

o abigarradas, alternando con areniscas y conglomerados. Los últimos contienen especialmente guijarros de cuarzo, lidita negra y lidita carmelita, provenientes del basamento, del Jura-Triásico y del Cretácico. Los conglomerados son gruesos y espesos al SW de Coyaima. Caparazones de huesos de reptiles (tortugas, cocodrilos) en varias partes. Son frecuentes en las areniscas concreciones (bolas calcáreas». En Coyaima no señalan la presencia de ninguna discordancia y engloban los conglomerados con cantos de chert dentro del Honda.

Van der Hammen (1958) da al término Honda una categoría de formación. En el Valle Superior del Magdalena descansa encima de la Formación La Cira. La formación empezaría con una sucesión de conglomerados con arcillas manchadas de rojo en la parte superior. Señala como característica importante la presencia de material volcánico. La edad es miocénica según las faunas de Vertebrados. Para Van der Hammen la sedimentación del Mioceno está caracterizada por la presencia de materiales volcánicos. Con frecuencia empieza con una discordancia y con conglomerados basales. Con base en la existencia de niveles basales de areniscas y conglomerados acompañados de discordancias, Van der Hammen establece un conjunto de fases tectónicas dentro del terciario, principalmente en el mioceno. Establece así un esquema de la relación que existe entre la litoestratigrafía, cambios climáticos y movimientos tectónicos-orogénicos (Van der Hammen, Op. cit., pl. 5).

Bürgl (1959 a) en un informe inédito reconoce el Grupo Honda en los alrededores de Neiva; anotando un aumento del tamaño de los cantos hacia el S. El Grupo Honda, de edad oligoceno superior hasta mioceno superior, en su límite inferior con La Cira está marcado por intensos movimientos tectónicos y es transgresivo sobre las formaciones inferiores y sobre las rocas ígneas.

#### CATEGORIA LITOESTRATIGRAFICA DEL TERMINO HONDA

Como se deduce del resumen histórico, resulta evidente que por lo menos en el extremo S del Valle Medio del Magdalena el término «Honda», introducido por Hettner, tiene prioridad sobre todos los demás. Sin duda ha reinado una gran confusión alrededor de este nombre. Confusión que procede principalmente de la falta de una definición precisa que se ha extendido desde su aparición hasta el trabajo de Butler (1942). Por otra parte sin conocer los límites de la unidad litoestratigráfica a la que se aplicó el término «Honda», éste se ha extendido por todo el Valle Superior del Magdalena. Confusión que ha aumentado al dar por seguras correlaciones con otras unidades careciendo por completo de la más mínima base paleontológica.

Ya en el campo de la nomenclatura litoestratigráfica el término «Honda» se ha aplicado a todas las categorías: desde las Capas de Honda a Grupo Honda, Formación Honda, Piso de Honda y Serie de Honda. Lo que indica que se ha utilizado tanto como unidad litoestratigráfica como unidad cronoestratigráfica (tiempo-roca).

No es necesario intentar ninguna demostración para convencerse de que el sentido que le dió Hettner al término Honda corresponde al de una unidad litoestratigráfica.

Es Stutzer (1934) el primero que intenta establecer una subdivisión del



término «Honda» en una parte inferior «no andesítica» o «Barzalosa» y una parte superior «andesítica». Sin embargo Stutzer aplica el nombre de «Honda» al Valle Superior del Magdalena en un sentido distinto al que le dió Hettner, incluyendo el «Barzalosa» que como veremos mas adelante, no guarda ninguna relación con el Grupo Honda.

Butler (1942) también divide el «Honda» en una parte inferior «no andesítica» y una parte superior «andesítica». Si bien esta división tiene el mismo carácter petrográfico que el establecido por Stutzer, por lo menos la parte inferior se ha empleado en sentidos muy diversos (ver figura 36).

Butler aplica el término «Honda» como una Serie y señala que se podrá establecer una división en formaciones con base en trabajos más detallados. Estamos de acuerdo con Stirton (1953) y Fields (1959) en que el término Serie de Honda correspondería más bien a unidad tiempo-roca y que para prever nuevas confusiones es más conveniente dar al término «Honda» una categoría de Grupo. No obstante ni Stirton ni Fields establecen divisiones dentro del «Honda».

Por lo que se refiere al extremo S del Valle Medio del Magdalena, entre Puerto Liévano y Guataquí, es evidente que teniendo en cuenta los datos de Butler (1942) se puede mantener la división del «Honda» en una parte inferior «no andesítica» y una parte superior «andesítica». Pero puesta de manifiesto la diferente interpretación que han tenido estas divisiones, continuar empleándolas bajo estos mismos nombres puede dar lugar a confusiones.

Consideramos pues, por lo que respecta al extremo S del Valle Medio del Magdalena, al término «Honda» con categoría de Grupo el cual comprende las siguientes formaciones: Cambrás, San Antonio y Los Limones. Las dos primeras formaciones corresponden a las divisiones «Honda Inferior no andesítico» y «Honda Superior andesítico» que propuso Butler (1942, tabla 1 y 317) respectivamente.

Aunque el presente trabajo se limita a las formaciones San Antonio y Los Limones se propone para el Honda Inferior el nombre de Formación Cambrás, señalando como sección tipo la sucesión expuesta a lo largo del ferrocarril de Cundinamarca y como límites los expuestos por Butler (1942, pp. 818-819).

El nombre de San Antonio se ha tomado de la Cordillera del mismo nombre que se extiende de N a S al oriente de la Ciudad de Honda. Los límites de esta formación se tratarán al describir la sección al oriente de la falla del Honda.

En resumen consideramos el Grupo Honda comprendido entre la Formación Colorado y la falla de Cambrás. Distinguiendo dentro del Grupo de Honda las siguientes divisiones:

Grupo Honda:	{	Formación Los Limones	{	Miembro La Ceibita
		Formación San Antonio		Miembro Los Cocos
		Formación Cambrás		Miembro Flor Colorada

La extensión del Grupo Honda al Valle Superior del Magdalena y la aplicación de estas divisiones se discutirán al final de este capítulo.



## AREA HONDA-CAMBAO

Aunque los sedimentos del Grupo Honda son prácticamente continuos de un extremo a otro de la región existen pequeñas variaciones. Con el propósito de obtener una mayor objetividad en la exposición de los datos y de los resultados es preferible describir por separado algunas secciones estratigráficas.

Se considera como área Honda-Cambao la comprendida entre el borde oriental de la Cordillera Central y la falla de Cambrás, quedando limitada al N por la latitud Mariquita-Honda y al S por la latitud de Cambao. Esta última en realidad coincide prácticamente con el límite N del Cono de La Sierra.

La presencia de la falla de Honda con una dirección general N-S, obliga a subdividir esta área en dos secciones. Es así como se van a considerar independientemente los depósitos situados al oriente y al occidente de este accidente tectónico.

*El Grupo Honda al E de la falla de Honda.*—La Formación San Antonio está desarrollada en toda la Cordillera San Antonio formando una franja que tiene una dirección general N-S la cual está limitada por dos fallas: al occidente por la falla de Honda y al oriente por la falla de Cambrás.

*A) Sección comprendida entre Honda y la falla de Cambrás (carretera Honda-Guaduas).*—Señalamos esta sección como tipo para la Formación San Antonio lo mismo que para cada uno de sus miembros. Tanto hacia al N de Honda como hacia el S de esta localidad por lo menos hasta la altura de Beltrán, se pueden distinguir perfectamente cuatro miembros que en orden ascendente son: Flor Colorada, Los Cocos, La Ceibita y Los Limones.

### FORMACION SAN ANTONIO

#### MIEMBRO FLOR COLORADA

1) *Sucesión litológica.*—Este miembro toma su nombre de la Cordillera Flor Colorada que se extiende al Sureste de la población de Honda. La sección tipo se localiza en la carretera de Honda a Guaduas a la salida de la primera población. Otras secciones de referencia se encuentran al N y al S de la sección tipo aunque la falta de cortes nítidos no permite obtener una sección tan detallada.

El Miembro Flor Colorada constituye la base de la Formación San Antonio. El límite inferior está determinado por la falla de Honda y se discutirá posteriormente al tratar de los límites del Grupo Honda y el de sus unidades inferiores.

La sucesión litológica se caracteriza por una alternancia de bancos de arenas, gravas y gravas arenosas, con niveles lutíticos. Esta alternancia se traduce morfológicamente en un sistema de graderías muy características como se puede apreciar en la lámina 7 y en la fotografía 33.

