

Morfología submarina y sedimentos marinos recientes del margen continental del nororiente de Venezuela* (resumen)

por MANUEL DE MIRÓ ORELL

SUMMARY

A regional distribution of the recent marine sedimentary facies from the continental shelf and slope off NE Venezuela is given in this paper. Each facies is defined according to the properties of the sediments and the geological setting. The factors of the geological setting that control the characteristics and distribution of each facies are defined. One of the principal factors of control in this area is the complexity of the submarine morphology.

RESUMEN

El propósito inmediato del presente trabajo es dar una distribución regional de las facies sedimentarias actuales de la plataforma y talud continental del NE de Venezuela, ver la relación que guardan con el ambiente y determinar los principales factores causantes de la distribución de cada facies. El propósito remoto es aportar nuevos conocimientos de las facies actuales del mundo para contribuir a la mejor comprensión de las facies antiguas.

El trabajo se ha dividido en tres partes. En la primera se estudian los aspectos generales de mayor importancia para establecer el ambiente geológico: geología y morfología costeras, clima, drenaje, oceanografía y, muy especialmente, morfología submarina. En la segunda se estudian las propiedades de los sedimentos — textura, tamaño de grano, contenido en carbonato cálcico y materia orgánica, composición terrígena, biógena y autógena y minerales pesados de la fracción arena — y su relación con el ambiente. En la tercera parte se agrupan los sedimentos según sus propiedades y los factores ambientales y se establecen las facies. Además se discuten las facies del NE de Sudamérica desde Recife (Brasil) hasta Caracas y se compara el patrón observado con el de otras regiones del mundo.

AMBIENTE GEOLÓGICO

El margen continental del NE de Venezuela (fig. 1) limita al Sur con la Cordillera de la Costa, cadena montañosa, alta, de rocas metamórficas, orientada en

sentido E-O y dispuesta de forma rectilínea, solamente interrumpida en el centro por el Arco de Anzoátegui donde unidades del Cretáceo no metamórfico y del Terciario limitan con el mar y son drenadas por la única red hidrográfica que, en el área estudiada, desemboca en el Caribe. La morfología litoral viene determinada por la geología costera, de forma que las costas de rocas metamórficas son escarpadas y en los materiales blandos del Arco de Anzoátegui la costa es un llano aluvial lagunar. El clima del Nororiente de Venezuela es de tipo semiárido a desértico, con un régimen de vientos característico que determina las condiciones oceanográficas peculiares de esta área, la cual es una zona templada atípica dentro del Caribe tropical, debido a afloramientos de masas subsuperficiales de agua fría. Las condiciones oceanográficas, a su vez, están también influidas por la morfología submarina, siendo el caso más evidente la Fosa de Cariaco, cuenca euxínica de aguas estratificadas.

Toda el área está sometida a la influencia de la corriente de las Guayanas que, procedente del Atlántico, frente a las costas de las Guayanas, penetra en el Caribe entre Trinidad, Tobago y Granada y discurre paralelamente a la costa Norte de Sudamérica en el talud continental; sus ramales afectan a toda la plataforma continental.

El área estudiada está enclavada en una zona tectónicamente activa, definida por el cinturón tectónico de los Andes, Cordillera de la Costa y el arco de las Antillas Menores, y su morfología es una consecuencia de esta tectónica. Se distinguen dos regiones bien diferenciadas que son la plataforma de Margarita-Los Testigos, al Este, y un borde continental que incluye plataforma, cubetas y bancos al Oeste (fig. 2). En la plataforma de Margarita-Los Testigos hay depresiones orientadas en sentido E-O que posiblemente son las manifestaciones morfológicas de un sistema de fallas de esta dirección; las depresiones están limitadas por islas y bancos que constituyen un relieve convexo en la plataforma media; la plata-

* Esta comunicación es el resumen de la memoria presentada en junio de 1970 a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona para obtener el título de doctor; este resumen fue expuesto por el autor el día 30 de noviembre de 1970. La memoria consta de 404 páginas, que incluyen 72 figuras, 6 tablas, 3 mapas batimétricos, 3 mapas de sedimentos superficiales y un mapa morfológico.

