

Estudio Petrográfico de las Calizas de la Formación Rosablanca de la Región de la Mesa de los Santos

(Cordillera Oriental, Colombia)

I. ZAMARREÑO DE JULIVERT *

RESUMEN.—Se da la estratigrafía de la formación Rosablanca, en el cañón del Río Sogamoso, al W de La Mesa de los Santos. La sucesión tiene unos 318 m de potencia y está constituida por un conjunto de calizas masivas con margas y shales intercalados y hacia la parte alta se presenta además un nivel arenoso. Las calizas masivas son más abundantes hacia la base y el techo de la formación mientras que hacia la parte media se hacen más abundantes las margas y shales. El estudio petrográfico de los bancos de caliza tanto de los conjuntos enteramente calcáreos como de los conjuntos con intercalaciones arcillosas permiten dividir la sucesión en una serie de niveles petrográficos que a veces coinciden con las divisiones litoestratigráficas de campo y otras no. Los niveles petrográficos ponen de manifiesto que las condiciones de depósito de esta sucesión no fueron constantes. Se destaca, en primer lugar, una porción basal con depósitos de facies evaporita, que se caracteriza por una hipersalinidad y tranquilidad en las condiciones de depósito. El resto de la sucesión se deposita en un medio abierto y poco profundo en que alternan las condiciones de tranquilidad (depósito de micrita, micrita fosilífera y biomícrita) y agitación (depósito de intraesparita, ooesparita, intramicrita y oomicrita) y se observa que estas últimas son de más corta duración. Se señalan tres períodos destacados de agitación, de importancia decreciente hacia el techo. Existe una cierta relación entre los aportes terrígenos y los períodos de agitación. Se hacen unas consideraciones de orden general respecto a la evolución del medio teniendo en cuenta las unidades infra y suprayacentes al Rosablanca.

ABSTRAC.—A sequence of the Rosablanca Formation in the Sogamoso River Canyon, W of the La Mesa de los Santos, is done. The sequence about 318 m thick consists of massive limestones with alternating marls and shales and a sandstone level in his upper section. The limestones are most abundants at the base and summit of the sequence whereas the shales and marls become important in the middle part of the formation. The petrographic study of limestone beds permit to divide the sequence into several petrographic zones which sometimes agree with the lithological field divisions. The petrographic zones show that the depositional environment changes during the deposition of this sequences. There are evaporitic facies deposits at the base of the formation suggesting high salinity and quietness in the environment of deposition. The rest of the sequence was deposited in an open and shallow environment where low-energy (deposit of micrite, fossiliferous micrite and biomierite) and high-energy environments (deposit of intrasparite, oösparite, intramicrite and oomicrite) alternate. There are three high-energy zones in the sequence of decreasing importance from the base to the summit. These high-energy zones are thinner than the low-energy ones and are related to the arrival of terrigenous material.

RESUME.—On donne la stratigraphie de la formation Rosablanca affleurant dans les gorges du Sogamoso à l'W de La Mesa de Los Santos La succession avec 318 m environ d'épaisseur est constituée par un ensemble de calcaires massifs avec des in-

* Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

tercalations de marnes et lutites et vers le sommet se présente en plus un niveau de grès. Les calcaires massifs sont plus abondants à la base et au sommet tandis que les lutites et les marnes sont plus abondantes dans la partie moyenne de la formation. L'étude pétrographique des bancs calcaires permet de distinguer plusieurs niveaux pétrographiques dans la succession, ces niveaux coïncident parfois avec les niveaux lithologiques établis sur le terrain. L'examen des niveaux pétrographiques met en évidence que les conditions de dépôt n'ont pas été constantes. Il faut souligner d'abord l'existence à la base de dépôts à faciès évaporite, caractérisés par une hypersalinité et tranquillité du milieu de dépôt. Le reste de la formation s'est déposé dans un milieu ouvert et peu profond où s'alternent les conditions de tranquillité (dépôt de micrite, micrite fossilifère et biomicrite) et d'agitation (dépôt d'intrasparite, oosparite, intramicrite et oomicrite). Les étapes d'agitation sont de plus courte durée que celles de tranquillité. Il faut remarquer trois épisodes d'agitation d'importance décroissante vers le sommet. Il existe un certain rapport entre les épisodes d'agitation et les apports terrigènes. Finalement on fait quelques observations d'ordre général au sujet de l'évolution du milieu du Rosablanca en rapport avec celui des unités inférieures et supérieures.

CONTENIDO

INTRODUCCION

LA SUCCESION LITOLOGICA

METODOS DE ESTUDIO

Constituyentes de las calizas
Clasificación.

ANALISIS PETROGRAFICO DE LA SUCCESION

Zona de tránsito Tambor-Rosablanca
Nivel con dolomias o calizas dolomíticas
Nivel de micrita
Nivel de micritas fossilíferas
Nivel de esparita
Nivel de intramicritas
Nivel de biomicritas y micritas fossilíferas
Nivel de intramicritas
Nivel de micritas fossilíferas
Nivel arenoso
Nivel de biomicritas.

CONCLUSIONES. MEDIO DE DEPOSITO

Variaciones en vertical de la salinidad, agitación y aporte de terrígenos
Comparación de las variaciones
Relación entre los tipos petrográficos y los niveles litoestratigráficos
Evolución del medio.

CONCLUSIONES

INTRODUCCION

En el cretácico inferior de la Cordillera Oriental colombiana es frecuente encontrar un episodio calizo; en la región de Mesas y Cuestas, al W del Macizo de Santander, este episodio calizo está representado por la Formación Rosablanca. La edad de esta formación ha sido considerada como hauteriviense en la región de La Mesa de Los Santos, a la que se refiere este trabajo, aunque sus características paleontológicas no se conocen suficientemente.

En el presente trabajo se va a describir la estratigrafía y petrología de la Formación Rosablanca en el cañón del río Sogamoso, al W de la Mesa

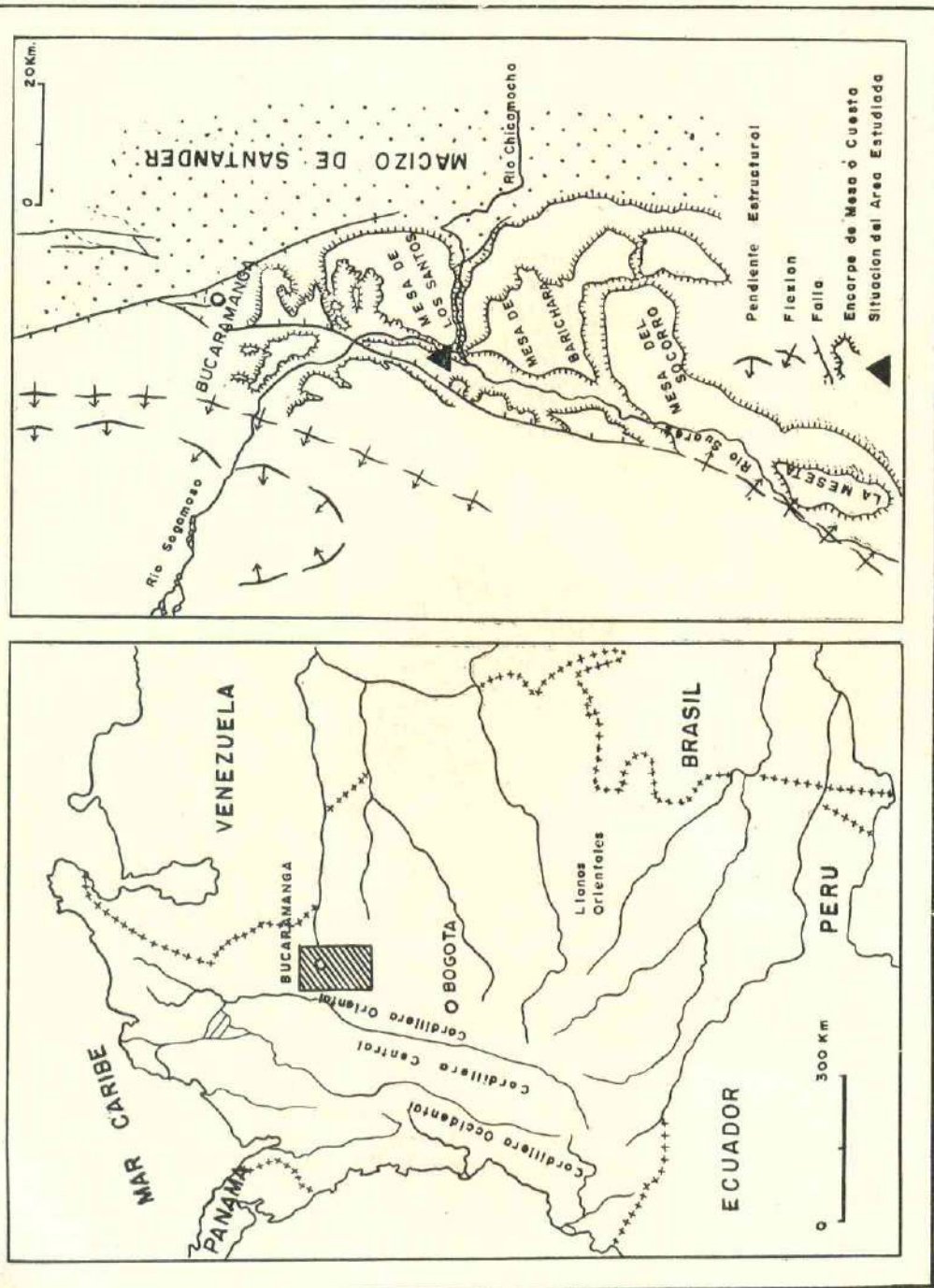


Figura 1. — Mapas de localización. Derecha, mapa de los alrededores de Bucaramanga y localización del área estudiada. Izquierda, situación en el mapa general de Colombia.

de Los Santos. La sucesión que se describe ha sido obtenida a lo largo de la quebrada Lagunetas, afluente del Sogamoso por su margen izquierda, un poco al N del Guayacán (fig. 1).

LA SUCESION LITOLOGICA

Al E de La Mesa de Los Santos el Rosablanca alcanza los 300 m de potencia y está constituido desde la base hacia arriba por los siguientes niveles, bien diferenciados en el campo:

Nivel inferior de calizas y dolomias grises, con 92 m de potencia formado por una sucesión de dolomias en la parte inferior y calizas en la parte alta del nivel. Las capas de dolomias o dolomias calcáreas de la parte baja tienen tonalidades algo oscuras, gris o marrón oscuro y presentan finas intercalaciones de lutitas de tonalidades también oscuras; en los bancos de dolomias se observan también intercalaciones de yeso, bien en las superficies de estratificación o en las diaclasas. Las calizas son de tonalidades grisáceas y se presentan en lajas alternando con margas.

Intercalación de caliza marrón, que resalta en el campo formando un escarpe. Esta intercalación tiene 10 m de potencia y consta de una serie de bancos de calizas de tonalidad negruzca con algunos niveles margosos, muy finos, intercalados.

Nivel margoso inferior, de 34 m de potencia, formado por la alternancia de margas y calizas. En la parte inferior de este nivel son más abundantes las calizas y hacia la parte superior se hacen más abundantes las margas. Las margas tienen un aspecto noduloso.

Nivel de shales con intercalación de calizas, los shales predominan sobre las calizas en todo el conjunto del nivel, aunque en la parte superior se hacen más abundantes las calizas a la vez que son algo arenosas. Las calizas se presentan en finas lajas, especialmente en la parte baja, interestratificadas con las capas de shales mucho más espesas. El espesor total de este nivel es de 57 m.

