

# FACIES EN LOS PISOS INFERIOR Y MEDIO DEL TERCIARIO CARBONIFERO- TITIRIBI-ANTIOQUIA

Jorge Campuzano\*

## RESUMEN

Un afloramiento de 139 metros de espesor, de sedimentos continentales, pertenecientes en parte a los Pisos Inferior y Medio (Oligoceno Superior) del Terciario Carbonífero de Antioquia (Grosse, 1926) se estudió en detalle en el campo. De las características allí observadas se hacen algunas suposiciones sobre el ambiente de depositación que pudo haber dado lugar a esta secuencia.

## ABSTRACT

A 139 meters thick, continuous outcrop of continental sediments, Upper Oligocene in age, was studied in detail in the field. An attempt is made to draw the sedimentary environments that prevailed during the deposition of these rocks.

---

\* Profesor Asociado - Departamento de Ciencias de la Tierra-Facultad de Ciencias-Universidad Nacional - Medellín.

## I. - INTRODUCCION

### A. LOCALIZACION

El afloramiento es un corte de la nueva carretera que va de la vereda Albania, Municipio de Titiribí, hacia Bolombolo (Fig. 1). Desafortunadamente no se pudo tomar la distancia a partir de Albania de donde se encuentra a muy pocos kilómetros. Sin embargo, partiendo de Albania la carretera sigue siempre por algunos pocos kilómetros al lado oriental del Alto de Corcobado, un cerro formado por una masa intrusiva andesítica más joven que los sedimentos. Luego la carretera atraviesa hacia el occidente, cortando el cuerpo andesítico y allí a pocas centenas de metros está el afloramiento estudiado.

### B. ESTUDIOS GEOLOGICOS DEL TERCARIO CARBONIFERO EN LA REGION

Unos pocos autores extranjeros del siglo pasado señalaron esta región por su importancia carbonífera. Ospina (1911, p. 39) reúne estas rocas continentales con otras de origen marino en la región y les asigna edad Cretácea. Grosse (1926) publicó un extenso tratado acompañado de 4 planchas a escala 1:50000 que cubren un área total de más o menos 100 kms. en dirección N-S y 15-20 kms. en dirección E-W. Su trabajo describe además de las rocas sedimentarias continentales, las formaciones cristalinas aledañas a ellos. A las rocas sedimentarias continentales las llamó Terciario Carbonífero de Antioquia, les asignó una edad Eo-

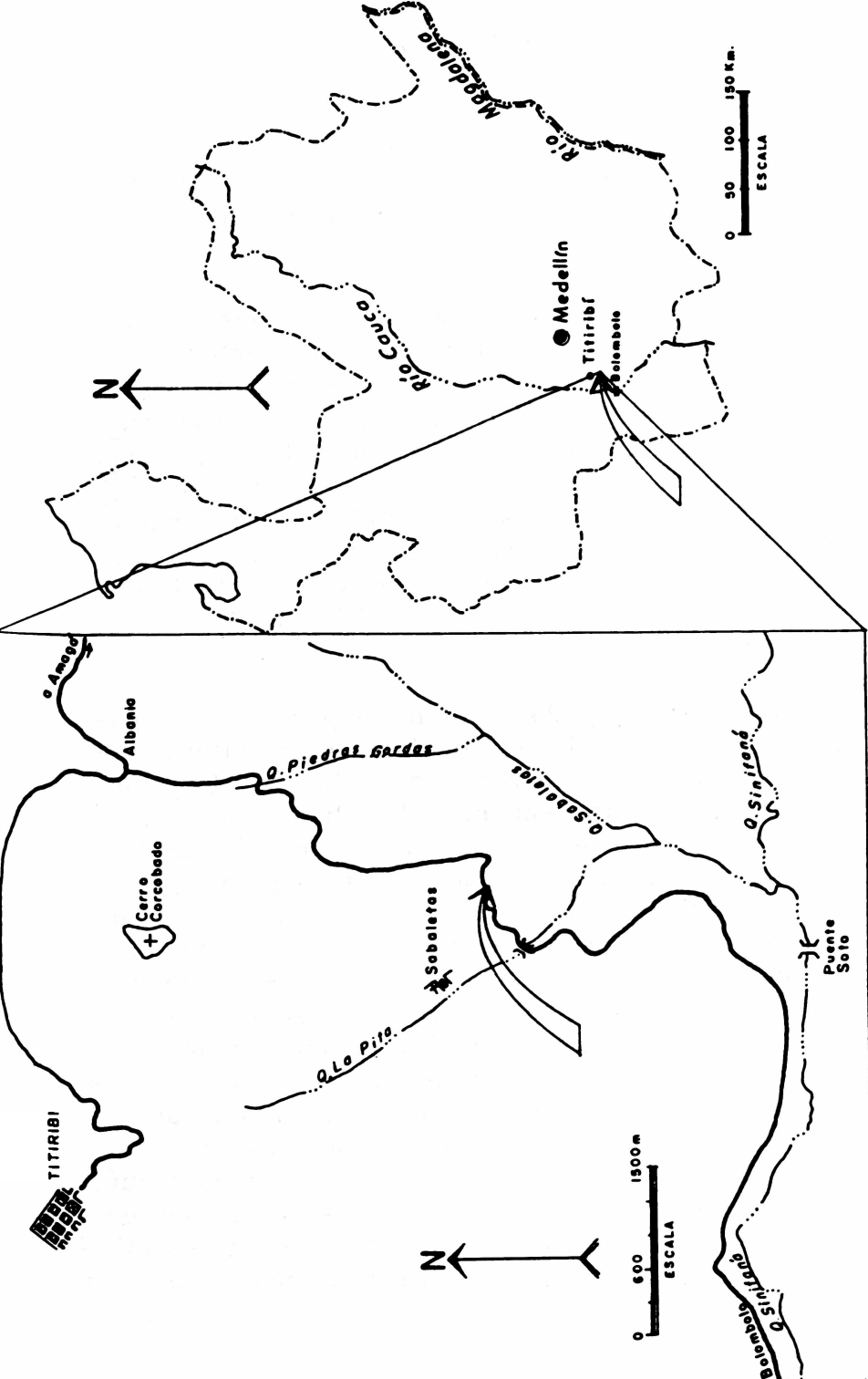


Figura 1. Mapa de localización

terciaria (p.105) y los dividió en 3 pisos: Inferior, Medio y Superior, basado en contenido de carbón y en proporción y color de conglomerados y areniscas.

