores de El Banco, según lo describe Geyer (1967, 1973). En el área de Payandé-Rovira, las piroclastitas del Miembro Chicalá se acumularon sobre la plataforma somera ocupada antes por la Fm. Payandé, hasta llenarla totalmente y dar paso después a una secuencia subaérea compuesta de conglomerados, lavas y capas rojas, que representa en la mayoría de los casos a la Fm. Saldaña en el Valle Superior.

Aun cuando el Miembro Chicalá se ha encontrado hasta ahora sólo en Payandé-Rovira, es posible que esté presente en otras regiones donde aflora la Fm. Payandé.

ABSTRACT

Field work carried out during the last six years led to significant advances on the knowledge of the economic-basement in the Upper Magdalena Valley, mainly on the one outcropping in the region between Payandé and Rovira (Dpt. Tolima), where upper most Lower Cretaceous sandstones ("Caballos Formation") lie unconformably on different levels of Triassic to Jurassic units (Payandé and Saldaña Formations). It seems clear that, after the accumulation of the Saldaña Formation and prior to the advance of the cretaceous sea, an important perior of faulting and erosion took place. This means that both Payandé and Saldaña Formations constitute the substratum for the cretaceous sedimentation and the served as temporary source rocks during the early stages of the cretaceous transgression.

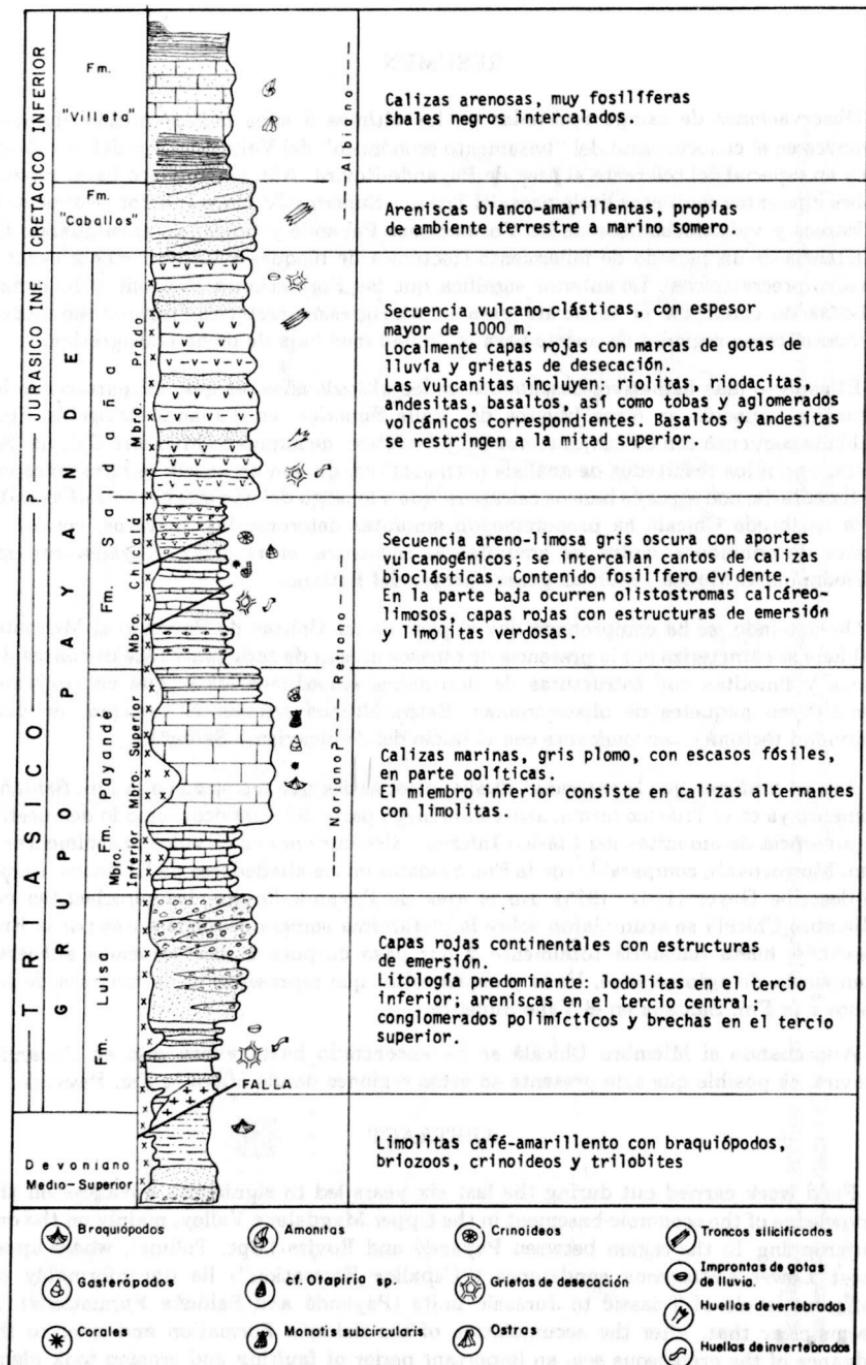


Fig. 2 Columna estratigráfica generalizada del Mesozoico precretáxico de la región entre Payandé y Rovira.

One of the most interesting aspects, discovered in the last years, is that contrary to the situation known in other places of the Upper Magdalena Valley, in the Payandé-Rovira area the Saldaña Formation has a lower marine-fossiliferous portion, the Chicalá Member, which is constituted macroscopically by dark gray to greenish siltstones, fine grained tuffaceous sandstones and some intercalated limestone-banks. However, microscopic analysis of 27 samples, taken along the whole section of the Chicalá Member, reveals that it is made of pyroclastites, hybrid sedimentites and bioclastic limestones. Toward the middle part, the Chicalá Member has yielded a fauna made of ammonites (*Rhabdoceras* sp. and others), bivalves and crinoids. The ammonites suggest a Rhaetian (Upper Triassic) age (Wiedmann & Mojica 1980).

The upper part of the Saldaña formation, called Prado Member, consists mainly of variegated effusive and pyroclastic rocks, as well as some redbeds with sinsedimentary structures (desiccation cracks, raindrop impressions and vertebrate foot prints) indicating a subaerial, terrestrial environment.

Up to now, the lower member is known only between the towns of Rovira and Payandé and has traditionally been considered to be a part of the Payandé Formation. The upper member is present all over the region of the Upper Magdalena Valley and generally represents the Saldaña Formation.

The exposures along the Chicalá creek (SW of Payandé) showed that the boundary between the Payandé Formation and the Chicalá Member is characterized by the occurrence of thick bedded conglomerates and olistostromes composed entirely of limestone pebbles floating in a silty matrix. These conglomerates and olistostromes may be interpreted as the result of a strongs tectonic reactivation preceding the Saldaña effusive events.

The Chicalá Member constitutes a local hybrid rock facies filling the shallow to very shallow platform occupied before by the Payandé Formation. Although the known Chicalá Member exposures are restricted to the Payandé-Rovira area, other occurrences may be expected at localities where the Payandé Formation is present.

1. INTRODUCCION

Observaciones de campo realizadas en los últimos 6 años han permitido avances significativos en el conocimiento del "basamento económico" del Valle Superior del Magdalena, y en especial del correspondiente al área de Payandé-Rovira, cuya localización se muestra en la Fig. 1.

En la región aquí reseñada, el basamento económico, entendido como la secuencia litológica infrayacente a la cobertura potencialmente productiva —en este caso integrada por las diferentes unidades del Cretácico y el Terciario—, está constituido por materiales precretácicos, y sobre todo por las Formaciones Luisa, Payandé y Saldaña, que en conjunto conforman un Grupo Payandé (sensu Hubach 1957), sobre

RENZ (in Trümpy, 1943)	T R I A S I C		P A Y A N D E		R I A S I C		P A Y A N D E		R I A S I C		P A Y A N D E		R I A S I C		P A Y A N D E		R I A S I C		P A Y A N D E		R I A S I C		P A Y A N D E		R I A S I C		P A Y A N D E		R I A S I C		
	Post - Payandé	Red - Beds	JURASSIC	Middle	CRETAEOUS	SERIES	JURASSIC	Middle	CRETAEOUS	SERIES	JURASSIC	Middle	CRETAEOUS	SERIES	JURASSIC	Middle	CRETAEOUS	SERIES	JURASSIC	Middle	CRETAEOUS	SERIES	JURASSIC	Middle	CRETAEOUS	SERIES	JURASSIC	Middle	CRETAEOUS	SERIES	
SUESCUN & TABORDA (1949)	HUBACH (1957)	NELSON (1959)	BARRERO (1969)	GEYER (1973 Fig. 36)	CEDIL, MOJICA & MACÍA (1981)	WIEDMANN & MOJICA (in print)	Luisa	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation		
Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds	Post - Payandé	Red - Beds		
Zone E	Zone D	Zone C	Zone B	Zone A	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	ANDES	SERIES	
SUESCUN & TABORDA (1949)	HUBACH (1957)	NELSON (1959)	BARRERO (1969)	GEYER (1973 Fig. 36)	CEDIL, MOJICA & MACÍA (1981)	WIEDMANN & MOJICA (in print)	Luisa	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation	Lower - Middle	Formation

Tabla 1 Opiniones sobre la nomenclatura del Mesozoico precretácico del Valle Superior del Magdalena.

cuya nomenclatura hay diversas opiniones, según se aprecia en la tabla 1. Para el tema que nos ocupa, tiene primordial interés la Fm. Saldaña, definida y descrita por Cedié et al. (1980, 1981), ya que ocupa amplias franjas en la superficie y el subsuelo del Valle Superior, y representa en muchos casos la parte superior del basamento económico y mecánico.

En relación con la Fm. Saldaña, los aspectos más llamativos descubiertos en los últimos años son: a) que al contrario de la situación conocida en otros lugares del Valle superior, en la región al W y SW de Payandé la Fm. Saldaña comienza con un elemento estratigráfico de colores oscuros, negro-grisáceos a verdosos, marino y fosilífero, en buena parte vulcanogénico, con espesor total superior a 500 m, denominado "Miembro Chicalá" (Wiedmann & Mojica in print; Mojica & Llinás, este trabajo; Mojica & Dorado, in print; b) que en otros sectores del Valle Superior, situados al E y SE de Payandé, como es el caso del área comprendida entre Coyaima-Natagaima-Prado-Dolores, se ha podido diferenciar una nueva unidad, o Fm. Yaví (v. Mojica & Macía 1982, 1983a, 1983b), seguramente correspondiente al Cretácico Inferior, y que reposa de manera discordante sobre distintos niveles de la Fm. Saldaña; algunos autores precedentes, entre ellos Nelson (1953) y Jimeno & Guevara (1973) consideraban la actual Fm. Yaví como la parte terminal de la Fm. Saldaña y se referían a ella como "Post-Payandé Sedimentario" o "Unidad Arcósica Superior". En la localidad tipo (v. Fig. 1), la Fm. Yaví, según lo describen Mojica & Macía (op. cit.), se compone de unos 320 m. de areniscas litico-feldespáticas que alternan con limolitas multicolores; en la base ocurre un conglomerado polimítico con espesor variable entre 0 y 30 m., constituido por cantos de vulcanitas, sedimentas y fragmentos de ágata.

De otro lado, como se verá más adelante, el refinamiento del conocimiento estratigráfico permite identificar con certeza el accionar de una tectónica de bloques durante el Jurásico post-Saldaña y el desarrollo de un paisaje erosivo concomitante o posterior a ella, que condujo a la exposición de diferentes niveles del "basamento económico", recubiertos luego, de manera indistinta, durante la transgresión cretácica. Es esta una situación que puede tener gran importancia en la selección de áreas propicias para la prospección de hidrocarburos, en función de la calidad de los aportes para la unidad basal del Cretácico, que pudieran dar lugar a "trampas" de porosidad primaria.