Intercalación caliza, constituida por unos 8 a 9 m de calizas masivas que se van haciendo margosas hacia arriba y que resaltan muy bien en el campo. Esta intercalación caliza separa el nivel de shales descrito antes de un nivel margoso superior.

Nivel margoso superior, que tiene 52 m de espesor; está formado por un predominio de calizas de tonalidad marrón, nodulosas, intercaladas con margas. En la parte basal de este nivel, tanto las calizas como las margas se presentan en capas finas y ambas muy nodulosas. Este nivel en conjunto es bastante arenoso. Este criterio y el predominio de calizas sobre las margas lo diferencia del nivel margoso inferior descrito antes. En la parte superior destaca una capa de caliza oolítica muy ferruginosa. Por encima de esta capa oolítica se presentan unos 9-10 m de lutitas algo calcáreas que se van haciendo arenosas hacia el techo.

Nivel arenoso, de 19 m de potencia; está constituido por una sucesión de bancos de arenisca masiva que se van haciendo más finos hacia arriba, interestratificados con dichos bancos se presentan capas muy delgadas de lutitas y areniscas de grano muy fino. En la parte alta existe un banco de arenisca con estratificación cruzada.

Nivel lumaquélico, constituido por 44 m de calizas lumaquélicas en grandes bancos, con algunas intercalaciones muy finas de margas.

En la región de La Mesa de Los Santos la formación Rosablanca se apoya sobre un nivel de areniscas con estratificación cruzada que constituyen la formación Tambor. Separando las dos formaciones hay unas capas de areniscas de grano muy fino con lutitas intercaladas que constituyen una zona de tránsito entre Tambor y Rosablanca.

Por encima del nivel lumaquélico que forma la parte alta de la formación Rosablanca aparecen ya las lutitas características de la formación La Paja; el límite entre estas dos formaciones es muy neto.

METODOS DE ESTUDIO

El estudio de esta sucesión del Rosablanca se ha basado principalmente en el análisis petrográfico de las secciones delgadas de calizas. En la figura 2 se ha representado la columna estratigráfica con la posición de las muestras estudiadas. Solo se han tomado muestras de las capas de calizas o de los niveles margosos que parecían más calcáreos. De algunos de los bancos calizos más potentes se ha tomado más de una muestra para ver si se trataba del mismo tipo petrográfico o bien existían diferencias dentro de un mismo banco.

En la figura 2 se ha representado también la distribución de los distintos tipos petrográficos a lo largo de toda la sucesión, así como la distribución cuantitativa de los constituyentes petrográficos de las calizas de la formación Rosablanca. La clasificación petrográfica adoptada en este trabajo se basa en la nomenclatura y clasificación de Folk (1959, 1962).

Constituyentes de las calizas

Haciendo un resumen de la nomenclatura utilizada por Folk (1959, 1962), las calizas marinas se consideran constituidas por los siguientes componentes:

1. — *Constituyentes terrigenos* ("Terrigenous constituents"), materiales que derivan de la erosión de zonas situadas fuera de la cuenca de depósito y que son llevados a ésta por los diversos agentes de transporte; ej.: cuarzo, feldespatos, minerales pesados, etc.

2. — *Constituyentes aloquímicos* ("Allochemical constituents"), materiales formados por precipitación química o bioquímica dentro de la cuenca de depósito y que han sufrido un cierto transporte o bien han sido sometidos a un proceso de agregación. Hay cuatro tipos principales de constituyentes aloquímicos: intraclasts, oolitos, fósiles y pellets.

Intraclasts ("Intraclasts"). Fragmentos de sedimentos calcáreos que han sido removidos en el interior de la cuenca sedimentaria. Suelen tener, en la mayoría de los casos una cierta estructura interna especial, distinta de la oolítica. Su tamaño varía entre los tamaños, arena fina a cantos. Suelen estar bien redondeados y la forma varía entre la equidimensional a la discoidal. La estructura interna suele estar formada por fósiles, intraclasts formados previamente, oolitos, partículas de cuarzo, pellets; unidos por un cemento calcáreo o bien por un barro calcáreo. Sin embargo algunos están formados únicamente por una masa homogénea de micrita.

Oolitos ("Oölites"). Partículas provistas de estructura concéntrica o radial, o de ambos tipos a la vez, con un núcleo de naturaleza diversa. Siguiendo el criterio de Folk se incluyen en este grupo, para los efectos de contar, los oolitos superficiales descritos por Illing (1954).

Fósiles ("Fossils"). Se incluyen en este grupo cualquier tipo de fósiles sedentarios o transportados, fragmentados o no, con excepción de las estructuras de corales o algas que han crecido in situ.

Pellets ("Pellets"). Partículas que se caracterizan por un cierto tamaño, forma y calibre y que no poseen ninguna estructura interna especial. Suelen ser agregados redondeados, esféricos a elípticos u ovoidales de caliza microcristalina. El tamaño varía entre 0,03 mm a 0,15 mm, aunque el tamaño más frecuente es de 0,04-0,08 mm. En la mayoría de los casos se trata de coprolitos.

3. — *Constituyentes ortoquímicos* ("Ortochemical constituents"). Materiales formados por precipitación química o bioquímica dentro de la cuenca sedimentaria. Hay tres tipos principales de constituyentes ortoquímicos: micrita, esparita, diversos.

Micrita ("Microcrystalline calcite ooze or micrite"). Calcita de grano fino (1 a 4 micras de diámetro), originada por precipitación química o bioquímica. Puede constituir una matriz entre los constituyentes aloquímicos o bien formar acumulaciones puras como en el caso de las calizas "litográficas".

Esparita ("Sparry calcite cement"). Calcita de 10 micras o más de diámetro, el tamaño medio es de 0,02 a 0,10 mm. Observada al microscopio tiene un aspecto más claro y transparente que la micrita. La micrita y la esparita son dos tipos genéticamente distintos de calcita; la primera representa una "matriz" de tamaño arcilla cuya presencia indica ausencia de corrientes vigorosas, mientras que la segunda indica zonas de fuerte acción de corrientes en las cuales la micrita ha sido lavada y representa por tanto un cemento entre los constituyentes aloquímicos.

Diversos. Minerales formados por reemplazamiento o recristalización, posterior al depósito.

Clasificación

Las calizas marinas se clasifican en tres tipos principales según la naturaleza y proporciones de constituyentes aloquímicos, micrita y esparita.

Tipo 1. — ("Sparry Allochemical Rocks"). Formadas por constituyentes aloquímicos cementados por esparita. Son equivalentes a los conglomerados y arenitas bien calibradas; se originan en medios de elevada energía de depósito. Tienen más de un 10% de aloquímicos y de acuerdo con la naturaleza y el porcentaje de los mismos se subdividen en: intraesparitas, ooesparitas, bioesparitas, biopelesparitas y pelesparitas.

Tipo 2. — ("Microcrystalline Allochemical Rocks"). Formadas también por constituyentes aloquímicos pero con una matriz de micrita; la energía del medio no es lo suficientemente elevada para eliminar la micrita, la esparita puede faltar completamente o presentarse como un componente accesorio. Equivalen a los conglomerados o arenitas arcillosas. Tienen tam-

bién más de un 10% de aloquímicos y se subdividen en: intramicritas, oomicritas, biomicritas, biopelmicritas y pelmicritas. Las intramicritas y oomicritas son tipos de rocas más bien raros.

Tipo 3. — (“Microcrystalline Rocks”). Formadas enteramente por micrita con o sin constituyentes aloquímicos; normalmente se originan en zonas de sedimentación tranquila (someras o profundas). Equivalen a las lutitas, dentro de las rocas terrígenas. Tienen menos de un 10% de aloquímicos; si tienen entre 1-10% de aloquímicos se subdividen en: micritas con intraclasts, micritas con oolitos, micritas fosilíferas y micritas con pellets; las micritas con intraclasts y las micritas con oolitos son también tipos raros. Si tienen menos de un 1% de aloquímicos se subdividen en: micritas, dismicritas y dolomicritas.

Tipo 4. — (“Biolithite”). Este tipo especial de calizas está formado por estructuras orgánicas que han crecido in situ, ej.: biolititos de algas, biolititos de corales, etc.

Para mayor detalle en la descripción de los componentes así como para la clasificación de las calizas en base a estos componentes, consultar los trabajos de Folk (1959, 1962).

Los contajes al microscopio de los distintos componentes de las calizas del Rosablanca se han empezado a hacer a partir de la muestra 610, dada la imposibilidad de separar al microscopio en las muestras inferiores a la misma, la calcita de la dolomita sin utilizar métodos de tinción. Los porcentajes han sido representados gráficamente en la figura 2.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LA SUCESIÓN

El estudio petrográfico de las muestras permite establecer una serie de niveles caracterizados por un tipo petrográfico de caliza. Estos niveles no siempre coinciden con los establecidos a partir de las observaciones de campo. La descripción que sigue se basa en los niveles establecidos a partir de las características petrográficas. Una comparación entre la subdivisión de campo y la petrográfica se hará más adelante.

Zona de tránsito Tambor-Rosablanca. — El tránsito del Tambor al Rosablanca lo constituyen unas capas muy finas de ortocuarcitas (Pettijohn, 1957) y lutitas de unos 4-5 m de potencia. El cemento de las ortocuarcitas se va enriqueciendo en dolomita en las capas de la parte alta de la zona. Son frecuentes en las capas de ortocuarcitas las grietas rellenas de yeso.

Nivel con dolomias o calizas dolomíticas. — No constituye un nivel uniforme desde el punto de vista petrográfico, sin embargo es importante en todo este nivel la presencia de precipitados de facies evaporita: dolomita, sulfatos. El estudio microscópico pone de manifiesto que el yeso no ha sido introducido secundariamente a partir de los niveles superiores de la formación La Paja sino que ha precipitado durante la formación de este nivel. El yeso puede llegar a formar acumulaciones de cierta importancia, hasta el punto de que existe una pequeña explotación en la margen derecha del río Sogamoso, frente al Guayacán.

La dolomita es abundante en todo el nivel, éste empieza por un banco de dolomia y dominan en todo su espesor las dolomias y rocas de tipo dolomítico: dolomias calcáreas o calizas dolomíticas.

Dentro de este nivel con dolomías destacan dos zonas bien individualizadas petrográficamente. A 9,7 m de la base se encuentra una zona de 5 m de espesor en la que dominan las acumulaciones de algas calcáreas y que se ha denominado Zona de biolilitos. A 11,7 m del techo se sitúa otra zona de 6,7 m en que dominan las pelmicritas y que se ha denominado Zona de pelmicritas. La zona de biolilitos está formada por depósitos de algas calcáreas. Estas algas no están fragmentadas y sus acumulaciones constituyen auténticos biolilitos; son algas verdes del género *Halimeda*. (Im. I, f. 1), algunas Dasieladáceas y otras algas no determinadas; en ninguna placa se han observado algas rojas coralinas. Según Johnson (1957, p. 211), el género *Halimeda* vive en aguas relativamente someras a profundidades comprendidas entre la superficie y los 15 a 20 m, aunque algunas especies alcanzan a vivir a más de 120 m. En este trabajo no se han determinado las especies de *Halimeda*. Este tipo de biolilito no se presenta en ningún otro nivel de la sucesión.

La Zona de pelmicritas está constituida por pellets de tamaño fino y muy uniformes, en una masa de micrita; esta zona destaca en el campo formando un paquete de capas de caliza de tonalidad oscura de 6,7 m de potencia.

Aparte de estas dos zonas, el resto del nivel está constituido por dolomías, dolomías calcáreas y calizas dolomíticas.

Por debajo de la zona de biolilitos de algas se presentan otros tipos de fósiles; las muestras 594 a 597 contienen pequeñas cantidades de ostrácosos y en la muestra 591 algunos fragmentos de pelecípodos.