En la sección tipo la sucesión comienza por un nivel de arenas con intercalaciones discontinuas de lutitas. Siguen después tres bancos de lutitas más o menos arenosas, poco potentes, que se intercalan entre los bancos de arenas con cantos aislados. A partir de los 90 m inferiores los niveles de lutitas se



hacen cada vez más frecuentes y más potentes aunque por lo general quedan siempre por debajo de los espesores que presentan los bancos con materiales detríticos más gruesos. Es así como a partir de la muestra No. 606 se llega a poner de manifiesto la presencia de capas de lutitas, de importancia desigual, que oscilan entre los 2 y los 10 m de espesor.

En relación con esta mayor abundancia de capas lutíticas que se aprecian en la mayor parte del miembro, los bancos de arenas presentan correlativamente una mayor cantidad de franjas de gravas bastante continuas junto con gravas que se disponen en lentejones.

La sucesión termina con un potente banco de 18 m de gravas arenosas que corresponde a la base del Miembro Los Cocos. En la sección de la carretera de Honda este contacto queda enmascarado por la existencia de una amplia terraza. Más al N y más al S de esta sección, en la orilla izquierda del Río Magdalena, este límite es más nítido.

2) *Variación del grano medio.*—En la lámina 7 se ha representado gráficamente la variación del grano medio acompañada de los valores obtenidos por tamizaje. A pesar de que en la gráfica no se han tenido en cuenta todos los niveles lutíticos, ésta refleja claramente la alternancia de capas lutíticas con capas de materiales más detríticos y traduce en parte este carácter morfológico en graderías que es típico para el Miembro Flor Colorada.

Los 90 m basales del miembro se caracterizan por un valor del grano medio que oscila entre la arena de grano grueso y las lutitas. La presencia de cantos generalmente pequeños no hacen desplazar el valor del grano medio hacia las posiciones gruesas debido a que se encuentran repartidos esporádicamente dentro del banco. Así, los valores más elevados corresponden a la muestra No. 602 con 0,70 mm quedando comprendida dentro de la arena gruesa. Los valores del grano medio aumentan considerablemente a partir de la muestra No. 605. Aumento que está en relación con la presencia de franjas y lentejones de cantos repartidos irregularmente dentro de los bancos de arenas.

Es evidente que en este tipo de sedimentación muchas veces sería necesario obtener dos valores de la mediana. Uno correspondiente al banco y otro correspondiente al lentejón o a la bolsada. En la gráfica se ha representado siempre el valor correspondiente al tipo predominante. Aún la presencia de lentejones dentro de un banco no hace elevar el valor del grano medio por cuanto en su mayoría los cantos son de pequeño tamaño y no se encuentran en cantidades muy pequeñas.

La muestra No. 607 es la que presenta el primer valor de la mediana que corresponde a la fracción cantos (5,390 mm). En general los cantos se encuentran localizados en el muro del banco donde pueden llegar a formar lentejones de carácter muy local. Separado por un banco de arena, cuyo valor medio se sitúa entre la arena de grano medio y la arena de grano grueso, aparece un banco de gravas arenosas con el valor más alto (muestra No. 608, con 23,4 mm) registrado en toda la sucesión del Miembro Flor Colorada. A partir de esta muestra se registran otros valores altos del grano medio (muestra No. 613 con 10,9 mm, muestra No. 623 con 13,7 mm, y muestra No. 629 con 3 mm). Estos valores altos de la mediana son en realidad muy escasos si se tiene en cuenta el espesor de este miembro. La observación de la columna estratigráfica de la lámina



7 y las observaciones de campo dan la impresión de que los valores de la mediana deberían ser más altos que los obtenidos. A esta apreciación contribuye la existencia de numerosos lentejones de cantos; lentejones que están formados en realidad por arenas de grano más grueso con cantos esporádicos y gránulos. Caracteres que por su tamaño se destacan dentro del conjunto del banco. En general la variación del grano medio de este miembro se caracteriza por una línea quebrada que oscila entre la arena de grano grueso y las lutitas, quedando la mayoría de los valores comprendidos dentro de las arenas de grano medio. Constituyen una excepción a esta disposición las pocas muestras que se colocan claramente dentro de la fracción cantos.

3) *Variación del tamaño máximo del grano.*—Se ha buscado la variación del tamaño máximo del grano teniendo en cuenta separadamente la naturaleza litológica de los cantos. Esta variación se ha buscado con el cuarzo y con la lidita ya que son los dos componentes que se encuentran constantemente y con mayor abundancia dentro de la formación. En ninguno de los casos se ha obtenido una variación que presente algún significado y por ese motivo se ha suprimido su representación gráfica. Al tratar de las principales variaciones a través de la Formación San Antonio se darán algunas observaciones a este respecto. Se puede adelantar que en líneas generales existe una tendencia a la correlación positiva entre el tamaño máximo de los cantos y el valor de la mediana.

4) *Variación del espesor de los bancos.*—La gráfica de variación del espesor de los bancos que se ha representado en la lámina 7 es otra particularidad que traduce el carácter morfológico del sistema en graderías que caracteriza al Miembro Flor Colorada. La variación del espesor de los bancos dibuja una línea quebrada que en líneas generales se mantiene dentro de una amplitud de variación estrecha. Los bancos no suelen tener espesores superiores a los 10 m. Hacia la mitad del miembro se encuentra el banco más potente con un espesor de 20 m.

A través de la sucesión estratigráfica se manifiesta que los bancos de arenas son más potentes que los bancos de lutitas. Los máximos espesores que las lutitas presentan corresponden a 10 m. En algunos bancos de arenas son frecuentes las intercalaciones de lutitas, pero por aparecer estas en forma discontinua y en general con un espesor muy pequeño no pueden considerarse como un banco, ni siquiera como interbancos.

Si se intenta establecer la correlación entre el espesor de los bancos y los valores de la mediana, rápidamente se ve que la dependencia entre los dos caracteres tiene poca importancia. Cabe señalar que hay una tendencia a colocarse los valores grandes de grano medio en los bancos más potentes. Condiciones que no se cumplen en el máximo valor del grano medio, registrado en el miembro. Solamente en la muestra No. 613 se consigue la máxima correspondencia ya que en un banco de 20 m se ha obtenido un valor de la mediana de 10,9 mm, pero a los valores de 24,3 mm y 13,7 mm solo corresponden a un banco de 7 m.

5) *Composición de las gravas.*—Los bancos de gravas, y los lentejones que se encuentran dentro de los bancos de arenas, presentan una composición bastante heterogénea. Corresponden en realidad a gravas o lentejones de gravas polimícticas constituidas por una mezcla de rocas intrusivas, volcánicas, metamórficas y sedimentarias (estas últimas formadas casi exclusivamente por liditas y cherts).



La proporción entre estos diferentes tipos de rocas es una de las características más importantes de la Formación San Antonio. De aquí que sea conveniente conocer estas proporciones bajo diversos ángulos. Señalamos en primer lugar que las diferentes proporciones se han calculado dentro de la fracción cantos, es decir a partir de los 4 mm.

Con el objeto de que los resultados fueran estadísticamente significativos todos los porcentajes se calcularon sobre un número elevado de cantos. Así la muestra menos numerosa está representada por 500 cantos. Igualmente en los cálculos han intervenido cantos de todos los tamaños sin establecer ninguna selección.

La base del Miembro Flor Colorada presenta, como se ha visto, una proporción escasísima de cantos distribuidos esporádicamente dentro de los bancos de arena. De esta manera no empezamos las proporciones hasta la muestra No. 607.

Examinamos en primer lugar la proporción entre las rocas intrusivas, metamórficas más sedimentarias, y rocas volcánicas. En general la proporción de rocas volcánicas es muy pequeña a través de todo el miembro. En ninguna de las muestras las rocas volcánicas llegan al 1% aunque si tienen valores próximos las muestras Nos. 613 y 616. Sin embargo a pesar del bajo porcentaje existen ya cantos de rocas volcánicas; por este motivo debe ya colocarse el Miembro Flor Colorada dentro de la Formación San Antonio y ésta a su vez debe corresponder a la parte superior del Honda u Honda andesítico de Butler y también a la Formación Honda en el sentido original dado por Hettner a este término. Como veremos a través de la sucesión la proporción de rocas volcánicas aumenta hacia la parte superior. Una relación entre los valores de las distintas rocas se transcribe en la siguiente tabla:

TABLA XVI

Muestra	Rocas Intrusivas	Rocas Metamórficas + Sedimentarias + Cuarzo	Rocas Volcánicas
632	0,5	99,0	0,5
629	0,9	98,7	0,4
626	0,6	98,3	0,1
623	0,6	99,4	0,0
620	0,9	98,3	0,1
616	1,8	97,3	0,9
613	0,9		0,1
607			

Proporción entre los cantos de las rocas intrusivas, metamórficas + cuarzo + sedimentarias y volcánicas en el Miembro Flor Colorada. Valores expresados en %.