2. MARCO GEOLOGICO

La región de Payandé-Rovira, considerada desde el punto de vista estratigráfico-tectónico, hace parte del Valle Superior del Magdalena,

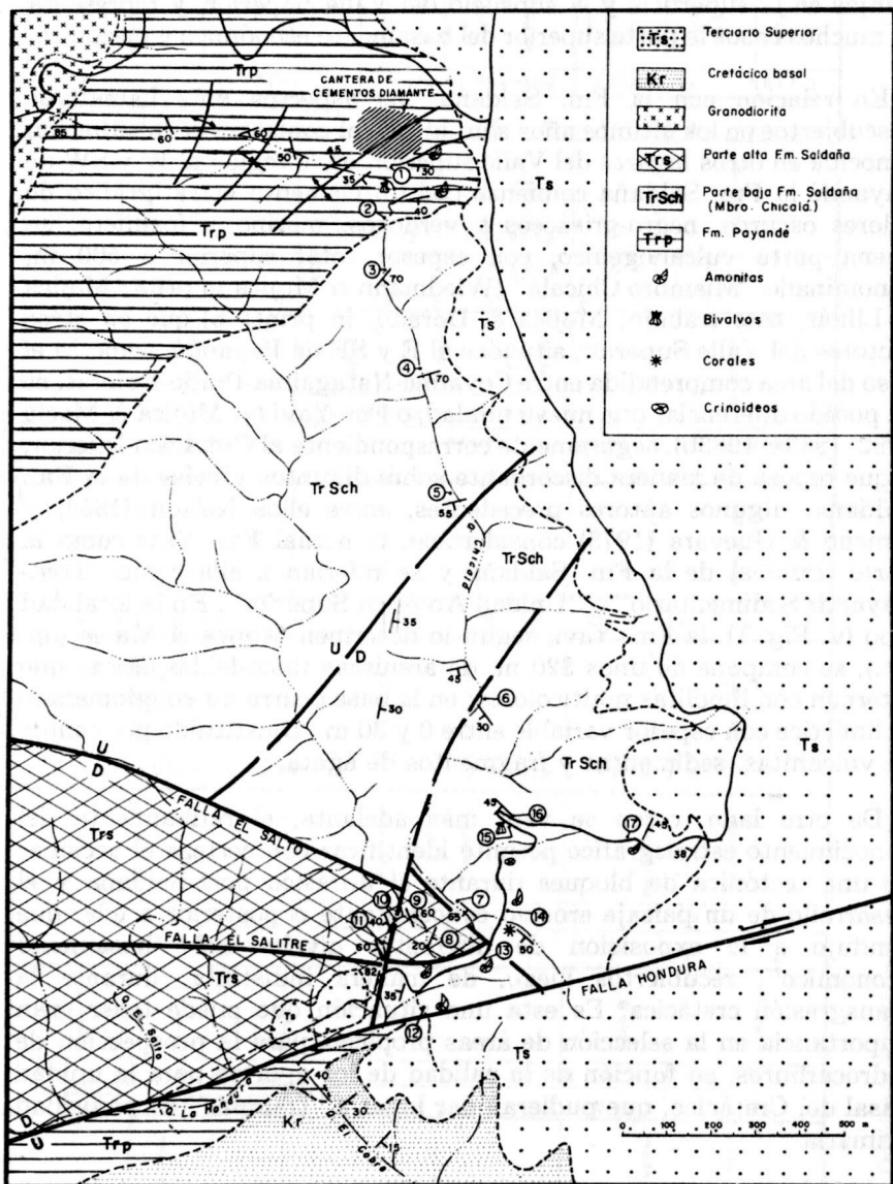


Fig. 3 Esquema geológico al SW de Payandé, en el sector de la Q. Chicala.

una depresión interandina que separa las Cordilleras Central y Oriental colombianas, y cuya historia se remonta hasta finales del Paleozoico y/o comienzos del Mesozoico (Harrison 1930; Mojica & Macía 1982a; Mojica & Macía 1983a y b; Mojica & Dorado, in print). El actual Valle Superior del Magdalena está limitado por grandes fallas inversas y de cabalgamiento, con transporte tectónico hacia el W en el borde oriental y hacia el E en el borde occidental; el fallamiento inverso se observa también en las partes centrales del valle. Es este un estilo tectónico producto de deformaciones compresivas ocurridas en el Cenozoico, y en especial a finales del Mioceno, durante la fase terminal de la orogenia andina. No obstante, para el lapso entre el Triásico y el Jurásico, Mojica & Macía (1982a) postulan una tectónica de tipo distensivo, e interpretan el ancestral Valle del Magdalena como un graben supracontinental o rift.

En Payandé-Rovira, las rocas más antiguas están representadas por un núcleo pre-cámbrico (Barrero 1969: 137 y Pl. 1) de neises migmatíticos que afloran extensamente en el Cerro El Gobernador y ambas márgenes del río Coello, unos 12 km. al NW de Payandé. Metamorfitas semejantes ocurren en ambos flancos del Valle Superior, y en especial en el borde W del Macizo de Garzón, donde han sido descritas con detalle por Kroonenberg (1982) y datadas radiométricamente por Alvarez (1981), quien obtuvo una edad isócrona Rb/Sr de 1180 m. a.

La cobertura, en el área de estudio, está integrada por sedimentitas fanerozoicas de espesor muy variable, generalmente meso y cenozoicas; Paleozoico sedimentario ocurre de manera aislada, en condiciones tectónicas difíciles, en el Cerro El Imán (aproximadamente 4 km. al SE de Rovira) y, al parecer, al SW del caserío Santa Rosa. De acuerdo con Forero (1973), se trata ante todo de limolitas amarillentas con abundante fauna indicativa del Devoniano Medio a Superior, que reposan sobre areniscas y conglomerados cuarzosos, también devonianos.

El Mesozoico incluye dos tipos de materiales:

- a- Rocas continentales y marinas del triásico-jurásico Grupo Payandé, conformado de abajo hacia arriba por las Formaciones Luisa, Payandé y Saldaña (Fig. 2, Tabla 1), según se describe más adelante.
- b- Sedimentitas marinas del Cretácico que comprenden el lapso Albiano-Campaniano, y que en la práctica se comparan —aunque



Fig. 4 Vista panorámica, tomada hacia el SW, en el carreteable de Payandé a la Q. Chicalá. En primer plano el conjunto II del miembro Chicalá. Al fondo, luego de la Falla Honduras, la Fm. Payandé (escarpe pequeño en la parte central derecha) recubierta discordantemente por sedimentos del Cretácico basal (Formaciones "Caballos y Villeta").



Fig. 5 Vista panorámica, tomada hacia el S, en la parte alta del cañón el río Coello, antes del puente actual. Las capas e la parte baja (escarpe de tonos claros en el ángulo inferior derecho) corresponden al conjunto III del Miembro Chicalá, y están recubiertas discordantemente por sedimentos calcáreo-limosos del Terciario Superior (pequeño espinazo que parte desde el monumento religioso hacia la derecha). En el ángulo superior derecho se ven potentes bancos conglomeráticos de la base del cuaternario Abanico de Ibagué.

no sin reservas— con las Formaciones Caballos, Villeta y Guadalupe. En la región entre Payandé y Rovira, el Cretácico basal recubre discordantemente las unidades superiores del Grupo Payandé, evidenciando un período erosivo pre-cretácico y una etapa de fallamiento importante durante el Jurásico. Es esta una situación muy evidente, ya que al SW de Payandé la Fm. Caballos reposa, a lo largo de tramos de kilómetros, unas veces sobre la Fm. Payandé, otras sobre la Fm. Saldaña. Llama la atención también el hecho de que en dicha región no se encuentre la Fm. Yaví, de amplia distribución en el área enmarcada por las localidades de Chaparral, Ortega, Prado, Dolores, y que infrayace allí a la Fm. Caballos. Esta situación señala claramente que el “Bloque de Payandé-Rovira” constituyó un elemento tectónico emergente durante el tiempo correspondiente a la sedimentación de la Fm. Yaví, según lo sugieren Mojica & Macía (1983a: Fig. 9; 1983b: Fig. 10).

El Cenozoico en el área de Payandé-Rovira está representado esencialmente por las unidades molásicas del Grupo Gualanday, calizas de agua dulce y limolitas abigarradas correspondientes tal vez a la parte terminal de la Fm. Honda, y conglomerados, areniscas sucias y limolitas grisáceas, prácticamente horizontales (por ejemplo las que constituyen el Cerro El Tominejo), comparables con la Fm. Mesa.

La cartografía geológica del área de Payandé-Rovira, así como las columnas estratigráficas generales observadas en los diversos puntos, sugieren que localmente, en un lapso anterior a la acumulación de las Formaciones Honda y Mesa, la cubierta sedimentaria cretácico-terciaria estuvo expuesta a erosión acelerada, hasta ser arrasada, de tal manera que ahora la Fm. Honda reposa en algunos lugares directamente sobre el Cretácico basal, la Fm. Saldaña o la Fm. Payandé (Figs. 3 y 16). Así, el “Bloque Payandé” manifiesta durante el Terciario también una tendencia emergente.

El Cuaternario recubre buena parte de los sectores situados al N del río Coello y al E y S de Payandé, y está representado por el Abanico de Ibagué. Es este un potente depósito con ligera inclinación hacia el oriente, integrado por conglomerados polimictos con cantos y bloques derivados de la Cordillera Central, así como espesos paquetes de areniscas tobáceas, poco consolidadas, en general de tonos grises claros. Es interesante anotar aquí que el Abanico de Ibagué aparece más o menos intacto en el sector al N y E del río Coello, en tanto que en la región al S y W del mismo río la erosión lo ha disectado profundamente, debido tal vez a movimientos tectónicos diferenciales, ocurridos en



Fig. 6 Río Coello, en el lugar del puente actual. Afloran piroclastitas oscuras (negras y grises), pelítico-arenosas, muy compactas, cortadas por diques oscuros. Vista tomada hacia el E. Nótese el buzamiento suave en dirección de la corriente. Conjunto III del Miembro Chicalá.

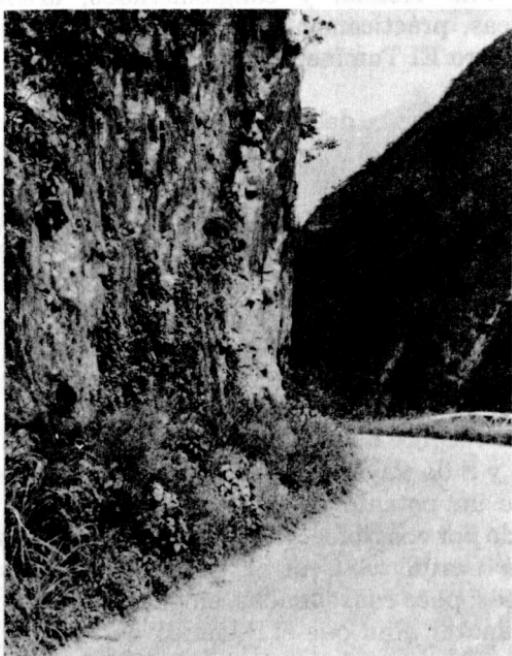


Fig. 7 Aspecto general de los afloramientos del conjunto III del Miembro Chicalá, en la vía Payandé-Buenos Aires, antes del puente sobre el río Coello.

tiempos subrecientes, que elevaron en mayor grado el sector al S y W del río Coello. No obstante, es este un tema aún por investigar.

Además de los conjuntos litológicos anteriores, en el área de Payandé-Rovira, se observan stocks y apófisis granodioríticos a monzoníticos (Barrero 1969; Nelson 1959) que intruyen la cobertura hasta la altura de la Fm. Saldaña, causando evidentes aureolas de metamorfismo de contacto, con producción de zonas de skarn, mármoles (a partir de las calizas triásicas) y cornubianitas (Barrero 1969). De acuerdo con las relaciones de campo y el marco regional, dichas intrusiones deben situarse en el Jurásico Inferior a Medio?, según lo discuten Macía et. al. (in print).

3. EL GRUPO PAYANDE (Fig. 2)

La sucesión litológica más completa del Mesozoico pre-Cretácico del Valle Superior aparece en la región entre Payandé y Rovira; dicha secuencia ha sido descrita entre otros por: Renz (en Trümpy 1943), Suescún & Taborda (1949), Nelson (1959), Barrero (1969), Cedié et al. (1980, 1981). Fue allí donde Renz (op. cit.) estableció la división tripartita que se conoce como Grupo Payandé. Se trata de tres unidades con características propias que permiten diferenciarlas sin mayor problema en el campo, y a las que Renz denominó originalmente, de más antigua a más joven, pre-Payandé Red Beds y post-Payandé Red Beds, las cuales a su vez fueron elevadas al rango de formaciones, con los mismos nombres, por Nelson (1959). No obstante, más tarde (v. Geyer 1973; Cedié et al. 1980, 1981), con el progreso de la investigación se vió que el empleo de los términos pre-Payandé y post-Payandé era inadecuado por la dificultad para diferenciar dichas formaciones cuando la Fm. Payandé, el elemento calcáreo central, no está presente, o cuando pre o post-Payandé afloran de manera aislada o parcial. Esto se debía en parte a la falta de una definición estricta de las sucesiones litológicas y las características petrográficas del pre y post-Payandé, así como la carencia de las respectivas secciones tipo.