Este nivel debió de depositarse en un medio restringido y bastante reductor ya que es muy abundante la pirita, especialmente en las dolomías de la base del nivel. La mayoría de pirita observada con luz reflejada presenta una tonalidad rojiza debida a alteración, probablemente a limonita.

A partir de la muestra 609 y hasta la 615 inclusive, hay pequeñas vetas rellenas de calcita.

En todo este nivel, a partir de la muestra 599, existen pequeños porcentajes (0,5 a 4,3%) de cuarzo autógeno en cristales muy bien desarrollados; es de notar que en las muestras en que el depósito de calcita es superior al de dolomita el cuarzo autógeno es más abundante. Los cristales de cuarzo autógeno presentan inclusiones de calcita indicando que la sílice en solución sustituyó a la calcita; en algunos casos ha habido una sustitución posterior de sílice por calcita, ya que se aprecian granos de cuarzo corroídos.

Nivel de micrita. — Por encima del nivel con dolomías o calizas dolomíticas empieza a dominar el depósito de calcita; las dolomías y calizas dolomíticas son substituidas por un nivel de micritas. Las micritas presentan pequeños porcentajes de cuarzo autógeno (1,9 a 2,7%), salvo la muestra 619 que tiene 21,9% de cuarzo, en parte autógeno y en una porción más abundante detrítico; ambos tipos corroídos por calcita. El cuarzo detrítico presenta inclusiones aciculares de turmalina o bien inclusiones gaseosas; todos los granos de cuarzo muestran extinción neta. Según todas estas características se trata de cuarzo plutónico (Weaver, 1955) que deriva probablemente de la erosión de una roca granítica.

Todas las micritas de este nivel presentan grietas rellenas de calcita, especialmente en la muestra 618 estas grietas son muy abundantes

Nivel de micritas fosilíferas. — El depósito de micrita se continúa por encima del nivel de micrita, a la vez que se va haciendo algo importante el aporte de fósiles (0,4 a 7,9%) hasta alcanzar un 37,3% en la muestra 626 que constituye una biomicrita. Los fragmentos de fósiles equinidos, moluscos y foraminíferos están bastante desgastados y en la muestra 626 que contiene equinidos, crinoides, foraminíferos, briozoos y moluscos, los fragmentos están muy redondeados.

En este nivel se intercala hacia la parte media una capa de oomicrita (muestra 624), el porcentaje de oolitos es del 53,0%. Todos los oolitos son superficiales y el núcleo está formado en la mayoría de los casos por fragmentos de fósiles, en especial equinidos y foraminíferos rodeados de una masa de micrita; en algunos de los oolitos existen también en él núcleo cuarzo autógeno; en realidad estos oolitos parecen intraclasts bordeados por una fina película con estructura oolítica. Es precisamente a partir de esta capa oolítica que se observa un cambio en las condiciones del medio ya que empiezan a aparecer en la muestra siguiente (625) constituyentes aloquímicos indicadores de una cierta agitación, como son los intraclasts.

Este nivel presenta también pequeños porcentajes de cuarzo (0,5 a 3,7%), en su mayoría de tipo autógeno; solo las muestras 622 y 623 contienen algunos granos de cuarzo detrítico aparte de los autógenos.

En este nivel, desde la muestra 621 hasta la 625, se observan también vetas con calcita, algunas de estas vetas llegan a cortar fragmentos de fósiles o bien a los oolitos, como en la muestra 624.

Nivel de esparita. — Este nivel está formado por calizas de tipo petrográfico distinto a las del nivel anterior, el hecho más importante a destacar es que se trata de calizas con cemento de esparita; esta esparita cementa intraclasts, oolitos y fragmentos de fósiles. La presencia de esparita es tal vez debida a que la agitación del medio yendo en aumento, fue capaz incluso de lavar la micrita y se depositó en consecuencia la esparita. Es este el único nivel en toda la secuencia que presenta un dominio de la esparita. Las calizas son del tipo: bioesparita, ooesparita e intraesparita (lm. I, f. 2).

En cuanto a los constituyentes aloquímicos dentro de este nivel hay que indicar que los intraclasts van aumentando en proporción desde la base hacia arriba y están formados por fragmentos de fósiles y cuarzo en una masa micrítica. Muchos de los oolitos son superficiales y el núcleo está formado por fragmentos de fósiles, micrita o a veces por fragmentos de micrita y cuarzo, que tienen una cierta apariencia de intraclasts; la proporción de oolitos aumenta también desde la base del nivel hacia arriba pero en la muestra 629, que constituye la parte superior del nivel, disminuye brusca-mente alcanzando un porcentaje de 1,0%, es precisamente en esta muestra que los intraclasts alcanzan el valor máximo de 50,3%.

Los fragmentos de fósiles están muy bien redondeados; predominan los fragmentos de equinidos, crinoides y foraminíferos de tamaño grande y en menor proporción colonias de briozoos y fragmentos de moluscos.

Esta mayor agitación del medio, respecto a los niveles más inferiores, debe estar relacionada con una mayor influencia de los agentes de transporte procedentes de las zonas emergidas, ya que a partir de la muestra 629 em-

pieza a aumentar notablemente la cantidad de cuarzo detrítico y en el nivel que le sigue llega a alcanzar proporciones considerables. En este nivel solo se presenta cuarzo autógeno en la base (muestra 627), en cambio en las muestras 628 y 629 solo hay cuarzo detrítico.

Nivel de intramicritas. — Este nivel está formado por intramicritas que aparte del elevado porcentaje de intraclasts presentan también un cierto contenido en fósiles que oscila entre el 1% y el 31%. En las muestras 637 y 638 el porcentaje de intraclasts disminuye tanto que se pasa a biomicitas. La mayoría de los intraclasts están formados de cuarzo (lm. II, f. 2) englobados en una masa de micrita y en las muestras 641 a 643 además del cuarzo existen fragmentos de fósiles, englobados también en una masa micrítica.

Los fragmentos de fósiles de este nivel se presentan bien redondeados (lm. II, f. 1) hasta la muestra 637, pero a partir de dicha muestra abundan los fragmentos con pocas señales de desgaste; en la porción más basal están constituidos por fragmentos de crinoides, equínidos, moluscos y gusanos, la muestra 630 (lm. II, f. 1) presenta además colonias de briozoos y en la 636 hay una gran abundancia de microforaminíferos muy fosfatizados, estos foraminíferos vuelven a ser abundantes en la muestra 642 y también están fosfatizados.

En este nivel aumenta considerablemente el aporte de material terrígeno, respecto a los niveles inferiores y está constituido principalmente por cuarzo cuyo porcentaje oscila entre 2,9 y 27,9%; aunque también hay algunos feldespatos alterados y alguna plagioclasa no alterada, pero en conjunto en escasa proporción. El tamaño de los granos de cuarzo es mayor en la parte basal del nivel y hacia arriba se va haciendo más fino. El tamaño medio de las muestras 630 y 631 es de 0,37 mm y 0,27 mm respectivamente que caen dentro del tamaño arena media. Las muestras 632 a 635 tienen un tamaño medio de grano que oscila entre 0,18 mm y 0,24 mm respectivamente, es decir, arena fina, y a partir de la muestra 636 hasta la 643 oscila entre 0,102 mm y 0,058 mm es decir arena muy fina-silt. El cuarzo y en menor proporción los feldespatos están algo corroídos por la calcita. El cuarzo es de tipo plutónico (Weaver, 1955) ya que la mayoría de los granos presentan extinción neta y algunos extinción "flamboyante", también se pueden observar inclusiones, en especial de turmalina; por tanto la presencia de cuarzo plutónico y feldespatos hacen pensar que este material puede provenir de la erosión de un macizo granítico. El aumento de cuarzo detrítico en toda la secuencia se inicia precisamente en este nivel.

Hay algo de cuarzo autógeno en el interior de los intraclasts y algún pequeño revestimiento de crecimiento secundario en los granos de cuarzo de tamaño mayor.

Este nivel tiene también glauconita, cuya proporción aumenta de la base hacia arriba; la muestra 638 es la que presenta un mayor contenido. A partir de la muestra 641 no vuelve a observarse glauconita. La glauconita se presenta, en la mayoría de las placas alterada a limonita.

Es interesante indicar que a partir de la muestra 635 y hasta la 640 se presenta pirita, alterada a limonita, acompañada de algunos romboedros de siderita.

En todo este nivel es importante señalar la abundancia de fosfatos, que se concentran sobre todo en los fósiles; las muestras que contienen foraminíferos son las más fosfatizadas.

Solo la muestra 636, tiene unas pequeñas fisuras rellenas de calcita.

Nivel de biomicitas a micritas fosilíferas. — Este nivel está constituido por un predominio de biomicitas, cuyo porcentaje de fósiles varía entre 13,8% y el 28,3%, aunque en la parte media del nivel aparecen unas capas en las que el porcentaje de fósiles disminuye (entre 0,3 a 9,9%), pasando a micritas fosilíferas.

En la base del nivel (muestras 644 a 646 inclusive), hay todavía algunos intraclasts (7,8 a 0,9%) formados por fragmentos de fósiles y cuarzo en una masa de micrita.

En el contenido fosilífero interesa destacar la abundancia de foraminíferos y hay que señalar también que a partir de la muestra 647 aparecen foraminíferos arenáceos, cuya presencia se mantiene constante en todo el nivel hasta la muestra 659. La aparición de los foraminíferos arenáceos coincide con la desaparición de los intraclasts.

Aparte de los foraminíferos y foraminíferos arenáceos se observan también, aunque en escasa proporción, fragmentos muy poco redondeados de crinoides, equínidos y ostreídos, en orden de mayor o menor importancia.

Los fosfatos que eran bastante abundantes en el nivel anterior, van perdiendo importancia en todo este nivel, de biomicitas a micritas fosilíferas y dentro del mismo son más abundantes en las muestras de la base (644 a 648). Los fosfatos se presentan concentrados en los fósiles, especialmente en los foraminíferos y van acompañados de piritita, alterada a limonita.

El porcentaje de material terrígeno disminuye algo respecto al nivel anterior y está constituido principalmente por cuarzo, el contenido varía entre 1,0 y 15,7%; desde la base hasta la muestra 652 se observa algún fragmento de feldespato pero en muy baja proporción. El tamaño medio del cuarzo oscila entre 0,065 mm y 0,076 mm, entre las muestras 644 y 647, es decir, arena muy fina y a partir de la muestra 648 entre 0,061 mm y 0,040 mm, es decir tamaño silt.

En todo este nivel descrito, no hay constituyentes aloquímicos, indicadores de agitación en el medio fuera de los escasos intraclasts de la base ni tampoco aparece glauconita. En cambio es abundante la micrita lo que hace deducir que este nivel se depositó en un medio tranquilo.

La muestra 657 tiene pequeñas fisuras rellenas de calcita.

Nivel de intramicritas. — En este segundo nivel de intramicritas, predominan los intraclasts constituidos por cuarzo detrítico al que se agrega en algunos algo de cuarzo autógeno; en menor proporción hay intraclasts formados por fósiles, en especial foraminíferos; todos estos elementos están englobados en una masa de micrita. La muestra 660 es la que presenta un mayor porcentaje de intraclasts con un 52,7%.

Por tanto, se observa en este nivel otro cambio en las condiciones del medio; la agitación ha vuelto a aumentar permitiendo la formación de intraclasts, a la vez que los fragmentos de fósiles se redondean y hay un incremento de los aportes terrígenos, como veremos más adelante. Sin em-

bargo no hay formación de oolitos, solo en la muestra 661 existen oolitos superficiales y en muy baja proporción, 2,4%.