forma es muy extensa (59 millas) y puede decirse que es suavemente ondulada desde tierra firme hasta el talud continental. La Fosa de Cariaco es el accidente morfológico más notable del borde continental de Cariaco y está formada por dos cubetas con fondo de llanura abisal y de más de 740 brazas de profundidad, separadas por un umbral. A menor profundidad (200-300 brazas) se encuentran las cuencas de Araya y Margarita. Todas ellas son cuencas cerra-

están separadas del mar abierto por el Banco de La Tortuga, elevación submarina que se extiende desde Margarita al Cabo Codera, aflorando en superficie en la Isla de La Tortuga. La máxima profundidad del banco, 74 brazas, se encuentra en dos canales angostos perpendiculares a él al Este y Oeste de dicha isla. El talud continental es en general accidentado con cañones submarinos importantes; al Norte de la Isla de Margarita el talud está interrumpido por

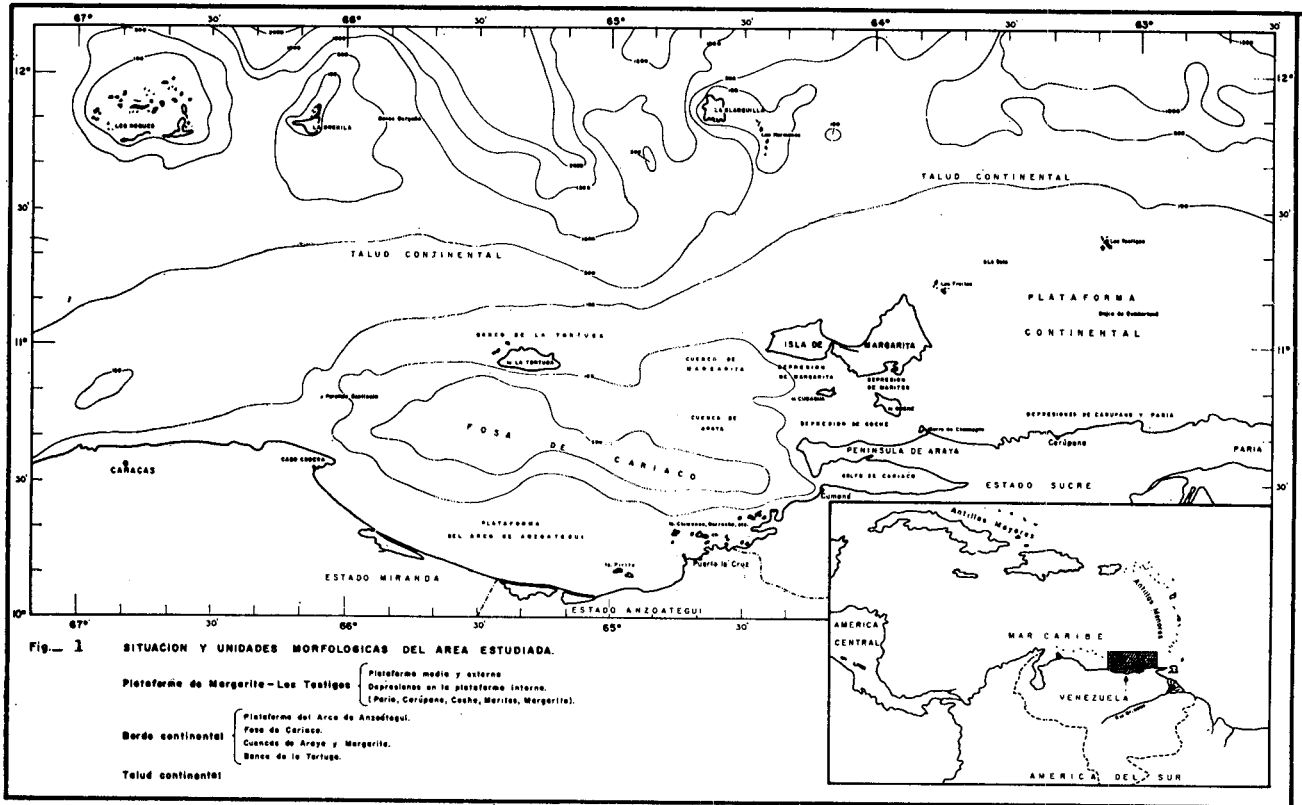


FIG. 1. — Situación y unidades morfológicas del área estudiada del NE de Venezuela.

das euxínicas. La Fosa de Cariaco es la manifestación morfológica de la falla del Pilar, que en el continente desplazó los materiales metamórficos de la Cordillera de la Costa de los sedimentarios de la Serranía del Interior, y que continúa bajo el mar desde el Golfo de Cariaco hasta el extremo occidental de la Fosa, en una línea discontinua.