Conociendo ya la escasa proporción de las rocas volcánicas es importante establecer la proporción en que se encuentran las rocas intrusivas, las rocas metamórficas y las rocas sedimentarias. Los resultados se han reunido en la tabla XVII.

Como se deduce de esta tabla las rocas intrusivas se encuentran también representadas en una proporción muy pequeña que tampoco alcanza en su ma-



voría, valores superiores al 10%. La muestra No. 613 es la que tiene el máximo valor (1,80%). Los restantes valores si bien no alcanzan el 10% sí se presentan algo más elevados que las rocas volcánicas. Conocidos ya los porcentajes de estos dos tipos de rocas es evidente que las rocas metamórficas y sedimentarias son las dominantes y no existe por tanto ninguna disposición particular a través de la sucesión de este miembro por lo que respecta a las rocas intrusivas y volcánicas.

La relación entre las rocas metamórficas + cuarzo y las rocas sedimentarias es casi siempre a favor de las primeras. Solo en las muestras Nos. 616 y 626 las rocas sedimentarias presentan valores más altos. Si bien esta relación se mantiene más o menos constante a veces puede alcanzar valores dobles tanto si el predominio es a favor de las metamórficas como si este es a favor de las sedimentarias. La gráfica de la lámina 7 junto con los datos de la Tabla XVIII que acompaña a la columna estratigráfica señala las variaciones de las rocas metamórficas + cuarzo sobre las sedimentarias.

TABLA XVII

Muestra	Rocas Intrusivas	Rocas Metamórficas + Cuarzo	Rocas Sedimentarias
632			
629	0,5	58,5	41,0
626	0,9	38,1	61,0
623	1,0	67,0	32,0
620	0,6	69,2	30,2
616	1,4	43,0	55,6
613	2,5	64,5	33,0
607	0,9	55,0	44,1

Proporción entre los cantos de rocas intrusivas, metamórficas + cuarzo, y sedimentarias en el Miembro Flor Colorada. Valores expresados en %

Entre las rocas sedimentarias los únicos tipos que están representados corresponden a las liditas y a los cherts.

El índice de Plumbey (1948) (\*) permite expresar gráficamente la variación de un determinado elemento litológico a través de una sucesión estratigráfica en relación a otro término litológico que se toma como base; expresa en realidad un índice de madurez e indica las variaciones que sufre la composición de un sedimento en relación con su origen. En este caso tomamos como elemento de comparación el cuarzo por estar representado en todas las capas de la sucesión estratigráfica del Grupo Honda. Se ha relacionado así el cuarzo con dos tipos de rocas sedimentarias: cherts y liditas, con las rocas metamórficas, intrusivas y volcánicas consideradas cada una de ellas como un conjunto. Finalmente en la parte superior de la sucesión aparece un nuevo elemento que está formado exclusivamente por fragmentos de areniscas. Aunque corresponden en realidad a las rocas sedimentarias, dada su importancia se hace imprescindible considerarlo independientemente. En la lámina 7 se han representado las variaciones de cada uno de los componentes. Sin duda todo este conjunto de variaciones sobre la

(\*)  $\frac{\text{Cuarzo } 100}{\text{Cuarzo} + X}$  Evidentemente los valores del índice próximo a 100 corresponden a un elemento que está representado en una proporción muy pequeña.



composición de las gravas se complementan y permiten obtener una visión más completa sobre las visicitudes por las que ha pasado la sedimentación del Grupo Honda. El índice aplicado a las rocas volcánicas demuestra un ligero aumento de estas rocas hacia el techo del miembro, al mismo tiempo que ellas se encuentran en la proporción más baja dentro de todos los grupos establecidos. Sin embargo se observa aquí que en relación con el cuarzo el porcentaje de las rocas volcánicas no varía. No sucede así con las rocas intrusivas que al pasar de las muestras Nos. 623 a 626 aumenta en relación con el cuarzo. Las variaciones más importantes se observan entre las rocas metamórficas. En todas las muestras se puede apreciar como las rocas metamórficas se encuentran en una proporción superior al cuarzo; proporción que oscila generalmente alrededor del doble. Solo en la muestra No. 226 y más aún en la muestra No. 632 las rocas metamórficas tienden a disminuir (46, 80/o y 48,30/o).

Ya vimos como las rocas metamórficas se encontraban en mayor proporción que las sedimentarias y éstas estaban representadas únicamente por cherts y liditas.

En la gráfica de la lámina 7 se ha expresado la relación de estos dos componentes con el cuarzo. Del cálculo del índice de Pumbley se deduce que las liditas son más abundantes que los cherts. Este predominio de los cantos de liditas sobre los cantos de cherts se mantiene de una manera rigurosa a través de todo el Miembro Flor Colorada.

Los cantos de chert oscilan casi siempre alrededor de un valor que se mantiene próximo a la mitad de los cantos de cuarzo; mientras que los de lidita son siempre superiores a la mitad, llegando incluso a igualarse como en la muestra No. 620 y aún a doblarlos como sucede en la muestra No. 626. Es precisamente en esta muestra donde las rocas metamórficas y los cherts se encuentran prácticamente en la misma proporción en relación con el cuarzo.

Se puede concluir que dentro del Miembro Flor Colorada las rocas metamórficas son las más importantes; a ellas siguen las liditas y los cherts, ocupando las liditas una posición más o menos intermedia entre las metamórficas y los cherts. Las ígneas y las volcánicas complementan la composición, desempeñando un papel secundario, aunque la presencia de las rocas volcánicas tienen un carácter extraordinario por cuanto señala la erosión de los mantos de lava y caracteriza a la Formación San Antonio o el Honda en el sentido de los autores clásicos.

6) *Caracteres petrográficos de las arenas.*—Todas las arenas corresponden a unas arcosas. Son muy abundantes los feldespatos especialmente las plagioclasas las cuales predominan sobre los fragmentos de rocas. Los fragmentos de rocas corresponden primordialmente a esquistos y filitas. Los tipos de roca como cuarcita y lidita son muy escasos, principalmente estas últimas, lo cual está en relación con el carácter de las arcosas.

Los minerales pesados son sumamente importantes por su volumen. En algunas muestras alcanzan valores del 20 0/o en peso, carácter que es muy constante en todos los miembros de la formación. Entre los minerales pesados se destaca por su importancia la hornblenda y los minerales metálicos negros: ilmenita y magnetita. Caracteres que ya fueron señalados por Butler (1942,



pp. 816) para la sección a lo largo del ferrocarril de Cundinamarca. Acompañan a estos minerales una asociación, aunque menos numerosa, propia de las zonas metamórficas e ígneas.

Estas características de las arenas son en líneas generales constantes para toda la sección de tal manera que no se insistirá más en las características petrográficas de las arenas al tratar de los restantes miembros que componen la Formación San Antonio.

Otra de las características del Miembro Flor Colorada en relación con los otros miembros de la formación, es la proporción entre las tres fracciones que componen los sedimentos: cantos, arena y lutitas. Los valores se han expresado en porcentajes de los pesos totales de cada muestra. El examen de la gráfica que acompaña a la columna estratigráfica de la lámina 7 revela claramente que la característica del miembro es la escasa importancia de la fracción cantos, dominando indistintamente la fracción arena o la fracción lutita en relación con los bancos de arenas o de lutitas. La fracción cantos oscila normalmente alrededor de un 10%. En las franjas de gravas, lentejones o simplemente en las gravas arenosas, la fracción cantos es mucho más importante. La muestra No. 609 contiene la mayor proporción de cantos registrados en todo el miembro (85%).

La fracción arena es la que predomina en la mayoría de las muestras excepto en los niveles de gravas y lentejones de gravas

7) *Estructuras*.—La estratificación cruzada está poco desarrollada dentro de este miembro. Se puede apreciar en la parte más inferior del miembro (muestra No. 600) y en el banco en el que se sitúan las muestras No. 614 y No. 615. Tanto en un caso como en el otro la estratificación cruzada tiene poca importancia.

Otro tipo de estructura, aunque tampoco muy abundante, es la estratificación oblicua como se manifiesta en la fotografía 34, (en el borde izquierdo de la fotografía) este tipo de estructura va siempre ligado a la presencia de bancos delgados de arenas que alternan con lutitas formando un conjunto intercalado entre dos bancos masivos. En la misma fotografía puede observarse un cambio lateral bastante brusco, en el que un banco masivo se transforma en una alternancia de bancos de arenas y lutitas. Estas variaciones tienen lugar en extensiones muy pequeñas, pero dentro de la misma capa o banco se pueden repetir varias veces.