El porcentaje de fósiles disminuye respecto al nivel anterior y entre las muestras 660 y 667 oscila entre 1,2% y 8,4%; a partir de la muestra 668 aumenta el contenido hasta alcanzar valores entre 10,3 y 23,1%. Hay foraminíferos y fragmentos muy redondeados de equínidos y ostreidos y en las muestras 661 y 666 alguna colonia de briozoos.

La agitación del medio en que se ha depositado este nivel, no ha sido suficiente sin embargo, para lavar la micrita, ya que en todas las muestras los constituyentes aloquímicos están englobados en una matriz de micrita; en las muestras 667 a 671 hay algo de esparita pero en pequeña proporción 8,4 a 5,8% respectivamente.

Es de destacar la existencia de pellets en la parte alta del nivel; su presencia empieza en la muestra 666 y se continúa en las muestras superiores a esta; esta zona de pellets se continúa en la base del nivel siguiente. El porcentaje de pellets es bajo, oscilando entre 1,0 y 3,0%, el máximo contenido se sitúa en la muestra 670 en que alcanza un 8,0%; los pellets por tanto se encuentran como un componente accesorio dentro de los aloquímicos.

El aporte terrígeno aumenta con respecto al nivel anterior, aunque vuelve a disminuir a partir de la muestra 666. Consta principalmente de granos de cuarzo detrítico y algunos feldspatos; los máximos porcentajes de cuarzo se sitúan entre las muestras 662 a 665, con 23,4 y 30,1%; en las muestras 660 y 661 solo alcanzan 1,6 y 5,0%, pero hay que indicar que en dichas muestras los intraclasts están constituidos en su mayoría por cuarzo lo que puede motivar que el porcentaje de cuarzo no alcance grandes proporciones. A partir de la muestra 662 es apreciable la cantidad de feldspatos, plagioclasa y moscovita, indicando que hay a partir de dicha muestra un incremento notable en el aporte terrígeno. El cuarzo en todo este nivel es también plutónico y tanto el cuarzo como los feldspatos se presentan algo corroídos por la calcita. Solo en el interior de los intraclasts se observa cuarzo autígeno con formas bipiramidadas perfectas, algunos de los cuarzos autígenos tienen calcita incluida.

El tamaño de los granos de cuarzo presenta también una cierta variación en este nivel, que es más fino en la base; las muestras 660 a 667 tienen un grano medio comprendido entre 0,07 mm y 0,104 mm o sea arena muy fina, mientras que el tamaño medio en las muestras 668 a 671 varía entre 0,239 mm y 0,259 mm, es decir, arena fina en el límite con arena media.

A partir de la muestra 669 se observa glauconita, pero en muy poca proporción, únicamente en la muestra 675 se presenta alterada a limonita.

Nivel de micritas fosilíferas. — Este nivel presenta una cierta variedad de tipos petrográficos de calizas, ya que desde la base hacia arriba hay: biomieritas (muestras 672, 673 y 707), micritas fosilíferas (muestras 674 a 680), intramicritas (muestras 682, 684 y 685), micritas con intraclasts (muestras 687, 688 y 690), micritas fosilíferas (muestras 691 a 706) y oomicritas fosilíferas (muestras 708 y 709); no obstante dominan las micritas fosilíferas por lo que hemos denominado así este nivel.

Los distintos tipos petrográficos no están distribuidos irregularmente sino que se agrupan en zonas; a 8,40 m de la base se sitúa la zona de intra-

clasts con intramicritas y micritas con intraclasts, que alcanza 7,30 m de espesor, en la parte alta del nivel se sitúa la zona oolítica. Por encima de la capa oolítica existen 9,60 m de lutitas algo calcáreas y azuladas, que hacia el techo se hacen arenosas; estas lutitas se han incluido dentro del nivel de micritas fosilíferas aunque en realidad constituyen una zona de tránsito entre el nivel de micritas fosilíferas y el nivel arenoso que se le superpone. Hay además en la base una zona de pellets. Los pellets se presentan como componentes accesorios entre el resto de constituyentes aloquímicos, como ya indicábamos en el nivel anterior de intramicritas. La zona de pellets está comprendida entre las muestras 672 a 677 inclusive y el porcentaje de pellets oscila entre 3,5 y 1,5% respectivamente.

Dentro de los constituyentes aloquímicos los más abundantes y que aparecen en todo el nivel, son los fósiles, aunque su porcentaje no alcance valores muy elevados, entre 0,3 y 24,2%; en las muestras 672, 673 y 707, que son las muestras de biomicritas, el porcentaje es de 19,6%, 11,0% y 24,2%.

La fracción fosilífera está formada por fragmentos de equinodermos, moluscos y gusanos; los equínidos están bastante limonitizados, en la mayoría de las muestras. Aparte de estos fósiles hay también foraminíferos en las muestras 700 a 706, estos foraminíferos son sapropélicos y también están limonitizados.

Los intraclasts están formados por cuarzo detrítico y micrita y su porcentaje varía entre 0,6 y 9,6%.

Estos constituyentes aloquímicos (fósiles e intraclasts) están englobados en una matriz de micrita. La micrita es el componente más importante en este nivel, su porcentaje varía entre 70,9 y 92,3%, entre las muestras 672 a 706 y a partir de la muestra 707 disminuye en proporción hasta la 709 que presenta un 51,0%. Un hecho interesante a señalar es que en este nivel hay también esparita, que empieza a aparecer en la muestra 683, muestra en la que empiezan a haber intraclasts; desaparece en la muestra 686 y vuelve a observarse a partir de la 691 hasta la 708. El porcentaje de esparita oscila entre 0,1 y 15,0%.

Los compuestos de hierro, son abundantes en este nivel y su máxima concentración se presenta en la capa oolítica que se describe más adelante. Estos compuestos de hierro están formados principalmente por limonita, de color rojizo que se presenta en masas organizadas en forma de gránulos; acompañando a estos gránulos de limonita hay también agregados ferruginosos granulares con un contorno muy definido, de tonalidad marrón rojiza y que son isótropos (greenalita?); algunos de estos agregados isótropos tienen incluidos granos muy finos de cuarzo

Este nivel termina con una capa oolítica ferruginosa que destaca muy bien en el campo. Los oolitos son de hierro y están formados por capas muy finas concéntricas de limonita que alternan con capas de color verde de chamosita*; los oolitos de la muestra 709 presentan la misma estructura pero las envolturas externas de muchos de los oolitos son de color rojo oscuro, presentándose casi opacas. Los oolitos entre nicoles cruzados presentan una cruz negra muy perfecta (lm. III, f. 1). La mayoría de los

* El término chamosita engloba a los silicatos de hierro sedimentarios.

oolitos no presentan núcleo pero hay algunos con núcleo de chamosita (lm. III, f. 1) y unos pocos con un fragmento de fósil o grano de cuarzo en el núcleo. La forma de los oolitos es muy variada algunos son perfectamente esféricos pero dominan los que tienen forma aplanada (lm. III, f. 1), esta forma está causada sin duda por la compactación. Los oolitos junto con algún fragmento de fósil y cuarzo detrítico están englobados en una masa de limonita y micrita que presenta a veces zonas irregulares de chamosita; diseminados también en la matriz de micrita se presentan rombos de siderita; la siderita no corroe nunca al cuarzo ni a los oolitos. Se ha denominado a esta capa oomicrita, a pesar de que no existe ni un solo oolito calcáreo, debido a la relativa cantidad de micrita que presentan (48,3 y 51,0%).

Otra característica a destacar en este nivel es que en conjunto es bastante arenoso, llegando en ocasiones a alcanzar un 44,6% de cuarzo, como en la muestra 692. Predomina el cuarzo de tamaño arena muy fina (0,0665 mm a 0,091 mm) en la mayoría de las muestras, aunque en las 678 a 684 en la base y en las 708 y 709 de la parte alta, el tamaño es algo mayor y cae dentro del tamaño arena fina (0,143 mm a 0,259 mm). Los granos de cuarzo por sus inclusiones y extinción son de tipo plutónico y en los de tamaño más grande se observan, en algunos, aureolas de crecimiento secundario; todos los cuarzos se presentan algo corroídos por calcita. En todo el nivel hay también algunos granos de feldespatos y en las muestras 687, 690, 692, 698, 699, 702 y 703 algo de plagioclasa, es en estas muestras donde hay mayor contenido en feldespatos.

Nivel de ortocuarcitas. — Este nivel marca un cambio en las condiciones sedimentarias de la cuenca; cesa la sedimentación calcárea para depositarse una serie de unos 19 m de ortocuarcitas.

El cemento de las ortocuarcitas es en la mayoría de calcita de tipo micrita; este cemento es más abundante en la base y hacia el techo mientras que en la parte media se hace más escaso hasta desaparecer. En las muestras con mayor cantidad de cemento hay algún resto de fósiles, que se aprecian bien sobre todo en la muestra 717 situada cerca de la base y a partir de la 731 (lm. IV, f. 2) situada hacia la parte alta del nivel; en dichas muestras el cemento deriva probablemente, en gran parte, de la disolución de los fragmentos de fósiles. Solo en la muestra 727 hay minerales arcillosos de tipo caolinita; a partir de esta muestra aparece también hierro en el cemento, haciéndose calcáreo-ferruginoso.

En la figura 3 se representan las curvas acumulativas de las ortocuarcitas, obtenidas por tamizaje. A partir de las curvas acumulativas se ha calculado el tamaño de grano medio, el índice de calibrado y el índice de asimetría. Aparte de la muestra 714 con un grano medio de 0,296 mm (arena media), en todas las demás muestras el grano medio oscila entre 0,101 mm y 0,179 mm, es decir, entre arena muy fina y arena fina, pero estos tamaños no tienen ninguna distribución especial en zonas. Todas las muestras alcanzan un índice de calibrado entre 1,44 y 1,74, o sea moderadamente calibradas. Se ha tomado como tabla de comparación, para el índice de calibrado, la de Friedman (1962, p. 752) que se expresa en la tabla I. Solo la muestra 723 tiene un índice de calibrado de 1,31, que corresponde a moderadamente bien calibrada.

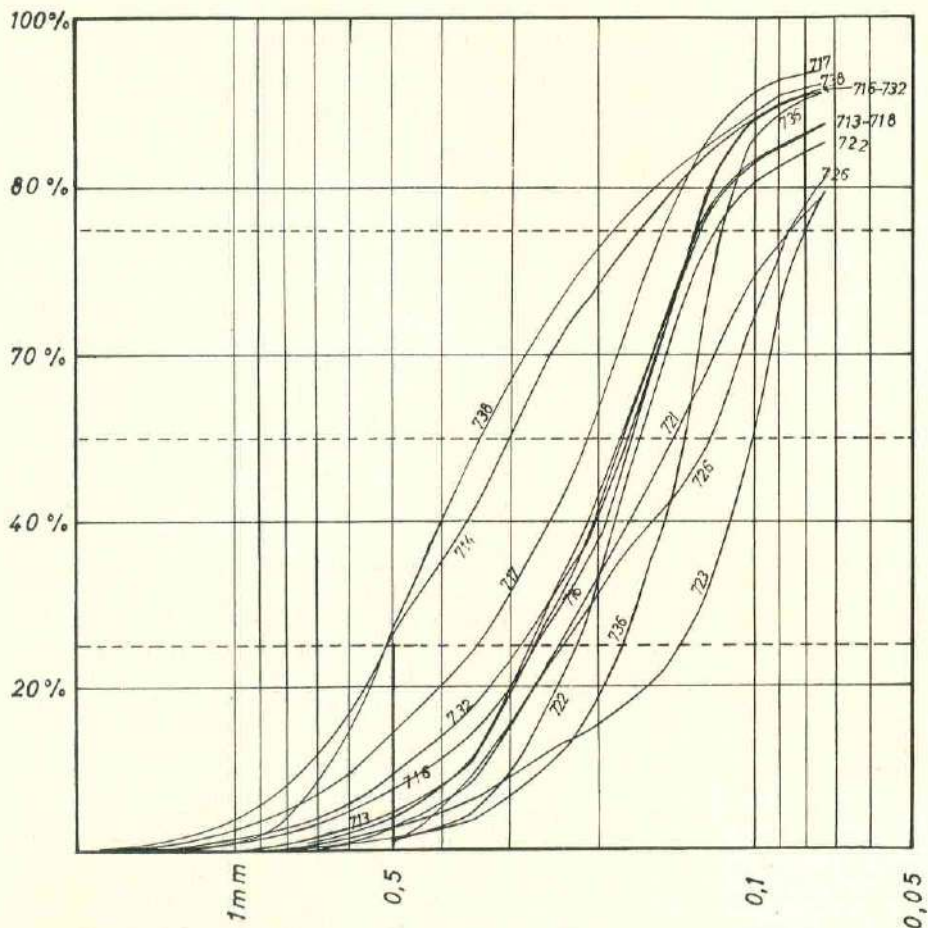


Figura 3. — Curvas acumulativas del nivel de ortocuarcitas de la Formación Rosablanca.

