

ción Cimarrona se trata sin duda de un error en la escritura ya que el nombre correcto y que figura en los mapas topográficos del Instituto Geográfico «Agustín Codazzi» es Cimarrona.

A juzgar por el espesor y las características que Washburne & White atribuyen a la Formación Cimarrona, ésta se refiere a lo que en este trabajo se llama Miembro La Primavera, es decir, el techo de lo que se va a considerar Formación Cimarrona. En este sentido se dá al final una redefinición de la Formación Cimarrona.

MIEMBRO LA FRÍA

1) *La sucesión litológica.*—La parte inferior de la Formación Cimarrona consta de una serie predominantemente detrítica a la que se da el nombre de Miembro La Fría, tomado de la Quebrada La Fría afluente del Río Seco al E de la población de Honda. Como sección tipo se describe la sucesión que se presenta por la carretera de Honda-Guaduas. Esta sección es sin duda la más completa dentro de la región estudiada y presenta la ventaja de ofrecer un afloramiento prácticamente continuo y limpio. Sin embargo, en esta sección no aparece la base de este miembro por la existencia de la falla de Cambrás y la presencia de unos derrubios de pendiente. En la Quebrada La Fría a 1 km al N. de esta sección puede observarse el contacto con el nivel lutítico inferior. De la comparación entre la base de la serie obtenida por la carretera de Honda-Guaduas y la que se observa en la Quebrada La Fría, se deduce que en la sección tipo faltan escasamente unos 5 m. La sucesión litológica detallada (lámina 1) permite reconocer en el Miembro La Fría dos partes bien distintas por sus caracteres litológicos. La parte basal con una potencia de unos 72 m, en la que abundan las intercalaciones lutíticas, y la parte superior, formada casi exclusivamente por arenitas y gravas, con un espesor de 86 m. La sucesión empieza con una alternancia de arenitas con gravas arenosas generalmente en bancos de 0,50 a 1 m. Bastante cerca de la base empiezan ya las intercalaciones lutíticas aún con pequeñas intercalaciones de arenitas en bancos pequeños de 1 a 15 cm. A partir de aquí los niveles propiamente lutíticos van aumentando tanto en espesor como en frecuencia, alcanzando un banco una potencia de 8 m. Este predominio de material fino viene interrumpido hacia la parte superior de este nivel basal por un banco masivo de 14 m de gravas arenosas sin estratificación. Esta parte de la sucesión termina con un conjunto predominantemente lutítico con algunas intercalaciones de arenitas en bancos de 20 a 25 cm.

En esta parte de la columna, entre la muestra 47 y la muestra 51, existe una ligera mecanización del banco de gravas arenosas que no permite ver su base. Prácticamente es imposible establecer el espesor de la sucesión que se pierde, pero en relación con las otras secciones no representa más de unos 2 m. A partir de aquí la litología cambia radicalmente, desapareciendo los niveles finos que quedan así restringidos casi exclusivamente a los interbancos que separan los bancos detríticos formados principalmente de gravas arenosas. Aparte de los interbancos, cuando se presentan los niveles finos alternan con bancos de arenitas, siempre con predominio de estas últimas tanto en espesor como en número. En estos casos las lutitas que alternan con las arenitas forman una unidad bien separada y con límites nítidos en relación con los bancos detríticos, los cuales son más masivos y uniformes. La fotografía 2 muestra precisamente la uni-

dad situada entre las muestras número 65 a 72. Estas alternancias se repiten varias veces dentro de esta parte de la sucesión. Los bancos de lutitas no alcanzan en ningún momento un espesor superior a los 30 cm. En esta parte algunos de los bancos masivos de gravas y arenitas tienden a individualizarse en capas o bancos más pequeños; sin embargo estos no se mantienen constantes y suelen perder este carácter para pasar lateralmente a una masa uniforme sin indicios de estratificación. Caba señalar que entre estos bancos que tienden a individualizarse nunca se encuentra material tan fino como el de los interbancos. Especialmente en estos últimos, formados por lutitas negras a veces con indicios de laminación, pero que no llegan a constituir un verdadero shale, se encuentran capitas de yeso y costras ferruginosas que pueden alcanzar hasta 4 cm de espesor.

Variación del espesor de los bancos.—Evidentemente se han realizado numerosos intentos para establecer una nomenclatura dividiendo los estratos en bancos, capas, etc., de acuerdo con el espesor que presentan (Lombard, 1956). Todas las clasificaciones que se pretendan en este sentido serán siempre, convencionales. Para evitar interpretaciones indebidas se ha utilizado una gráfica en la que se representan los espesores reales.

El espesor de los bancos es también otra de las características que permiten separar en el Miembro La Fría dos partes al igual que sucede con la presencia de niveles lutíticos. Hacia la base de este miembro la curva del espesor de bancos está representada por una línea quebrada, con pocas oscilaciones, que se mantiene de una manera constante entre los 2 y los 40 cm. Debido a la magnitud de la escala no se pueden representar cada uno de los bancos e interbancos, pero por término medio son más gruesas las capitas de arenitas. Estas al mismo tiempo no presentan un espesor constante a lo largo de la misma capa sino que tienden a veces a disminuir por acuñaamiento. Hacia el techo de la parte basal del Miembro La Fría el espesor de los bancos aumenta notablemente y se alcanza el valor más alto de toda la sucesión (14 m). Al pasar al conjunto en el que predominan los niveles francamente detríticos la gráfica tiene un carácter particular y pone en evidencia la presencia de conjuntos, en los que alternan lajitas de arenitas con lutitas, cuyos espesores oscilan entre 50 cm y los 2 m, que alternan con bancos masivos mucho más detríticos. En estos paquetes o unidades más finas la curva es quebrada y con valores pequeños no superiores a los 50 cm. Estos puntos de la curva están separados por unas puntas o máximos que corresponden a los bancos masivos. En cuanto a la distribución de los espesores máximos dentro del conjunto de la sucesión no se observa ninguna otra disposición particular. La sucesión termina con dos bancos masivos bien separados, de 4,50 a 5 m respectivamente.

Variación del grano medio.—En la lámina 2 está representada la variación del grano medio a lo largo de la sucesión correspondiente al Miembro La Fría. En este trabajo se utilizan las escalas, límites y nomenclatura de Wentworth. Para la determinación de los agregados sedimentarios se emplea la clasificación basada en el conocimiento de los cuartiles Q_3 y Q_1 respectivamente (Pettijohn, 1957).

La mayoría de las intercalaciones lutíticas no se han tenido en cuenta al establecer la gráfica toda vez que no se han realizado mediciones por debajo del límite 1/16 mm. Sin embargo, para no dejar la gráfica interrumpida se han

representado en línea de trazos y tiene por estos motivos, un valor simplemente tentativo y aproximado.

El valor del grano medio se ha obtenido normalmente por tamizaje. No obstante, en aquellas muestras que por su compacidad la disgregación introduciría errores en el tamizaje, debido a la rotura de los granos, se ha calculado el valor del grano medio al microscopio empleando el método de Krumbein (1935). A pesar de que los valores del grano medio obtenido por tamizaje y por microscopio son perfectamente comparables, en las gráficas se ha indicado el método seguido en cada muestra.

No se va a insistir aquí sobre los errores inherentes a los métodos, los cuales han sido tratados muchas veces y con carácter más particular por Julivert (1962 a).

La muestra de grano grueso y los gránulos, que podían presentar un error importante en el valor del grano medio y especialmente en el valor del tamaño máximo del grano, son poco compactos y pueden disgregarse sin peligro de rotura de los granos.

La base del Miembro La Fría empieza con unos valores del grano medio bastante elevados que se sitúan en la parte inferior de los cantos y en el límite de los gránulos con la arena muy gruesa. A partir de la muestra 17 la gráfica de variación del grano medio viene representada por una línea quebrada. La presencia de un paquete de sedimentos en el que las arenitas dispuestas en bancos de 1 a 15 cm, alternan con bancos de lutitas, con un espesor algo superior al de las arenitas, da lugar a que la curva presente una oscilación que va desde los limos hasta la arena de grano medio. Todas las capas de arenitas presentan un valor de la mediana situado dentro de la arena de grano medio. Una sola muestra, la número 24, presenta un valor colocado en el límite de la arena de grano medio y la arena gruesa. Estas características vienen interrumpidas por la presencia de un banco de gravas arenosas que hace desplazar la curva hacia los valores altos (3,350 mm en la muestra 19). A partir de la muestra 26 la serie se hace muy fina y todas las muestras presentan un grano extremadamente fino que está en el límite entre la arena muy fina y el limo. A veces se trata de lutitas con algunos granos de cuarzo. Después de la muestra número 31 sigue un importante nivel fino y la sucesión continúa bajo estas mismas características hasta el contacto con el conjunto superior de este miembro. Sin embargo existe una brusca interrupción causada por una masa de gravas arenosas que hacen desplazar bruscamente la curva hacia los cantos alcanzando la mediana valores de 4,500 mm (muestra 34), 5,200 mm (muestra 36) y 3,000 mm (muestra 37).