Por lo anterior, en la actualidad se utiliza la nomenclatura propuesta por Cedié et al. (1980, 1981): *Fm. Luisa* (definida por Geyer 1973: 15-16) para la unidad basal, compuesta por capas rojas continentales que incluyen areniscas, limolitas y conglomerados brechosos; *Fm. Payandé* para el elemento central, marino, integrado en su mayor parte por calizas masivas con algunas intercalaciones limolíticas en su parte baja, que Mojica & Dorado (in print) separan en un miembro inferior y uno superior (Fig. 2); *Fm. Saldaña*, una compleja sucesión vulcanosedimentaria constituida por un tramo inferior, predominantemente



Fig. 8 Nueva localidad fosilífera cerca al tope de la Fm. Payandé. Se trata de limolitas calcáreas, negro-grisáceas, con ammonitas y bivalvos. Entrada a la cantera de Cementos Diamante.



Fig. 9 Conglomerado brechoso de cantes de caliza. Nótese el empaque apretado, la angularidad de los clastos y la pobre selección. Q. Chicalá, base del conjunto I Miembro Chicalá.

marino (= Miembro Chicalá) conocido hasta ahora sólo en la región de Payandé-Rovira; y un tramo superior (o Miembro Prado según lo proponen Wiedmann & Mojica, in print), propio de condiciones subáreas (v. Mojica & Macía 1982: 8), con espesor entre cientos y miles de metros, de gran extensión regional en todo el Valle Superior.

4. LA FORMACION SALDAÑA

De acuerdo con la definición original de Cediel et al. (1980; 1981) la Fm. Saldaña es una unidad vulcano-sedimentaria compuesta esencialmente por rocas piroclásticas de composición ácida riolítica, ignimbritas, derrames lávicos ácidos a intermedios, riolitas, dacitas, traquitas, andesitas, pórfidos intrusivos andesíticos y muy escasos derrames basálticos. En ella predominan las rocas ácidas, esencialmente calcoalcalinas con tendencias alcalinas (traquitas y posiblemente los basaltos?). Además de las rocas volcánicas se presentan a menudo rocas sedimentarias clásticas, areniscas y limolitas del tipo capas rojas.

La falta de criterios paleontológicos directos ha dado lugar a la postulación de diversos rangos de edad para la Fm. Saldaña (= Post-Payandé Red Beds, o Fm. Postpayandé), según se aprecia en la Tabla 1. Dichos rangos se derivan ante todo de consideraciones acerca de la posición estratigráfica por encima de la Fm. Payandé (calizas del Triásico Superior, Carniano-Noriano según Renz en Trümpy 1943, ?Noriano-Retiano de acuerdo con Geyer 1973, 1982), y debajo de las Formaciones Caballos (areniscas cuarzosas del Aptiano-Albiano; v. Corrigan 1968, Beltrán & Gallo 1969) o Yaví (areniscas y limolitas multicolores del Cretácico Inferior; v. Mojica & Macía 1982a). Así mismo, Geyer (1973: 38-39) compara, facial y temporalmente, la Fm. Saldaña con la liásica, fosilífera y vulcanosedimentaria Subformación Morrocoyal (sensu Geyer 1967, 1973) del SW de El Banco (Dept. Bolívar), y señala que la acumulación de la Fm. Saldaña podría haber comenzado antes del Sinemuriano, tal vez en el Triásico Superior.

No obstante lo anterior, la comprobación de que parte de la Fm. Saldaña queda incluida en el Triásico Terminal, y de que contiene tramos marinos, se debe al hallazgo, al SW de Payandé (Fig. 3), de ammonitas (*Rhabdoceras* sp. y otras), bivalvos y crinoideos (Mojica et al. 1978; Wiedmann & Mojica 1980), indicativos del Retiano, en estratos limoarenosos con esporádicos bancos de calizas nodulosas, en conjunto considerados como Fm. "Post-Payandé" en el mapa de Barrero (1969), o Fm. Saldaña en los de Cediel et al. (1980, 1981). Posteriormente, en algunas conversaciones sostenidas por el Prof. O. F. Geyer (Suttgart) y J. Mojica se llegó a plantear el interrogante de si los estratos fosilíferos

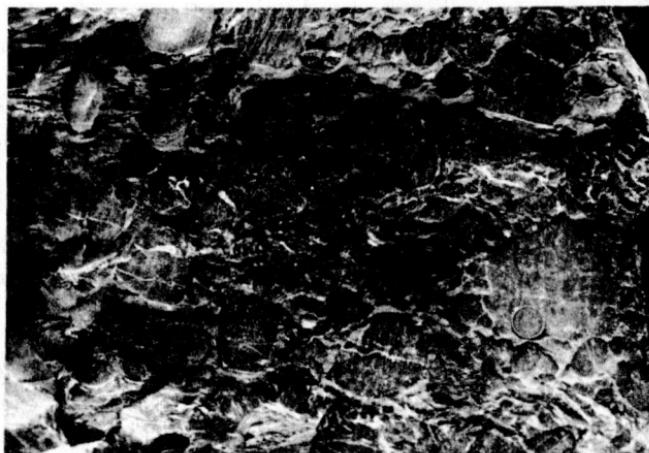


Fig. 10 Detalle de un olistostroma calcáreo-limolítico. Se aprecian clastos subredondos de calizas, embebidos en material limolítico verdoso. Q. Chicalá, parte baja del conjunto I.



Fig. 11 Olistotroma calcáreo-limolítico constituido por una mezcla caótica (replegado) de limolitas verdosas (tonos gris oscuros) y conglomerados de cantos de caliza. Q. Chicalá, parte baja del conjunto I del Miembro Chicalá. Nótese la manera discordante como el banco limoso superior recubre el tramo replegado.

del E de la Q. Chicalá no podían corresponder aún a la Fm. Payandé, en virtud de que tales capas —cartografiadas por Nelson (1959) como Fm. Payandé— presentan un cierto parecido litológico, a escala microscópica, con las que contienen ammonitas y bivalvos de la Fm. Payandé en la clásica localidad Renz (localización: Fig. 16). La duda anterior se justificaba, dadas las difíciles condiciones de afloramiento de los estratos del E de la Q. Chicalá —en un bloque aislado por fallamiento pronunciado, afecto por intrusiones jurásicas, y recubierto por sedimentos del Terciario Superior en el sector oriental—, que no permiten determinar con claridad la sucesión estratigráfica y la relación de los estratos fosilíferos con las secuencias típicas de las Formaciones Payandé y Saldaña.

Un problema semejante al de la incertidumbre de la correspondencia estratigráfica de las capas que nos ocupan fue planteada por Corrigan (1967: 247), quien con respecto a los afloramientos a lado y lado del puente nuevo sobre el río Coello (stop 4 de su guía) expresa lo siguiente: "The Payandé formation is exposed in the river bed. The rocks are non-calcareous siliceous claystone or possible chert, with a bluish-gray color. The dip is gentle to the East (downstream)... Several problems are present here. Why are the Payandé rocks non-calcareous? Are the rocks lining both walls of the gorge a different unit or formation from those exposed in the riverbed?"

Como se verá más adelante, las dudas expresadas por Corrigan (op. cit.) están plenamente justificadas, ya que los estratos sobre el puente sobre el río Coello y los que continúan a lado y lado, a lo largo de la vía, tienen carácter vulcano-sedimentario (v.m. adelante) y, de acuerdo con las relaciones de campo, parecen encontrarse estratigráficamente encima de la Fm. Payandé.

Por lo anterior, surgió la inquietud de precisar la posición estratigráfica y las propiedades faciales de las rocas que nos ocupan, de buscar nuevos afloramientos de las mismas, y de establecer sus posibilidades nexos con la Fm. Saldaña o con la Fm. Payandé, partiendo del criterio fundamental de que aquella es esencialmente vulcano-sedimentaria y ésta ante todo sedimentaria-calcárea. En este sentido, y en atención a la cartografía pre-existente, Wiedmann & Mojica (in print) asignan las capas del E de la Q. Chicalá a la Fm. Saldaña, que quedaría entonces constituida, como ya se mencionó, por dos elementos principales: a) uno inferior, o parte baja, llamado Miembro Chicalá, con fauna marino indicativa de Retiano; b) otro superior, o parte alta, denominado Miembro Prado, prácticamente estéril y propio de ambiente subaéreo, que representa en la mayoría de los casos a la



Fig. 12 Aspecto general del paquete de capas rojas (areniscas y limolitas) hacia la parte alta del conjunto I del Miembro Chicalá, en la Q. Chicalá. Nótese la estratificación tortuosa y lenticular de tipo "chevron bedding".



Fig. 13 Grietas de desecación presentes en las capas rojas, ilustradas en la Fig. 12.

Fm. Saldaña en el Valle Superior. El Miembro Prado, con espesores de hasta unos 2.500 m, se compone de materiales en general abigarrados, que incluyen flujos de lava (abundantes riolitas y en menor proporción andesitas y basaltos), piroclastitas principalmente ácidas e intermedias, y sedimentitas rojizas con carácter de "Red Beds". Los únicos hallazgos fosilíferos hasta ahora conocidos en el Miembro Superior, se refieren a pisadas de vertebrados (*Batrachopus* sp., según determ. de D. Baird, com. escrita, 7/82; v. Mojica & Macía 1982b) y troncos silicificados (Vidales & Flórez 1983) en la región de Prado-Dolores.

Teniendo en cuenta lo arriba expuesto, el propósito de este trabajo es presentar los resultados obtenidos del análisis petrográfico de 27 muestras del Miembro Chicalá y dar a conocer algunas observaciones nuevas sobre las relaciones estratigráficas del mismo; de los aspectos paleontológicos se ocupan Wiedmann & Mojica (in print).

Las ideas aquí expresadas son el resultado de experiencias directas reunidas, en diferentes períodos, en algunas regiones del Valle Superior del Magdalena (Ataco-Coyaima 1970, Rovira 1971, Prado-Dolores 1978, Yaguará 1981, Aipe-Natagaima 1982, Payandé 1984), en el transcurso de los correspondientes cursos de Geología de Campo realizados por el Departamento de Geociencias (Univ. Nal. Bogotá).

Las muestras investigadas fueron colectadas en su mayor parte en 1979 por J. Mojica y Alfonso Herrera (Bogotá). En Abril de 1984 se tomaron otras, y se practicó una revisión detallada de las relaciones de campo de las formaciones mesozoicas del área de Payandé. Así, se pudo conformar que el Miembro Chicalá aflora también, además de la localidad tipo, en un tramo de la carretera entre Payandé y el río Coello, al S del caserío de Sta. Rosa (E de Rovira), y en sectores del N de Payandé en la margen S del río Coello.

5. EL MIEMBRO CHICALÁ, O PARTE BAJA DE LA FM. SALDAÑA

El Miembro Chicalá, como se lo entiende en este trabajo y en el de Wiedmann & Mojica (in print), constituye una unidad litológica con espesor no precisado, pero superior a 500 m. De acuerdo con las observaciones de campo y el resultado de los estudios petrográficos (v. m. adelante), el Miembro Chicalá comprende tres conjuntos diferentes, marcados, de más antiguo a más joven, con los números I, II y III en la columna estratigráfica integrada (Fig. 17) y el mapa de localización de las muestras analizadas al microscopio (Fig. 16).