La Fosa de Cariaco limita al Sur con la plataforma del Arco de Anzoátegui, que en su zona costera presenta una morfología de delta frente a las desembocaduras de los ríos Unare y Tuy; al Norte de la desembocadura del Unare, esta plataforma alcanza su máxima anchura (26 millas) y hacia sus extremos Este y Oeste se reduce considerablemente hasta llegar a ser prácticamente inexistente. Al Norte, la Fosa de Cariaco y cuencas de Araya y Margarita

el inicio de la Prominencia de Aves, cordillera submarina de dirección S-N; esta cordillera, junto con el talud, define dos cañones submarinos situados al Este y Oeste.

La correlación entre la estructura terrestre y submarina es bien patente si se comparan dos cortes de dirección S-N a través de la Serranía del Interior, la Cordillera de la Costa y el margen continental del Nororiente de Venezuela. En el corte más oriental la falla del Pilar discurre por el Golfo de Cariaco. La ondulación entre la Isla de Margarita y la Península de Araya puede corresponder, o bien a una sucesión de anticlinales y sinclinales, o bien a desplazamientos de falla. Hacia el Oeste, en el segundo corte, la falla del Pilar se continua por la Fosa de Cariaco en una línea discontinua. Probablemente se trata de un sistema de fallas, orientadas E-O, que en la Fosa de Cariaco han actuado con mayor intensidad.

Algunos rasgos morfológicos observados posiblemente tienen significado paleogeográfico. Las superficies planas escalonadas de la plataforma a profundidades entre 8 y 60 brazas se han interpretado tentativamente como terrazas submarinas por comparación con las del área adyacente en el Atlántico y con las del Golfo de México (CURRAY, 1960), y teniendo en cuenta ciertas asociaciones de minerales pesados y de foraminíferos bentónicos. En base a las terrazas submarinas se ha establecido la paleogeografía desde la última glaciación, hace unos 18.000 años. Los niveles cuyo significado parece más seguro son tres. El más profundo, — 58 brazas, marca el borde de la plataforma y corresponde al nivel del mar hace aproximadamente unos 18.000 años; en aquel tiempo la

Margarita y tierra firme que debió afectar las condiciones oceanográficas de la Fosa de Cariaco, y la Depresión de Coche debió ser un golfo de característica muy semejantes a las del actual Golfo de Cariaco.

PROPIEDADES DE LOS SEDIMENTOS

La exposición de las propiedades físicas, químicas, biológicas y mineralógicas de los sedimentos implica la discusión de la petrografía de tal manera que las conclusiones que se puedan deducir conduzcan a establecer las facies sedimentarias. Los problemas que se plantean son los siguientes:

1. Litología de los sedimentos.
2. Tamaño de grano en relación con la dinámica de transporte.
3. Naturaleza de los componentes terrígenos y biógenos; su influencia sobre la textura y su dependencia del ambiente.
4. Características químicas de los sedimentos y su relación con el ecosistema marino circundante.

En base a los análisis granulométricos y de contenido en carbonatos se han definido los tipos litológicos del área y su distribución (1). Los caracteres litológicos de los sedimentos están muy relacionados con la morfología submarina; en áreas convexas se dan arenas calcáreas y calciruditas, estas últimas relacionadas con los arrecifes de coral; en áreas cóncavas (depresiones en la plataforma, Fosa de Cariaco, cuencas de Araya y Margarita), talud continental y áreas de delta, los sedimentos son finos y, en general, poco calcáreos (arcillas y limos, lutitas). Esta correlación se ha calculado matemáticamente tomando como variables el porcentaje de arcilla y la profundidad.

En cuanto a los componentes terrígenos se han estudiado los de la fracción arena al microscopio petrográfico y al estereomicroscopio. En general, se han diferenciado dos grandes tipos de asociaciones de minerales pesados: 1) unas que indican sedimentos relictos y 2) otras, costeras, que son consecuencia de la dispersión actual de las arenas de playa.