En la parte superior del Miembro La Fría se observa prácticamente en todas las muestras un valor de la mediana hacia los valores altos, de tal manera que muy pocas muestras de arenitas se sitúan por debajo de la arena de grano medio. La variación amplia y casi siempre brusca que se observa en el valor del grano medio, se debe en parte a que se han tenido en cuenta los interbancos casi siempre lutíticos, aunque estos sean de pequeño espesor. En realidad estos sedimentos tienen un valor y deben ser considerados toda vez que representan una interrupción dentro de las condiciones más o menos homogéneas y constantes en que se sedimentaron los bancos masivos de arenitas y gra-

vas. En muy pocas ocasiones estas variaciones se encuentran dentro de un mismo banco. En este sentido merecen señalarse las variaciones bruscas que se encuentran al pasar de la muestra 55 a la muestra 57, que se trata de un verdadero limo y de ésta a la muestra 58 (4,450 mm) y 59 (0,182 mm). Estas variaciones están en relación con dos hechos importantes: las estructuras que se presentan en el interior del banco y las variaciones rápidas y bruscas en sentido vertical. Las estructuras corresponden a cambios laterales de facies a pequeña escala; aparición de estratificación cruzada y ripple-marks. De ellas se tratará ampliamente más adelante. Otro de los cambios bruscos que se observa en el valor de la mediana se presenta al pasar de un banco a otro aunque no exista ningún interbanco. Tal es el caso del valor de la mediana en las muestras 58 y 59. Sin embargo este caso no es frecuente y no se ha observado en ninguna otra parte de la sucesión, por lo menos tan acentuado. Pero sí son frecuentes los saltos de la arena media a la arena de grano muy grueso y aún gránulos.

En algunos bancos el aumento del valor del grano medio desde el muro hasta el techo no puede interpretarse como la existencia de un graded-bedding invertido o una polaridad negativa en el sentido de Lombard (1956); este hecho está en relación con la presencia de estratificación cruzada.

Entre las muestras 61 y 62 se observa una repetición de franjas detríticas en la que los granos grandes se encuentran hacia el techo de la franja. Estas variaciones no se han podido representar en la gráfica por el tamaño de la escala; de ellas se hablará al tratar de las estructuras.

A medida que nos acercamos hacia la parte superior de la sucesión nos encontramos con valores de grano medio que alcanzan la arena muy gruesa e incluso los gránulos (muestras 64 y 70; 72 y 82; 84 y 94) separados por otros que se mantienen dentro de la arena media y gruesa (muestras 66 y 68; 73 y 80; 85 y 89). La curva tiende a dibujar una alternancia de estos valores. Esto está en relación con la disposición de los bancos. Los valores altos del grano medio corresponden a los bancos de gravas arenosas que están separados por arenitas generalmente de grano medio a fino que alternan con lutitas.

En algunos casos, como sucede en las muestras 67 y 68, dentro de estos conjuntos más finos, en los que alternan los pequeños bancos de arenitas con lutitas, en cada banco de arenita se tiende a observar un aumento proporcional del valor del grano medio desde el muro al techo.

La sucesión termina con valores de la mediana que oscilan desde el grano medio a cantos (16,250 mm) y a gránulos (2,200 mm) respectivamente.

En el Miembro La Fría la variación del grano medio permite separar perfectamente una parte basal en la que predominan los términos finos de tipo lutita con pasos a una arenita de grano muy fino, con intercalaciones de arenitas de grano medio. Son raros los valores del grano medio por encima de la arena media. La parte superior del mismo miembro contrasta con la anterior tanto por los valores altos del grano medio como por presentar esta tendencia a la alternancia de valores altos con valores comprendidos entre la lutita y la arena de grano medio.

Otra característica que llama la atención es la correlación positiva que existe entre los espesores de los bancos y el valor del grano medio. Esto está prin-

cialmente en relación con los bancos de arenitas y gravas. Esta relación se observa en la lámina 2 al comparar las dos gráficas: valor del grano medio con el espesor de los bancos.

4) *Variación del tamaño máximo del grano.*—A lo largo de la serie del Miembro La Fría se ha analizado también la variación del tamaño máximo del grano. Estos resultados son siempre más importantes cuando se han realizado sobre un material homogéneo, con lo cual se eliminan las interferencias que pueden causar las diferentes naturalezas litológicas del grano. En el caso del Miembro La Fría y en conjunto la Formación Cimarrona, casi todos los granos tienen la misma resistencia y son de naturaleza silíceas. La variación gráfica se ha calculado exclusivamente con los granos de cuarzo.

También en este carácter se pueden reconocer dos partes dentro del Miembro La Fría. La basal con un tamaño de grano que se mantiene casi siempre por debajo de 1 cm; muy raramente se observan valores altos como en las muestras 19, 36 y 37 con granos cuyo diámetro oscila alrededor de 9 cm. Precisamente estas muestras corresponden también a las que tienen los valores más altos de la mediana. En la parte más alta de la sucesión se encuentran los valores altos, estos en su mayoría se distribuyen entre los 4 y 9 cm, el tamaño máximo corresponde a 13 cm (muestra 87). Aquí ya no existe en realidad una correspondencia con los valores de la mediana. Así, por ejemplo, al valor máximo de 13 cm corresponde una mediana de 1,175 mm. Lo mismo sucede con las muestras que presentan los valores más altos del grano medio y en las que el tamaño máximo del grano es solo de 9 cm (muestra 130), 11,3 cm (muestra 58), 10,2 cm (muestra 55), etc. En estos casos se pone en evidencia una marcada asimetría en la que predomina la fracción gruesa sobre la fracción fina.

5) *Calibrado y asimetría de las arenas y gravas* (*).—Aunque no se incluye ninguna gráfica con el trazado de las curvas acumulativas, se ha calculado el calibrado y la asimetría de algunas muestras de arenas y gravas. En este sentido no se ha encontrado ninguna variación significativa a lo largo del Miembro La Fría y se ha prescindido de adjuntar una gráfica junto a la columna estratigráfica. Sin embargo, en la figura 18 se da una comparación de los índices de calibrado y asimetría entre el Miembro La Fría y el Miembro La Primavera. Parece que las arenas en general tienden a presentar una menor asimetría que las gravas. La amplitud de variación de estos valores es también menor en las arenas.

En general los valores del índice de asimetría se agrupan alrededor de 1. De 18 muestras, 9 presentan una asimetría superior a la unidad alcanzando un valor máximo de 2,32 lo que indica la fuerte influencia de la fracción gruesa sobre la fina. Las 9 muestras restantes presentan todas un valor por debajo de la unidad. En este caso no se observa que la asimetría predomine en un sentido determinado.

Respecto al calibrado se observa que las gravas tienen una tendencia ge-

(*) El índice de calibrado y el de asimetría se han calculado a partir de los cuartiles Q_1 y Q_3 de acuerdo con las fórmulas

$$\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}} \text{ y } \frac{Q_1 \times Q_3}{Md^2} \text{ respectivamente.}$$

neral a presentar un mejor calibrado que las arenas. La amplitud de variación de este índice es también más amplio para las primeras. La mayoría de las muestras presentan valores inferiores a 2,5 lo que indicaría un calibrado bueno según la escala de Trask (1932) (*). Los valores más altos corresponden a 3,80, 3,67 y 3,47 (muestras 72, 83, 131) y se encuentran aún dentro de un sedimento con calibrado normal, pero acercándose al límite de los sedimentos mal calibrados. En las muestras que corresponden a los bancos en que se presenta estratificación cruzada se ha obtenido un valor del índice de calibrado que oscila alrededor de 2,3, lo que indica la escasa importancia de este tipo de estratificación.

6) *Composición de las gravas; texturas y estructuras.*—Como ya se ha indicado al tratar de la sucesión litológica, las gravas y gravas arenosas se encuentran localizadas en la parte superior del Miembro La Fría, a excepción de los dos bancos que se encuentran hacia la base. Las gravas son ortocuarcíticas (oligomícticas) en el sentido de Pettijohn (1957). Todos los componentes de la fracción gravas, incluyendo aquí también los gránulos de Wentworth (gravas comprendidas entre 2 y 4 mm), son químicamente inertes y muy resistentes al desgaste. Ellos son cuarzo, lidita y chert de color blanco muy próximo a la porcelanita. Solo en algunos bancos aislados de la parte basal de la serie, y en forma esporádica, se presentan pequeños cantos limoníticos y de arenitas, siempre con un porcentaje muy bajo que en conjunto no llega al 3%. De su composición se deduce que se trata de gravas completamente maduras.

La proporción entre los principales tipos de cantos nos revela que los más abundantes son los de cuarzo y siempre se encuentran en una proporción superior al 70%. Las porcelanitas y las liditas se encuentran prácticamente en la misma proporción, quizás el porcentaje es algo más elevado para las porcelanitas, aunque nunca alcanzan los valores superiores al 15%.

Uno de los hechos que llama la atención es la fragilidad que presentan los cantos, principalmente los de lidita. Esto dificulta naturalmente no solo el tamizado de la muestra, sino también el poder establecer las proporciones entre los componentes y a veces obliga a repetir varias veces una misma muestra. Sobre este carácter se insistirá de nuevo al tratar de los medios de sedimentación.

Teniendo presente que los cantos de cuarzo son los más abundantes y que se encuentran repartidos en toda la sucesión estratigráfica de la Formación Cimarrona, se han utilizado para estudiar el desgaste. Este se ha calculado de acuerdo con el método de Krumbein (1941). Para las diferentes clases de desgaste que varían entre angular y bien redondeado se han adaptado los límites propuestos por Pettijohn (1957, pp. 59 tabla 16). El número de cantos estudiados fue de 100 para cada muestra, tomados al azar, de tal manera que en ella estuvieran representados todos los tamaños. Se han observado que no hay ninguna variación del valor del desgaste en relación con el tamaño. Los valores medios oscilan entre 0,59 y 0,69. Corresponden por lo tanto a cantos comprendidos dentro de los redondeados y bien redondeados, incluso se agrupan entre estos últimos un mayor número de muestras (figura 19). Los cantos de lidita presentan un desgaste ligeramente más elevado que el de las porcelanitas, en ra-

(*) Datos tomados de Pettijohn, 1957.

zón de la laminación que presentan estas últimas; lo que condiciona la aparición de un mayor número de ángulos e influye como veremos en la forma definitiva que presentan los cantos. Dado el número poco elevado de los cantos de liditas no se han calculado sus valores por separado en cada una de las muestras, pero ellos se mantienen dentro de los cantos redondeados.