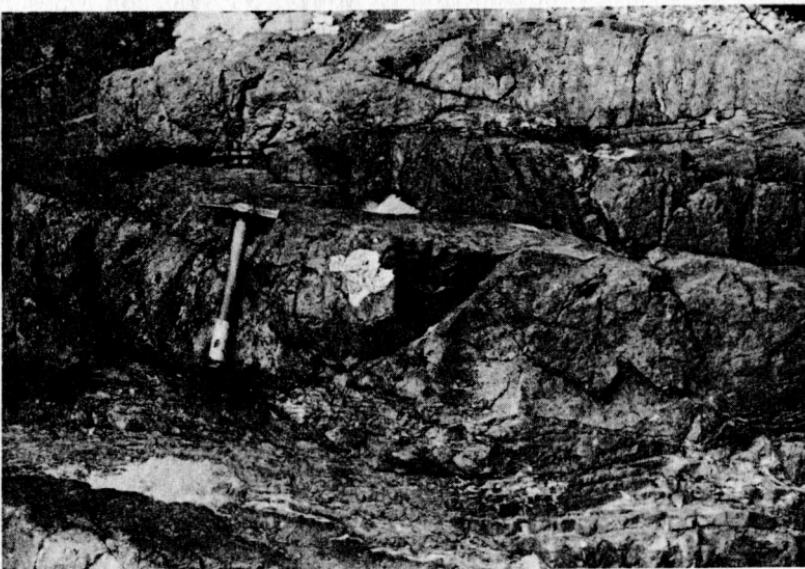


Fig. 14 Aglomerados del Miembro Superior de la Fm. Saldaña en la Q. Chicalá (localidad 10 en la Fig. 3). Nótense los límites erosivos y el bicelamiento de los estratos.

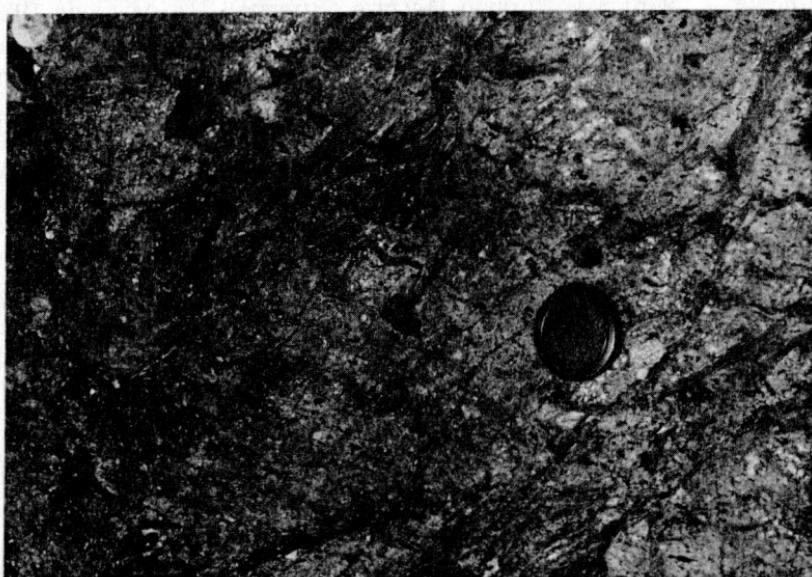


Fig. 15 Detalle de los aglomerados descritos en la Fig. 14

En términos amplios, la constitución de los conjuntos mencionados es la siguiente:

- Conjunto I, conglomerados de cantos de caliza, limolitas verdosas, olistostromas calcáreo-limosos (resultado de paleoderrumbes que afectaron y mezclaron caóticamente los estratos mencionados en primero y segundo término), y niveles esporádicos de capas rojas de hasta 20 m de espesor. Los afloramientos característicos ocupan un trecho de aproximadamente 1 km a lo largo del cauce de la Q. Chicalá desde unos 150 m abajo de la cantera de Cementos Diamante, en dirección de la corriente.
- Conjunto II, areniscas sucias y limolitas, grises y verdosas, con intercalaciones de varios bancos de calizas oscuras, bioclásticas, a veces nodulosas; en las areniscas y limolitas ocurren amonitas heteromorfas —generalmente fragmentadas—, amonitas planospirales, bivalvos de diferentes tipos, y restos de crinoideos; en las calizas se encuentran bivalvos de tipo *?Otapiro* y ostreidos no identificados. Este conjunto aflora extensamente a lo largo del tramo final del carreteable de Payandé a la Q. Chicalá (Fig. 4).
- Conjunto III, piroclastitas pelítico-arenosas, oscuras (grises y negras), muy compactas cuando frescas, con estratificación paralela en capas de decímetros a metros. Se trata del conjunto que aflora a lado y lado del actual puente sobre el río Coello (Figs. 5, 6, 7). Otros afloramientos aparecen en diversos sitios al NW de Payandé y han sido cartografiados por lo común como Fm. Payandé.

Los límites de los conjuntos I y II, II y III, así como el de III contra el Miembro Superior de la Fm. Saldaña son fallados. Más aún, la posición estratigráfica asignada en este trabajo al conjunto III es hipotética, ya que se trata de una secuencia aislada y muy local; empero, por su carácter piroclástico primordial y por el conocimiento de la sucesión general en el área de la Q. Chicalá, parece lógico ubicar el conjunto III debajo de la vulcano-clástica, pero subaérea parte alta de la Fm. Saldaña.

5.1 *Afloramientos del Miembro Chicalá*

Aun cuando, por ahora, no se tienen estudios detallados, la sucesión estratigráfica general de los conjuntos I y II Miembro Chicalá puede vislumbrarse de la descripción de afloramientos individuales (Fig. 3) a lo largo de la Q. Chicalá y el carreteable que la comunica con Payandé. Así, en los diferentes puntos señalados en la Fig. 3, se tienen los siguientes tipos litológicos, incluyendo 4 afloramientos del Miembro Prado (puntos 8, 9, 10, 11):

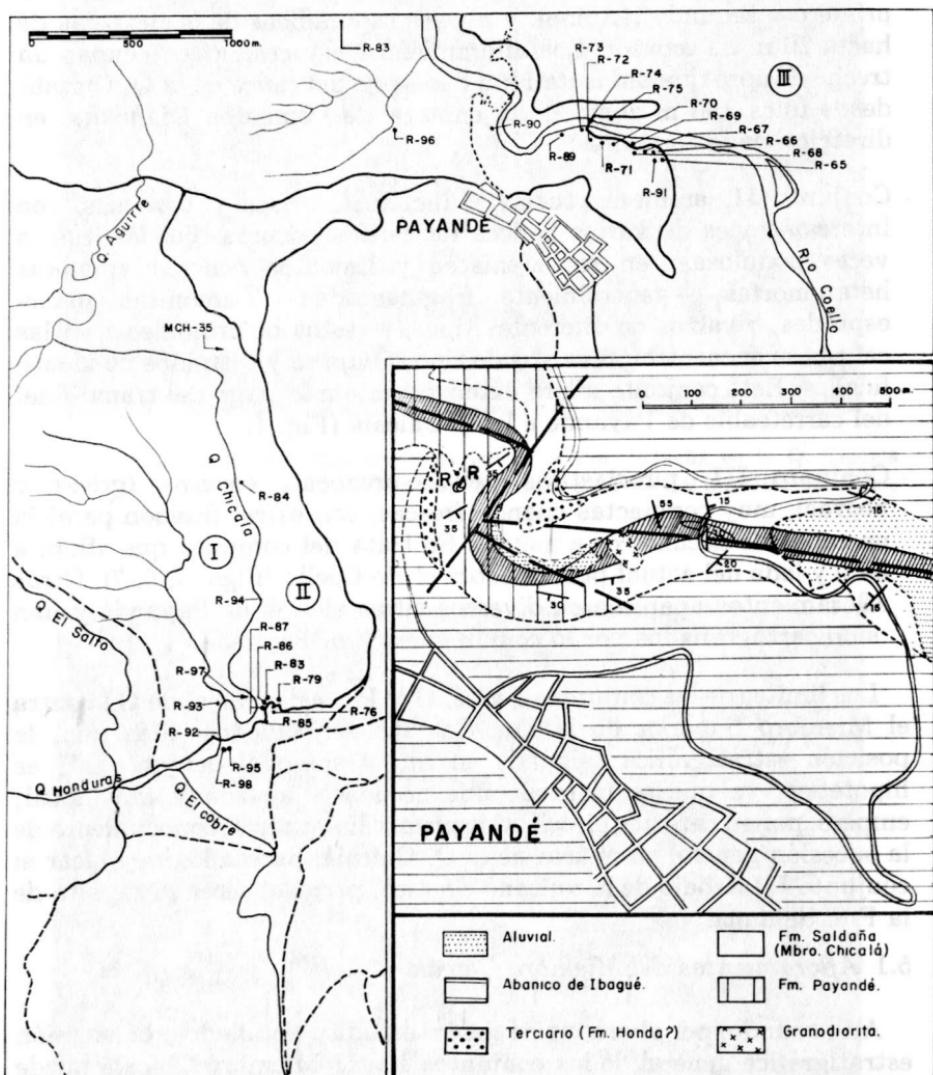


Fig. 16 Localización de las muestras estudiadas al microscopio. I, II y III representan las áreas de afloramiento de los conjuntos respectivos del Miembro Chicalá. En el recuadro: esquema geológico al N de Payandé, en los alrededores del puente actual sobre el río Coello.

Fm. Payandé. Calizas oscuras (Lám. I, Fig. 1), bituminosas, masivas en la parte baja, pero en capas tabulares de decímetro en la parte alta. Las primeras contienen escasos, pero bien conservados moldes de *Monotis subcircularis*. Se intercalan, hacia el tope, paquetes de limolitas grises y verdosas que contienen ammonitas planoespirales y pequeñas; se trata de una nueva localidad fosilífera de la Fm. Payandé (Fig. 8), comparable, por su contenido paleontológico, con la localidad de Renz. Orientación de los estratos 170/40 (expresada como dirección del buzamiento/ángulo de buzamiento).

2. Límite Fm. Payandé/Miembro Chicalá. Calizas negras, en capas delgadas, que reposan de manera concordante bajo estratos alternantes de conglomerados oligomictos de matriz calcárea (compuestos exclusivamente por cantos subredondos y subángulares de caliza, Fig. 9) y limolitas verdosas, compactas. El diámetro de los clastos de caliza en los conglomerados alcanza unos 10 cm, pero en general es menor. Están representados en ellos principalmente calizas negras densas y bituminosas; hay también clastos rojizos, de calizas oolíticas. La aparición de los conglomerados calcáreos y las limolitas verdosas marca un cambio notable de la sedimentación, que ha de representar el comienzo de la sedimentación del conjunto I del Miembro Chicalá. Orientación de los estratos 130/70.
3. Bancos de conglomerados oligomictos, semejantes a los encontrados en 2, englobados a veces, de manera caótica, en grandes bloques y fragmentos de limolitas verdosas, replegadas (Figs. 10 y 11); alternan con los conglomerados, paquetes de limolitas, también verdosas, con deformación (plegamiento sivo) sinsedimentaria y planos sedimentarios (base y tope) bastante sinuosos y tortuosos. En conjunto esta mezcla de materiales constituye verdaderos olistostromas. Orientación de los estratos 165/70.
4. Bancos de conglomerados con cantos de caliza y matriz limoarenosa, separados por capas deformadas de limolitas verdes. Orientación de los estratos 170/55.
5. Limolitas verdosas, alternantes con esporádicos niveles de conglomerados de cantos de caliza y paquetes de capas rojas (Fig. 12) con abundantes grietas de desecación (Fig. 13), icnofósiles pequeños y "runzelmarks". El conjunto sedimentario se ve intruido aquí por una apófisis granodiorítica. Orientación de las capas 230/30; 220/25.