TABLA I

1,17 (1,00 a 1,17)	Muy bien calibrado
1,17 a 1,20	Bien calibrado
1,20 a 1,35	Moderadamente bien calibrado
1,35 a 1,87	Moderadamente calibrado
1,87 a 2,75	Pobrementemente calibrado
2,75 a . . .	Muy pobrementemente calibrado

El índice de asimetría varía entre 0,94 y 1,35.

Las condiciones de sedimentación durante este episodio arenoso debieron ser bastante constantes.

Los granos de cuarzo se presentan en conjunto bastante angulares y solo en las muestras 720, 723 a 726 (lm. IV, f. 1) y 734 están unidos en mosaico debido al crecimiento secundario. Estas texturas en mosaico se presentan precisamente en las muestras con menor tamaño de grano medio (0.101 mm a 1,122 mm) y con más elevados valores en el índice de calibrado.

Las muestras 723, 725, 726 y 732 tienen bastante moscovita.

Nivel de biomicritas. — El último nivel del Rosablanca viene marcado por un nuevo cambio en el medio, a la sedimentación terrígena le sigue una nueva sedimentación química en la que el contenido fosilífero se incrementa extraordinariamente, desde un 10,0% en la base a un 79,5% en el techo. Este nivel destaca en el campo y se le ha denominado antes nivel lumaquélico. Dominan por tanto las biomicritas, pero en la base hay una zona con oolitos y algunos intraclasts (lm. III, f. 2).

Los fósiles están representados en la base por grandes fragmentos de moluscos, que incluso se ven a simple vista y además por fragmentos de equínidos y colonias de briozoos, hacia el techo desaparecen los briozoos y los otros fragmentos se van haciendo cada vez más calibrados y pequeños por lo que resulta de difícil identificación la naturaleza del fósil a que corresponde. A partir de la muestra 759 constituyen una masa de pequeños fragmentos muy redondeados entre otros fragmentos más grandes y no redondeados de moluscos. Los fósiles están englobados en una masa de micrita y esparita dominando generalmente la primera, salvo en la muestra 754 que es una bioesparita.

En la zona en que dominan los oolitos, éstos se presentan cementados por esparita (muestras 738 y 739) y solo en la muestra 737 se hallan cementados por micrita. Los oolitos tienen un núcleo de cuarzo. En esta zona oolítica hay además intraclasts, formados por cuarzo; los intraclasts se presentan en pequeña proporción 0,4 a 4,4%, el máximo porcentaje se alcanza en la muestra 738 y a partir de dicha muestra va disminuyendo hacia arriba del nivel.

El aporte terrígeno, representado por cuarzo detrítico, presenta una gran variación en este nivel; hay una zona de máximo aporte en las muestras 735 a 740 en la que el porcentaje de cuarzo oscila entre 45,7 y 9,7% respectivamente y a partir de la muestra 740 disminuye considerablemente.

Los compuestos de hierro son poco abundantes en este nivel y se han reconocido gránulos de greenalita (lm. III, f. 2) y de limonita en todas las muestras hasta la 751 y a partir de la muestra 752 algo de pirita y magnetita desapareciendo en cambio la greenalita y la limonita.

Las muestras de la parte alta del nivel, especialmente a partir de la 760 son bastante ricas en materia orgánica.

CONCLUSIONES. MEDIO DE DEPOSITO

Es difícil sintetizar del estudio de una sola sucesión de la formación Rosablanca, el medio de depósito para toda la cuenca, ya que para ello sería preciso analizar otras series y de su estudio comparativo sacar las conclusiones generales. Así pues, en este trabajo solo se pretende sacar las conclusiones generales y medio de depósito que prevalecieron durante la sedimentación de la sucesión del Rosablanca que aflora al W de La Mesa de Los Santos.

La formación Rosablanca, en la región estudiada, está constituida por un predominio de sedimentación calcárea acompañado de aportes terrígenos que se hacen importantes sobre todo hacia la parte alta de la sucesión. La sedimentación calcárea viene representada por un conjunto de depósitos de micritas, calcarenitas y calciruditas.

Del análisis petrográfico de esta sucesión se deduce que las condiciones de sedimentación no fueron constantes y así se pueden observar una serie de variaciones en cuanto a las condiciones de salinidad, agitación y aporte de material terrígeno.

1) *Variaciones en cuanto a la salinidad*, que se manifiestan por el depósito en la parte basal del Rosablanca de un conjunto de dolomias y dolomias calcáreas acompañadas de yeso y anhidrita; rocas que faltan en el resto de la sucesión.

2) *Variaciones en cuanto a la agitación del medio*, que se manifiesta principalmente por variaciones en la proporción de intraclasts y oolitos, pero no en la proporción relativa de micrita y esparita, ya que esta última es siempre muy escasa. La agitación se manifiesta también en el grado de redondeamiento de los fragmentos de fósiles.

3) *Variación en los aportes terrígenos*, estos aportes están representados principalmente por cuarzo y aunque son abundante en casi toda la sucesión, presentan importantes variaciones. Los aportes terrígenos alcanzan su máxima expresión en el nivel arenoso.

Además de estas variaciones de medio de sedimentación reflejadas en unos cambios petrográficos que se pueden seguir a través de toda la sucesión hay que señalar la existencia de dos niveles delgados, de posición muy localizada, estos niveles son:

a) *Zona de biolíticos*, representada por un banco calizo situado cerca de la base y que está constituido por algas calcáreas que se han acumulado in situ sin haber sufrido ningún transporte.

b) *Zona de oolitos ferruginosos*, representada por un banco delgado de oolitos ferruginosos cementados por hierro y micrita.

No se trata en estas dos zonas de características petrográficas cuya variación se pueda estudiar a través del Rosablanca ya que como se ha indicado, tanto su aparición como su desaparición en la sucesión son bruscas, limitadas a una zona de escaso espesor; no obstante su existencia tiene una significación en la evolución de las condiciones de sedimentación por lo cual conviene que sean destacadas aquí.

Variaciones en vertical de la salinidad, agitación y aporte de terrígenos

Salinidad. — Se observa una diferencia importante en cuanto a la salinidad ya que destaca una parte basal con 52 a 53 m de espesor, que alcanza hasta la muestra 617, con unas condiciones de hipersalinidad que dan lugar al depósito de dolomias, dolomias calcáreas y calizas dolomíticas acompañadas de yeso y anhidrita. Por encima de la muestra 617 las condiciones de salinidad se hacen normales y se deposita el resto del Rosablanca con unos 265 m de potencia, constituido por un conjunto predominantemente calcáreo, excepto los 19 m de ortocuarzitas que se intercalan hacia la parte alta. Es de señalar que las condiciones de hipersalinidad no vuelven a presentarse por encima del nivel dolomítico en ningún momento.

Agitación. — En las serie calizas la existencia de agitación se pone de manifiesto por la formación de ciertos tipos de constituyentes aloquímicos

(intraclasts, oolitos y fragmentos de fósiles muy redondeados) así como por la precipitación de esparita cementando dichos constituyentes.

Analizando separadamente a través de toda la serie, las variaciones de los constituyentes aloquímicos citados antes así como la presencia de esparita se observan los hechos siguientes.

Los intraclasts faltan en toda la base del Rosablanca en que dominan los depósitos hipersalinos; su aparición se empieza a señalar precisamente por encima de dicho nivel, a partir de la muestra 626 que se sitúa a unos 36 m por encima del techo del nivel con dolomias. A partir de la muestra 626 hay presencia de intraclasts en toda la sucesión pero localizados en determinados niveles o zonas, como son el nivel de esparita y los dos niveles de intramicritas y en las dos zonas con intraclasts situada una a unos 8 m de la base del nivel de micritas fosilíferas y la otra cerca de la base del nivel de biomieritas del techo (fig. 2). Estos niveles y zonas con intraclasts están separados por otros niveles sin ellos.

Los oolitos empiezan a aparecer a partir de la muestra 624, a unos 27 m por encima del nivel con dolomias y faltan completamente en todo dicho nivel. Los oolitos son en conjunto menos frecuentes que los intraclasts y al igual que éstos se hallan distribuidos en zonas, presentándose un banco en el nivel de micritas fosilíferas cerca de la base, que se halla por debajo del nivel de esparita, otra zona se presenta en el nivel de esparita y hay también oolitos en el nivel de micritas fosilíferas superior así como en el nivel de biomieritas del techo (fig. 2). Vale la pena destacar que en la primera capa oolítica (muestra 624) todos los oolitos son superficiales y que los oolitos del nivel de micritas fosilíferas superior son todos ferruginosos y no hay ninguno calcáreo.

Los fragmentos de fósiles muy redondeados que presentan además un buen calibre se sitúan en tres zonas principales de la sucesión; una primera zona que corresponde al nivel de esparita y parte del nivel de intramicritas que se le superpone (hasta la muestra 637), otra zona en el nivel de intramicritas superior y finalmente una última zona en el nivel de biomieritas del techo a partir de la muestra 759*.

La esparita es poco frecuente en toda la sucesión y solo hay tres niveles en que abunde y se presente como cemento que son, una zona con esparita situada dentro del nivel dolomítico a 7,50 m de la base; el nivel de esparita de 10 m de espesor situado a 38 m de la base del Rosablanca y una pequeña zona dentro del banco oolítico del nivel de biomieritas, en la parte alta de la sucesión. En el resto de niveles los constituyentes aloquímicos se presentan en una matriz de micrita y solo a intervalos y desde la mitad de la secuencia hacia arriba se presenta esparita junto con micrita, siendo de todos modos más abundante esta última.

Aporte terrígeno. — El aporte terrígeno está representado en el Rosablanca por cuarzo detrítico acompañado de algunos feldespatos; este aporte también presenta una serie de variaciones a través de todo el Rosablanca.

El nivel dolomítico basal carece de cuarzo detrítico y éste es muy escaso en el nivel de micrita, nivel de micrita fosilífera y nivel de esparita que

* En la fig. 2 las zonas con fragmentos de fósiles muy redondeados están representadas por un rayado en la columna de distribución cuantitativa de los fragmentos de fósiles.

siguen al nivel dolomítico, salvo en la muestra 619, situada dentro del nivel de micrita. El aporte terrígeno empieza a ser importante a partir del nivel de intramicritas inferior y alcanza su máximo valor en el nivel arenoso que se presenta hacia el techo de la sucesión; a partir de dicho nivel disminuye otra vez hasta hacerse escaso en casi todo el nivel de biomicritas del techo.