Para la forma de los cantos se ha calculado la esfericidad siguiendo el método de Krumbein (1941) y adaptando la relación de sus índices a las cuatro formas determinadas por Zingg (Krumbein, 1941). Al igual que para el desgaste, la forma y la esfericidad se ha calculado únicamente tomando todos los cantos en conjunto, sin calcular por separado los correspondientes a las liditas y porcelanitas. En la figura 9 se puede ver el valor promedio de la esfericidad de cada muestra y su localización en relación con las cuatro formas según la clasificación de Zingg. En primer lugar cabe señalar que todas las muestras presentan valores de la esfericidad comprendidos entre 0,7 y 0,8. Tan solo dos valores quedan ligeramente por debajo (muestras 83 y 94).

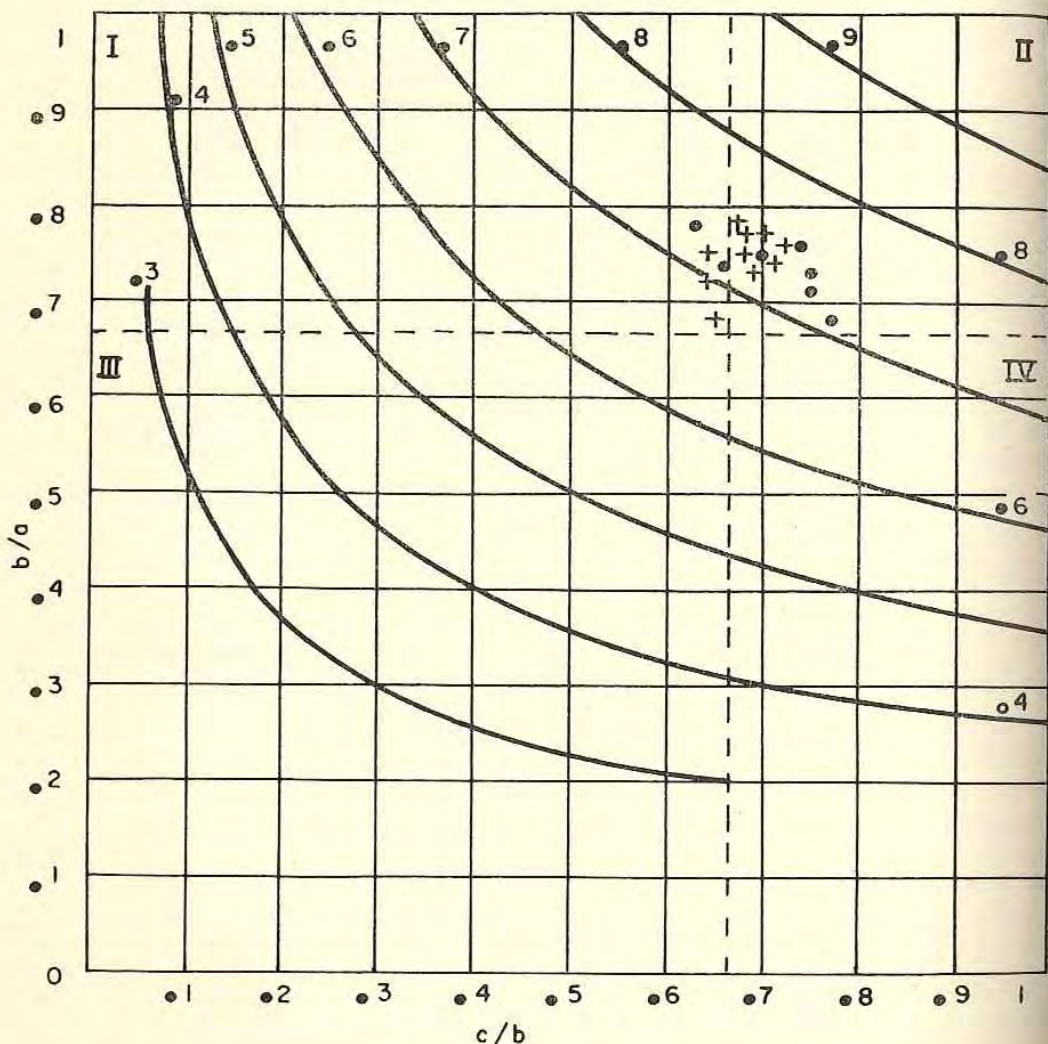


FIGURA 9.—Comparación de la esfericidad y forma de los cantos en la Formación Cimarrona. Miembro La Fría +; Miembro La Primavera o.

La misma figura 9 señala la forma que tienen los cantos tomando la muestra como un solo conjunto, representado por su valor medio. La mayoría de las muestras nos indican que en general los cantos tienen una forma que tiende a la esférica. Solo en tres muestras los valores medios caen dentro de las formas discoidales, pero muy próximos al límite del dominio de los esféricos y laminares. Estas muestras coinciden precisamente con las que tienen un porcentaje más elevado de cantos de porcelanita, los cuales tienden a formar cantos de forma discoidal o laminar en virtud de su estructura. Sin embargo, no es posible que su pequeña proporción tenga una influencia tan notable sobre la mayoría de los cantos que son de cuarzo. Existen también en todas las muestras cantos de cuarzo cuya forma es discoidal, laminar y aún prismática.

Las proporciones entre las cuatro clases de cantos en cada muestra están calculados en la siguiente tabla:

TABLA I

Muestra	Tabulares	Esféricos	Laminares	Prismáticos
132	39	36	7	18
131	50	21	20	9
94	45	35	14	6
89	13	38	7	42
87	35	43	3	19
84	39	36	6	19
85	19	47	11	23
72	35	41	2	22
70	40	38	10	12
61	42	32	5	21
51	37	40	12	11

Formas de los cantos en el Miembro la Fría. Valores expresados en o/o.

Tanto para el desgaste como para la esfericidad y la forma de los cantos no se ha observado ninguna variación importante dentro de la sucesión estratigráfica.

La proporción entre los principales componentes que determinan las gravas, es decir, cantos, arenas y lutitas (Tabla II y figura 10) da una idea de la relación framework/voids y de las características en relación con el lavado. En líneas generales existe una proporción bastante equilibrada entre los cantos y las arenas. Sus valores oscilan alrededor del 50 o/o. De 18 muestras tomadas al azar, 11 presentan un predominio de los cantos. Excepto en un caso en el que las gravas alcanzan un valor de 79,8 o/o, los cantos están muy separados entre sí y sus espacios están ocupados por arena y lutita. Un caso extremo, en el otro sentido, se presenta en la muestra 101 donde los cantos se encuentran esparcidos dentro de una masa de arena (72,7 o/o) y aún una exageración en este sentido representan las muestras 106 y 107. La fracción más fina, lutita, se encuentra en una proporción muy pequeña. El máximo valor sólo alcanza el 11 o/o.

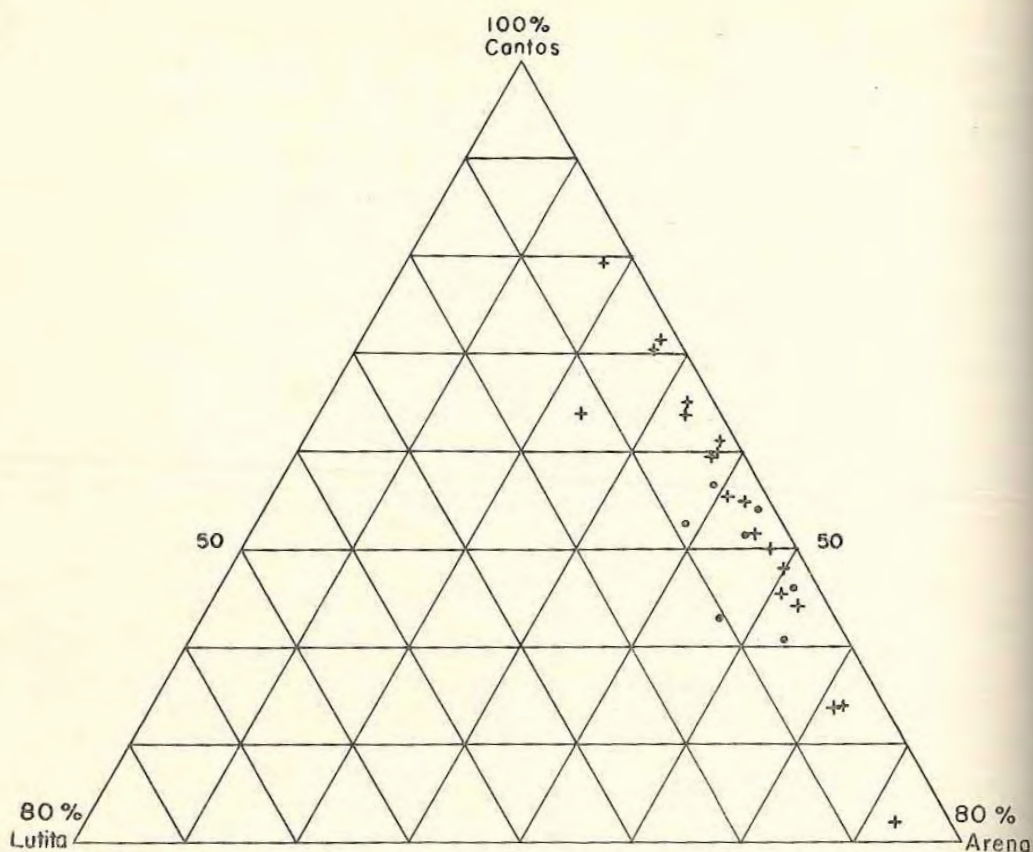


FIGURA 10.—Proporción de cantos, arena y lutita en varias muestras de los Miembros La Fría + y La Primavera o (Formación Cimarrona).