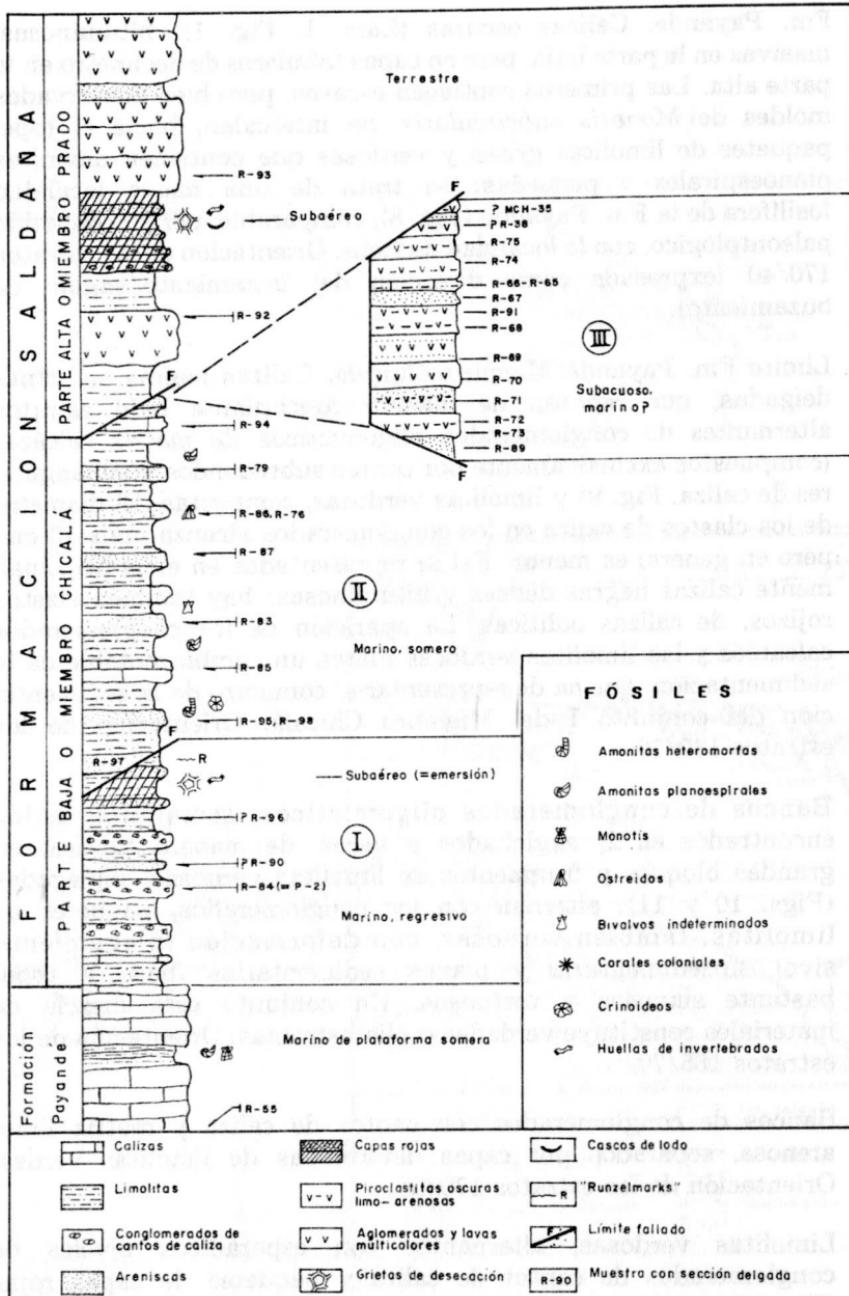
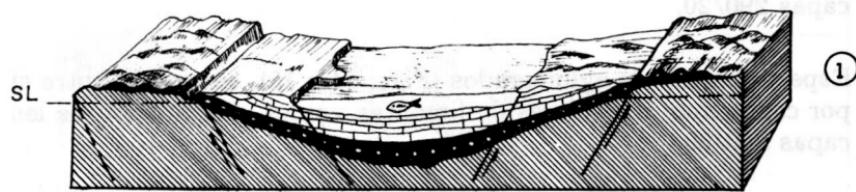


Fig. 17 Columna estratigráfica integrada de la Fm. Saldaña en el área de Payandé, con la ubicación de las muestras estudiadas al microscopio, y posición de los conjuntos I, II y III del Miembro Chicalá.

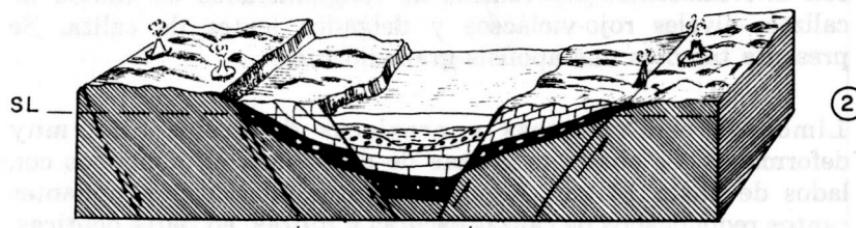
6. Calizas arenosas oscuras, con laminación ondulosa fina y conchillas de bivalvos. Orientación de las capas 220/65.
7. Limolitas negro-grisáceas, finamente laminadas, duras y compactas, en estratos gruesos, de metros de espesor. Orientación de las capas 290/20.
8. Espesos bancos de aglomerados (Figs. 14 y 15), separados entre sí por capas muy irregulares de limolitas verdes. Orientación de las capas 240/60.
9. Limolitas y areniscas verdosas, en capas de centímetro a decímetro, con intercalaciones esporádicas de conglomerados de cantes de calizas, niveles rojo-violáceos y delgados lentes de caliza. Se presenta también una apófisis granodiorítica.
10. Limolitas rojo-violáceas y areniscas de grano fino, muy deformadas. Se observan grietas de desecación en polígonos con lados de hasta 10 cm. Algunos estratos contienen abundantes cantes redondeados de calizas oscuras y rojizas, en parte oolíticas. Orientación de los estratos 255/60.
11. Piroclastitas verdosas y café rojizo, principalmente aglomerados y tobas de lapilli (Lám. V, Fig. 4). Los fragmentos líticos son variados en composición; la matriz consiste de fragmentos angulares de feldespatos y cuarzo. Se intercalan limolitas verde oliva, muy compactas, cizalladas y retorcidas por efectos tectónicos. Los límites entre estratos son tortuosos.
12. Limolitas y areniscas finogranulares verdes, grises y rojizas, muy fracturadas. Contienen restos de amonitas heteromorfas y de crinoideos.
13. Limolitas arenosas, semejantes a las anteriores, también con abundantes fragmentos de amonitas heteromorfas.
14. Calizas oscuras, bioclásticas con laminación muy ondulosa, generalmente trenzada, en capas de decímetros a metros. Constituyen un paquete de unos 15 m de espesor. Contienen corales hermatípicos y bivalvos semejantes a "Megalodon".
15. Limolitas arenosas grises y verdosas como un horizonte rico en *Exogyra* sp. En otras capas se aprecian restos de crinoideos. Orientación de los estratos 218/60.

ellos se han hecho observaciones que han permitido establecer que el desarrollo de la formación Payandé se ha producido en el sistema hidrogeológico salinario.

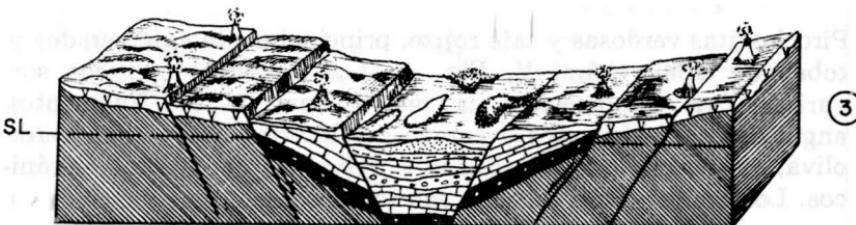
Según la teoría de la tectónica, el desarrollo de la formación Payandé se ha producido en el sistema hidrogeológico salinario.



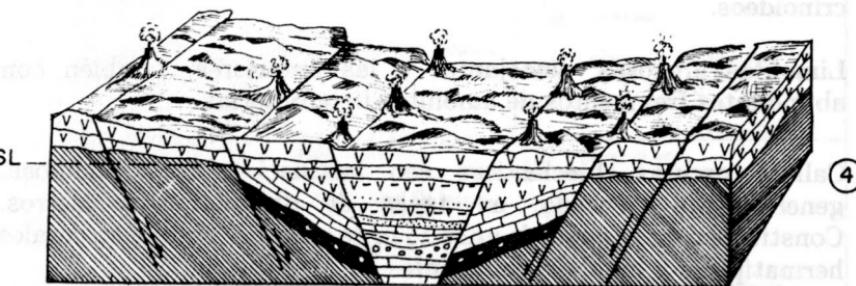
FINALES SEDIMENTACIÓN FM. PAYANDE.



COMIENZO SEDIMENTACIÓN MBRO. CHICALÁ.



DURANTE SEDIMENTACIÓN MBRO. CHICALÁ.



DURANTE SEDIMENTACIÓN MBRO. PRADO.

Fig. 18 Esquema hipotéticos de las condiciones tecto-sedimentológicas durante la acumulación de las Formaciones Payandé y Saldaña.

16. Calizas bioclásticas oscuras, en capas ondulosas, poco definidas, con abundantes restos de bivalvos (ostreas y *?Otapiria*).
17. Limolitas grises oscuras, muy alteradas, en capas de decímetro, con escasos restos de amonitas pequeñas.

Los afloramientos del conjunto III del Miembro Chicalá a lado y lado del puente sobre el río Coello (Figs. 5, 6, 7, 16) ocurren en un tramo de unos 800 m de largo, sobre los costados E y W de la carretera entre Payandé y Buenos Aires. En dicho tramo se aprecia una secuencia perturbada por efectos tectónicos y magmáticos, con direcciones y valores de buzamiento muy variables, pero que por su disposición estructural, evidentemente suprayace a las Calizas de Payandé. Delgados remanentes de sedimentos del Terciario Superior, así como potentes conglomerados correspondientes a la base del cuaternario Abanico de Ibagué, reposan discordantemente sobre las unidades triásicas, oscureciendo las relaciones estratigráficas y el cuadro tectónico local.

En el tramo mencionado, la litología está dominada por estratos oscuros, negro-grisáceos, muy compactos, a veces muy silíceos y/o débilmente calcáreos. Se trata de bancos y capas gruesas, relativamente frescas, que en muestra de mano manifiestan carácter limo-arenoso y tendencia a la fractura concoidea; no obstante, como se muestra en el capítulo siguiente, en sección delgada estas rocas exhiben características predominantemente piroclásticas. Bajo el puente sobre el río Coello la secuencia se ve cortada por numerosos diques negro-verdosos, afaníticos a porfiríticos, mientras que unos 150 m aguas arriba de este lugar se observa una intrusión granodiorítica, rojiza, con abundantes anfíboles. No sobra anotar aquí, que el efecto de las intrusiones se puede palpar en algunas muestras con epidotización avanzada.

Otros afloramientos del Miembro Chicalá. - A pesar de que todavía no se les ha investigado con detalle, a modo de referencia se mencionan otros lugares en donde, según nuestro criterio, se encuentran exposiciones adicionales del Miembro Chicalá:

- Carreteable de Payandé hacia la Q. Aguirre y la Mina Vieja. Se trata de los afloramientos que ocurren un poco adelante de la trituradora de caliza, constituidos por sedimentitas con carácter piroclástico evidente, hasta ahora estériles, de colores grises cuando frescas, rojas en superficies alteradas, recubiertas por sedimentos pelítico-calcáreos del Terciario Superior. Las exposiciones aparecen en los zanjones excavados por las aguas lluvias en el costado occidental de la vía.

- Región a unos 3 km al NW de Payandé. En un área amplia, recubierta ocasionalmente por retazos del Terciario Superior, y sobre todo en el descenso hacia el río Coello, se tienen sedimentitas semejantes a las descritas en el aparte anterior. Una muestra característica de este conjunto, presumiblemente comparable con el conjunto III es la R-88 (Lám. V, Figs. 2 y 3).
- Región a unos 4 km al S del caserío Santa Rosa, situado en la vía que une a Payandé con Rovira. En el sector al E del carreteable a la vereda Buena Vista, aparecen buenos afloramientos del Miembro Chicalá, muy parecidos por su litología a los conocidos del conjunto II en los alrededores de la Q. Chicalá.

5.2. *Petrografía del Miembro Chicalá*

El estudio petrográfico, sumado a las demás observaciones de campo, permitió diferenciar con certeza los conjuntos I, II y III del Miembro Chicalá y establecer las características litológicas esenciales de cada uno de ellos. De los análisis de las secciones delgadas correspondientes al Miembro Chicalá de la Fm. Saldaña, localizadas en la Fig. 16 y ubicadas estratigráficamente en la Fig. 17, se derivan los siguientes resultados:

Conjunto I - Constituido por conglomerados rudáceos y brechosos de cantos de caliza, olistostromas calcáreo-limosos, areniscas de feldespáticas y limolitas verdosas y grisáceas, localmente calcáreas. Los conglomerados de cantos de caliza y los olistostromas incluyen clastos provenientes de calizas micríticas y ooesparíticas, así como fragmentos de chert, todos ellos englobados en matriz limo-arenosa, calcárea (muestra R-84, Lám. I, Fig. 2). Las areniscas —muestras R-90 (Lám. I, Fig. 3) y R-96— presentan feldespatos con diferentes grados de alteración, fragmentos de vulcanitas?, areniscas, lutitas, calizas, además de pirita diseminada y cuarzo anguloso de posible origen volcánico. Se trata de areniscas arcósicas de grano medio a fino, algo calcáreas; los líticos pueden alcanzar hasta un 10%. Localmente (muestra R-96) presentan epidotización secundaria por efectos hidrotermales.