No se trata exactamente de un aumento gradual a partir de la aparición de cuarzo detrítico y hasta el nivel arenoso ya que éste aparece bruscamente; no obstante en líneas generales, desde la base hasta el nivel arenoso, las proporciones de cuarzo se van haciendo cada vez más altas. Así por ejemplo, con excepción del nivel de intramicritas inferior donde hay muestras con porcentajes altos de cuarzo (hasta 27,9%, muestra 637) no existen hasta el techo del nivel de biomicritas a micritas fosilíferas más que dos muestras que alcancen al 15% que son la 654 y la 659 y todas las demás tienen valores por lo general muy inferiores al 10%; en cambio en el nivel de intramicritas superior y en el de micritas fosilíferas son frecuentes los valores por encima del 15% y se alcanzan incluso porcentajes del 37,8% y 44,6% en las muestras 680 y 692 respectivamente.

Es decir, que salvo la excepción representada por el nivel de intramicritas más bajo, pueden distinguirse en cuanto a la variación de cuarzo, cuatro partes en la sucesión. Una inferior hasta el techo del nivel de biomicritas a micritas fosilíferas con escaso cuarzo detrítico (en esta parte está la intercalación correspondiente al nivel de intramicritas con una proporción notable de cuarzo); por encima una zona con abundante cuarzo (nivel de intramicritas superior y nivel de micritas fosilíferas) y en donde hay capas aisladas con alto porcentaje de cuarzo; por encima de esta zona el nivel arenoso que aparece bruscamente y finalmente el nivel de biomicritas marca de nuevo una brusca disminución del cuarzo.

Posición de la zona de biolitos y de la zona de oolitos ferruginosos. —

Estas dos zonas como ya indicábamos antes se presentan aisladamente en la sucesión por lo que nos limitaremos a señalar su posición estratigráfica.

La zona de biolitos se sitúa dentro del nivel con dolomías o calizas dolomíticas, a unos 14 m de la base del Rosablanca y no se vuelve a presentar más en la sucesión.

La zona de oolitos ferruginosos se sitúa a unos 72 m del techo, muy cerca y por debajo del nivel arenoso, separado del mismo por unos 9,50 m de lutitas que se van haciendo arenosas hacia el techo.

Comparación de las variaciones

Se observa que las variaciones, analizadas aisladamente a lo largo del Rosablanca, guardan alguna relación entre sí, en especial por lo que se refiere a agitación y aporte de terrígenos.

En la parte baja de la sucesión domina la hipersalinidad (nivel de dolomías) que no vuelve a presentarse en ninguna otra parte de la misma. Salvo la zona de esparita que hay a unos 7 m de la base y por debajo de la zona de biolitos, no hay en todo el nivel de dolomías ningún constituyente que indique que durante el depósito de este nivel hipersalino haya habido ninguna agitación.

La aparición de intraclasts, oolitos, fragmentos de fósiles redondeados y cuarzo detrítico tiene lugar después que desaparecen las condiciones de hipersalinidad y a poca distancia por encima de esta desaparición. Cabe indicar además que los intraclasts, oolitos y fragmentos de fósiles redondeados aparecen juntos y todos ellos cementados por esparita, en el nivel de esparita. El cuarzo detrítico inicia su aparición, en cantidades apreciables, en el nivel que le sigue (nivel de intramicritas) y va acompañado también de intraclasts y fragmentos de fósiles muy redondeados, aunque en este nivel desaparecen los oolitos y la esparita. Por encima del nivel de intramicritas desaparecen los intraclasts y la proporción de cuarzo detrítico decrece; así pues, el nivel de esparita y el de intramicritas que se le superpone constituyen una zona muy bien definida donde, aunque con ciertos desplazamientos, se sitúan intraclasts, oolitos, esparita, fragmentos redondeados de fósiles y cuarzo detrítico (figs. 2 y 4). Esta coincidencia se observa también, aunque con menos claridad, en otros puntos de la sucesión.

En el nivel de intramicritas superior, los intraclasts están acompañados de fragmentos redondeados de fósiles y de un aporte terrígeno importante; en cuanto al aporte terrígeno hay que indicar que éste se había mantenido escaso en el nivel de biomicitas a micritas fosilíferas y que su aumento coincide con la aparición de nuevo de intraclasts y fragmentos de fósiles redondeados.

En la base del nivel de biomicitas del techo, vuelven a aparecer los intraclasts, aunque en baja proporción y se presentan asociados a oolitos, ambos cementados por esparita; en esta zona existe también una proporción notable de cuarzo detrítico. A este respecto hay que hacer notar que si bien en el nivel de biomicitas disminuye considerablemente el aporte terrígeno, respecto al nivel anterior, arenoso, sin embargo en esta parte baja es todavía algo abundante.

No obstante, hay tres zonas dentro del Rosablanca, en que existen condiciones de agitación de carácter aislado, dos de ellas de oolitos y la tercera con fósiles redondeados. Las zonas de oolitos son, el banco de oolitos superficiales que se presenta dentro del nivel de micritas fosilíferas de la base y el banco de oolitos ferruginosos del techo del nivel de micritas fosilíferas; ambas zonas sin intraclasts ni fragmentos redondeados de fósiles asociados a los oolitos. La tercera zona se sitúa en el techo del Rosablanca y es una zona con fragmentos redondeados de fósiles pero sin que haya presencia de oolitos ni de intraclasts. Las tres zonas citadas no presentan tampoco ninguna particularidad en cuanto al aporte terrígeno.

Relación entre los tipos petrográficos y los niveles litoestratigráficos

Los niveles petrográficos establecidos, coinciden a veces con los niveles litológicos de campo como puede observarse en la fig. 2, pero otras veces no se da esta coincidencia.

Esto se debe a que la sucesión litoestratigráfica de esta región está determinada principalmente por el grado de abundancia de los materiales arcillosos, que dan una serie de zonas con shales o con margas o con calizas compactas.

Por lo que se refiere a los niveles con calizas compactas se observa a veces una coincidencia, como es el caso del nivel lumaquélico del techo;

en otros casos pueden distinguirse dentro de un nivel calizo diversos tipos y niveles petrográficos, tal ocurre en el nivel inferior de calizas y dolomias grises.

Por lo que respecta a los niveles con cierto contenido arcilloso, a veces no se observa ninguna correspondencia entre los tipos petrográficos de las capas de calizas y los niveles estratigráficos de campo. Así, en la parte media de la sucesión se distinguen principalmente tres niveles en la división litoestratigráfica, el nivel margoso inferior, el nivel de shales con intercalación de calizas y el nivel margoso superior, mientras que los tipos petrográficos de las calizas dan cuatro niveles, de los cuales solo el superior coincide con un nivel litoestratigráfico de campo.

Ya se ha indicado que las unidades de campo se basan sobre todo en la presencia de mayor o menor proporción de lutita. Analizando la variación del contenido en lutita en la sucesión se observa cómo existe un incremento desde la base hasta la parte media (nivel inferior) de calizas y dolomias grises y calizas marrón —nivel margoso inferior— nivel de shales con intercalación de calizas) y luego un descenso hacia el techo (nivel de shales con intercalación de calizas —nivel margoso superior— (nivel arenoso)— nivel lumaquélico). Esta disposición no tiene paralelismo con ninguno de los componentes petrográficos estudiados en las calizas.

Evolución del medio

Del análisis de esta sucesión del Rosablanca se deduce que las condiciones de sedimentación no fueron constantes en la misma.

Hay que señalar en primer lugar que la porción basal del Rosablanca se caracteriza por una hipersalinidad y tranquilidad en las condiciones de depósito. En esta parte basal se deposita un conjunto de dolomias, dolomias calcáreas y calizas dolomíticas, con yeso interestratificado. La presencia de piritita en todas las capas de este nivel indican además que el medio era muy reductor.

La hipersalinidad se debe a la formación de un medio restringido por existencia de una barrera arrecifal. Aunque no se ha encontrado en esta parte basal ningún resto de coral, sin embargo es significativa la presencia de algas calcáreas en especial del género *Halimeda*, que viven en zonas muy próximas a las barreras arrecifales. Es de señalar también que las algas llegan incluso a constituir un nivel de biolitos.

Posteriormente por destrucción de la barrera arrecifal, cesan las condiciones de hipersalinidad que son sustituidas por un medio abierto, en que se van alternando las condiciones de tranquilidad y agitación.

Se pueden observar tres períodos de agitación de importancia decreciente hacia el techo; el más importante es el basal que corresponde al depósito del nivel de esparita y de intramicritas.

En los períodos de agitación hay coincidencia entre intraclasts, oolitos, fragmentos de fósiles redondeados y en menor grado con la esparita, que es más bien escasa.

Los períodos de agitación son de más corta duración que los de tranquilidad.

Aparte del nivel de esparita, en los niveles con marcadas condiciones de agitación del resto de la sucesión, solo se presentan tipos petrográficos poco frecuentes como son intramicritas y oomicritas. Según Folk (1962, pp. 82-83) estas inversiones texturales dentro de las calizas se originan en zonas de tránsito entre dos medios de distinto nivel de energía. La falta de un conocimiento longitudinal no permite especificar si se reconocen dentro del Rosablanca estas dos zonas de energía distinta.

Basándose en el tipo de fauna así como en la presencia de intraclasts y oolitos y en las características geológicas regionales, hay que indicar que todo el Rosablanca de esta región se depositó en un medio poco profundo.

De todos los períodos de tranquilidad, los más marcados son los que corresponden al depósito de los niveles de biomieritas y micritas fosilíferas.

Existe una cierta relación entre la posición del nivel de biomieritas a micritas fosilíferas y la mayor cantidad de material lutítico, hacia la parte media de la sucesión, pero hay un cierto metacronismo entre los dos ya que las intercalaciones de calizas de la parte alta del nivel de shales indican otra vuelta a las condiciones de agitación.

Existe también una cierta relación entre la abertura a la llegada de aportes terrígenos y los momentos de agitación pero se observa que el comienzo en el aumento de aportes terrígenos tiene lugar algo después de la iniciación del período de agitación como puede verse especialmente en la zona más baja de agitación (figs. 2 y 4).

También en la zona media el incremento en el aporte terrígeno empieza poco después de iniciarse la agitación, pero aquí el aporte terrígeno se mantiene incluso después de cesar la agitación si bien con notables cambios de importancia de una capa a otra.

La fase máxima de aporte terrígeno está inmediatamente por encima de esta zona descrita, constituyendo el nivel arenoso por encima del cual hay un descenso rápido hasta una pérdida casi total de terrígenos.

Por lo que se refiere a la naturaleza del aporte terrígeno hay que hacer notar que casi todo él está representado principalmente por cuarzo acompañado de algunos feldespatos. El tipo de extinción e inclusiones minerales y gaseosas que presenta el cuarzo indican que procede de la erosión de rocas graníticas lo que hace pensar a título de hipótesis que tal vez deriva de la erosión del Macizo de Santander que presenta tendencia a la elevación durante todo el cretácico inferior (Julivert, 1963).

Se observa una abertura progresiva pero no gradual a la llegada de material terrígeno que se acaba bruscamente después del nivel arenoso, una vez acabado el último período de agitación.

En cuanto a la presencia de la capa de oolitos ferruginosos hay que señalar que éstos se presentan inmediatamente antes de la aparición brusca del nivel arenoso. Sin desconocer por ello que la presencia de la capa de oolitos ferruginosos tenga su significado, dados los pocos datos de que se dispone para su interpretación, no se quiere deducir aquí ninguna consecuencia sino solo señalar su posición estratigráfica.