El trabajo de Grosse (1926) ha sido considerado hasta ahora, desde el punto de vista cartográfico, como uno por excelencia. De allí que pocos autores se hallan atrevido a añadir algo nuevo, a los elementos por él cartografiados, excepto bajo la luz de los modernos conceptos geológicos (Restrepo y Toussaint, 1975, p. 19; Jaramillo, 1975). Posada (1936, p. 20) asigna esta formación al Eoceno basado en unos pocos fósiles mal conservados y señala los sitios donde se encontraron.

Hammen (1957, p. 24) determinó por métodos palinológicos la edad del Terciario Carbonífero como Oligoceno Superior y como Mioceno Inferior para la parte más superior del Piso Superior. Además propuso el nombre de Formación de Antioquia (1958, p. 113 y plancha # 1) para dicha unidad sedimentaria y correlacionó los 3 pisos de Grosse (1926) con 3 miembros de la Formación Cauca Superior en el sur del país. Echeverry y otros (1967) hacen un cálculo de reservas de carbón en la región de Titiribí y alrededores y levantaron 3 columnas estratigráficas, una de las cuales (su plancha # 9) parece parte de la misma aquí descrita aunque no coinciden de una manera exacta. Mejía y Salinas (1976) realizan estudios químicos y petrográficos de 3 mantos de carbón en Amagá y señalan algunos aspectos geológicos locales incluyendo 3 columnas estratigráficas. Algunos

informes inéditos se han preparado para algunas personas propietarias de minas de carbón en esta región.

### C. OBJETIVO DEL PRESENTE ESTUDIO

Es el propósito del presente estudio tratar de despertar un interés entre los estudiosos de la región por investigar las condiciones de depositación de esta formación en toda su extensión y así conocer -aún con el peligro de no tener mucha certeza- el aspecto morfológico de la zona desde entonces y de esta manera entender mejor la historia evolutiva de la región.

### D. AGRADECIMIENTOS

Los estudiantes Bertha Inés Carmona, Isabel Rey y Gabriel Salazar fueron mis acompañantes en el campo. Los dos primeros trabajaron incansablemente en el laboratorio para tener listos los resultados granulométricos para este artículo. El Departamento de Ciencias de la Tierra ofreció ayuda logística así como la preparación de los dibujos.

## II. - METODO DE TRABAJO

El trabajo de campo se llevó a cabo durante días de verano con el fin de poder observar mejor las pequeñas variaciones en la columna debidas a la meteorización diferencial de las rocas.

Para cada estrato en el afloramiento se tomaron los si-

güentes datos: Tipo de roca, color en superficie fresca y meteorizada usando la carta de colores G.S.A., distribución del color, diaclasas, forma del estrato, contactos, tipo de estratificación, espesor, estructura interna, reacción con HCL, concreciones, fósiles y se tomaron muestras de algunos estratos. Otros datos como composición mineralógica, textura de los granos, superficie de los granos y tipo de cemento se dejaron para posterior estudio en el laboratorio con las muestras recogidas. Esta última parte aún no se ha realizado.

La mayoría de los datos arriba señalados sirvieron para preparar una columna estratigráfica cuya escala vertical más práctica resultó ser de 1: 500 (Fig. 5) y otras dos pequeñas a escala 1:100 para mostrar detalles de la secuencia litológica. Las muestras de mano se desgregaron en el laboratorio teniendo cuidado de no romper los granos y se hicieron análisis granulométricos para todas ellas (Fig. 2) excepto aquellas muestras que presentan laminación muy delgada (muestras 5, 9, 10 y 13). Los residuos de cada tamiz se conservan para posterior estudio textural y mineralógico.

### III. - DESCRIPCION DE LA COLUMNA

#### A. GENERALIDADES

El afloramiento llama la atención en este sitio por su magnífica exposición y por su extensión. Aquí los estratos están cortados perpendicularmente por la carretera. De su espesor total de 139.69 mts. sólo hay 14.3 mts. cubiertos por derrubio y vegetación. Los estratos tienen dirección de N6W en la

base a N20W en el techo con una inclinación más o menos constante de 38° al este. La altura del corte de la carretera y la inclinación suave de los estratos permite exposiciones laterales de los estratos individuales hasta por lo menos de 50 mts. o más en algunos de ellos aunque no son accesibles en toda su extensión debido a lo escarpado del terreno.

## B. POSICION ESTRATIGRAFICA DE LA CCLUMNA

Grosse (1926) no señala ninguna sección tipo para ninguno de los 3 pisos por él indicados. Hammen (1958) tampoco indica sección tipo para los 3 miembros de la Formación de Antioquia. Por consiguiente es difícil determinar con precisión el límite entre los Pisos Inferior y Medio. Esto es explicable por el carácter mismo del ambiente de depositación de la unidad sedimentaria, esperándose cambios laterales frecuentes y por lo tanto diferentes secciones estratigráficas en sitios distintos.

Lo anterior se comprueba fácilmente si se observan algunas secciones estratigráficas levantadas por varios autores y se tienen en cuenta sus comentarios. Así por ejemplo, Grosse anota "Se ve aquí como varía el espesor y la facies de las capas, aún a distancia corta.....La paralelización de los perfiles es sólo un ensayo....." (1926, p. 119) y más adelante "Un intento de paralelizar los mantos de los distintos distritos parece ser inútil...." (p. 157). Esto último se ve claramente observando la figura 2 de Mejía y Salinas (1976).