Conjunto II - Integrado en su totalidad por: a) arenitas arcósicas a subarcósicas, de grano medio a fino (muestras R-95, R-98); b) sublito-arenitas con cemento calcáreo, fragmentos líticos de vulcanitas lávicas y cuarzomonzonitas, además de feldespatos (muestra R-83, Lám. II, Fig. 3); c) cuarzoarenitas de grano fino bien seleccionadas, con cemento calcáreo y algo de feldespatos y pirita diseminada (muestras R-87 y

R-97, Lám. I, Fig. 4); d) calizas biomicríticas (muestras R-85, Lám. II, Fig. 1), calizas biointraesparíticas terrígenas (muestra R-86) y calizas biointramicríticas (muestra R-76, Lám. II, Fig. 2), terrígenas, arenosas. Localmente las calizas pueden aparecer marmorizadas (muestra R-94, Lám. II, Fig. 4).

Conjunto III - Compuesto por una sucesión alternante de capas y bancos de piroclastitas (ante todo cenizas y polvo volcánico), areniscas feldespáticas, areniscas tobáceas, y niveles de calizas fosilíferas.

- **Piroclastitas.** - Se caracterizan por la presencia de "Shards" o escamas de vidrio en formas típicas de V, Y, o media luna, como se puede apreciar en las fotografías de las muestras R-68 (Lám. III, Fig. 4), R-70, R-73, R-75 (Lám. IV, Fig. 4). Al observarlos con luz doblemente polarizada se aprecia claramente que el proceso de devitrificación es total por su anisotropía. El material vítreo está transformado en sílice microcristalina o ha sido reemplazado por calcita como en la muestra R-73 (Lám. III, Fig. 2).

Según su modo de origen son primordialmente tobas esenciales ya que sus fragmentos líticos de antiguas rocas volcánicas no son muy frecuentes.

Los tamaño de los constituyentes son menores de 4 mm lo que corresponde a cenizas y polvo volcánico.

El constituyente principal es el vidrio y en menor proporción los cristales y los fragmentos líticos. El primero forma la matriz, los dos últimos con tamaños promedio entre 0.25 y 1.0 mm conforman el esqueleto. En general predominan las tobas vítreas soldadas; algunas con estructura de flujo como R-75 (Lám. V, Fig. 1) se podrían considerar ignimbritas.

Los minerales que se presentan son principalmente fragmentos de cuarzo de tipo euhedral, con bahías e islas, llamado cuarzo beta. El feldespato es de los dos tipos plagioclasa (albita-oligoclase) y ortoclasa (sanidina). Ambos presentan alteración media a sericitas y caolinita respectivamente. Como minerales secundarios se presentan eventualmente calcita, clorita y epidota como producto de un proceso de carácter hidrotermal íntimamente asociado a la actividad magmática que acompañó la intrusión granodiorítica del Stock de Payandé y su cortejo de diques micrograníticos y cuarzomonzoníticos que atraviesan las rocas precretácicas de la región.

La composición promedio de los diferentes niveles piroclásticos corresponde a riolitas y riocacitas.

- Intercalaciones de areniscas híbridas.- Son las menos frecuentes; sus constituyentes presentan un diámetro promedio entre 0.25 y 0.4 mm que corresponden a arena media. Los principales son fragmentos líticos de tobas vítreas, cuarcitas y calizas; cuarzo, feldespato alterado y como secundarios calcita, epidota y clorita. El cemento es arcilloso y la matriz relativamente escasa. Los contornos de los constituyentes son subredondeados a angulosos, la porosidad es baja y la selección buena. Textural y composicionalmente pueden considerarse como submaduras. La composición corresponde a arenitas líticas. Como ejemplos se citan las muestras R-67 (Lám. IV, Fig. 3), R-68 (Lám. III, Fig. 4), R-69, R-71 (Lám. III, Fig. 3), R-IA (Lám. IV, Fig. 1).

Delgados niveles de lutitas calcáreas y margas están asociados a este tipo de areniscas.

- Niveles de calizas.- Son bastante escasos. La única muestra (R-66, Lám. IV, Fig. 2) obtenida de ellos corresponde a una intramicrita terrígena (calcilitita) con fragmentos de micrita y detritos cuarzosos de tamaño arena.

En atención a los tipos de rocas encontrados en el Miembro Chicalá, en el presente estudio se utilizaron tres tipos de clasificaciones petrográficas. Así, para las calizas se utilizó la de Folk (1974); para las areniscas híbridas la de Pettijohn (1975); y para las piroclásticas la de Heinrich (1960), que tiene en cuenta el origen, la naturaleza y tamaño de los componentes, y la de Fisher & Schmincke (1984) que se basa en la composición mineralógica.

5.3. *Discusión de los resultados (Miembro Chicalá)*

Los resultados anteriores permiten establecer que, por sus características litológicas y posición estratigráfica, tal como aquí se lo entiende, el Miembro Chicalá incluye el así llamado "Segmento Payandé 3" de Cediel et al. (1980: Fig. 7; 1981: Fig. 5) y la parte "basal" de la Fm. Saldaña de dichos autores, ilustrada por ellos en las Figs. 10 y 7 de 1980 y 1981, respectivamente. Esta consideración se fundamenta en el hecho de que se trata de una unidad con características sedimentológicas, petrográficas y paleontológicas propias, que permiten diferenciarla fácilmente de la infrayacente Fm. Payandé y de la parte alta de la Fm. Saldaña. Así, los rasgos

determinantes del Miembro Chicalá están dados por la presencia de: olistostromas calcáreo-limolíticos (estructuras de derrumbe), areniscas arcóicas y tobáceas, piroclastitas (cenizas, polvo volcánico y algo de lapilli), capas rojas con estructuras de emersión y fauna marina heterogénea, no comparable con la conocida de la Fm. Payandé. En conjunto estas propiedades llevan a pensar en un medio sedimentario, sobre todo marino, pero sometido a esporádicas exposiciones subaéreas con generación de capas rojas. Las condiciones de energía y oxigenación han de haber sido también variables. Es este un ciclo que comenzó seguramente con movimientos tectónicos que dieron lugar a exposición local de las infrayacentes Calizas de Payandé, con la consecuente producción inicial de olistostromas; concomitante con dichos movimientos debió iniciarse la actividad volcánica, más allá del área de acumulación del Miembro Chicalá, reflejada en la aparición de rocas híbridas y piroclastitas finogranulares, según se ilustra en la Fig. 18.

6. CONCLUSIONES

- El vulcanismo que dió lugar a las potentes acumulaciones de la Fm. Saldaña, en el ámbito del Valle Superior del Magdalena, comenzó a finales del Triásico, durante el Retiano, según se deriva del carácter vulcano-sedimentario y el contenido fósil de los estratos que constituyen el Miembro Chicalá en los alrededores de Payandé.
- La presencia de fósiles marinos en el Miembro Chicalá y la comparación regional, en relación con el yacente de la Fm. Saldaña en los bordes del Valle Superior, indican que el Miembro Chicalá constituye un elemento "local", restringido al área de sedimentación ocupada por la marina e infrayacente Fm. Payandé. Así, parece ser que los futuros hallazgos de sedimentos del Miembro Chicalá, han de circunscribirse a las regiones en donde se conoce la Fm. Payandé (v. Mojica, 1980: Fig. 2).
- La ocurrencia de olistostromas calcáreo-limosos en el límite entre las Formaciones Payandé y Saldaña refleja el inicio de procesos tectónicos, que precedieron al vulcanismo, y condujeron a la colmatación y consecuente "emersión" del área de sedimentación ocupada originalmente por la Fm. Payandé (Fig. 18). Sin embargo, por ahora, no se tienen datos acerca de la dirección de retiro (regresión) del mar triásico en esta parte del país.
- Del análisis de los diferentes tipos de rocas encontrados en el Miembro Chicalá, se deduce que las condiciones de sedimentación no fueron constantes.

- A partir del registro litológico se deriva que el Miembro Chicalá se depositó en un medio de aguas someras, sometido a períodos cortos de agitación (marcados por la presencia de niveles esparíticos y de intramicritas), separados entre sí por períodos de tranquilidad más prolongados representados por los horizontes de biomicritas. Las intercalaciones de capas rojas, con estructuras de emersión señalan momentos de exposición subaérea.
- Los numerosos niveles de piroclastitas de lapilli, cenizas y polvo volcánico intercalados en el conjunto III del Miembro Chicalá son producto de la actividad de volcanes de tipo estrato-volcán, resultado de una tectónica distensiva.
- La composición de los materiales piroclásticos indica un vulcanismo ácido, localizado en áreas relativamente próximas al medio de sedimentación, en especial teniendo en cuenta los fragmentos de lapilli, no retrabajados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a los colegas Alfonso Herrera (Bogotá), Medardo Chacón (Univ. Nal. Bogotá) y Dr. Carlos Macía (Univ. Nal. Bogotá), por la colaboración recibida durante los trabajos de campo. Por la elaboración de gran parte de las secciones delgadas se agradece la gestión del Prof. Dr. Jost Wiedmann (Instituto-Museo de Paleontología y Geología de la Univ. de Tübingen, R.F.A.) y del colega Joaquín Buenaventura (Ingeominas, Bogotá).

La versión final de los dibujos estuvo a cargo del Sr. José Miguel Rodríguez (Dpto. Geociencias, Univ. Nal. Bogotá); las fotografías son obra del Sr. Oscar Fernández (Bogotá); la mecanografía estuvo a cargo de la Sra. Elcira M. de Mojica (Bogotá).

APENDICE

Descripción sucinta de Secciones delgadas

- R-55 Calcilitita a base de espirita fina parcialmente dolomitizada con escasos restos de fósiles y feldespatos euhedrales posiblemente autigénicos. Hay presencia de terrígenos (Cuarzo y feldespato) tamaño arena muy fina.
- R-59 Calcilitita a base de esparita fina y algunos restos de fósiles, parcialmente dolomitizada. Escasos terrígenos.
- R-56 Marga con fragmentos de cuarzo, feldespato y líticos de micritas y flujos lávicos. Fracturas pequeñas llenas con esparita.
- R-66 Intramicrita terrígena (Folk). Los fragmentos líticos son de micrita. Según tamaño de constituyentes es una calcilitita.

- R-67 Grauwaca feldespática de grano fino. Escasos fragmentos líticos de rocas Volcánicas lávicas. Mala selección y redondez. Matriz a base de filosilicatos.
- R-68 Toba esencial vítreas de cenizas con abundantes Shards, totalmente devitrificada. La composición es riolítica, hay algunos fragmentos líticos presentes de tobas más antiguas. Algunos shards están reemplazados en carbonatos.
- R-69 Toba lítica de grano medio donde predominan los fragmentos de antiguas tobas de diferentes clases pero predominando las vítreas de cenizas y polvo volcánico con abundantes shards y de composición riolítica. El 15% es de feldespato potásico algunos de tipo sanidina fibrosa.
- R-70 Toba vítreas de cenizas y polvo con algunos fragmentos líticos de algunas vulcanitas antiguas. Pero efecto secundario los poros y vesículas están llenos de calcita. Hay abundantes shards devitrificados.
- R-71 Toba lítica de cenizas y lapilli fino donde predominan los fragmentos de antiguas toba soldadas ricas en shards devitrificados, algunos con alteración hidrotermal marcada. En menor proporción hay fragmentos de lavas. La muestra en general presenta carbonatación.
- R-72 Toba de polvo volcánico donde el fenómeno secundario de carbonatación enmascara bastante la textura original sin embargo se reconoce la presencia de shards devitrificados. Hay escasa clorita secundaria de tipo hidrotermal.
- R-73 Toba esencial vítreas de cenizas y polvo con abundantes shards devitrificados y reemplazados en calcita como producto de una acción hidrotermal. Hay vestigios de estructura direccional que puede ser de flujo o por acción dinámica.
- R-74 Toba esencial vítreas de cenizas y polvos de composición riolítica con ligera estructura de flujo. Hay presencia de escasos fragmentos líticos. La alteración hidrotermal se evidencia en la fuerte carbonatación y la cloritización de algunos constituyentes.
- R-75 Toba esencial vítreas de ceniza y polvo con marcada estructura de flujo que puede ser volcánico o dinámico ya que hay formas de "ojos". Hay delgadas láminas carbonosas. Los shards son claros y abundantes. Hay cloritización marcada asociada a la estructura fluidal.
- R-76 Biointramicrita terrígena (Folk). Por tamaño de constituyentes es una calcarenita fina. Los terrígenos son primordialmente cuarzo y fragmentos de óxidos de hierro (hematita).
- R-79 Biointraesparita terrígena (Folk), parcialmente dolomitizada. Presenta algunas microfracturas llenas con calcita esparítica. Por tamaño de constituyentes es una calcarenita fina. Los terrígenos son cuarzos y en menor proporción feldespatos y óxidos de hierro (hematita).
- R-83 Subarcosa calcárea de grano medio con un 10% de fragmentos líticos de antiguas tobas, lavas, limolitas y pórfidos. El feldespato es plagioclase y alcalino pertítico bastante fresco. La selección es buena, la redondez regular.