TABLA II

Muestra	Cantos	Arena	Lutita
132	55,3	40,3	4,4
131	54,8	43,0	2,2
130	79,8	17,8	3,4
101	22,0	72,7	5,3
	61,0	37,0	2,0
89	44,0	52,0	4,0
87	45,5	50,8	4,7
84	33,7	61,6	4,6
83	33,7	65,0	1,3
82	51,5	45,3	3,2
72	50,0	47,7	2,3
70	63,8	33,8	2,4
61	71,3	26,7	3,0
58	70,5	26,4	3,1
51	47,7	40,7	1,6
	63,8	33,0	3,2
34	64,8	32,6	3,6
37	59,7	37,1	3,2

Proporción de cantos, arena y lutita (limo + arcilla) en las gravas del Miembro La Fría.
Valores expresados en o/o.

A través de la sucesión estratigráfica no se puede apreciar ninguna variación ordenada en ningún sentido, especialmente dentro de la parte superior del Miembro La Fría en la que predominan los niveles de grano más grueso.

En cuanto a las estructuras se destacan en orden de importancia los cambios laterales, la estratificación cruzada y los ritmos. Los cambios laterales son generalmente bruscos y se dan entre los sedimentos arenosos y las gravas. Su amplitud puede alcanzar hasta 2 m en espesor. Estas estructuras se sitúan hacia el muro de la parte detrítica de este miembro y se encuentran en íntima relación con los valores altos de la mediana. Al mismo tiempo estos cambios laterales hacen variar enormemente y en poca distancia el valor del grano medio. De tal manera que difícilmente estas zonas pueden considerarse homogéneas en relación con el tamaño del grano.

La estratificación cruzada aparece también en los primeros bancos de la parte superior del Miembro La Fría. El espesor de la estratificación cruzada varía alrededor de 1 m. Su presencia está también relacionada con el alto valor del grano medio y es consecuencia de las variaciones del tamaño del grano tanto dentro del mismo banco como en relación con los bancos inmediatos.

La relación existente entre la presencia de estas estructuras con las notables variaciones del grano medio y sus altos valores, son indicio del medio agitado en que se depositaron. La presencia de estas estructuras no se observa en el resto de la sucesión por lo menos en una forma notable, aunque sí se conserva en general la brusca oscilación del valor de la mediana.

Otra estructura próxima es la estratificación oblicua. En ella pueden verse una serie de láminas oblicuas situadas entre dos bancos. Estas láminas oblicuas quedan cortadas en su parte superior.

También es frecuente la aparición de una capa, lenticular o no, de grano muy fino, a veces situado en el límite entre la arena muy fina y un limo compacto, englobado dentro de una masa de arena muy gruesa y aún una grava arenosa. Menos frecuentes son los casos en que se observa como en una masa homogénea de arenas y gravas, sin indicios de estratificación, empieza a notarse, ya sea en el muro o en el techo del banco, una tendencia a individualizarse progresivamente en bancos. Esta individualización en bancos suele ir acompañada de un cambio gradual en el tamaño del grano. En la fotografía 5 se observa como la individualización en bancos va ligada a una disminución del tamaño del grano. A veces no llegan a desaparecer por completo los cantos o quedan reunidos formando un pequeño lecho como indica la misma fotografía. El límite superior suele ser en estos casos muy nítido y brusco pasando de nuevo a un grano grueso, en este caso a una grava arenosa.

Un caso de polaridad inversa se ha observado en todos los bancos que alternan con lutitas y cuyo conjunto está intercalado entre dos bancos masivos de carácter más detrítico. El muro de cada banco de arenitas es de grano medio, el cual aumenta progresivamente hasta el techo donde llegan a encontrarse cantos de 10 mm tanto de cuarzo como de lidita. Se produce así una polaridad inversa en cada banco que viene interrumpida por la presencia de los interbancos lutíticos. (Fotografía 10).

Finalmente dentro de las estructuras cabe citar la que se presenta en la

fotografía 6. En la base del banco aparecen unas láminas con tendencia a la estratificación oblicua. Ahora bien, en estas láminas se distinguen perfectamente dos unidades desde el punto de vista granulométrico. La base que es de grano pequeño, en la que tienden a aumentar progresivamente los granos gruesos dentro del material fino, y el techo donde predomina definitivamente el grano grueso. Este tipo de gradación correspondería al señalado por Pettijohn (1957, figura 59 B) solo que en este caso se trata de una polaridad inversa y no de un graded-bedding. En consecuencia la superposición de varias unidades da lugar a una serie de lechos o ritmos. El paso de un lecho a otro puede ser gradual o más o menos brusco. El tamaño del grano grueso que puede llegar hasta 2 y 4 cm aumenta hacia el techo del banco y en este mismo sentido disminuye el espesor del ritmo que hacia el muro es de 25-30 cm.

7) *Caracteres petrográficos de las arenitas.*—Para la nomenclatura y clasificación de las arenitas se ha seguido la de Pettijohn (1957). Las arenitas del Miembro La Fría corresponden en su mayoría a subgrauvacas, con algunas intercalaciones de ortocuarcitas.

Estas subgrauvacas están compuestas por cuarzo, chert (incluyendo lidita y otros tipos de chert, principalmente de tipo porcelanita) y fragmentos de roca. Los feldespatos son muy raros. La proporción entre estos elementos principales se ha dado en la figura 11 en forma de un diagrama triangular y los porcentajes completos figuran en la Tabla III. Como se ve en la figura 11 la

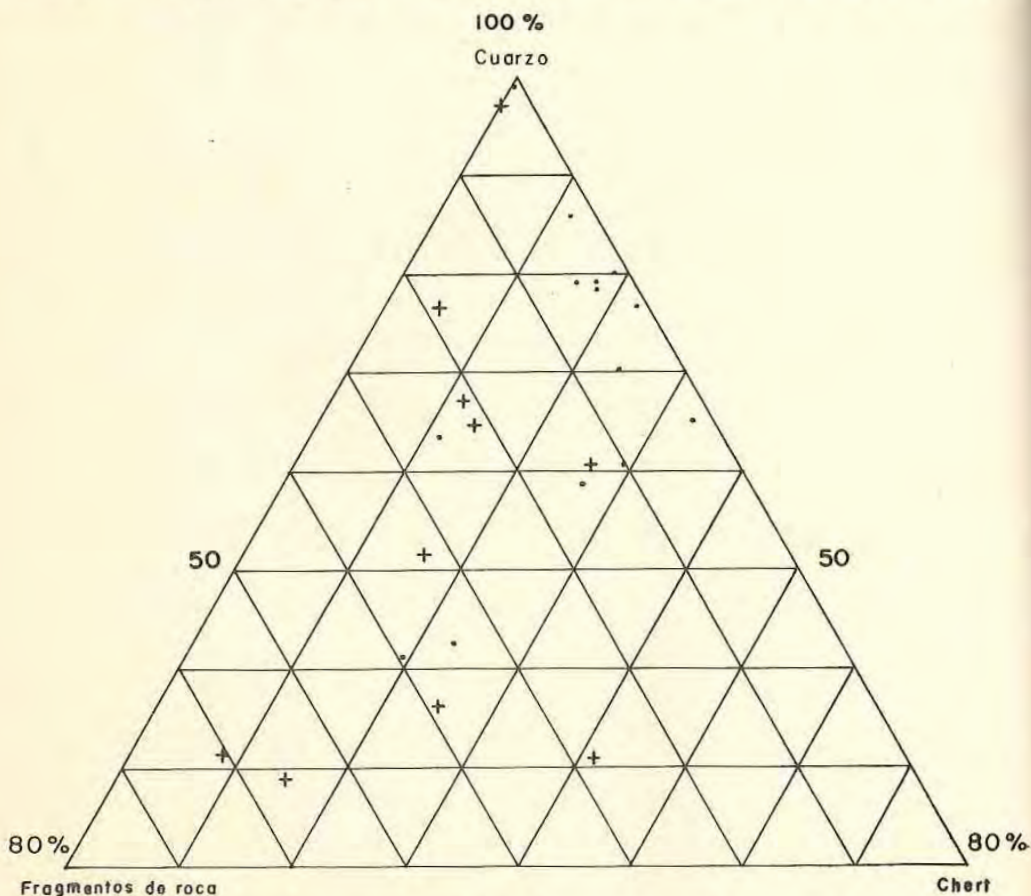


FIGURA 11.—Proporción de cuarzo, chert y fragmentos de roca en las arenitas de los Miembros La Fría + y La Primavera o (Formación Cimarrona).

proporción de cuarzo se mantiene siempre por debajo del 75 %. Exceptuando la muestra 68 que corresponde ya a una ortocuarcita en la que la fracción grano está formada íntegramente por cuarzo (97,3 %), con solo un 2,7 % de fragmentos de roca. Los porcentajes más bajos de cuarzo corresponden a las muestras 53, 62 y 116 con valores que oscilan entre 28,9 % y 31,4 %. En estas muestras los valores máximos corresponden a los fragmentos de rocas con valores de 60,4 %, 21,3 % y 56,2 % respectivamente. Los fragmentos de roca son generalmente fragmentos de arenitas y esquistos; estos últimos en muy poca cantidad.