Por lo anterior, uno sólo puede esperar una aproxi-

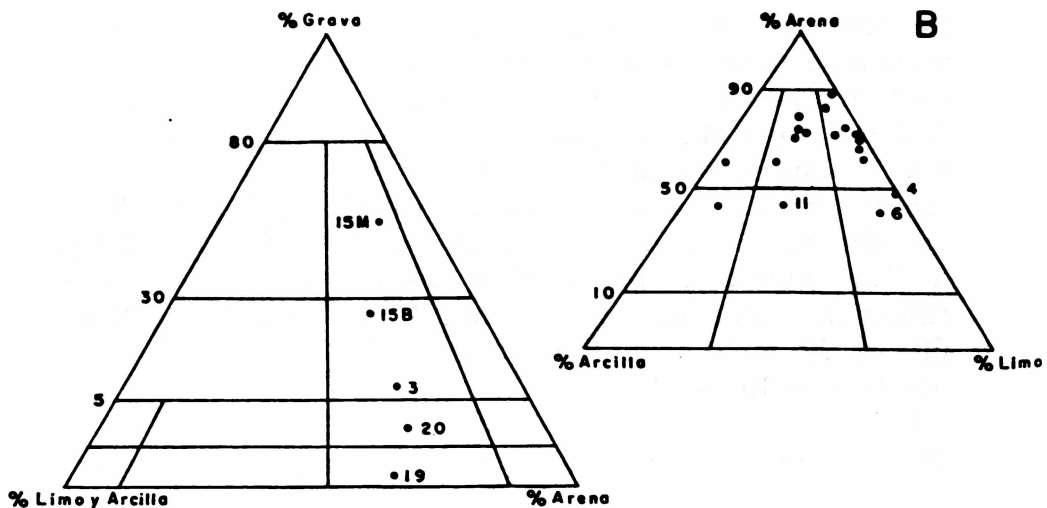
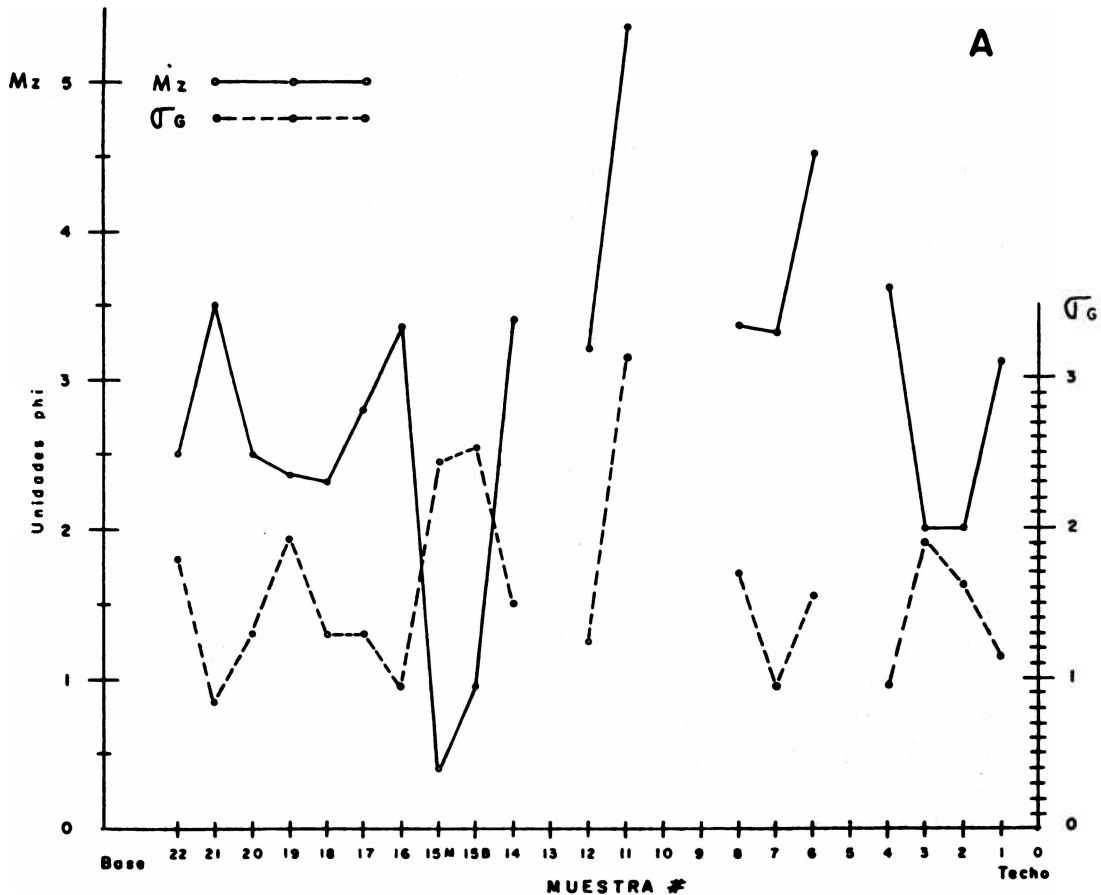


Figura 2. Textura de las areniscas



mación al determinar el límite entre los Pisos Inferior y Medio, desde luego ajustándose a los criterios geológicos indicados por Grosse (1926). "El límite con el piso inferior se fijó sobre la segunda o tercera arenisca debajo del manto La Solapuda....." (p. 131). La Solapuda es el manto más inferior explotable (el límite de explotabilidad para Grosse 1926, p. 114 es de 70 cms.) dentro del Piso Medio. Se sabe además que "Bancos de carbón de un espesor de 10 - 50 cm. existen varios generalmente dentro del piso inferior....." (p. 114).