- R-84 Conglomerado de gránulos con una matriz arcillo-arenosa rica en micas y en parte cementado por calcita esparítica. Los gránulos son de micritas, oomicritas, esparitas feldespáticas semejantes a R-55 y micritas terrígenas.
- R-85 Biomicrita (Folk). Calcoarenita media según tamaño de constituyentes. Con estructura de flujo dinámico incipiente y pequeños fracturas llenas con calcita perpendiculares a la estructura fluidal. Los fósiles son bivalvos y crinoideos.
- R-86 Biointraesparita terrígena (Folk). Segundo tamaño de constituyentes calcarenita media a gruesa. Algunos fragmentos se presentan bordeados de una patina de óxido de hierro. La calcita parcialmente dolomitizada. Los terrígenos son tamaño arena fina a base de cuarzo y feldespato plagioclasa. Parcial cementación con óxido de hierro.
- R-87 Cuarzoarenita de grano fino con cemento calcáreo abundante. Ligero contenido en feldespato plagioclasa y escasas hojas de micra incolora. Presencia de cristales euhedrales de pirita oxidada.
- R-88 Arenita arcósica mal seleccionada, grano medio, los feldespatos en un promedio de 30% son plagioclásas ligeramente sericitizadas y alcalinos tipo pertita. Las plagioclásas son de diferentes fuentes pues las hay muy frescas y ya alteradas. Un 20% son fragmentos líticos de vulcanitas lávidas (basaltos y andesitas). Hay cristales de epidota por alteración hidrotermal.
- R-89 Grauwaca feldespática de grano medio, pésima selección, con constituyentes angulares a subangulares. Los feldespatos son esencialmente alcalinos tipo pertita bastante caolinizados. Matriz a base de filosilicatos. Incipiente cementación calcárea.
- R-90 Arenita arcósica con cemento calcáreo, grano medio, pésima selección y redondez, regular esfericidad. El feldespato es de los dos tipos sin embargo en las plagioclásas se observa en unos individuos avanzada sericitización mientras que otros están totalmente frescos lo que evidencia dos diferentes fuentes. Hay 10% de fragmentos líticos de origen sedimentario (arenitas, lutitas y calizas) y piritas oxidadas.
- R-91 Toba vítrea de ceniza y polvo volcánico, muy baja proporción de constituyentes tamaño lifilli fino. Abundantes shards devitrificados. Un 15% son fragmentos líticos de rocas volcánicas efusivas y de tobas). Por la composición de fragmentos de cristales es riolítica.
- R-92 Toba lítica de cenizas y lapilli fino. Los fragmentos líticos son de tobas y lavas y algunos de cuarzoarenitas finas. El 20% es de fragmentos de cristales a base de cuarzo y feldespato potásico.
- R-93 Toba lítica de cenizas y lapilli calcárea. Hay abundantes fragmentos líticos de micrita y en menor cantidad de tobas en una matriz vítrea abundante en shards. Hay presencia de fracturas llenas con esparita fina que reflejan una acción dinámica que fué seguida de un proceso hidrotermal que causó cloritización. El 25% son cristales y fragmentos a base de cuarzo y feldespato alcalino.

- R-94 Roca recristalizada a base de calcita esparítica, cuarzo y escaso feldespato. Originalmente era una intraesparita terrígena que sufrió un efecto térmico.
- R-95 Arenita subarcosa de grano fino, de buena selección, mala redondez. Con apreciable contenido en materia carbonosa oxidada. Hay presencia de micas. El cemento es arcilloso y silíceo.
- R-96 Arenita arcósica de grano fino con cemento silíceo y en menor proporción calcáreo. Hay láminas enriquecidas con fragmentos carbonosos tamaño limo. Algunos cristales de epidota evidencian influencia hidrotermal.
- R-97 Cuarzoarenita de grano muy fino bien seleccionada con cemento calcáreo. Presencia de materia carbonosa y finas hojas de mica y cristales grandes de pirita.

MCH 035 Arenita arcósica de grano fino, mala selección. Cemento silíceo y calcáreo. Presencia de fragmentos líticos de tocas y lavas en baja proporción.

REFERENCIAS CITADAS

- ALVARES, J. (1981): Determinación de edad Rb/Sr en rocas del Macizo de Garzón, Cordillera Oriental de Colombia.-Geol. Norandina, 4, 31-38, Bogotá.
- BARRERO, D. (1969): Petrografía del Stock de Payandé y metamorfitas asociadas.-Bol. Geol. 17, 113-144, 2 Figs., 10 tablas, 1 mapa, Bogotá.
- BELTRAN, N & GALLO, J. (1968): The Geology of the Neiva Sub-Basin Upper Magdalena Basin, Southern Portion.-Ninth Ann. Field Conf. Col. Soc. Petrol. Geol. & Geoph. Reprinted 1980 (pp. 253-275) in Geol. Field-Trips Colombia, Col. Soc. Petrol. Geol. & Geoph. Bogotá.
- CEDIEL, F., MOJICA J. & MACIA, C. (1980): Definición estratigráfica del Triásico de Colombia, Suramérica. Formaciones Luisa, Payandé y Saldaña.-Newsletters on Stratigraphy 9 (2), 73-104, 9 Figs., 1 tabla Hannover.
- _____ & _____ (1981): Las Formaciones Luisa, Payandé, Saldaña. Sus columnas Estratigráficas características.-Geol. Norandina 3, 11-19, 7 Figs. Bogotá.
- CORRIGAN, H. T. (1967): The geology of the Upper Magdalena Basin (Northern Portion).-Eight Field Conf, Col. Soc. Petrol. Geol. & Geoph. Reprinted 1980 (pp. 221-251) in Geol. Field Trips Colombia, Col. Soc. Petrol. Geol. & Geoph. Bogotá.
- FISHER, R. V and SCHMINKE, H. U. (1984): Pyroclastic Rocks. Springer Verlag. Berlín. 472 p.
- FOLK, R. L. (1974): Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co. Austin. 182 p.

FORERO, A. (1973): El Paleozoico Superior del flanco oriental de la Cordillera Central.-
Geol. Colombiana No. 7, 139-144, Bogotá.

GEYER, O. F. (1967): Das Typus-Profil der Morrocoyal-Formation (Unterlias: Depto.
Bolívar, Kolumbien).-Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 1, 53-63, 3 Figs.,
Santa Marta.

_____ (1973): Das prakretazische Mesozoikum von Kolumbien.-Geol. Jb. B5,
1-156, 40 Abb., 11 tablas, 5 Taf., Hannover.

_____ (1982): Comparaciones estratigráficas y faciales en el Triásico Norandino.-
Geol. Norandina, 5, 27-31, Bogotá.

HARRISON, J. V. (1930): The Magdalena Valley, Colombia, South América.- 15th int.
geol. Congr. 2(399-409). Pretoria.

HENRICH, E. WM. (1960): Petrografía Microscópica. Ediciones Omega. Barcelona.
320 p.

HUBACH, E. (1957): Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia.-Serv.
Geol. Nal., Informe 1212, 1-166 (Mscr.), Bogotá.

JIMENO, A. & GUEVARA, C. (1976): Contribución a la estratigrafía de la Formación
Post-Payandé, y cartografía al Sur de Coyaima.-Trabajo de Grado, Univ. Nal. Depto.
Geociencias, 75 pp (Mscr.), 9 Láms., Figs., anexos. Bogotá.

KROONENBERG, S. (1982): Litología, metamorfismo y origen de las granulitas del
Macizo de Garzón, Cordillera Oriental (Colombia).-Geol. Norandina, 6, 39-46, Bogotá.

KROONENBERG, S. & DIEDERIX, H. (1982): Geology of South Central Huila,
Uppermost Magdalena Valley, Colombia (First Part). Asoc. Col. Geol. & Geof del
Petróleo, XXI: 1-39, Bogotá.

MACIA, C., MOJICA, J. & COLMENARES, F. (in print): Consideraciones sobre la
importancia de la paleogeografía y las áreas de aporte precretácicas en la prospección de
Hidrocarburos en el Valle Superior del Magdalena, Colombia.-Mem. 1er. Congr. Col.
Petrol., octubre 23-26/84, El Centro (Santander).

MOJICA, J. (1980): Observaciones acerca del estado actual del conocimiento de la
Formación Payandé (Triásico Superior), Valle Superior del Magdalena, Colombia.-Geol.
Colombiana No. 11, 67-91, 2 Figs. 1 tabla. Bogotá.

MOJICA, J. & MACIA, C. (1982a): Geología del extremo NE de la Cuenca de Neiva
(Valle Superior del Magdalena, Región de Prado-Dolores, Tolima. XXI. Ann Field Trip.
Col. Soc. Petrol. Geol. Geoph. Part I, 1-45, 6 Figs. Mscr., Bogotá.

_____ & _____ (1982b): Nota preliminar sobre la identificación de improntas
de vertebrados (*Batrachopus* sp.) en sedimentitas de la Fm. Saldaña. Región de Prado-
Dolores, Valle Superior del Magdalena, Colombia.-IV Congr. Col. Geol., Resúmenes.
Octubre/82, Cali.

MOJICA, J. & MACIA, C. (1983a): Über die Stratigraphie und Alterstellung der Yaví-Formation im Oberen Magdalena-Tal, Tolima, Kolumbien.-Zbl. Geol. Palaont. Teil I, H. 3/4, 279-290. Stuttgart.

_____ & _____ (1983b): Características estratigráficas y edad de la Formación Yaví, Mesozoico de la región entre Prado y Dolores, Tolima, Colombia.-Geol. Colombiana, No. 12, 7-32, 11 Fig., Bogotá.

MOJICA, J. & DORADO, J. (in print): Andes Colombianos, Parte A; Geología-Estratigrafía, 65 pp. (Mscr.), 32 Figs., 7 tablas- En: Volkheimer, W. & Musacchio, E. (Edit.), Bioestratigrafía de los Sistemas Regionales del Jurásico y Cretácico de América del Sur, Tomo I. El Jurásico anterior a los movimientos Intermálmicos. Buenos Aires.

MOJICA, J., COLMENARES, F., HERRERA, A. & CEDIEL, F. (1978): Edad y facies de la Formación Saldaña (= Fm. Post-Payandé de Nelson 1957), Valle Superior del río Magdalena, Colombia.-II Congr. Col. Geología (Resúmenes: Pág. 38), Dic. 4-9/78. Bogotá.

NELSON, W. (1953): Contribución al conocimiento geológico de la región entre Prado, Dolores, Alpujarra y Natagaima, en el Departamento del Tolima.-Serv. Geol. Nal., Inf. 904, 81 pp., Figs., tablas, 1 mapa. Bogotá.

NELSON H. 2. (1959): Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali.-Leidsche Geol. Meded. 22, 1-75, 28 Abb., 6 Map./anexos. Leiden.

PETTIJOHN, F. J. (1975): Sedimentary Rocks. Harper's and Row. New York, 628 p.

SUESCUN, D. & TABORDA, B. (1949): Geología del área de Payandé.-Serv. Geol. Nal., Inf. 770, 31 pp. (Mscr.), 4 anexos, 2 Pl. Bogotá.