En la fotografía 35 pueden verse las dos estructuras anteriores todavía más íntimamente relacionadas, con la particularidad de que en la subdivisión del banco masivo no aparecen bancos de lutitas y si acaso están presentes no tienen un valor más amplio que el de interbancos. Hacia el muro del banco la formación de varias estratificaciones oblicuas tiende a dar a las arenas una apariencia de nódulos alargados.

Sin duda los nódulos constituyen la estructura más característica de toda la Formación San Antonio. En este miembro aparecen dos tipos de nódulos. Un tipo sumamente compacto y grande que puede alcanzar más de 30 cm de diámetro y que se encuentra intercalado entre las arcosas. Estos nódulos corresponden petrográficamente a una subarcosa de grano medio. El cemento es ca-



lizo y los granos se encuentran flotando dentro de esta masa como se observa en la fotografía 36. Se puede apreciar una importante corrosión de los granos de cuarzo formando una amplia aureola a su alrededor, que se diferencia del cemento por su diferente estado de cristalización. En parte la disposición de los granos flotando en un cemento calcáreo viene aumentada o exagerada por el fenómeno de corrosión que en algunos casos ha digerido por completo algunos granos como se demuestra en la fotografía No. 36. En estos casos se aprecia aún perfectamente la forma primitiva del grano. La misma fotografía permite reconocer la textura cuarcítica que debió tener en un principio esta arenisca. El proceso de corrosión es tan intenso que afecta no solo a los granos de cherts y fragmentos de roca sino también a las plagioclasas.

Otro tipo de nódulo se encuentra casi siempre asociado a los niveles de lutitas. Se diferencia del anterior por su tamaño más pequeño y al mismo tiempo por su grano también mucho más fino que corresponde a una arena de grano muy fino, aunque la mayoría pueden considerarse como un verdadero limo. En las secciones examinadas de estos nódulos el cemento es calcáreo y está mezclado con limonita.

#### MIEMBRO LOS COCOS

Este miembro toma su nombre de la Quebrada de Los Cocos que vierte sus aguas al Río Seco, en la Vereda Puerto Bogotá. Señalamos como sección tipo la que se obtiene por la carretera de Honda-Guaduas. El Miembro Los Cocos descansa normalmente sobre el Miembro Flor Colorada y su límite inferior viene determinado por la aparición del primer banco masivo de gravas arenosas en el que predominan los cantos de cherts. El límite superior con el Miembro La Ceibita es normal y viene determinado por el primer banco masivo de arenas de grano medio, junto con la aparición de abundantes nódulos arenosos. Queda así caracterizado este miembro por bancos masivos de gravas con una potencia total de 271 m. En la fotografía 42 se aprecia el límite entre el Miembro Flor Colorada y la masa de gravas que forma el Miembro Los Cocos.

1) *Sucesión litológica.*—La sucesión empieza con un banco masivo de gravas arenosas que se continúa con otro todavía más masivo y que contiene abundantes franjas de gravas. Los dos bancos están separados por una superficie ondulada sin lutitas. A continuación sigue un banco de lutitas abigarradas. A partir de la muestra No. 639 sigue una alternancia de bancos poco potentes de arenas, lutitas, y gravas arenosas, que constituyen en realidad una interrupción en la sedimentación de los bancos gruesos que predominan en este miembro. Esta parte intermedia de la sucesión se caracteriza por la presencia de abundantes nódulos arenosos, de tamaño variable (de 4 a 50 mm). Normalmente son esféricos y están distribuidos irregularmente por todo el banco. Aunque en algunas capas pueden localizarse preferentemente en la base o en la parte media formando un horizonte.

Hacia el techo de la sucesión se encuentra un banco de limo arenoso de unos 20 m en el que localmente aumenta el tamaño del grano hacia el techo, formando una variación gradual. La sucesión termina con unos bancos de gravas arenosas dando un límite nítido en contacto con el Miembro La Ceibita. Antes de llegar a la parte superior de la sucesión (entre las muestras Nos. 666 y 667) existe una zona cubierta de unos 20 m que no permite obtener una su-



cesión detallada, pero que corresponde a un nivel detrítico grueso de gravas arenosas.

El gran espesor de los bancos, unido al buzamiento que presentan, da lugar a la formación de superficies estructurales que resaltan morfológicamente y permiten en el campo una diferenciación fácil en relación con el miembro inferior y superior. Lateralmente este miembro se puede seguir sin ninguna complicación desde más al N de La Dorada hasta la altura de Cambao. Aunque aquí el límite con el Miembro Flor Colorada no aparece por quedar cortado por la falla de Honda.

2) *Variación del grano medio.*—La gráfica de variación del grano medio está representada en la lámina 7 y especialmente en la lámina 8 se puede ver la relación directa con los miembros contiguos. El carácter dominante del miembro es el alto valor de la mediana que queda involucrada casi siempre dentro de la fracción cantos y desciende únicamente a la arena de grano medio en muy pocas muestras.

El muro del miembro comienza ya con un valor del grano medio de 5,5 mm, es decir, dentro de la fracción cantos. La presencia de abundantes lentejones de gravas elevan rápidamente el valor de la mediana hasta los 18 mm aunque en el techo del banco el grano se hace más fino hasta llegar a la arena de grano muy grueso con un valor de 1 mm para la muestra No. 636. En el banco siguiente son muy frecuentes los lentejones de gravas arenosas, de tal manera que el valor de la mediana se eleva de nuevo a 8,2 mm; valor que se puede considerar como valor promedio para todo el banco excepto para el techo donde desciende para pasar a una arena de grano grueso. Las lutitas abigarradas corresponden realmente a un cambio en el medio de sedimentación, condiciones que no persisten mucho tiempo, para regresar a una sedimentación más agitada que se mantendría oscilante entre los cantos (muestra No. 639 con un valor de 6,9 mm) y las arenas de grano medio (muestra No. 644 con un valor de 0,330 mm). Este intervalo corresponde a la sucesión de bancos poco potentes. Ya en el resto de la sucesión la mediana se mantiene dentro de la fracción más gruesa alcanzando los valores máximos de 25,3 mm y 20 mm en las muestras Nos. 646 y 658 respectivamente. Naturalmente a esta norma escapan las interrupciones debidas a la existencia de niveles lutíticos y la presencia de bancos de arenas que contienen nódulos arenosos, en los cuales el valor de la mediana desciende hasta la arena de grano medio (0,45 mm y 0,543 mm en las muestras Nos. 651 y 652) y arena de grano fino (0,242 mm y 0,230 mm. muestras Nos. 655 y 657 respectivamente). A excepción de la intercalación de limos arenosos que aparece entre las muestras Nos. 662 y 663, la sucesión termina con un aumento progresivo del valor de la mediana que vuelve a situarse entre los valores más elevados: 20 mm y 21 mm en las muestras Nos. 667 y 668.

3) *Variación del espesor de los bancos.*—El espesor de los bancos de este miembro es otra característica importante. Es así como la curva de variación se desplaza hacia la izquierda o sea hacia los valores altos. La base del miembro empieza con bancos potentes de 18 m y 30 m. A partir del primer banco de lutitas situado entre las muestras Nos. 638 y 639, la curva se hace quebrada con una pequeña amplitud de variación que oscila entre 1 m y 8 m, quedando localizada hacia los valores bajos. Esta parte de la sucesión corresponde a la alternancia rá-



pida de bancos poco potentes en relación con el resto del miembro. A partir de aquí el espesor de los bancos va aumentando progresivamente, si se exceptúa la intercalación lutítica de 2 m localizada entre las muestras No. 647 y No. 648 hasta alcanzar el valor más alto dentro del Miembro Los Cocos. La sucesión termina con bancos más bien masivos separados por pequeñas intercalaciones generalmente lutíticas o de materiales más bien de grano fino.

Si se compara la gráfica de la variación del grano medio con la del espesor de los bancos se nota que tampoco existe una estrecha correlación entre ambos caracteres. Esta circunstancia es consecuencia del tipo de sedimentación ya que en un banco delgado la presencia de lentejones o bolsadas de gravas elevan considerablemente el valor del grano medio. Así las muestras que tienen la mediana más alta no corresponden al banco más potente. Incluso no es raro observar como en bancos potentes se observan valores muy bajos de la mediana. Este tipo de sedimentación da lugar a variaciones bruscas dentro de un mismo banco como puede observarse en la mayor parte de la Formación San Antonio. El tamaño máximo del grano presenta también todas estas variaciones bruscas y lo mismo se podría decir de sus relaciones con el valor de la mediana y con el espesor de los bancos.

4) *Composición de las gravas.*—Las gravas del Miembro Los Cocos presentan la misma composición petrográfica que los restantes miembros de la Formación San Antonio. Se trata de gravas petromícticas. Los únicos cambios importantes corresponden a la proporción entre los tipos de cantos y su variación vertical.