Teniendo como base el espesor y la frecuencia de los carbones en la columna aquí descrita he tomado para simplificar el límite entre los Pisos Inferior y Medio donde aparece el primer manto de carbón de 60 cms. en dirección hacia el techo. De esta manera, en el Piso Medio quedan 4 mantos de carbón explotables incluyendo uno con un espesor de 1.82 metros que puede corresponder al manto La Grande. En el Piso Inferior quedan 6 mantos de carbón el mayor de los cuales sólo tiene 27 cms. de espesor. En esta forma la división así propuesta para la columna aquí descrita corresponde aproximadamente a la división propuesta por Grosse (1926).

### C. CONGLOMERADOS

De acuerdo a la clasificación de Folk (1968, p.28) sólo hay un conglomerado lodo arenoso (Fig. 2B, # 15M) a 48 mts. de la base de la columna (Fig.5). Es un lente de 2.40 mts. en su parte más potente y tiene una base ondulada a plana. Constituye así

aproximadamente un 3% del espesor total del Piso Inferior (Fig. 3B). Dentro de él se observan claramente otros lentes arenoso-conglomeráticos de tamaño más fino y que tienen hasta 2 mts. de largo por 0,40 mts. de potencia y con estratificación masiva. También se observan lentes de carbón hasta de 0.40 mts. de largo.

El aspecto general es masivo. A lo largo de una línea de erosión inclinada se ven guijones (cobble) hasta 10 cms. de largo de arenisca muy fina de color 5YR 3/2. También hay escasos y pequeños lentes de arena laminada hasta de 20 cms. de largo por 3 cms. de ancho. El tamaño de la grava en este conglomerado son guijas (pebbles) de cuarzo y lidita? (o fragmentos de roca) redondeados y subangulares. Un aspecto que llama la atención son unos lentes distorsionados de carbón hasta de 1 mts. de largo y 20 cms. de potencia que se presentan en el estrato inmediatamente superior de este lente y el cual puede constituir el techo del conglomerado.

#### D. ARENISCAS

El porcentaje de las areniscas localizadas en los Pisos Inferior y Medio de esta columna es de 36% y 26% respectivamente (Fig. 3). El espesor de los estratos de areniscas en el Piso Inferior es en promedio más delgado que en el Piso Medio (Fig. 4A), pero individualmente, las areniscas no poseen ninguna característica especial que las haga pertenecer a un determinado piso. Los contactos tajantes predominan sobre el gradacional ya que en la mayoría de las veces las areniscas están en contacto con estratos de arcilla o de carbón. El contacto gradacional

se presenta en algunas areniscas a las que le siguen otras areniscas.

El color de las areniscas es muy claro, con colores de blanco a rosado, pero se vuelven oscuras especialmente las bandeadas cuando aumenta el contenido carbonoso ó la frecuencia de las láminas. Unas son deleznable, en cambio hay otras muy compactas y duras al martillo especialmente si contienen óxidos de hierro (hematita?) en forma de mínimos granos. Cuando son conglomeráticas tienen guijas (pebbles) hasta de 1 cm. de arcilla. Un estrato de arenisca de 0.40 mts. de espesor localizado a 42.21 mts. de la base dió en su parte intermedia un material de color 5Y7/6 que resultó ser alumbre después de un análisis hecho por el estudiante Gabriel Salazar.

Las areniscas se presentan en dos formas: Una masiva y otra bandeada y/o laminada. La masiva por regla general se presenta diaclasada en sentido perpendicular a la estratificación. Varían en tamaño desde fino hasta grueso pero cuando tienden a ser muy gruesas no desarrollan las diaclasas. El espesor varía entre 0.60 a 2.40 mts. con una cola asimétrica de 9.00 mts. La base es pareja en la mayoría de las veces e irregular si la arenisca es muy gruesa a conglomerática. La forma más común de los estratos es en cuña ó lente y es menos común la forma tabular. En algunos estratos se observó listas y lentes de carbón subparalelas a la estratificación y de mms. a pocos cms. de potencia, pero existe una marcada ausencia de láminas carbonosas. Cuando los estratos son de tamaño fino son muy resistentes a la meteorización