TABLA III

Muestra	Cuarzo	Chert	Fragmentos de roca
116	28,9	14,7	56,4
112	36,2	24,9	38,9
106	67,2	11,6	21,2
68	93,7	4,6	2,7
66	64,8	13,9	21,3
62	31,1	41,1	27,8
59	60,5	26,4	13,1
57	51,5	15,8	32,7
53	31,4	8,2	60,4

Proporción de cuarzo, chert y fragmentos de roca en las arenitas del Miembro La Fría. Valores expresados en %.

Una de las características petrográficas más importantes de estas arenitas es la presencia de cemento que puede ser de calcita, hierro o bien una mezcla de estos dos. En algunas muestras estos cementos están tan mezclados que resulta imposible conocer en que relación cuantitativa se encuentran. Aunque no se ha realizado un estudio completo de toda la sucesión, se han estudiado varias muestras. Entre los dos tipos de cemento que se encuentran en estas sub-grauvacas predomina siempre el cemento ferruginoso. En la Tabla VIII se dan los porcentajes completos entre la fracción detrítica y los cementos de hierro y calcita. La variación en la sucesión estratigráfica del Miembro La Fría puede verse en líneas generales en la figura 12. La cantidad de cemento ferruginoso varía entre 9,5 % (muestra 116) y 58,7 % (muestra 91). Se exceptúa naturalmente la costra ferruginosa (muestra 91) que en realidad toda la masa corresponde a un limo con multitud de granos casi exclusivamente de cuarzo, que se encuentran englobados en una masa de cemento de hierro como indica la fotografía 13. Los granos son todos ellos muy irregulares en su forma y presentan los bordes dentados.

A través de la sucesión se ha observado una tendencia general a la correlación positiva entre la cantidad de cemento calizo y el tamaño del grano, hecho que fue también señalado por Julivert (1962). Aquí se observa además que estos dos caracteres van ligados a la presencia de una estructura particular del cemento en la que los granos flotan dentro de una masa de calcita (muestras 57 y 59).

En la parte inferior de la sucesión se encuentra un conjunto de capas muy delgadas (1, 3 y 15 cm) que corresponden a las pocas ortocuarcitas que se encuentran dentro del Miembro La Fría. El cemento es ferruginoso y se encuentra en poca cantidad lo que contribuye a dar una textura cuarcítica.

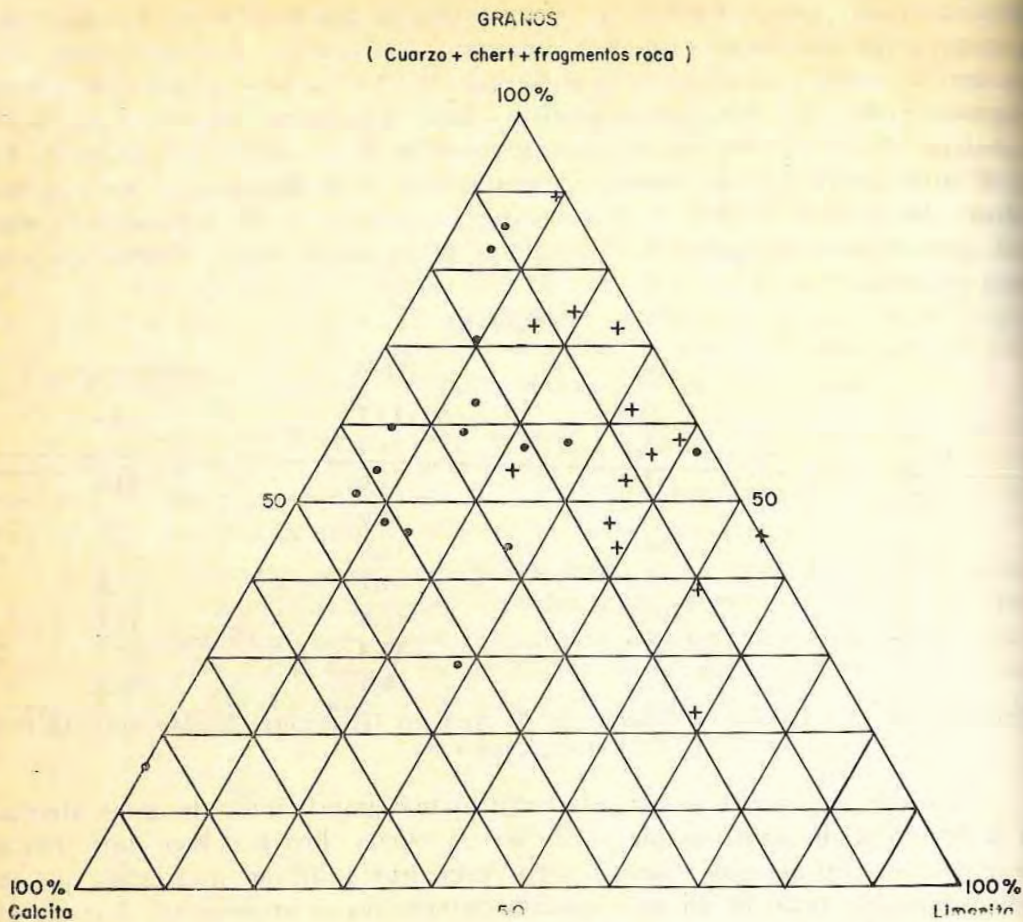


FIGURA 12.—Proporción de granos (cuarzo, chert y fragmentos de roca), calcita y limonita en las arenitas de los Miembros La Fría + y La Primavera \circ (Formación Cimarrona).

Casi todos los granos de cuarzo presentan corrosión. Algunos granos de cuarzo, con un alto grado de corrosión, se presentan como una masa esponjosa de pequeños fragmentos de cuarzo rodeados íntegramente por la calcita. Debido al grado de corrosión, los granos tienen actualmente una sección muy irregular, con bordes festoneados. La corrosión se manifiesta generalmente por una serie de bandas concéntricas de calcita, alrededor de los granos de cuarzo, con un grado de cristalización diferente al del resto del cemento, lo que permite reconstruir hasta cierto grado su forma primitiva. A veces, la corrosión afecta también a los granos de chert y a los fragmentos de roca de tipo arenitas cuarzosas. En algunas muestras (57 y 59) el cemento forma una textura de grandes cristales de calcita en la que cada uno presenta una extinción distinta que permite ver una separación nítida entre los distintos granos. El resultado es la formación de un verdadero mosaico de calcita. En este caso es frecuente que la calcita presente unas líneas de exfoliación muy nítidas. Todo parece indicar que la calcita ha reemplazado a los granos de cuarzo conservando su textura cuarcítica. La mayoría de estos caracteres han sido indicados también con anterioridad por Zamarreño de Julivert (1962) en la Arenisca de Labor de la Formación Guadalupe en la Sabana de Bogotá.

Entre las estructuras que presentan las arenitas se pueden distinguir una macroestructura y una estructura a escala microscópica. La primera se presenta hacia la parte superior de la sucesión y se localiza precisamente en aquellas arenitas que se disponen en bancos de pocos centímetros de espesor, separados entre sí por pequeños interbancos lutíticos y aún por arenitas de grano muy fino dispuestas en láminas. Se observan aquí una serie de estructuras conjuntas Capas o conjuntos de capas con las superficies onduladas; en algunos casos llegan a estrecharse tanto que quedan reducidas a la mitad de su espesor. Capas que se adelgazan en un sentido para presentar finalmente una terminación en cono. Dentro de los conjuntos de capas con superficie ondulada se aprecia también una estratificación oblicua (fotografía 7). Otro tipo de estructuras es la disminución del espesor de los bancos hacia el techo. Lateralmente se pueden fusionar varios bancos en uno solo, de tal manera que esta disminución del espesor de los bancos en sentido vertical se encuentra enmascarada (fotografías 7 y 8).

En los bancos de arenitas (muestras 68, 115 y 121) que se encuentran intercalados entre los bancos masivos fuertemente detríticos, se observa una estructura en láminas que varían entre 1 y 6 mm. Estas láminas corresponden a una estratificación cruzada a pequeña escala (fotografía 10). Aunque estas arenitas tienen un valor de la mediana que cae siempre dentro de un limo, presentan una alternancia de láminas con granos muy finos y láminas con granos más gruesos. No siempre las láminas claras y oscuras tienen una disposición paralela sino que son discontinuas (fotografía 10). Las láminas de color claro presentan el grano más grueso y una textura al mismo tiempo más cuarcítica, (fotografía 15). Las bandas o láminas de color oscuro son de grano mucho más fino, en general por debajo de 0,062 mm, dentro de una masa de cemento ferruginoso. La separación granulométrica entre dos láminas es brusca (fotografía 14).

Por último en aquellas muestras con mayor cantidad de cemento calcáreo suelen ir siempre acompañadas de abundantes fragmentos de fósiles.

8) *La relación framework/voids.*—Aunque no se ha realizado el estudio de todas las muestras ni se ha construido ninguna gráfica a este respecto, la relación framework/voids se puede deducir de las Tablas II y VIII. Aquí naturalmente se hace necesario tratar por separado las gravas arenosas de las arenitas por cuanto su relación se ha calculado de una manera distinta.

En las gravas arenosas se ha tomado como voids todas las partículas inferiores a 2 mm (Pettijohn 1957, pp. 243 y 245) y la relación framework/voids viene expresada en % de peso. En las arenitas que se ha podido obtener fácilmente una sección delgada, la misma relación viene expresada en % de volumen.