Si se tienen en cuenta las unidades litoestratigráficas vecinas, se observa que el Rosablanca está encima de una formación detrítica (que constituye

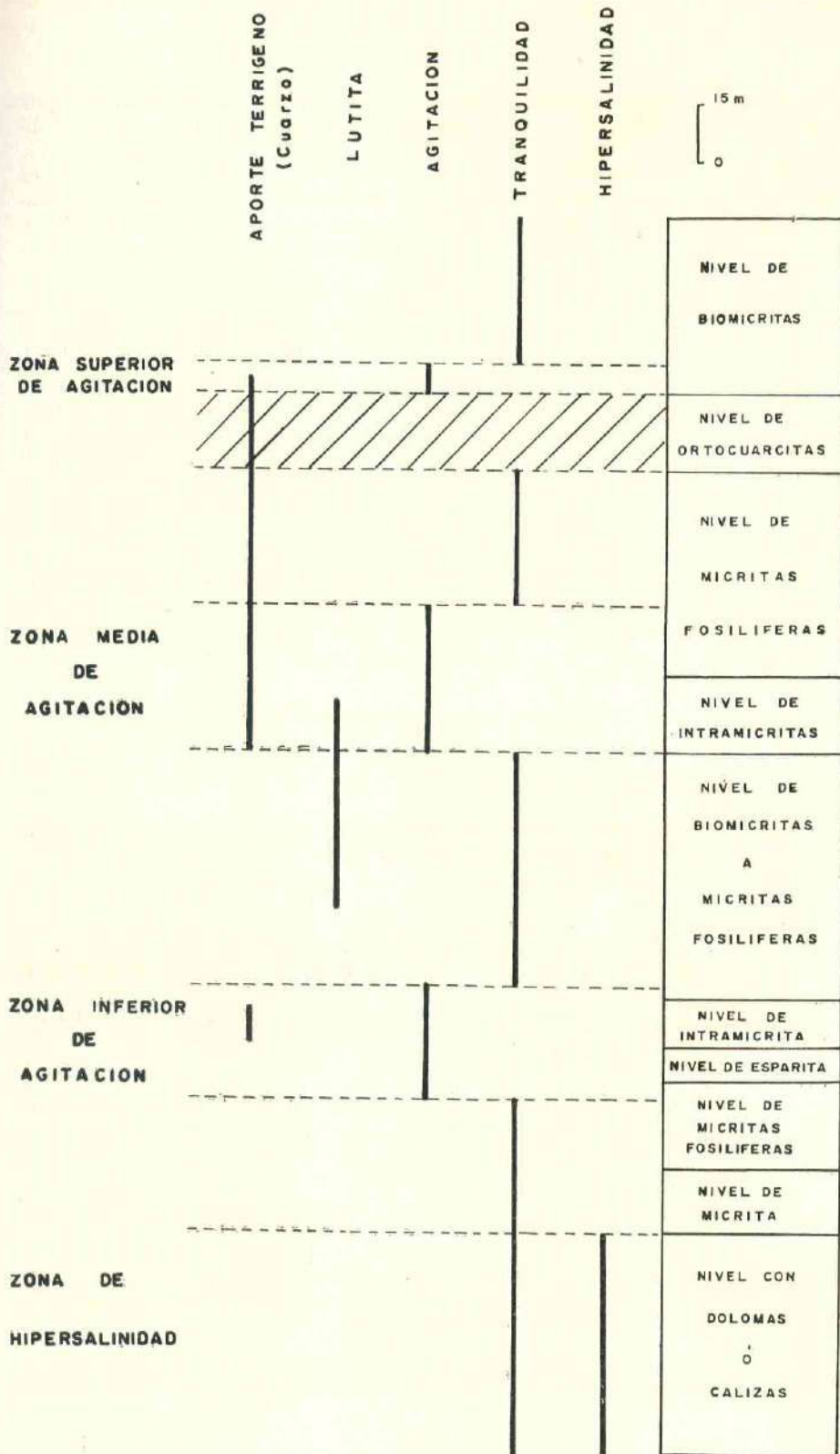


Fig. 4. — Esquema de las variaciones del medio de depósito.

la base del Cretácico en esta región) que es la formación Tambor* y por debajo de otra formación eminentemente lutítica con intercalaciones de yeso que es la formación La Paja (Morales, 1958, Julivert 1958 y 1963). Es de señalar entonces que la zona restringida basal del Rosablanca aparece inmediatamente encima de una formación detrítica, con una zona de tránsito muy estrecha, o sea a continuación de un largo período agitado y abierto a todos los aportes como es el Tambor. Después que cesa la hipersalinidad hay en el Rosablanca una nueva apertura a los aportes terrígenos hasta que hacia la parte alta disminuyen bruscamente y sobre el Rosablanca, separado por un contacto muy neto, se deposita la formación La Paja durante un período largo y constante de condiciones restringidas e intermitentemente hipersalinas.

Para explicar esta frecuencia en la aparición de condiciones restringidas (base del Rosablanca, La Paja) hay que tener en cuenta la posición de la zona de La Mesa de los Santos tan próxima al Macizo de Santander, el cual durante el Cretácico inferior manifestó una marcada tendencia a la elevación (Julivert 1963). El desarrollo o desaparición de arrecifes y los movimientos de ascenso del área del Macizo debieron ser los responsables de la creación de estos períodos de hipersalinidad cuya distribución espacial y temporal solo podrá ser conocida exactamente con el estudio de un número mucho más alto de sucesiones detalladas.

BIBLIOGRAFIA:

- FOLK, R. L., 1959. — Practical Petrographic Classification of Limestones, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 43, n. 1, pp. 1-38, 7 fs., 2 tbs., 5 ls., Tulsa.
- FOLK, R. L., 1962. — Spectral Subdivision of Limestone Types, *Classification of Carbonate Rocks*, Symposium Am. Ass. Petr. Geol. Mem. n. 1, pp. 62-84, 7 fs., 3 tbs., 1 lm., Tulsa.
- FRIEDMAN, G. M., 1962. — On sorting, sorting coefficients and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones, *Jour Geol.*, v. 70, n. 6, pp. 737-753, 10 fs., 5 tbs., Chicago.
- ILLING, L. V., 1954. — Bahaman Calcareous Sands, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 38, n. 1, pp. 1-95, 13 fs., 7 tbs., 9 ls., Tulsa.
- JOHNSON, H. J., 1957. — Geology of Saipan Mariana Islands, Part 3, Paleontology, chap. E, Calcareous Algae, *Geol. Surv. Prof. Paper* 280-E, pp. 209-246, 7 tbs., 24 ls., 2 ls. f. t., Washington.
- JULIVERT, M., 1958. — La morfoestructura de la Zona de Mesas al SW de Bucaramanga (Colombia, S. A.), *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Santander, n. 1, pp. 7-43, 13 fs., Bucaramanga.
- JULIVERT, M., 1963. — Nuevos datos sobre la dinámica del ámbito del Macizo de Santander durante el Secundario (Cordillera Oriental, Colombia), *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Santander, n. 12, pp. 45-49, 2 fs., Bucaramanga.
- MORALES, L. G., 1958. — General Geology and Oil Occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia, *Habitat of Oil*, Symposium Am. Ass. Petr. Geol., pp. 641-695, 29 fs., Tulsa.
- PETTIJOHN, F. J., 1957. — Sedimentary Rocks, *Harper & Brothers*, 1 vol. 718 pp., 173 fs., 119 tbs., 40 ls., New York.
- WEAVER, C. E., 1955. — Mineralogy and petrology of the rocks near the Quadrant-Phosphoria boundary in Southwest Montana, *Jour. Sed. Petrol.*, v. 25, pp. 163-193, Tulsa.

* La formación Tambor de La Zona de Mesas se encuentra actualmente en estudio por parte del señor J. M. López.

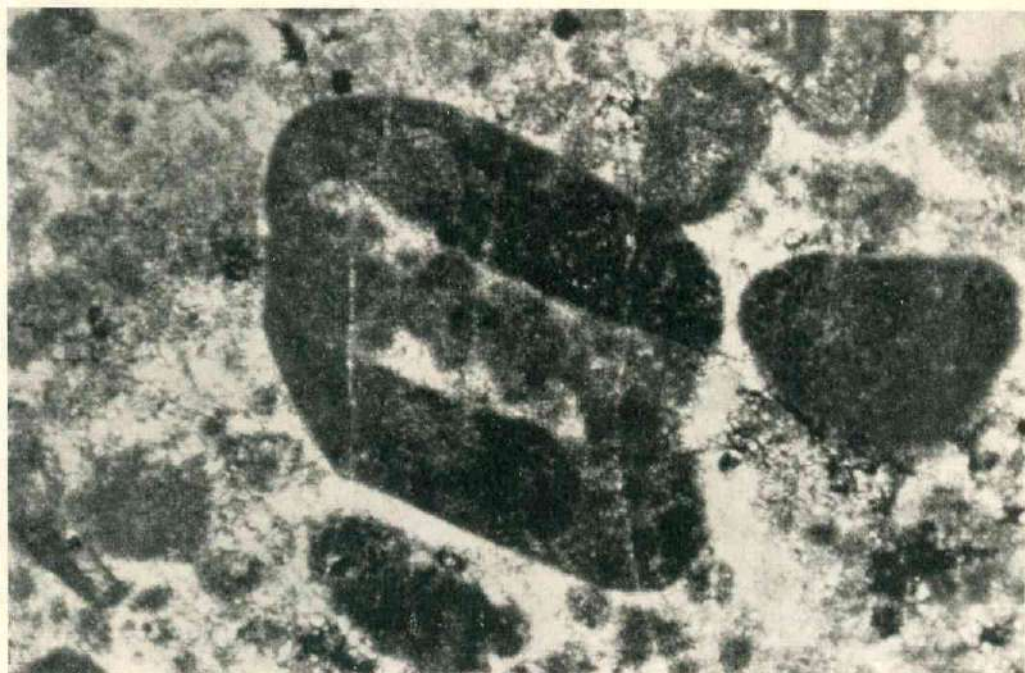


Lámina I; Foto 1. — Alga del género *Halimeda*, atravesada por pequeñas grietas de calcita (muestra 602, sin analizador, x 160). Foto Meza.



Lámina I; Foto 2. — Bioesparita con oolitos e intraclasts del nivel de esparita en que se observan fragmentos de fósiles bien redondeados, intraclasts y algunos oolitos. El cemento es de esparita (muestra 627, sin analizador, x 30). Foto Meza.