El caracter altamente detrítico que domina dentro del miembro, permite establecer un estudio a fondo sobre la composición de las gravas. Así en un espesor de 271 m se han estudiado 24 muestras localizadas casi siempre en la parte central y en el techo de cada banco, con el objeto de establecer la existencia de pequeñas diferencias. Aún en aquellos casos en que los bancos presentan un predominio de arena con cantos, y en su interior se forman lentejones de gravas, se han estudiado las dos muestras independientemente. No se registra aquí la aparición de ningún otro elemento nuevo.

Las rocas volcánicas continúan presentes aunque en escasa proporción, y se mantienen normalmente con valores que se sitúan por debajo de la unidad. Solamente en dos ocasiones la proporción de rocas volcánicas alcanza valores elevados de 15 % y 12 % en las muestras No. 637 y No. 638 situadas hacia la parte inferior del miembro. También hacia la parte superior del miembro se aprecia un nuevo aumento que llega hasta el 1 %. Este aumento que empieza en la muestra No. 663 es en realidad un anuncio de lo que acontecerá en el Miembro La Ceibita.

También las rocas intrusivas presentan un aumento en relación con los valores obtenidos para el Miembro Flor Colorada. Más concretamente hacia la base del miembro es donde se registran los porcentajes más altos: 3% (muestra No. 633), 5% (muestra No. 637 y No. 638). Son, pues, las rocas metamórficas + cuarzo y sedimentarias las que predominan con mucho sobre todas las demás. Vemos cómo en todas las muestras este conjunto tiene valores superiores al 95 % y que en algunos casos puede llegar hasta el 99%. Naturalmente se exceptúan las muestras No. 638 y No. 639 en las que el porcentaje de las



rocas metamórficas + cuarzo y sedimentarias desciende hasta 80% y 83% respectivamente. Son estas dos muestras precisamente las que tienen la mayor proporción de rocas intrusivas y volcánicas de todo el miembro. La tabla XVIII reproduce los porcentajes entre las diferentes rocas y la lámina 7 representa gráficamente estos valores al tiempo que ofrece la comparación con los otros miembros de la formación.

TABLA XVIII

Muestras	Rocas intrusivas	Rocas metamórficas + sedimentarias + cuarzo	Rocas volcánicas
668	0,2	98,8	1,0
667	2,0	97,0	1,0
666	1,1	98,0	0,9
665	1,0	99,0	0,0
664	1,0	98,0	1,0
663	2,0	97,0	1,0
660	2,0	98,0	0,0
658	2,0	98,0	0,0
654	5,0	94,6	0,4
653	0,9	99,0	0,1
650	0,5	99,0	0,5
649	1,3	98,0	0,7
648	0,0	99,0	1,0
647	0,7	99,0	0,0
646	2,0	98,0	0,0
645	1,0	95,0	1,0
642	5,0	95,0	0,0
640	1,3	98,5	2,0
639	0,6	99,0	0,4
638	5,0	83,0	12,0
637	5,0	80,0	15,0
635	2,0	98,0	0,3
634	2,0	98,0	0,0
633	3,0	96,8	0,3

Proporción entre los cantos de rocas intrusivas, metamórficas, más cuarzo más sedimentarias, y volcánicas en el Miembro Los Cocos. Valores expresados en %.

Conociendo ya que el conjunto de rocas metamórficas + sedimentarias + cuarzo es el más importante, resulta interesante conocer cual de los dos componentes desempeña un papel predominante. La tabla XIX y la gráfica que acompaña a la lámina 7 son muy expresivas a este respecto. Existe a través de todo el Miembro Los Cocos un predominio neto de las rocas sedimentarias sobre las metamórficas + cuarzo. Siempre las primeras se encuentran con valores superiores al 50%. Estos valores pueden alcanzar hasta un 73% (muestra No. 650) y son frecuentes los valores próximos a esta cifra. Las dos únicas muestras en las que las rocas sedimentarias se encuentran por debajo del 50% son las muestras No. 640 y No. 642 con un 39,5% y 42% respectivamente.



TABLA XIX

Muestra	Intrusivas	Metamórficas + cuarzo	Sedimentarias
668	1,0	38,0	61,0
667	2,0	37,0	61,0
666	2,0	29,0	69,0
665	1,0	30,0	69,0
664	1,0	29,0	70,0
663	2,0	29,0	69,0
660	20,4	45,0	53,0
658	2,0	46,0	52,0
654	5,0	35,0	60,0
653	2,0	28,0	70,0
650	0,9	26,1	73,0
649	2,0	46,0	52,0
648	0,0	39,0	69,0
647	0,3	36,0	63,7
646	2,0	34,0	64,0
645	1,0	34,0	65,0
642	5,0	53,0	42,0
640	1,0	59,5	39,5
639	1,0	27,0	72,0
638	4,0	29,0	67,0
637	6,0	29,0	65,0
635	2,0	28,0	70,0
634	2,0	42,0	56,0
633	3,0	43,0	54,0

Proporción entre los cantos de rocas intrusivas, metamórficas + cuarzo, y sedimentarias, en el Miembro Los Cocos. Valores expresados en o/o.

En esta agrupación las rocas intrusivas tienen lógicamente valores muy bajos, a veces un poco más elevados como se puede verificar al comprobar directamente las tablas XVIII y XIX. La variación gráfica de las rocas intrusivas se encuentra en la lámina 7.

Se ve, pues, claramente que las rocas sedimentarias son el componente dominante en todo el miembro.

Aplicamos también aquí el índice de Plumbey, pero tomando como antes como elemento de referencia el cuarzo. Precisamente la gran abundancia de cantos permite realizar el estudio de los diferentes tamaños de esta fracción. Así se han calculado las variaciones a través del Miembro Los Cocos en la fracción de 4-8 mm, la fracción de 8-16 mm, y la fracción superior a 16 mm. A partir de la fracción de 16 mm, los cantos se han reunido bajo una sola fracción ya que los tamaños superiores a 32 mm, son generalmente poco numerosos en algunos niveles y sus resultados pueden en este sentido tener menor valor estadístico. Las variaciones de cada una de estas fracciones se han representado en la figura 7 y la fracción total de cantos se ha repetido en la lámina 8 para poder establecer la comparación directa a través de toda la Formación San Antonio.

Vamos, pues, a considerar por separado cada una de estas fracciones em-



pezando por la más pequeña o sea entre 4 y 8 mm. En relación con el calibre de los sedimentos esta fracción es la más numerosa en cantos.

Las rocas volcánicas se encuentran ya representadas en esta fracción y alcanzan su mayor porcentaje en relación con el cuarzo en la muestra No. 637 con un valor de 48,5%, es decir, algo superior al del cuarzo; ya a partir de la muestra No. 638 el valor empieza a decrecer aunque se encuentran constantemente a través de la sucesión. En la fracción de 8-16 mm las únicas variaciones consisten en una disminución del número de cantos en relación con la fracción de 4-8 mm, pero a partir de la muestra No. 654 el número de cantos vuelve a aumentar notoriamente aunque siempre se queda bastante por debajo de la mitad de su valor en relación con el cuarzo. Esta disminución del número de cantos con el tamaño se acentúa todavía más en la fracción superior a los 16 mm. Vemos así cómo las rocas volcánicas solo están presentes en 11 muestras lo que representa menos del 50% de las muestras estudiadas en la sucesión. Parece que su presencia es más constante en la mitad superior del miembro. Los valores del índice son siempre bajos.

Las rocas intrusivas tienen una evolución paralela a la de las rocas efusivas. En la fracción de 4-8 mm se puede señalar un predominio hacia la base de la sucesión más que en la parte superior de la misma; aunque siempre se encuentra muy por debajo de la mitad del cuarzo. En relación con el dominio de las rocas efusivas vemos que las rocas intrusivas se hallan ligeramente desplazadas. En la fracción de 8-16 mm las rocas intrusivas continúan siendo más abundantes en la parte inferior del miembro. Se nota ya que el máximo valor de las intrusivas se encuentran en la muestra No. 654 donde son superiores al cuarzo. Es la única muestra en que sucede esta proporción. En la fracción superior a los 16 mm se observa un cambio radical en relación con las fracciones anteriores. En esta mitad superior del miembro donde las rocas intrusivas son más abundantes, se presentan sin ninguna interrupción de un extremo a otro de la sucesión y en todas las fracciones.