En la mayor parte de las gravas arenosas analizadas, los valores del framework tienen valores superiores al 50%. Tan solo en 5 muestras, entre un total de 17, se registran valores más bajos, aunque en general estos están próximos al 50%. La muestra 101 presenta un valor de 22% de framework y 78% de voids. En este caso nos encontramos con unos pocos cantos completamente dispersos en una masa arenosa. En sentido vertical no se encuentra ninguna variación marcada en la relación framework/voids. Parece que existe una tendencia a concentrarse los valores altos de framework en la parte infe-

rior de la sucesión. En este sentido el porcentaje de framework puede estar influido por el mayor tamaño de los cantos.

En las arenitas que son mucho más compactas predominan los espacios ocupados por el grano. Excepto en tres muestras (59, 91 y 106) todos los valores del framework están por encima del 50 %. En la muestra 59 a pesar de que los granos se encuentran flotando dentro de un cemento calcáreo, la relación entre los espacios ocupados por los granos y por los interespacios se mantiene bastante igual debido al tamaño que presentan los granos. En las muestras 91 y 106 los voids ocupan un 77,4% y 54,2% respectivamente. Aquí juegan un papel definitivo la gran cantidad de cemento ferruginoso por una parte; por otra, la disposición de este cemento en láminas que alternan con otras láminas formadas por un mayor número de granos, principalmente de cuarzo. Es decir, que el aumento de los interespacios en las arenitas está en relación con la estructura y con la espaciación de los granos que a veces se encuentran flotando en el cemento.

9) *Paleontología*.—La distribución estratigráfica de la fauna dentro de la Formación Cimarrona puede verse en la lámina 3. El carácter de la fauna, el medio ambiente y la edad se tratarán más adelante y considerando la Formación Cimarrona en su conjunto. Por lo tanto, aquí sólo se dará la lista de especies con su posición estratigráfica y se señalarán algunos caracteres importantes.

Como se indicó en el desarrollo histórico de la Formación Cimarrona la fauna citada hasta el momento es muy escasa y su posición estratigráfica insegura; por tanto nunca se ha publicado acompañada de una sucesión estratigráfica.

En su conjunto la fauna está representada por foraminíferos y ostrácosos que fueron determinados por el Dr. Sigal y el Dr. Apostoleuscu respectivamente. A pocos metros de la base del Miembro La Fría se han encontrado los primeros foraminíferos en una capa sin estratificación, de color blanco, bastante calcárea, con fragmentos de roca silícea (muestra 27). Todo parece indicar que se trata de unas capas silíceas bastante alteradas. De aquí se determinaron: *Gavelinella* cf. *brotzeni* Said & Kenay, *Reusella* cf. *R. (?) buliminoides* Brotzen, *Gümbelina costulata* (Cushman), *Gümbelina striata* (Ehr), *Gümbelina planata* Cushman, *Gümbelina* aff. *globulosa striatula* Marie, *Gümbelina moremani* Cushman, *Rugoglobigerina macrocephala ornata* Bronn, *Rugoglobigerina reicheli pustulata* Bronn, *Rugoglobigerina rugosa rugosa* (Plummer), *Rugoglobigerina pennyi* Bronn, *Trititella scotti* Bronn, *Globigerinella messinae messinae* Bronn, *Globigerinella* sp., *Globotruncana bulloides* Vogler, *Globotruncana bulloides* Vogler, *Globotruncana globigerinoides* Brotzen, *Globotruncana fornicata plummerae* Gand, *Globotruncana thalmani* Gand, *Siphogenerinoides bramlettei* Cushman, *Siphogenerinoides* sp., *Siphogenerinoides plummeri* Cushman, *Siphogenerinoides clarki* Cushman.

Casi todas las especies son ricas en individuos especialmente las correspondientes al género *Siphogenerinoides*. Señalamos que ya en la base de la Formación Cimarrona aparece *Siphogenerinoides bramlettei* por la importancia que se ha dado a esta especie.

En contacto con la fauna anterior se encuentran unas lutitas bastante oscuras que alternan con lutitas arenosas. Las lutitas contienen las siguientes es-

pecies (muestra 30): *Gavellinella* cf. *brotzeni* Said & Kenay, *Gümbelina moremani* Cushman, *Rugoglobigerina macrocephala ornata* Bronn, *Rugoglobigerina rugosa rugosa* (Plummer), *Globigerinella* sp., *Globotruncana fornicata ackermanni* Gand, *Globotruncana fornicata* Plummer, *Siphogenerinoides plummeri* Cushman, *Siphogenerinoides* sp., *Siphogenerinoides clarki* Cushman, *Cytherella* sp.

La fauna naturalmente es casi idéntica a la anterior pero más pobre en especies.

Las lutitas arenosas, amarillentas con que termina el conjunto inferior del Miembro La Fría han suministrado una fauna bastante rica, con la aparición de varios géneros de ostrácodos (muestra 42). En estas capas son frecuentes los moldes de lamelibranquios y fragmentos de equinodermos: *Textularia semicomplanata* Carsey, *Gaudryina* aff. *quadrans* Cushman, *Astacolus pseudomarcki* (Cushman), *Astacolus* sp., *Discorbis* sp., *Gavellinella* cf. *planulina texana* Cushman, *Planulina multipunctata* Bandy, *Cibicides* aff. *harperi* (Sand), *Gümbelina costulata* (Cushman), *Gümbelina striata* (Ehr), *Gümbelina moremani* Cushman, *Gümbelina reussi* Cushman, *Rugoglobigerina reicheli pustulata* Bronn, *Rugoglobigerina rugosa rugosa* (Plummer), *Rugoglobigerina* aff. *hexacamerata subhexacamerata* Gand, *Globigerinella* sp., *Globotruncana bulloides* Vogler, *Globotruncana fornicata cesarensis* Gand, *Globotruncana* cf. *ventricosa* (White), *Siphogenerinoides bramlettei* Cushman, *Siphogenerinoides* aff. *dentata* Chen, *Siphogenerinoides parva* Cushman, *Cytherella* sp., *Cythereis*, *Veenia*?, *Paracyprisi*, *Cytherelloidea*, *Buntonia*, *Caphinia*?, *Brachycythere*, *Cytheropteron*.

En relación con su posición estratigráfica toda esta fauna está localizada en la parte basal del Miembro La Fría y en relación con los sedimentos más finos. A partir de aquí la fauna desaparece y únicamente se encuentran fragmentos de conchas, posiblemente correspondiente a lamelibranquios, entre el cemento de calcita de las subgrauvacas (muestras 46, 57 y 59).

NIVEL DE ARENITAS Y LUTITAS

La sucesión litológica.—Se caracteriza este nivel por tener un grano mucho más fino que el del Miembro La Fría y por la importancia que adquieren los niveles lutíticos tanto por su número como por su espesor. En total tiene un espesor de 127 m. El límite inferior con el Miembro La Fría es nítido y se coloca donde terminan las capas de gravas y empiezan las lutitas que alternan con limos compactos. La parte inferior de la sucesión consta de una alternancia de lutitas ligeramente grisáceas con limos compactos muy ferruginosos. Incluso se pueden observar costras ferruginosas dentro de las lutitas. Las arenitas, aún sin formar grandes bancos, se encuentran localizadas hacia la base de este nivel y están separadas por bancos de lutitas que se hacen cada vez más potentes hasta que llegan a tener un claro predominio. En un espesor de 67 m aparecen únicamente dos interrupciones de arenitas. Ya en el techo de la sucesión vuelven a presentarse las arenitas formando un conjunto compacto de 7,60 m sin intercalaciones de lutitas. La columna estratigráfica refleja perfectamente la morfología que se observa en el campo, como ya se ha señalado anteriormente y se puede apreciar en la fotografía 1.

Este Nivel de Arenitas y Lutitas está dividido en dos pequeñas crestas. La más inferior corresponde al conjunto de arenitas que se extienden desde la muestra 156 hasta la 176. La cresta superior, más pequeña, también queda

bien delimitada en la sucesión entre las muestras 183 y 178. Entre las dos crestas se intercala una sucesión importante de lutitas que viene interrumpida por la presencia de dos bancos de arenitas que por su pequeño espesor no llegan a tener una significación morfológica.

El límite superior de este Nivel de Arenitas y Lutitas se coloca donde empiezan las lutitas oscuras con intercalaciones de ortocuarcitas de grano muy fino que se sitúan en el límite con los limos. Por otra parte estas lutitas oscuras van acompañadas de carbonato cálcico.

2) *Espesor de los bancos.*—Los bancos de arenitas presentan dentro de este nivel, espesores pequeños no superiores a los 3 m. Por el contrario, las lutitas forman los bancos más espesos y alcanzan los 20 m; seguramente que este espesor es superado por el banco que se encuentra entre las muestras 180 y 183; sin embargo, como se encuentra una zona tapada no se puede conocer si forma un banco único o existen interrupciones por la aparición de bancos de distinta litología.

La variación del espesor de los bancos puede verse en la figura 13. En la parte inferior de la sucesión la curva dibuja una línea quebrada con poca amplitud de variación y desplazada completamente hacia la derecha, de tal manera que los valores se encuentran siempre hacia los valores bajos. Los limos compactos de la base forman capas de 3 a 5 cm que alternan con lutitas del mismo espesor. Quizás estas últimas son algo más potentes, pero no se puede anotar que sea este un carácter general. Hacia la parte superior, la gráfica presenta puntas que se van desplazando hacia los valores altos. En la parte superior de este nivel la curva vuelve a desplazarse hacia los valores pequeños al mismo tiempo que vuelve hacerse quebrada en relación con la aparición de nuevos bancos de arenitas.