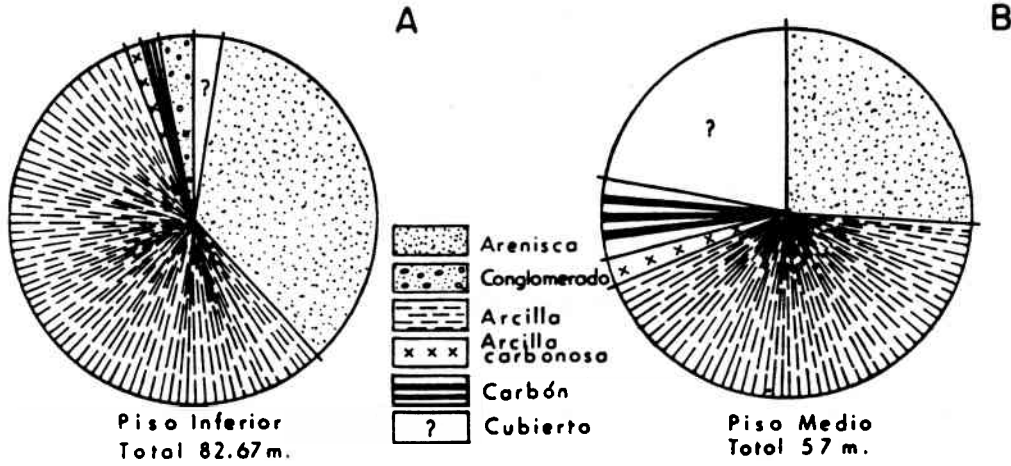


Figura 3. Porcentaje de los tipos de rocas sedimentarias

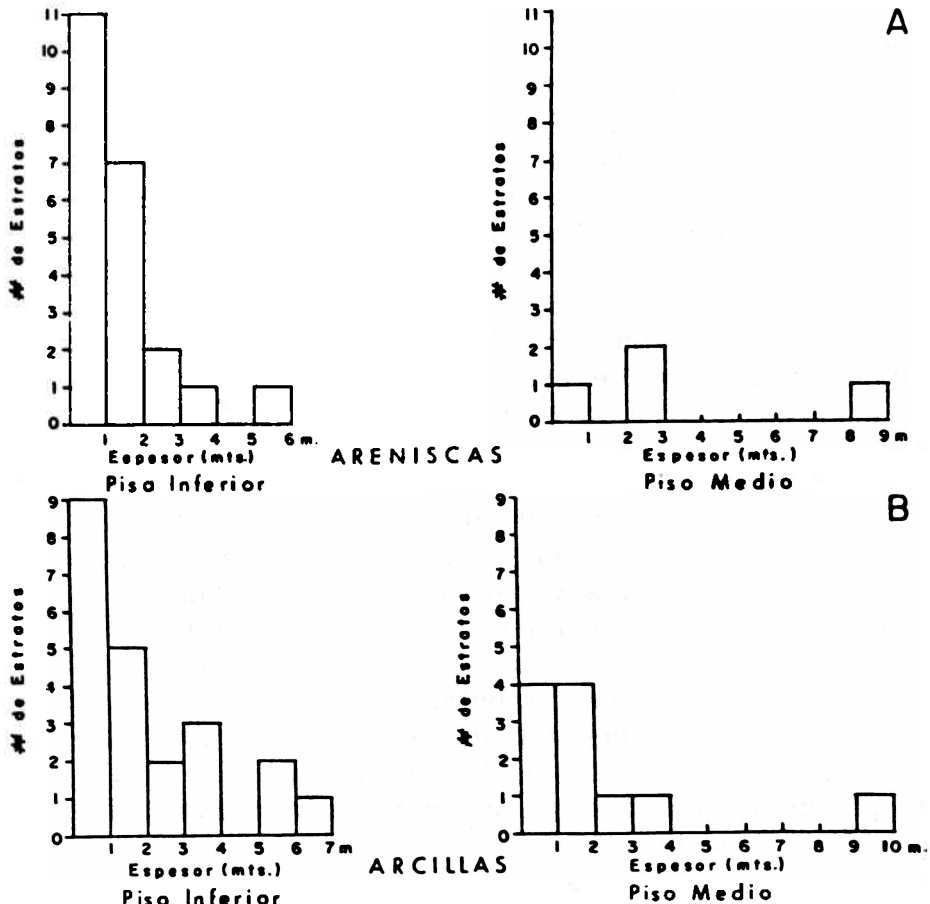


Figura 4. Histogramas de frecuencia de espesores de los estratos, areniscas y arcillas en los pisos Medio e Inferior

y sobresalen en la columna siendo muy duros al martillo.

Las areniscas bandeadas y/o laminadas son las más comunes en esta columna. Notoriamente no presentan diaclasas como las masivas. Su espesor varía desde 0.18 a 2.70 mts. con 2 colas asimétricas de 4 y 6 mts. La base es en general pareja pero hay una pocas con ondulaciones. Los estratos se presentan en forma de cuña, tabular y lente, no pudiéndose aclarar ningún parámetro especial asociado que pudiera insinuar una u otra forma. Si se observó una marcada asociación de estas areniscas con restos y láminas carbonosas. El aspecto general de estas areniscas son bandas subparalelas muy continuas hasta 20 cms. de espesor, cada banda puede contener láminas carbonosas alternando con láminas ó capitas más gruesas de arenisca. Esta secuencia no es rítmica. A veces interrumpe esta secuencia algún lente ó lista de carbón o alguna capita de arcilla rojiza, de algunos mms. ó cms. de espesor. Las láminas son subparalelas a la estratificación, continuas ó discontinuas, oblicuas a lenticulares. Algunas veces las láminas son muy planas, otras veces son oblicuas cortándose angularmente y otras veces insinúan pequeños rizos.

#### E. ARCILLAS Y ARCILLAS CARBONOSAS

Aportan el mayor porcentaje por volumen en los Pisos Inferior y Medio correspondiendo respectivamente 56% y 43% (Fig. 3). La frecuencia de los espesores de los estratos arcillosos se ve en la Fig. 4B. Es notoria la homogeneidad aparente

de todas las arcillas que ocurren en esta columna. Son de aspecto masivo y ninguna muestra fisilidad. La forma es tabular y sólo hay una en cuña. Los contactos son planos y tajantes en la mayoría de las veces y sólo muy pocas veces es gradacional. Los colores más comunes en roca fresca son N4, N5, N6, 5Y4/1 y 5Y6/1 y en roca alterada sí son más variables desde rojizos a amarillosos a negros claros.

Çasi todos meteorizan en una forma característica, con aspecto rugoso, parecido a la piel de un cocodrilo pues parece que la superficie expuesta al aire se fractura en 3 sentidos perpendiculares produciendo pequeños bloques que posteriormente se modifican y redondean. Es común encontrar dentro de los estratos puros de arcilla, lisos pequeños parecidos a los de falla, en varios sentidos pero sin dislocamiento aparente. Se puede afirmar que los estratos de arcilla que tienen un espesor inferior a 1 mt. sólo ocurren en las dos pequeñas columnas de la margen izquierda de la Figura 5 correspondientes a las dos únicas secuencias de estratos finos. En el resto de la columna, los estratos de arcilla tienen espesores mayores de 1 metro.