Las rocas metamórficas se encuentran constantemente en todo el Miembro Los Cocos y están bien representadas en todas las fracciones. Son mucho más abundantes que los dos tipos anteriormente descritos. En la fracción de 4-8 mm se mantienen en una proporción inferior a la del cuarzo, más o menos próximas a la de él, pero raramente llegan a igualarlo (muestra No. 659 con un índice de 50% y muestras Nos. 640 y 654 con valores de 52% y 51% respectivamente). En relación con las rocas sedimentarias, lilita y cherts, las rocas metamórficas siempre son menos numerosas. Dentro de la fracción de 8-16 mm las rocas metamórficas son más abundantes en relación con el cuarzo; son ya varias las muestras en las que la proporción con el cuarzo no solo se iguala sino que las rocas metamórficas son incluso más numerosas. Tomando siempre como punto de referencia el cuarzo, las rocas metamórficas si bien están todavía en menor proporción que los cherts y las lilitas esta diferencia se ha reducido si la comparación se establece con la fracción de 4-8 mm. La proporción con el cuarzo todavía se acentúa más dentro de los cantos superiores a los 16 mm. Aquí en la mayoría de las muestras los cantos de rocas metamórficas predominan sobre los cantos de cuarzo y lo raro es encontrar muestras en las que el número de cantos de cuarzo sea superior al de rocas metamórficas. En esta fracción el número de cantos de rocas metamórficas



es tan abundante que en bastantes muestras las liditas y los cherts se encuentran en valores ligeramente inferiores. Es precisamente en esta fracción donde se registran los valores máximos de las rocas metamórficas (16,6% en la muestra No. 658 y 11,7% en la muestra No. 664) que equivalen en ambas muestras a más del doble de cantos de cuarzo.

Las rocas sedimentarias son realmente las más importantes. Solo dos tipos se encuentran representados: las liditas y los cherts. Ambos tipos tienen una evolución muy paralela en las fracciones que se vienen considerando. Las liditas dentro de la fracción de 4-8 mm se mantienen muy constantes con valores que oscilan ligeramente alrededor del valor del cuarzo; señalamos que en la mayoría de las muestras las liditas se mantienen siempre superiores al cuarzo. En la fracción de 8-16 mm se mantienen en líneas generales las mismas proporciones, incluso en algunas muestras la lidita disminuye en relación con el cuarzo.

La relación entre las liditas y las rocas metamórficas se ve afectada por el gran aumento que se registra en estas últimas en comparación con los tamaños comprendidos entre 4 y 8 mm. Si bien las liditas son todavía más abundantes, en algunas muestras ya se ven superadas por las rocas metamórficas. No obstante, este dominio no registra en ningún caso valores elevados. Todas estas condiciones se van perfilando más nítidamente en los cantos superiores a los 16 mm. Es en esta fracción donde las rocas metamórficas sobrepasan a las liditas en 10 muestras. Estas diferencias tampoco son tan importantes ya que solo en la muestra No. 658 esta diferencia es notoria (16,6% para las rocas metamórficas contra 66,6% en las liditas); valga decir que este valor es el más alto alcanzado por las rocas metamórficas en todas las fracciones y solo igualado por las liditas en la muestra No. 664 dentro de esta misma fracción. Los cherts son también junto con la lidita el tipo de rocas más abundante dentro de la fracción de 4-8 mm. Son en general más abundantes que los cantos de lidita y aún mucho más que los de rocas metamórficas. Se mantienen siempre superiores al cuarzo y en varias muestras lo duplican. La misma tónica general se observa para los cherts en la fracción de 8-16 mm. Todavía mantienen el predominio sobre las rocas metamórficas pero ya en algunas muestras se ven superados por ellas. Sus valores oscilan alrededor del cuarzo, pero existen dos descensos bruscos: uno en la muestra No. 642 (75%) y otro en la muestra No. 659 (75,7%). En la fracción superior a 16 mm pocas variaciones pueden señalarse. Cherts, liditas y rocas metamórficas se encuentran formando un haz bastante compacto dando lugar a un continuo zig-zag de las gráficas que se cruzan multitud de veces. Un hecho debemos señalar y es la brusca desaparición de los cherts en la muestra No. 642 donde no aparece ningún canto. Otra disminución aunque no tan marcada, aparece en la muestra No. 659 donde los cherts llegan a reducirse a menos de la mitad (75,7%) en relación con el cuarzo. Este descenso brusco de los cantos de cherts se observa en todas las fracciones. Visto el desarrollo seguido por cada uno de los grupos de rocas en los diferentes tamaños en relación con el cuarzo, basta señalar los principales trazos a través del Miembro Los Cocos considerando la fracción cantos como una sola unidad. En realidad esta última gráfica es una compilación de todas las variaciones anteriores. Ella tiende a dar una línea promedio pero en la que todavía quedan impresas las variaciones marcadas por



las fracciones de 4-8 mm y las de 8-16 mm. Sin duda esta influencia se debe a la menor cantidad de cantos de la fracción superior a 16 mm en relación con las otras dos. De esta manera resulta una gráfica que en líneas generales es una intermedia entre las dos primeras, donde se observan las mismas inflexiones. Las rocas efusivas dominan prácticamente sobre las intrusivas en las dos muestras situadas hacia la base del miembro. Las rocas metamórficas se mantienen siempre en menor proporción que las liditas y los cherts y únicamente superan a estos últimos en las muestras Nos. 659 y 660 que corresponden a los descensos en el número de cantos de cherts que se anotó en todas las fracciones. La abundancia de rocas metamórficas que encontramos en la fracción de 8 mm y 16 mm y en la fracción superior a los 16 mm no son suficientes para cambiar la relación que se impuso en la fracción de 4 mm a 8 mm. De la misma manera los cherts predominan sobre las liditas y tan solo son ampliamente superados en la muestra No. 659; inversión que como se expresa en las gráficas de la figura 31 se mantiene a través de todas las fracciones.

Para el Miembro Los Cocos puede concluirse que las fracciones más pequeñas de los cantos rigen la composición general de las gravas.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de cherts que caracteriza este miembro se prepararon algunas secciones delgadas de cantos. En ninguna de ellas se pudo observar la presencia de fósiles. Sin embargo se ha podido comprobar que la mayoría de estos cherts están formados por un mosaico de cuarzo finamente granular en el que se presentan grandes fragmentos de cuarzo detrítico como señala la fotografía 41. Parece que estos cantos de cherts no proceden de los niveles de cherts cretácicos que se encuentran dentro del Guadalupe en el borde occidental de la Sabana, los cuales corresponden petrográficamente a porcelanitas y cherts carbonáceos.

En relación con la mayor cantidad de gravas que caracteriza al Miembro Los Cocos está la proporción entre la fracción cantos, arena y lutita. En la mayoría de las muestras la fracción dominante corresponde a los cantos que casi siempre se encuentran con valores superiores al 50%. Los valores máximos de la fracción cantos son 86,8%, 82,8% y 81,5% en las muestras Nos. 646, 668 y 635 respectivamente. La muestra que tiene una proporción más baja de arena (apenas con un 12%) es la que corresponde al máximo valor de la mediana. Precisamente esta muestra es la que presenta una distribución de tamaños completamente anómala con una ausencia de granos entre los límites de 1 y 2 mm es decir, la fracción correspondiente a la arena muy gruesa. El histograma de esta muestra aparece bimodal. Es no obstante la única muestra que presenta estas condiciones no solo en toda la sucesión sino también en toda la formación. Estas mismas características se pueden observar a todo lo largo de este pequeño banco.

5) *Textura de las gravas.*—Aprovechando que el Miembro Los Cocos es el más abundante en gravas se analizó si existían variaciones a través de la sucesión en la forma, desgaste y esfericidad de los cantos. Las tres texturas son muy iguales y no sufren variaciones. Para el análisis se tuvieron en cuenta todos los tamaños a partir de los 4 mm. Como material se emplearon únicamente los cantos de lidita y cuarzo por ser los más homogéneos.



El índice de desgaste tiene muy poca variación y se pueden dar como valores medios los de 0,60 para las liditas y 0,58 para el cuarzo. Como se ve, ambas cifras son muy próximas y teniendo en cuenta la escala empleada por Pettijohn (1957, pp. 59, tabla 16) las liditas caen dentro de la clase bien redondeada y el cuarzo queda como redondeado.

La esfericidad en general es alta y oscila entre 0,71 y 0,05 para el cuarzo y entre 0,70 y 0,72 para la lidita. Así pues el cuarzo tiende a una esfericidad algo mayor que la lidita pero con una mayor amplitud de variación.

Finalmente en lo que respecta a la proporción de las diferentes formas existen mayores diferencias entre el cuarzo y la lidita como se puede observar en la siguiente tabla:

TABLA XX

	Discoidales	Esféricos	Laminares	Prismáticos
Cuarzo	41	31	10	18
Lidita	43	11	31	15

En ambos tipos la forma discoidal es la más abundante, pero mientras en el cuarzo las formas esféricas ocupan el segundo lugar, en las liditas están representados por la forma laminar mientras que la esférica queda reducida. Las formas prismáticas están en una proporción equivalente en ambos tipos. Esta mayor proporción que existe de cantos laminares en las liditas puede estar en relación con la disposición de las liditas en capas delgadas; de esta manera el tipo de estratificación y la estructura litológica rigen en gran parte la forma de los cantos.