3) *Variación del grano medio.*—Todos los bancos de arenitas presentan un valor de la mediana comprendido entre las arenas muy finas y las arenas de grano medio. La parte basal de esta sucesión litológica consta de limos compactos muy ferruginosos con bandas de granos cuarzosos. El valor del grano medio se mantiene casi constante dentro de los limos, pero está ya en el límite con las arenitas de grano muy fino (muestras 136 a 141). Siguen después una sucesión de arenitas cuyo grano medio oscila entre la arena muy fina con un valor de 0,063 mm (muestra 150), y la arena fina con un valor máximo de la mediana de 0,210 mm (muestra 152).

Los valores máximos de la mediana se encuentran en los bancos de arenitas que forman las dos cuestas dentro del Nivel de Arenitas y Lutitas. A pesar de que en la base de la cuesta inferior el valor de la mediana es el más alto, 0,462 mm (muestra 156) y la sucesión termina con un valor de 0,193 (muestra 176), la gráfica indica claramente que no existe una reducción progresiva del tamaño medio del grano. Sin embargo, éste sí es en líneas generales un carácter válido para cada banco en particular.

Las dos intercalaciones de arenitas que aparecen dentro de las lutitas corresponden a una arenita de grano fino con un valor de la mediana de 0,228 mm (muestra 178) y 0,120 mm (muestra 180) respectivamente.

Ya en la parte superior de este nivel las arenitas que forman la cuesta

superior vuelven a presentar valores altos de la mediana que corresponden a las arenitas de grano fino y medio.

La gráfica de variación del grano medio representada en la figura 13 no presenta en realidad ninguna disposición especial a excepción de que ella registra y pone también de manifiesto la presencia de las dos pequeñas cuestas, separadas por una zona de material fino, que se manifiestan morfológicamente.

4) *Composición petrográfica de las arenitas.*— Todas las arenitas de este nivel corresponden a ortocuarzitas y protocuarzitas, con un amplio predominio de las primeras. Únicamente en el techo de la sucesión y coincidiendo con el último banco de arenitas se encuentra una subgrauvaca.

Los granos corresponden en un alto porcentaje al cuarzo. En unas pocas muestras los fragmentos de roca y los chert pueden alcanzar valores máximos de 12%. Entre los fragmentos de roca los más numerosos corresponden a otras arenitas con textura cuarcítica, mientras que los fragmentos de esquistos son más bien raros.

En todas las arenitas los dos tipos principales de cemento son la calcita y la limonita. Aquí aparece un tercer tipo de cemento que en algunas capas puede alcanzar valores relativamente altos (3,20% muestra 156 y 10% muestra 188). Este cemento es de tipo caolinita. El hecho de que la caolinita se encuentra en cantidades apreciables en dos muestras situadas en el muro y en el techo de la sucesión es sin duda casual y no parece que tenga ninguna significación. En realidad en toda la sucesión se observan indicios de caolinita pero en porcentajes siempre ínfimos que no alcanzan el 0,5%.

La proporción entre el cemento ferruginoso y el de calcita es siempre variable, predominando ya el ferruginoso ya el de calcita, y no se encuentra ninguna variación ordenada a través de la sucesión. En general, si se tiene en cuenta el conjunto del cemento en relación con los granos, se observa que el primero es bastante abundante, lo que da lugar a que los granos se encuentren de ordinario flotando dentro de una masa ya sea calcárea, ya ferruginosa. De aquí que pocas muestras presentan una textura cuarcítica. Cuando los granos flotan dentro de un mosaico de calcita van acompañados de corrosión en los bordes. Esa corrosión puede incluso afectar a los fragmentos de roca que corresponden a otras arenitas.

De la Tabla VIII se puede deducir la relación framework/voids. Se puede decir que en líneas generales las arenitas del conjunto inferior de la sucesión presentan una mayor proporción de framework. Esto está en relación con la textura cuarcítica y la naturaleza ortocuarcítica de estas arenitas.

Los bancos de 8 a 10 cm que se encuentran en la parte inferior de este nivel son muy ferruginosos. Están formados por un conjunto de láminas de granos de cuarzo que alternan con franjas completamente ferruginosas (muestra 136). El contacto entre estas láminas es nítido y presenta una separación granulométrica perfecta. En la lámina cuarzosa los granos flotan dentro de una masa ferruginosa y sus bordes son difusos y festoneados (fotografía 16).

La estructura en láminas es todavía más marcada en las arenitas de la parte media (muestra 173 a 176). Las láminas son más estrechas y numerosas.

Las láminas oscuras corresponden a franjas ferruginosas. Es un hecho general ya observado también en este tipo de arenitas del Miembro La Fría, que en la franja ferruginosa los granos de cuarzo son de tamaño más pequeño que los granos de las franjas cuarzosas, al mismo tiempo que se encuentran más separados dentro del cemento (fotografía 17). Por el contrario, en las franjas cuarzosas los granos son grandes y presentan una textura típicamente cuarcítica como puede observarse en el detalle de la fotografía 18 correspondiente a la muestra 173.

A partir de la mitad superior de la sucesión estratigráfica las arenitas presentan una mayor cantidad de cemento calizo. Esta abundancia de cemento va correlacionada con un grano más grueso y con la pérdida de la textura cuarcítica. Los granos se encuentran flotando en una masa de cemento (fotografía 19) y generalmente con indicios de corrosión en los bordes.

MIEMBRO ZARAGOZA

Bajo este nombre se engloba una sucesión en la que alternan lutitas con arenitas de grano muy fino con una potencia de 70 m. Este miembro se diferencia del Nivel de Arenitas y Lutitas, tanto en el tipo de lutitas como en las arenitas. Aquí las lutitas son siempre de colores oscuros, variando entre el gris y el negro y con un porcentaje de carbonato cálcico que las coloca casi siempre en el límite con las margas. Por otra parte las arenitas son siempre de grano muy fino y están dispuestas en bancos muy delgados. El límite inferior con el Nivel de Arenitas y Lutitas viene colocado donde las lutitas se hacen oscuras; lo que coincide también con la aparición de arenitas y un banco calcáreo formado casi exclusivamente por caparazones de foraminíferos principalmente planctónicos. El techo del Miembro Zaragoza viene determinado por el banco de gravas arenosas, cuarzosas que constituye la base del Miembro La Primavera. El límite es muy nítido y brusco.

1) *Sucesión litológica.*—La sucesión empieza con unas lutitas grisáceas todavía moteadas con parches de lutitas rojizas. Sigue después un banco de caliza ligeramente arenosa con una potencia de 2 m. Esta caliza está formada por gran cantidad de caparazones de foraminíferos y también son frecuentes los restos de moluscos. Este banco se encuentra muy diaclasado, pero con las diaclasas rellenas de yeso. Hacia el techo del banco aumenta la proporción de granos de cuarzo hasta que se convierte en una ortocuarcita. A esta se superpone una masa de lutitas. La base corresponde por su contenido en carbonato cálcico a una marga grisácea, a veces casi negra, rica en fósiles. En toda la masa se aprecia la existencia de diaclasas rellenas por yeso. Este es el banco más potente de toda la sucesión con un espesor de 18 m. A partir de aquí empieza una alternancia de lutitas con arenitas. Las lutitas son oscuras, a veces bastante bien estratificadas de tal manera que corresponden casi a un shale y los bancos de arenitas están bastante separados unos de otros por niveles de lutitas. Hacia la parte alta de la sucesión los bancos de arenitas son más frecuentes y su espesor es prácticamente el mismo que el de las intercalaciones lutíticas. Estas condiciones se mantienen en un espesor de 14 m. Ya en la parte superior de este miembro las lutitas vuelven a predominar sobre los bancos de ortocuarcitas. Los bancos de pequeño espesor que se encuentran hacia el techo de la sucesión se presentan en su composición ricos en oolitos calcáreos. Estos son principalmente abundantes en la muestra 207.

2) *Variación del grano medio.*— La gráfica de variación del grano medio (figura 14) viene representada por una línea que oscila dentro de unos límites muy estrechos. Los máximos valores que corresponden a las arenitas se encuentran dentro de las ortocuarcitas de grano muy fino. De esta manera vemos cómo los valores de la mediana oscilan siempre entre las arenitas de grano muy fino y las lutitas. Aún la mayoría de las muestras se sitúan en el límite entre las arenitas de grano muy fino y el limo. El primer banco de ortocuarcita de la sucesión litológica, en el techo del banco de caliza y presenta un valor de la mediana de 0,103 mm (muestra 194). A partir de esta muestra casi todas las arenitas presentan valores de la mediana situados en el límite con los limos. Tan solo la muestra 199, hacia la parte media, y la muestra 205, cerca del techo, vuelven a presentar valores medios algo más elevados (103 mm y 0,092 mm respectivamente), pero manteniéndose siempre dentro de las arenitas de grano muy fino. En resumen este miembro se caracteriza por su grano medio muy fino.