TRUMPY, D. (1943): Pre-Cretaceous of Colombia.-Bull. Geol. Soc. Am., 54, 1281-1304, 6 Figs., 1 tabla. New York.

VIDALES E. & FLOREZ, J. (1983): El Mesozoico pre-cretácico al W de Alpujarra (Tolima).-Trabajo de Grado. Univ. Nal., Depto. Geociencias, 42 pp. (Mscr.), Figs., anexos, mapas, fotos. Bogotá.

WIEDMANN, J. & MOJICA, J. (1980): Obertrias-Ammoniten der Saldaña Formation, Tolima-Kolumbien.-7. Geowiss. Lateinam. Kolloquium (Tagungshefte). Heldorf.

_____ & _____ (in print.): Upper Triassic Ammonites from the Lower Saldaña Formation (Chicalá Member) near Payandé, Tolima province, Colombia.

Manuscrito recibido, Julio de 1984

JAIRO MOJICA y RUBEN LLINAS
Universidad Nacional de Colombia.
Departamento de Geociencias
Apartado 14490
Bogotá, Colombia

LAMINA I

Fig. 1 Muestra R-55, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Calcelulita a base de esparita fina (E) rodeando cristales euhedrales de feldespato (F) corroídos en los bordes por el carbonato parcialmente dolomitizado.

Fig. 2 Muestra 4-84, A = 3.5 x, Nicoles cruzados.

Gran fragmento de caliza oolítica donde se aprecian claramente los oolitos (O) con terrígenos de cuarzo (Q). En el borde derecho se aprecia la matriz arcillo-arenosa (M) que engloba los gránulos del conglomerado.

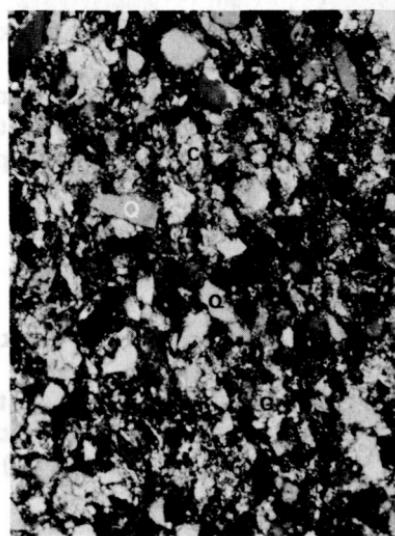
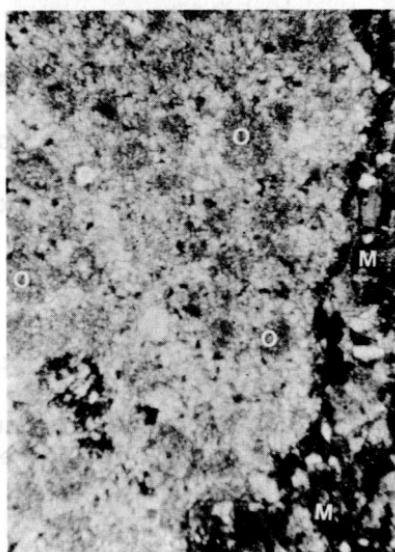
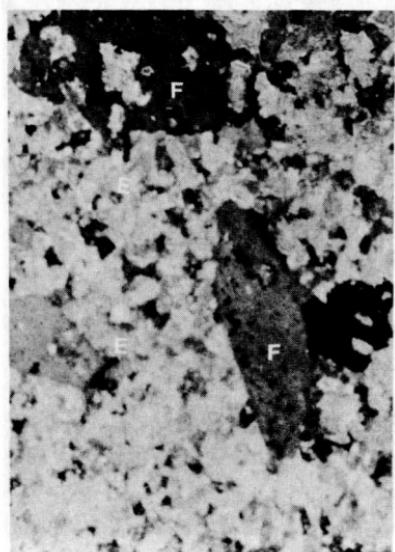
Fig. 3 Muestra R-90, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Arenita arcósica calcárea, grano medio donde se aprecia la angularidad de los constituyentes y la pésima selección. El feldespato plagioclasa tiene dos fuentes diferentes ya que hay algunos muy alterados a sericitas (Ps) y otros muy frescos (p). El cemento es calcáreo (C).

Fig. 4 Muestra R-97, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Cuarzo-arenita de grano muy fino bien seleccionada. Los cuarzos (Q) son angulosos y parcialmente corroídos en los bordes por el cemento calcáreo (C).

Lámina I



LAMINA II

Fig. 1 Muestra R-85, A = 3.5 x, Nicoles paralelos.

Biomicrita con crinoideos (Cr) y fragmentos de bivalvos (B) en una matriz de fango calcáreo o micrita (M). Escasa presencia de terrígenos finos (T).

Fig. 2 Muestra R-76, A = 10 x, Nicoles paralelos.

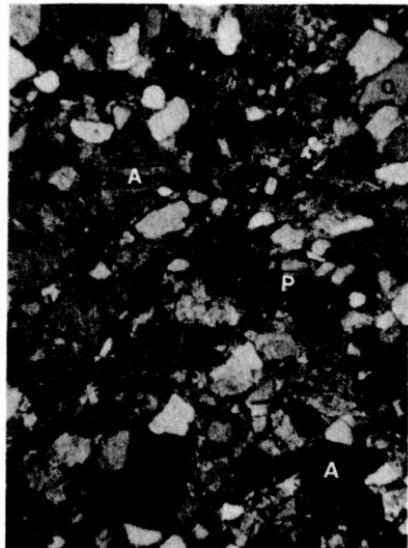
Biointramicrita terrígena donde se aprecian restos de fósiles (F) e intraclastos calcáreos (I) con abundantes terrígenos (T) principalmente cuarzo.

Fig. 3 Muestra R-83, A = 3.5 x, Nicoles cruzados.

Subarcosa del grano medio de buena selección, regular redondeamiento, cemento calcáreo (C) a base de cuarzo (Q), plagioclasa (P) y feldespato alcalino (A) pertítico.

Fig. 4 Muestra R-94, A = 3.5 x, Nicoles cruzados.

Intraesparita terrígena transformada en mármol impuro por efecto térmico. La calcita recristalizada (C) envuelve plagioclasas (P) y cuarzos (Q) con los bordes corroídos.



LAMINA III

Fig. 1 Muestra R-89, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Grauwaca feldespática de grano medio. Se aprecia la pésima selección de constituyentes a base de cuarzo (Q) y feldespatos muy alterados (F) en una matriz de filosilicatos (M).

Fig. 2 Muestra R-73, A = 70 x, Nicoles cruzados.

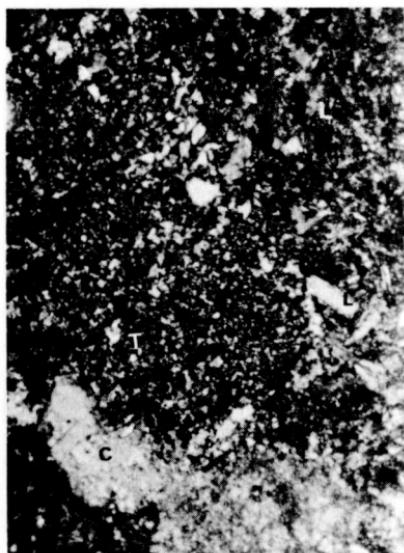
Toba esencial vítrea de cenizas con abundantes "shards" (S) de diferentes formas de V, Y, medialuna, devitrificados y reemplazados en calcita, envueltos en matriz muy fina (M).

Fig. 3 Muestra R-71, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Toba lítica de cenizas y lapilli fino donde se aprecia un fragmento calcáreo (C), un fragmento de toba (T) y dos de lava (L).

Fig. 4 Muestra R-68, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Toba esencial vítrea de cenizas con abundantes "shards" devitrificados en forma de Y (S) y algunos feldespatos (F).



LAMINA IV

Fig. 1 Muestra R-IA, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Arenita lítica con un fragmento de vulcanita andesítica (V) con microlitos de feldespatos en textura pilotaxítica. Se aprecia la formación de carbonato secundario (C).

Fig. 2 Muestra R-66, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Intramicrita terrígena. Se aprecia un gran fragmento lítico (L) de micrita rodeado de una matriz micrítica (M) mezclada con terrígenos (T), principalmente cuarzo.

Fig. 3 Muestra R-67, A = 10 x, Nicoles paralelos

Grauwaca feldespática de grano fino con mala selección y redondez. Los cuarzos (Q) se ven angulosos. El feldespato (F) está alterado. La matriz (M) es de filosilicatos.

Fig. 4 Muestra R-75, A = 3.5 x, Nicoles paralelos.

Toba esencial ignimbótica? con estructura de flujo con claras formas de "shards" (S) devitrificados. Las formas de "ojos" (O) podrían indicar que el flujo es dinámico y no piroclástico.



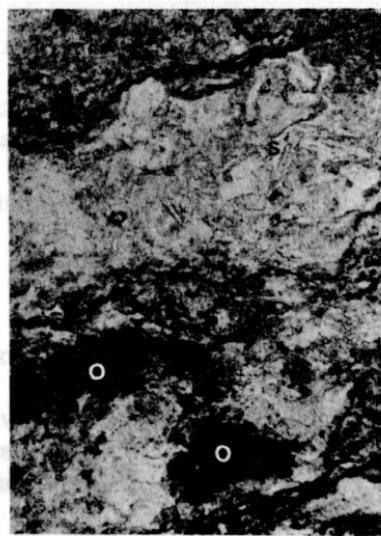
1



2



3



4

LAMINA V

Fig. 1 Muestra R-75, A = 10 x, Nicoles paralelos.

Detalle de la Fig. 4 de la Lámina IV donde se aprecian las formas de "shards" de vidrio (S) y lo irregular del flujo con formación de "ojos" (O).

Fig. 2 Muestra R-88, A = 10 x, Nicoles cruzados.

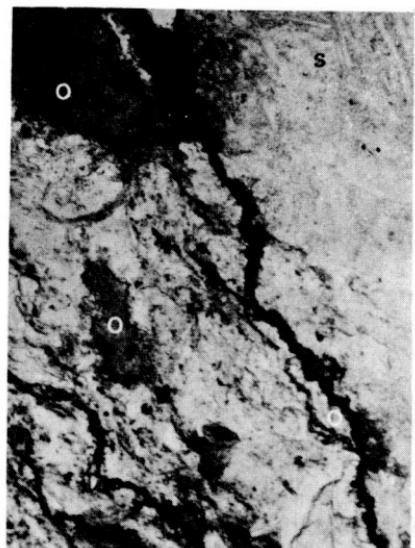
Arenita arcósica de mala selección, regular redondez, con feldespato alcalino microlina (A) muy fresco y plagioclasas alteradas (P). Los cuarzos (Q) son más finos.

Fig. 3 Muestra R-88, A = 10 x, Nicoles cruzados.

Aspecto de la muestra anterior donde se aprecia un fragmento lítico de roca lávica rica en primas de plagioclasa (L) rodeada de cuarzos (Q) y plagioclasas (P) relativamente frescas y otras claramente sericitizadas (Fs).

Fig. 4 Muestra R-92, A = 3.5 x, Nicoles cruzados.

Toba lítica de cenizas y lapilli fino. Los líticos son de tobas antiguas algo alteradas (L). Los cristales son cuarzo (Q) y feldespatos (F) en una matriz (M) de polvo volcánico y ceniza.



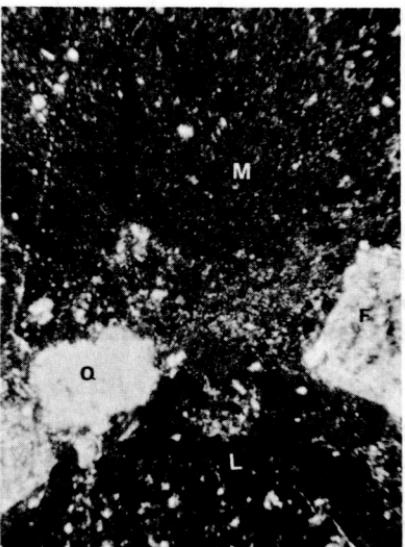
1



2. Micrografías de los minerales y rocas que se describen en los capítulos correspondientes. Se han tomado con un microscopio polarizante.



3



4