6) *Estructuras*.—En todo el Miembro Los Cocos se distinguen dos estructuras muy importantes por su frecuencia. La primera corresponde a la presencia de moldes de ripple-marcks muy marcados que se encuentran siempre en el muro de los grandes bancos de gravas arenosas y siempre en contacto con un banco de material más fino, ya sea lutítico o bien simplemente lutitas arenosas. La presencia de estos moldes de ripple-marcks va siempre asociada con una mayor compactación de las gravas en el muro del banco. Como se puede observar en la fotografía 39 estos ripple-marcks son muy marcados y en general presentan un amplio radio.

Otro tipo de estructura corresponde a los nódulos arenosos. Se encuentran ampliamente distribuidos en los bancos arenosos y lutíticos, pero nunca en niveles de gravas. Es decir, que aparecen asociados con sedimentos más bien finos. Su forma general es variada: frecuentemente son esféricos o discoidales pero también se encuentran en formas alargadas, nódulos en forma de pesas con una constricción en su parte central y los menos frecuentes con formas mamelonares. En la fotografía 40 puede observarse su abundancia y las distintas formas con que se presentan. Los tamaños son también variados. En cuanto a su constitución petrográfica pueden distinguirse dos tipos bastantes diferentes. Uno de ellos está formado por una arena de grano medio correspondiente a una arcosa. Los granos se encuentran flotando dentro de un cemento de calcita. En este tipo de nódulos son muy frecuentes y muy intensos los fenómenos de corrosión, principalmente de los granos de cuarzo. Los minerales



pesados que se encuentran en estos nódulos son muy abundantes y al igual que en las arenas arcósicas que los contienen, la hornblenda y los minerales opacos magnetita e ilmenita son los tipos dominantes.

Otro tipo de nódulos es bastante distinto. En primer lugar es mucho menos compacto y aún que petrográficamente corresponde también a una arcosa, el grano es tanto más grueso quedando situado generalmente dentro de la arena muy gruesa y aún en la fracción gránulos. Algunos presentan una gran cantidad de cantos pequeños que los recubren exteriormente dándoles más aspecto de «Armored mud balls», pero el tamaño del grano y la presencia de cantos en el interior de estos nódulos no concuerda con la descripción de estas estructuras.

#### MIEMBRO LA CEIBITA

El nombre de La Ceibita deriva de la Vereda del mismo nombre en el Municipio de Guaduas (Departamento de Cundinamarca). Como sección tipo se propone la carretera Honda-Guaduas. El límite inferior se discutió ya en parte a propósito del Miembro Los Cocos. La base del miembro coincide con el aumento brusco de rocas efusivas e intrusivas. El límite superior con la Formación Los Limones está determinado por la desaparición completa de las rocas intrusivas y efusivas que coincide con la aparición de la primera capa de arenas rojas que corresponde ya a la Formación Los Limones. Este límite es muy nítido y se conoce fácilmente en el terreno. Con el Miembro La Ceibita que tiene un espesor de 437 m termina la Formación San Antonio.

1) *Sucesión litológica.*—El Miembro La Ceibita presenta una estratigrafía eminentemente detrítica en la que se puede distinguir una zona basal formada por arenas con lentejones de gravas, niveles de gravas en bancos potentes y una parte superior con una alternancia de capas de grano menos grueso, que se mantienen siempre dentro de la fracción arena, con bancos de lutitas.

La sucesión comienza con un potente banco de arenas con cantos aislados de rocas intrusivas, metamórficas, sedimentarias y efusivas. Englobados por la arena son frecuentes los nódulos arenosos generalmente de tamaño grande que pueden alcanzar los 30 cm de diámetro. Siguen después dos bancos de arenas con franjas y lentejones de gravas arenosas. A continuación vienen varios bancos de poco espesor formados por gravas y arenas con lentejones de gravas.

Estos bancos constituyen en realidad una separación entre los bancos masivos que se encuentran en la base del miembro y el banco siguiente que corresponde al más potente que se encuentra no solo en el Miembro La Ceibita sino en toda la Formación San Antonio.

Está formado por una masa de gravas que tiene el típico aspecto de una sedimentación torrencial con fuerte estratificación cruzada. En el interior de esta masa, sin ningún indicio de estratificación, se observan numerosos lentejones de gravas, arenas y lutitas. Estas mismas condiciones se prolongan todavía en otros dos bancos menos potentes antes de pasar a la parte superior de la sucesión que consta de bancos de arenas que alternan con bancos de arena fina. El Miembro La Ceibita termina con un banco de arena en el que son frecuentes los cantos de rocas efusivas.



2) *Variación del grano medio.*—Un cambio muy brusco sufre la gráfica de variación de la mediana al pasar del Miembro Los Cocos al Miembro La Ceibita, ya que se pasa de valor de 21,5 mm en la muestra No. 668, a un valor de 0,350 mm en la muestra No. 669. La mediana se desplaza de la fracción cantos a la arena gruesa. Sin embargo, la mediana oscila entre la arena y los cantos para ubicarse la mayoría de las veces dentro de la fracción cantos. Entre las muestras Nos. 680 y 686 estas oscilaciones son bruscas y corresponden a esta sedimentación de tipo francamente torrencial. Evidentemente la oscilación de la mediana de una a otra muestra variará considerablemente en relación con el punto donde se obtenga la sucesión. Estas variaciones son siempre extremadamente locales y no afectan en absoluto la gráfica del grano medio ya que siempre se obtendrá una línea quebrada con una fuerte amplitud de variación que determinará este tipo de sedimentación irregular.

Con la muestra No. 686 se terminan prácticamente los valores elevados de la mediana la cual en toda la sucesión restante se mantendrá dentro de la fracción arena. La alternancia de bancos que se describió al tratar de la sucesión litológica de esta parte de la sucesión, queda gráficamente expresada en la variación del grano medio. Así la mediana varía entre la arena muy gruesa o gruesa y la arena fina o de grano muy fino. Los cantos aislados que se encuentran dispersos entre la arena no son suficientes para que la mediana pueda alcanzar siquiera valores que correspondan a la fracción gránulos.

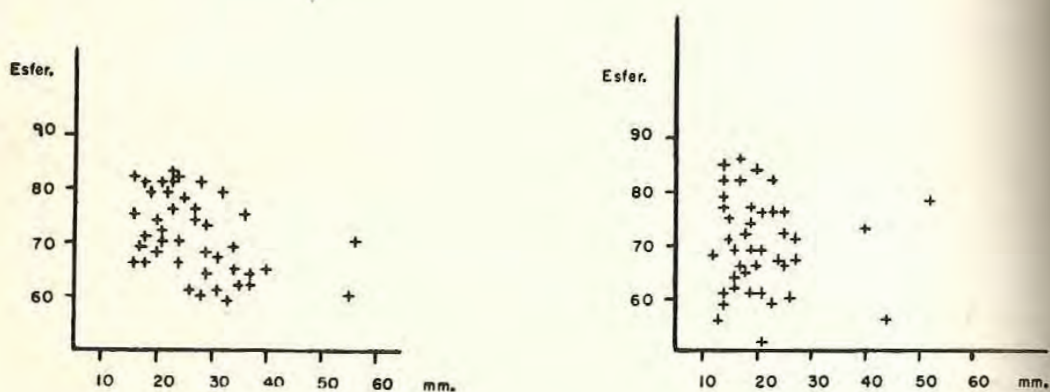


FIGURA 27.— Correlación entre la esfericidad y el tamaño de los cantos de cuarzo y lidita del Miembro La Ceibita (Formación San Antonio, Grupo Honda) Muestra No. 750.

La gráfica de variación del grano medio visualiza la existencia de las dos partes dentro del Miembro La Ceibita: una inferior fuertemente detrítica con una gran amplitud de variación de los valores de la mediana y una superior también detrítica pero con una amplitud de variación de la mediana mucho más estrecha que además se encuentra desplazada totalmente hacia los valores bajos.

3) *Variación del espesor de los bancos.*—El espesor de los bancos es en conjunto un carácter distintivo del Miembro La Ceibita. El primer banco tiene ya un carácter masivo (46 m) que se registra por primera vez dentro de la Formación San Antonio. Se encuentra separado de otro banco de 30 m por una pequeña intercalación lutítica que apenas alcanza un metro. Antes de llegar a la



masa de gravas aparece un conjunto de bancos, en número de 7, de poco espesor, pero que van aumentando gradualmente de 2 m a 10 m y 12 m. Sigue a continuación el banco más potente que se ha observado en toda la sucesión y que mide 34 m, valor que hace desplazar por completo la gráfica hacia la izquierda. Los tres bancos que siguen aunque son bastante masivos quedan muy por debajo del anterior (20, 30 y 36 m).