Muchas de las arcillas son limosas y tienden a desarrollar algunas diaclasas, además que son más compactas y duras al martillo. Algunas pequeñas manchas, de hematita? se forman en algunos de los estratos. Ocurren escasos fragmentos carbonosos pero de tamaño muy pequeño. Accidentalmente, los estratos dan reacción positiva al HCl. Concreciones muy duras, de arenisca muy fina y compacta,

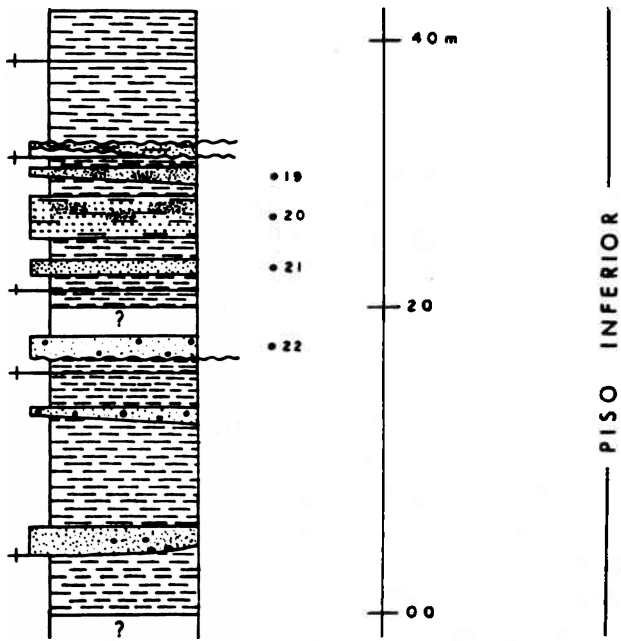
rojizas cuando alteradas, a veces positivas al HCl y con dimensiones máximas de 40 x 20 cms. ocurren en niveles de algunas arcillas. A veces son ricas en hierro llegándose a reportar hasta 29,68 % de hierro metálico (Posada, 1936, p. 26).

Las arcillas carbonosas se asemejan mucho a lutitas pero carecen de fisilidad, partiendo en hojas cortas y lenticulares. Grosse (1926, p. 114) las llama "arcilla pizarrosa bituminosa" y pueden ser las mismas "carbargilitas ó lutitas carbonáceas" de Hacquebard y Donaldson y que representan depósitos subacuáticos (1969, p. 156). Tienen espesores entre 5 a 30 cms. y se ven muy continuas en el afloramiento. Su color en roca fresca es negro pero en roca alterada son más claros y se notó con frecuencia 5Y8/4. Muchas veces contienen pequeñísimas listas de carbón. Se presentan más fácilmente asociadas a carbones y/o arcillas y la mayor ocurrencia se presenta en las dos pequeñas columnas de la margen izquierda de la figura 5 o sea en secuencias de estratos delgados de arcilla y carbón.

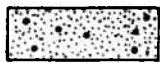
## F. CARBON

Hay dos maneras como se presenta el carbón en esta columna: La una en forma de mantos tabulares, lateralmente continuos y con espesores mayores de 15 cms. y la otra en pequeñas listas lenticulares con espesores máximos apenas de cms. dentro de las areniscas.

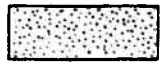
En los de forma tabular es interesante resaltar la relación entre el espesor de las capas y el piso al



**LITOLOGIA Y ESTRUCTURAS**



Conglomerado o arenisca conglomerática



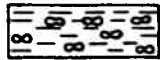
Arenisca masiva



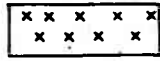
Arenisca laminado



Arcilla



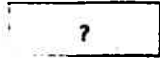
Arcillo con concreciones



Arcilla carbonosa

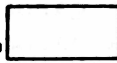


Carbón

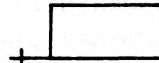


Cubierto

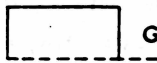
**CONTACTOS**



Tajante



Estrato menor de 0.50 cm.