3) *Variación del espesor de los bancos.*—La gráfica de variación del espesor de los bancos es también otra característica distintiva de este miembro. Los bancos más potentes se encuentran en la base de la sucesión con valores de 8 y 18,35 m. A partir de este banco más potente la gráfica de variación refleja perfectamente la alternancia de lutitas con bancos de ortocuarcitas. Los valores más elevados corresponden a las lutitas, mientras que los bancos de arenitas presentan espesores mucho más pequeños. A medida que se asciende en la columna estratigráfica la gráfica pone de manifiesto los diferentes cambios. Poco a poco los valores se hacen más bajos y los puntos de la gráfica más apretados hasta que la gráfica se convierte en una línea quebrada de zigzag muy apretado, con una amplitud de variación muy pequeña y situada hacia los valores bajos. La variación del espesor de los bancos nos reproduce gráficamente, en parte, la disposición de los bancos en relación con su naturaleza litológica. Los bancos de ortocuarcitas, al principio muy espaciados, se hacen cada vez más numerosos en relación con las lutitas lo que trae en consecuencia que la variación entre el espesor de los bancos de lutitas y de arenitas tienda a equilibrarse. Ya en la parte más alta de la sucesión las lutitas adquieren de nuevo una mayor importancia.

4) *Características petrográficas de las arenitas.*—Petrográficamente todas las arenitas corresponden a ortocuarcitas. Los granos de cuarzo son muy abundantes, de tal suerte que prácticamente ellos solos representan el total de la fracción grano. Los dos tipos de cemento que se encuentran son: calcita y cemento ferruginoso, siempre con un predominio casi absoluto de la calcita. Los granos, siempre de tamaño muy pequeño, se encuentran distribuidos en una masa de calcita de tal manera que es bastante raro que se observe una textura cuarcítica.

Las texturas más importantes se encuentran en el techo de la sucesión y corresponden a la presencia de oolitos. La muestra 207, que corresponde a una ortocuarcita, presenta numerosos oolitos de naturaleza calcárea. Estos tienen una forma que varía entre la esférica y la elíptica. En todos ellos se alcanza a observar perfectamente la estructura radial y la naturaleza calcárea de las fibras (fotografía 21); sin embargo, la naturaleza del núcleo no se ha podido determinar.

Otra de las texturas características que se encuentran junto con los oolitos calcáreos corresponde a una serie de cuerpos de forma ovoide o elíptica. Algunos de estos cuerpos corresponden evidentemente a secciones de lamelibranchios y a otros cuerpos cuya naturaleza no se ha podido determinar. Ambos se caracterizan por estar formados por un mosaico de calcita. La naturaleza orgánica de algunos de ellos se evidencia claramente por la estructura prismática de la envoltura, que corresponde evidentemente a conchas de lamelibranchios en general. Tal vez algunos de ellos correspondan a oolitos en los que se ha perdido su estructura radial y ha sido reemplazada por un mosaico de calcita. Tanto en un caso como en otro lo que llama la atención es la textura interna de esos cuerpos. En ellos se puede distinguir una capa externa poco espesa de naturaleza amorfa. El interior del cuerpo aparece como un mosaico de calcita en el que cada elemento presenta una individualización completa, con extinción única y diferenciándose perfectamente unos elementos de otros. Los bordes de todas las piezas del mosaico presentan indicios de corrosión e incluso dentro de estos cristales de calcita se pueden apreciar pequeños fragmentos de cuarzo. Todo el conjunto da la impresión de que se trata de una sustitución de granos de cuarzo, con una textura cuarcítica, por calcita (fotografías 22 y 23). Aunque no se conoce la primitiva naturaleza del oolito se revela la existencia de una compleja secuencia de reemplazamientos. La existencia de estas texturas oolitas coincide con la presencia de granos de cuarzo bastante grandes, hasta de cinco milímetros, aunque ellos son poco frecuentes.

5) *Paleontología*.—El Miembro Zaragoza es el más importante, dentro de la Formación Cimarrona, desde el punto de vista paleontológico. Las formas más abundantes son los foraminíferos a los que siguen los moluscos y cefalópodos. Ya en la base de la sucesión el banco de caliza es muy rico en microfósiles en especial foraminíferos. De este banco el Dr. Sigal ha determinado las siguientes especies: de la Muestra N° 191 *Planulina austinana* Cushman, *Bulimina* cf. *reussi* Morrow, *Rugoglobigerina macrocephala ornata* Bronn, *Rugoglobigerina rugosa rugosa* (Plummer), *Siphogenerinoides plummeri* Cushman, *Siphogenerinoides clarki* Cushman, *Cytherella* sp.

De todas ellas *Rugoglobigerina macrocephala ornata* Bronn y *Rugoglobigerina rugosa rugosa* (Plummer), son las dos formas más abundantes en individuos. Se reconocen además restos de moluscos entre los cuales se ha podido determinar un ejemplar de *Patella* sp.

De la capa lutítica que se encuentra por encima de este banco de caliza se recogieron varias muestras. En todas ellas se ha encontrado una fauna de foraminíferos y ostrácodos bastante homogénea. A continuación se da la lista de especies de la Muestra N° 194: *Lenticulina* sp., *Planulina nacatochensis* Cushman, *Cibicides subcarinatus* Cushman, *Bulimina* cf. *reussi* Morrow, *Gümbelina striata* (Ehr), *Rugoglobigerina macrocephala ornata* Bronn, *Rugoglobigerina rugosa rugosa* (Plummer), *Globigerinella* sp., *Siphogenerinoides bramlettei* Cushman, *Siphogenerinoides* sp., *Siphogenerinoides plummeri* Cushman, *Siphogenerinoides clarki* Cushman, *Siphogenerinoides parva* Cushman, *Siphogenerinoides* sp. (grupo de *parva*), *Brachycythere* sp. Muestra N° 195: *Lenticulina* sp., *Planulina nacatochensis* Cushman, *Cibicides subcarinatus* Cushman, *Bulimina prolixa* Cushman & Park., *Gümbelina striata* (Ehr), *Rugoglobigerina macrocephala ornata* Bronn, *Rugoglobigerina rugosa rugosa* (Plummer), *Globotruncana fornicata* Plummer, *Globotruncana* gr. *gansseri* Bolli, *Globotruncana* aff. *cretacea* Cushman, *Siphogenerinoides* sp., *Siphogenerinoides plumme-*

ri Cushman, *Siphogenerinoides clarki* Cushman, *Cytherella* sp., *Cythereis* sp., Muestra N° 196: *Rugoglobigerina macrocephala ornata* Bronn, *Rugoglobigerina rugosa rugosa* (Plummer), *Siphogenerinoides* sp., *Siphogenerinoides plummeri* Cushman.

Hacia la parte superior de este banco de lutitas se recogió la muestra número 198 con la siguiente fauna: *Gyroidina depressa* (Alth), *Epistomina* aff. *fax* Nauss, *Gümbelina costulata* (Cushman), *Gümbelina striata* (Ehr), *Rugoglobigerina rugosa subrugosa* Gand, *Globigerinella* sp., *Globotruncana fornicata ackermanni* Gand, *Globotruncana fornicata* Plummer, *Globotruncana fornicata cesarensis* Gand, *Globotruncana stuartiformis* Dalbiez, *Globotruncana arca* (Cushman), *Siphogenerinoides* sp., *Siphogenerinoides plummeri* Cushman, *Siphogenerinoides clarki* Cushman, *Siphogenerinoides* sp., *Protobuntonia* sp., *Anticythereis* sp.

En este miembro aparecen los primeros lamelibranquios y cefalópodos de la Formación Cimarrona. Algunos lamelibranquios son bastante frecuentes aunque el mal estado de conservación de los ejemplares hace imposible una determinación específica. Entre ellos se ha determinado *Cardium* sp., *Pecten* sp. y *Ostrea* sp.. Estas son formas que se encuentran en general en todo el Miembro Zaragoza, pero quizás son más abundantes en la base del miembro. (Muestras 194 a 199). También se han podido reconocer algunos ejemplares de *Solenoceras* sp., aunque mucho menos frecuentes que los lamelibranquios.

La mitad superior de la sucesión continúa presentando una fauna análoga de foraminíferos y ostrácodos si bien cabe anotar que esta fauna se empobrece paulatinamente.

De las lutitas grisáceas (muestra número 200) se ha determinado: *Gyroidina depressa* (Alth), *Gümbelina costulata* (Cushman), *Gümbelina striata* (Ehr), *Gümbelina moremani* (Cushman), *Gümbelina globulosa* (Ehr), *Veenia*?

En la muestra número 207 solo se han encontrado: *Gyroidina depressa* (Alth), *Brachycythere* sp., y *Bithocypris*?

Prácticamente en la parte más alta de la sucesión (muestra 208) se encontró: *Textularia semicomplanata* Carsey, *Textularia* cf. *faujasi* Reuss, *Gaudryina* aff. *quadrans* Cushman, *Miliolites*, *Discorbis* cf. «*Anomalina nelsoni* Berry», *Gavelinella* cf. *planulina texana* Cushman, *Planulina correcta* (Carsey), *Cibicides* cf. *arteagai* V., *Cibicides semiumbilicata* Toutk, *Gümbelina striata* (Ehr), *Globigerinella* sp., *Siphogenerinoides plummeri* Cushman, *Siphogenerinoides* sp., (grupo de *S. parva*), *Siphogenerinoides* sp., *Cophinia*?, *Brachycythere* sp., *Bairdia* sp., *Cythereis* sp.

La Quebrada Zaragoza corta a este miembro y al Miembro La Primavera. Ambos afloran gracias a la existencia de una falla inversa que repite estos dos niveles. En el cruce de la Quebrada Zaragoza con la carretera de Honda las lutitas negras son también bastante fosilíferas. En las capas más superiores, a unos cinco metros del techo del nivel de lutitas, existe una capa bastante rica en pequeños moluscos. De ella se han determinado: *Natica* sp., *Turritella* sp. *Corbula* sp., *Nuculana* sp?. También se encuentran asociados algunos fragmentos de *Solenoceras* sp. Esta fauna por su posición estratigráfica debe corresponder aproximadamente entre las muestras número 208 y 209.