La parte superior del miembro es mucho más regular y uniforme. La alternancia de los bancos de arenas y lutitas se traduce en una línea quebrada con muy poca variación lo cual indica que casi todos los bancos tienen el mismo espesor. El valor de las oscilaciones se sitúa entre 8 m y 12 m, correspondiendo siempre los valores inferiores a los bancos de grano más fino. Por último la sucesión termina con un banco más grueso de 24 m.

También aquí teniendo en cuenta la variación del espesor de los bancos se observan las dos partes que se han venido reconociendo en este miembro. La inferior en la que se localizan los máximos espesores, excepto el nivel de lutitas y las variaciones que se anotaron correspondientes a los bancos situados entre las muestras Nos. 674 y 680, desplazándose la gráfica hacia la izquierda, y la más alta mucho más regular pero con la curva desplazada en sentido contrario.

En cuanto a la relación entre el espesor de los bancos y el valor del grano medio en el Miembro La Ceibita tampoco resulta una relación muy marcada entre estos dos elementos. Aunque no obstante se aprecia una tendencia a la correlación positiva entre estos dos caracteres.

4) *Composición de las gravas.*—Las rocas efusivas continúan presentes en todo el Miembro La Ceibita. Sin duda el hecho más característico e importante es la proporción más elevada de estas rocas en relación con los miembros anteriores, con un aumento muy brusco en el último banco del miembro.

La base del miembro presenta ya un porcentaje elevado de rocas efusivas en relación con el miembro anterior (6,6% en la muestra No. 669 y 8,7% en la muestra No. 672). Esta proporción se mantiene bastante constante hasta la muestra No. 683 donde las rocas efusivas quedan reducidas a 0,4%. A partir de aquí vuelven a aumentar conservándose prácticamente las mismas proporciones anteriores. Hacia el final aparece de nuevo un descenso reducido a 2,1%. Parece que estas bajas proporciones tienen solo un valor local. El banco más superior registra un aumento sorpresivo de rocas efusivas cuyo valor alcanza 34,1%.

Correlativo con este aumento de las rocas efusivas, en el Miembro La Ceibita se registra una proporción más elevada de rocas intrusivas. Sin embargo, la variación a través de la sucesión tiene algunas diferencias. Así en el primer banco se obtiene la mayor proporción de rocas intrusivas (24,8%). Después este valor fluctúa entre 2% y 7% registrándose descensos importantes que llegan hasta el 17% (muestra No. 678) y 1% (muestra No. 684). Estas disminuciones que son también de carácter local no coinciden con las registradas en las rocas efusivas. Finalmente se nota un nuevo aumento que oscila entre el 13,6% y el 16,8% con un descenso a 6,2% en la muestra No. 693 y aquí se coincide exactamente con el registrado en las rocas efusivas.



TABLA XXI

Muestras	Rocas intrusivas	Rocas metamórficas + sedimentarias + Cuarzo	Rocas efusivas
697	13,6	52,3	34,1
693	6,2	91,7	2,1
688	13,9	80,2	5,9
687	16,8	79,2	4,0
684	1,0	95,0	4,0
682	5,4	94,2	0,4
681	4,0	95,5	5,0
680	7,0	89,0	4,0
678	1,7	93,0	5,3
677	7,0	89,0	4,0
672	3,1	88,2	8,7
669	24,8	68,6	6,6

Proporción entre los cantos de las rocas intrusivas, metamórficas más cuarzo más sedimentarias y efusivas. Valores expresados en o/o.

El conjunto de rocas metamórficas y sedimentarias más cuarzo continúa predominando. Su valor es siempre superior al 50%. En conjunto las mayores proporciones se encuentran en la parte central del miembro que es donde las rocas efusivas e intrusivas se encuentran en menor proporción. El valor más bajo que tienen estas rocas coincide con el último banco del miembro en el que las rocas efusivas se encuentran con el más alto porcentaje. Siguiendo el mismo orden que en los demás miembros es interesante conocer la relación entre las rocas metamórficas y las rocas sedimentarias. En todo el Miembro La Ceibita las rocas metamórficas predominan sobre las sedimentarias. A excepción de las muestras Nos. 677 y 681 en las que tiene un valor de 48%, todas las demás están por encima del 50%. El valor más alto corresponde a la muestra No. 693 con un 74,2%. Las rocas sedimentarias por el contrario no alcanzan nunca el 50% aunque algunas muestras están muy próximas.

Los valores más pequeños se encuentran al final de la sucesión con valores de 19,4% y 12,7%. Este predominio general de las rocas metamórficas sobre las sedimentarias lo encontramos ya en el Miembro Flor Colorada. A diferencia de lo que sucedía en aquel miembro, se aprecia aquí un dominio completo de las rocas metamórficas pero existe una relación mucho más equilibrada entre ambos tipos.

Las variaciones de las principales rocas en relación con el cuarzo aporta bastantes datos. El aumento de las rocas efusivas se refleja aquí aún más en relación con los restantes miembros de la Formación San Antonio. Siempre los cantos de las rocas efusivas se mantienen en menor cantidad que los de cuarzo. Las muestras en las que ambos tipos de cantos están más próximos es la 672 con un valor de 67,9%. En la muestra estratigráficamente más alta que se ha analizado, las rocas efusivas representan algo más del doble del cuarzo (índice de 32,6%). Aquí las rocas efusivas son las que predominan sobre las demás incluso sobre las rocas metamórficas.

Las rocas intrusivas están representadas por una mayor cantidad de cantos en relación con los restantes miembros. En dos muestras el número de cantos de rocas intrusivas se encuentran muy próximos al número de cantos de



cuarzo (687 y 697) y en la muestra No. 669 el número de cantos incluso es algo superior. En general las rocas intrusivas tienden a estar en mayor número que las efusivas aunque en algunas pocas muestras sucede lo contrario.

TABLA XXII

Muestra	Rocas Intrusivas	Rocas Metamórficas + cuarzo	Rocas Sedimentarias
697	20,8	66,5	12,7
693	6,4	74,2	19,4
688	13,9	54,4	31,7
687	17,5	54,7	27,8
684	1,0	66,0	33,0
682	5,6	51,2	43,2
681	4,0	48,3	47,7
680	7,0	51,0	42,0
678	2,0	66,0	32,0
677	17,0	48,0	45,0
672	3,4	59,1	37,5
669	26,9	53,1	20,0

Proporción entre los cantos de las rocas intrusivas, metamórficas más cuarzo, y sedimentarias. Valores expresados en o/o.

En relación con el cuarzo las rocas metamórficas son las más abundantes. A excepción de la muestra No. 693 en todas las demás las rocas metamórficas son más abundantes que el cuarzo. En ellas se registran valores sumamente altos como en la muestra No. 678 (con un índice de 22,7 o/o) lo que representa que se encuentran en una cantidad superior al doble de la del cuarzo. Si las rocas metamórficas se comparan con las sedimentarias también las primeras se encuentran en mayor cantidad que ellas.

Las rocas sedimentarias continúan representadas exclusivamente por las liditas y cherts. Las liditas tienen una evolución particular. Empiezan con valores pequeños inferiores al cuarzo y aumentan considerablemente hasta la muestra 681 donde alcanza una cantidad superior al doble del cuarzo (índice de 29,7 o/o) para luego disminuir completamente hasta la muestra No. 697 donde quedan reducidas a menos de la mitad (índice 76,8 o/o). Los cherts aún se encuentran en menor proporción que las liditas. La muestra No. 680 es la que se encuentra más próxima al cuarzo (índice de 51,3 o/o) y solo en las muestras Nos. 672 y 693 los cherts son más numerosos que las liditas y aún esta diferencia es muy pequeña.

Las proporciones entre cantos, arenas y lutitas reflejan los caracteres del valor medio del grano y principalmente de las condiciones de sedimentación. En la parte inferior del miembro la escasa presencia de cantos da lugar a que la fracción arena alcance valores muy altos de 89 o/o y 84 o/o en las muestras Nos. 671 y 673 respectivamente. En los lentejones de gravas la fracción cantos aumenta bastante como en la muestra No. 672 donde alcanza un porcentaje de 78 o/o. Desde la muestra No. 677 hasta la No. 687, que en conjunto corresponden a los bancos con una sedimentación de tipo torrencial, predomina la fracción cantos con valores que oscilan entre 61 o/o y 82 o/o. La parte superior