Gradacional



Erosional

Figura 5. Columna estratigráfica



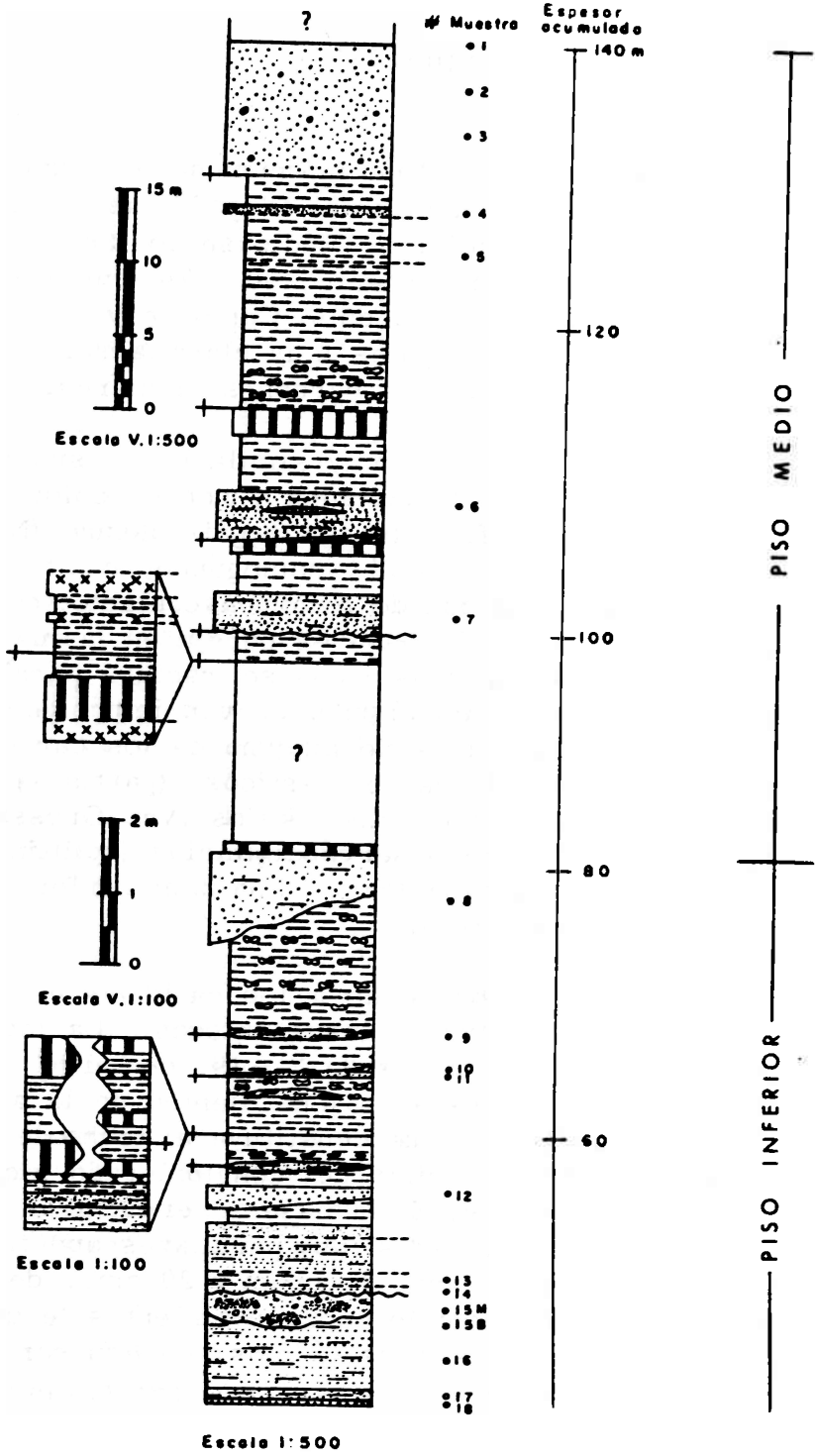


Figura 5. (Continuación)

que pertenecen. En el Piso Inferior se contaron 6 capas cuyo espesor varía entre 17 y 27 cms., en cambio en la parte del Piso Medio se contaron 5 capas así: 3 capas tienen entre 60 y 70 cms. otra tiene 1.82 mts. y otra 15 cms. Como se vé, a excepción de la última capa es muy clara la relación espesor-piso para los carbones tabulares.

Por lo demás, estos son muy similares en sus características en toda la columna y son de color negro (N1) en superficie fresca y gris oscuro (N3) en superficie alterada, color homogéneo, contactos tajantes excepto cuando están en contacto con arcillas carbonosas, la base es pareja en la mayoría e irregular en unos pocos se fractura paralelamente a la base y en algunos se ven impresiones de vegetales. En este sitio ninguno de los carbones presenta "divisiones de clásticos" (partings) pero esto no es raro en otros sitios (Ver Grosse, 1926, lám. XIII). Se observó digitación (splitting) a 60 metros de la base (Fig. 5, columna inferior de la margen izquierda).

La otra manera de presentarse los carbones es en pequeños lentes dentro de las areniscas. La máxima dimensión hallada es de 2 mts. de largo y 4 cms. de espesor para un lente dentro de la arenisca más superior y que constituye el techo de la columna. También encima del conglomerado localizado a unos 50 mts. de la base se encuentran unos lentes distorsionados muy peculiares que tienen más o menos un mt. de largo y 20 cms. de espesor. Lo más común lo constituyen lentes de unos cms. de largo y unos mms. ó cms. de espesor, así como láminas carbonosas alternando con láminas

y/o capas de arenisca (ver: areniscas bandeadas). En muchos casos se observan colores rojos siguiendo dichas láminas.

#### IV. - DISCUSION

Es lógico pensar que del estudio de un sólo afloramiento es peligroso deducir conclusiones regionales. Sin embargo, la monotonía estratigráfica reconocida en otros sitios de la cuenca y mostrada en Grosse (1926) si nos permite visualizar al menos una aproximación a los ambientes que prevalecieron en la región.

La información teórica más útil que nos ha servido en el caso de nuestra columna ha sido en base a los carbones pero hay que señalar que prácticamente no se hizo aquí ningún estudio de ellos, ni estructural, químico o petrográfico, así que queda un campo de investigación muy provechosa por realizar en este sentido.

Varios autores han reconocido el carácter continental de esta cuenca en base al contenido fósil (Grosse, 1926, p. 103), o estudios petrográficos de los carbones (Mejía y Salinas, 1976, p. 50) o la general ausencia de calizas y fósiles marinos o costeros. También debo anotar que de las muestras señaladas en la Fig. 2 se calcularon los índices Q1, Md, Q3 según Doeglas (1968, Fig. 8) resultando todas las muestras, menos una, de carácter fluvial ("River" de Doeglas).

Los carbones de la región son considerados autóctonos por Grosse (1926, p. 131) en base a su pureza, espesor poco variable y presencia de rizomas en la arcilla

inferior (Underclay). Lo anterior es apoyado por Mejía y Salinas (1976, p. 50) en base al porcentaje bajo de cenizas. De acuerdo a Fisk, 1960 (citado por Hacquebard y Donaldson, 1969, p.151) las áreas más favorables para acumulación de turba son las depresiones alfombradas por sedimentos finos que bordean los diques naturales (Levee) a lo largo de los canales activos o abandonados. Wanless y otros (1969, p. 109) afirman que todos los carbones al formarse llegan hasta sitios donde el nivel freático es muy alto o muy bajo, el agua muy salada o el clima muy seco. Meyerhoff y Meyerhoff (1972, p. 279) dicen que se requiere un clima húmedo con precipitación anual entre 1.500 - 2.000 mms. con períodos fríos para acumular carbón. Hammen (1957, p. 19) asegura después de sus estudios palinológicos de los carbones del país entre los cuales están los de Antioquia que "... podemos estar seguros que todos ellos representan vegetación tropical de terrenos bajos, próximos al nivel del mar".