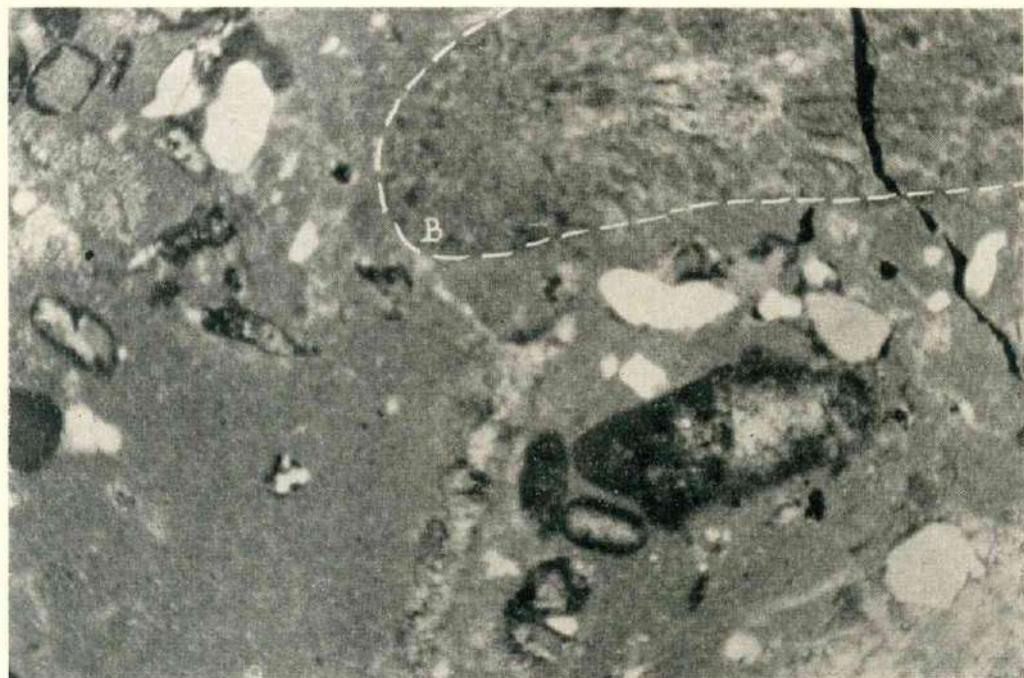


Lámina II; Foto 1. — Aspecto de una muestra del nivel de intramicrita inferior con diversos fragmentos de fósiles muy redondeados, intracrasts que contienen cuarzo, cuarzo detrítico y una colonia de briozoos (B), todo ello en una matriz de micrita (muestra 630, sin analizador, x 40). Foto Meza.

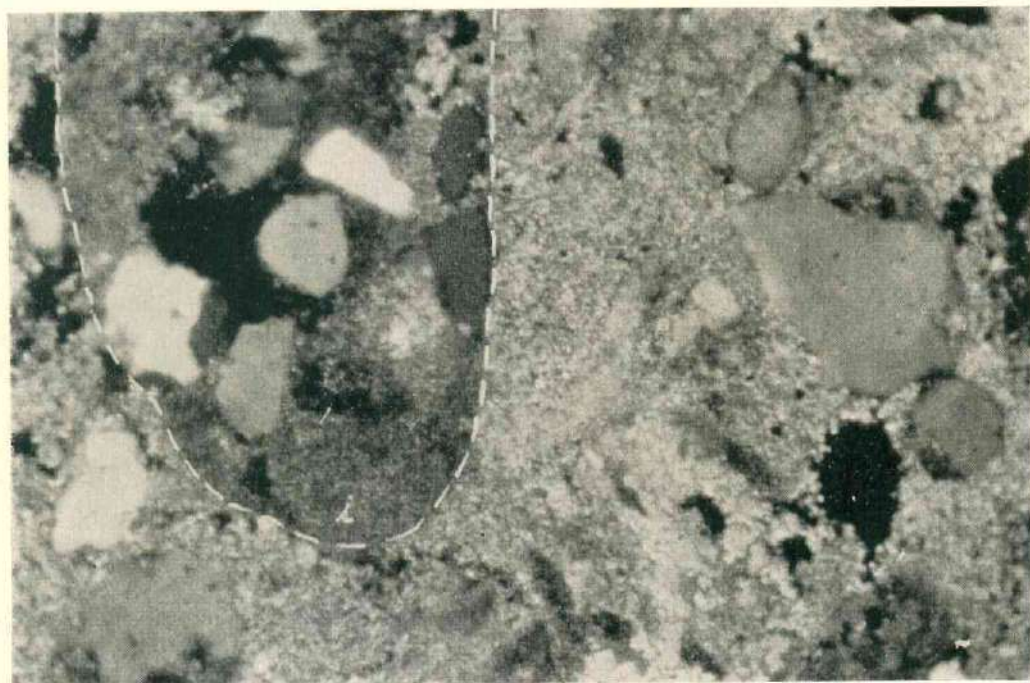


Lámina II; Foto 2. — La misma muestra anterior mostrando en detalle una porción de intracrasts (i) constituido por cuarzo en una masa de micrita (muestra 630, nicoles cruzados, x 135). Foto Meza.



Lámina III; Foto 1. — Parte superior del banco de oolitos ferruginosos; en algunos de los oolitos se observa el núcleo de chamosita (c); junto a los oolitos hay cuarzo detrítico, la matriz es ferruginoso-calcárea (muestra 709, nicoles cruzados, x 40). Foto Meza.

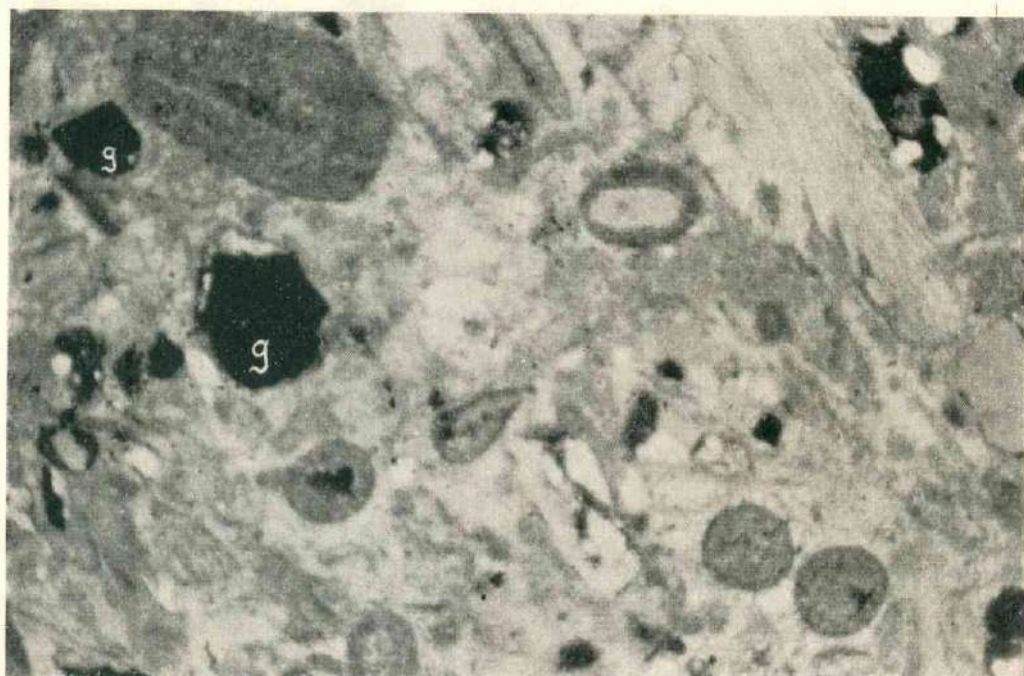


Lámina III; Foto 2. — Aspecto de una muestra de la base del nivel lumachélico con fragmentos de fósiles, oolitos e intraclasts en una matriz de micrita. Los dos gránulos isotropos son de greenalita (g) (muestra 741, nicoles cruzados, x 40). Foto Meza.

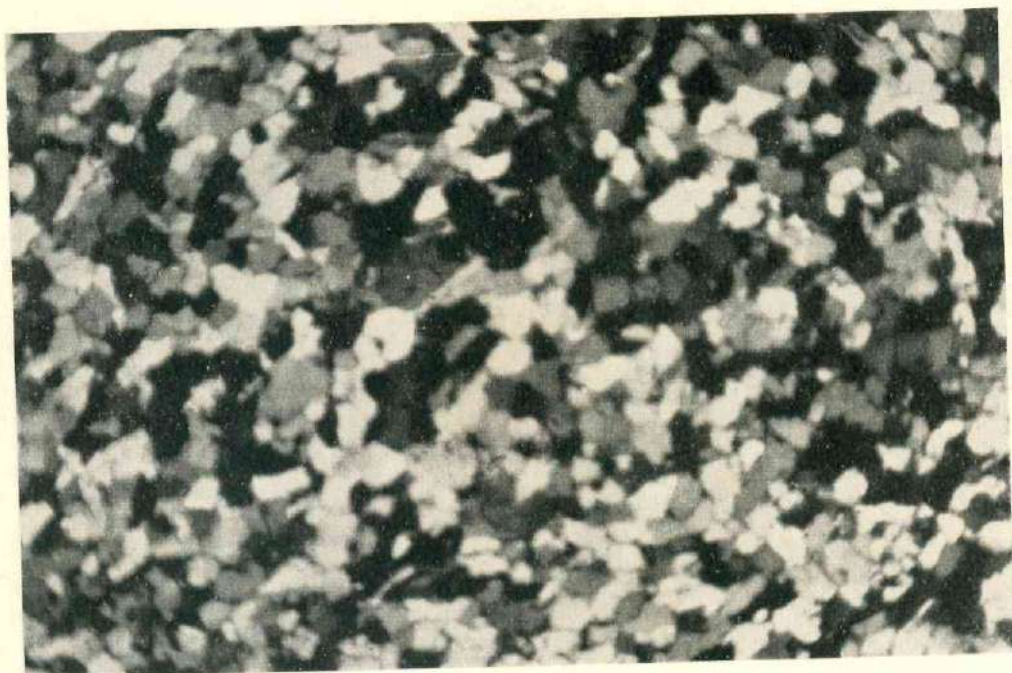


Lámina IV; Foto 1. — Textura cuarcítica en uno de los bancos de ortocuarcita de grano muy fino, del nivel arenoso (muestra 726, nicols cruzados, x 40). Foto Meza.

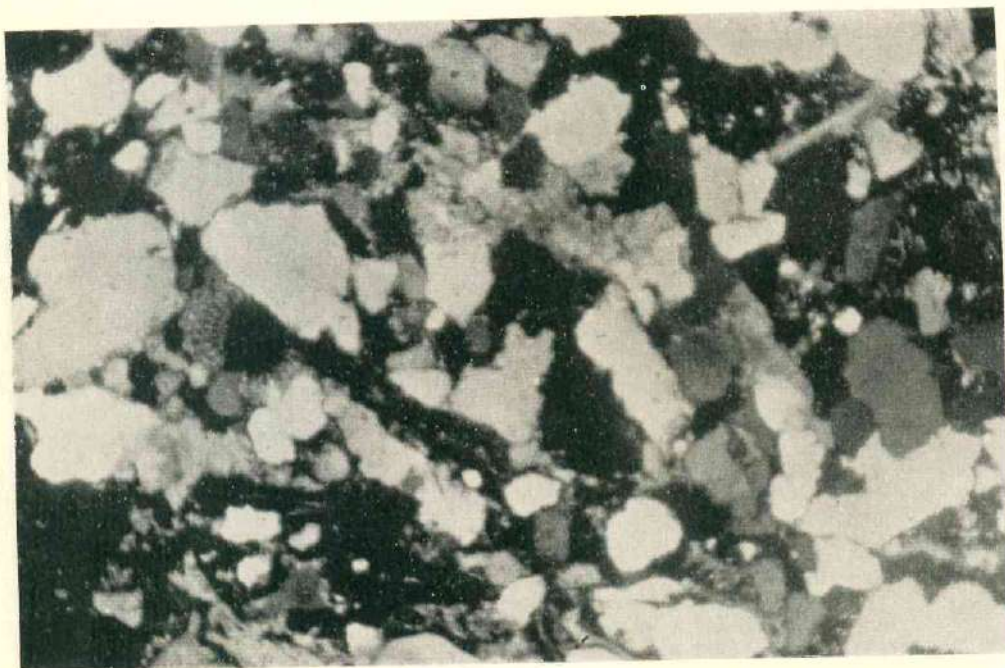


Lámina IV; Foto 2. — Ortocuarcita del nivel arenoso con cemento calcáreo-ferruginoso en que se observan restos de fósiles y algo de textura cuarcítica (muestra 731, nicols cruzados, x 40). Foto Meza.