Como se ve, para la formación del Piso Medio se necesitó unas condiciones especiales a lo largo de toda la cuenca sedimentaria, la cual llegaba hasta el sur del país (Ver: Hammen, 1958, p. 113). Uno puede imaginarse entonces una red fluvial - aluvial alargada, cerca al nivel del mar, con muy poca pendiente, con clima cálido y húmedo, donde los principales ríos son sinuosos y con pequeña competencia, inundando con alguna frecuencia su llanura, dejando areniscas muy finas y/o limos en sus diques y acumulando arcillas en la llanura. Lagos grandes y duraderos tal vez no se formaron y en parte lo atestigua la ausencia de varvas.

Las condiciones de formación para el Piso Inferior fueron algo diferentes como lo atestigua la falta de mantos de carbón explotables. Posiblemente, existieron pendientes más altas en las redes fluviales dando así areniscas conglomeráticas y conglomerados. Variación en el clima o en la estabilidad de la cuenca también pueden ser las causas del cambio litológico en el Piso Inferior (conglomerados y areniscas conglomeráticas son comunes y el espesor de los carbones es pequeño).

Un intento para asignar los diferentes tipos de areniscas a un subambiente especial (canal, dique, rotura, etc.) posiblemente carece de éxito en este momento ya que el autor necesita de más experiencia futura en otros sitios de la cuenca para buscar más relaciones entre las areniscas. El problema resulta por la confusión producida al no observar en las areniscas aquellas estructuras y secuencias típicas, comunmente citadas en la literatura para secuencias fluviales. Por ejemplo, ningún tipo de estratificación cruzada a ninguna escala se pudo observar. Ninguna secuencia como la sugerida por Visher (1965, p. 132) se pudo comprobar en el campo. Supongo que el conglomerado localizado a 48 mts. de la base y las areniscas encima de él pueden representar la base de un canal (channel lag) y el relleno del canal (channel fill) respectivamente como se sugiere en Allen (1964, p. 169, tabla I) pero el análisis de estos subambientes se dejará para un estudio posterior.

Es posible que esta cuenca sedimentaria, que se continúa al norte y sur de los límites mapeados por

Grosse (1926) en distancias de centenas de kilómetros (Ver: Hammen 1958, p. 111) dando un aspecto alargado, sea una red fluvial estable durante parte del Oligoceno y Mioceno formada como respuesta a unos "grabenes tensionales supracratónicos" producidos por "subducción terciaria localizada al occidente de la serranía del Baudó" (Toussaint y Restrepo, 1976, p. 18, 35).

## BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J. R. L., 1964, Studies in fluvial sedimentation: six cyclothems from the Lower Old Red Sandstone, Anglowelsh Basin: *Sedimentology*, v. 3, p. 163 - 98.
- DOEGLAS, D. J., 1968, Grain-size indices, classification and environment: *Sedimentology*, v. 10, p. 83 - 100.
- ECHEVERRY, J., GONZALEZ, J. y DURAN, J., 1967, Estudio de la cuenca carbonífera entre Venecia y Bolombolo: Tesis, Fac. Minas, Medellín, 101 p.
- FOLK, R. L., 1968, Petrology of sedimentary rocks: Austin, Texas, Hemphill's, 170 p.
- GROSSE, E., 1926, El Terciario Carbonífero de Antioquia: Berlín, D. Reimer, E. Vohsen, 361 p.
- HACQUEBARD, P. A. y DONALDSON, J. R., 1969, Carboniferous Coal Deposition Associated with Flood-Plain and Limnic Environments in Nova Scotia: en

Environments of Coal Deposition: Geol. Soc. Am.,  
Spec. Paper 114, p. 143 - 192.

- HAMMEN, Th. vander, 1957, Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del Maestrichtiano y del Terciario: Bol. Geol., Bogotá, v. 5, No. 2, p. 5 - 48.
- HAMMEN, Th. vander, 1958, Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos: Bol. Geol., Bogotá, v.6, No. 1-3, p. 67-128.
- JARAMILLO, J. M., 1976, Volcanic rocks of the Rio Cauca Valley, Colombia, S.A.,: Tesis, M. Sc., Rice Univ., Houston, 45 p.
- MEJIA, M. y SALINAS, R., 1976, Geología y petrografía de carbones en la cuenca de Amagá: Tesis, Fac. Minas, Medellín, 79p.
- MEYERHOFF, A. A. y MEYERHOFF, H.A., 1972, "The New Global Tectonics": Major Inconsstencies: A. A. P. G. Bull, v. 56, p. 269 - 336.
- CSPINA, T., 1911, Reseña sobre la Geología de Colombia y especialmente de Antioquia: Imp. La Organización, Medellín, 102 p.
- POSADA, Juan de la C., Bosquejo geológico de Antioquia: Anales, Esc. Nac. Minas, Medellín, No. 38, 51 p.
- RESTREPO, J. J. y TOUSSAINT, J. F., 1975, Edades

radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia: Publ. Esp. Geol., No. 6, Fac. Minas, Medellín, 24 p.

TOUSSAINT, J. F. y RESTREPO, J. J., 1976, Modelos orogénicos de tectónica de placas en los Andes Colombianos: Bol. Cienc. de la Tierra, No. 1, Fac. Ciencias, Medellín, p. 1 - 47.

VISHER, G. S., 1965, Fluvial processes as interpreted from ancient and recent fluvial deposits: en Primary Sedimentary Structures and their Hydrodynamic Interpretation, editor: G. V. Middleton, S.E.P.M. Spec. Publ., No. 12, p. 116 - 132.

WANLESS, H., BAROFFIO, J. y TRESCOTT, P., 1969, Conditions of deposition of Pennsylvanian Coal Beds: en Environments of Coal Deposition: Geol. Soc. Am., Spec. Paper 114, p. 105 - 142.