Entre las primeras se encuentran la asociación de mezcla y la asociación epidota-circón, en la plataforma externa de Margarita-Los Testigos; estas asociaciones son importantes porque son representativas de distintos ciclos de sedimentación debidos a los cambios del nivel del mar y también del transporte de sedimentos desde áreas lejanas durante el Pleistoceno. Las asociaciones de tipo local alrededor de Margarita y Araya y la asociación Miranda corresponden a las arenas de playa actuales y su distribución denota, por una parte, la escasa dispersión de las arenas costeras, y, por otra, la influencia de factores ambientales, tales como co-

(1) Para la nomenclatura según el tamaño se ha seguido la empleada por SHEPARD (1954).

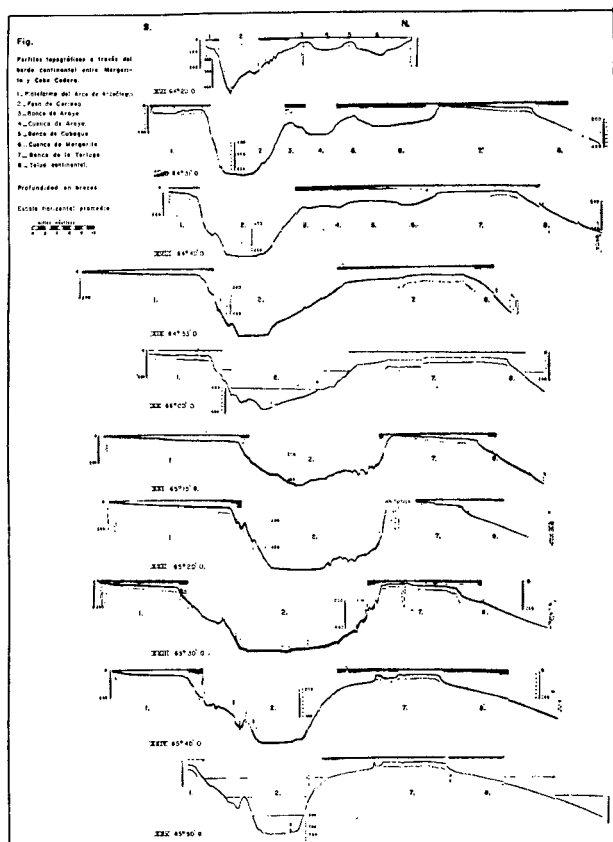


Fig. 2. — Perfiles topográficos a través del borde continental entre Margarita y Cabo Codera.

actual plataforma y el Banco de La Tortuga estaban emergidos y la Fosa de Cariaco constituía una cuenca interior. El nivel intermedio, — 36 brazas, corresponde al nivel del mar hace aproximadamente 11.000 años; la consecuencia más importante del cambio de nivel fue la comunicación de la Fosa de Cariaco con el mar abierto; en esta época cambiaron las condiciones climáticas, ambientales, y se inició el desarrollo y deposición de la elevada producción orgánica, que utilizó la Fosa de Cariaco como pozo séptico de la producción sobrante, no utilizada. El nivel de — 12 brazas corresponde a la situación del nivel del mar hace aproximadamente 8.000 años; en esta época la configuración de la costa era muy semejante a la actual; quedó abierto un canal entre

rrientes de marea, en la distribución de los sedimentos actuales. La distribución de las arenas terrígenas depende pues de factores pretéritos — cambios del nivel del mar, distinta configuración de la línea de costa — y actuales — olas y corrientes de marea — y por supuesto del drenaje de ríos, torrentes y lluvias.

En el análisis del tamaño de grano se discuten los parámetros estadísticos obtenidos de las curvas acumulativas en relación con el tipo de textura y los agentes de transporte. Se han encontrado cuatro tipos de curvas acumulativas: 1) las correspondientes a arenas de fragmentos calcáreos, bien seleccionadas, que se distribuyen en áreas someras de la plataforma, sometidas a la acción selectiva de la corriente de las Guayanas; 2) arenas con mezcla de fango mal seleccionadas que se distribuyen en enclaves de la plataforma y talud superior; 3) limos arcillosos con muy escaso contenido de arena, distribuidos en la Fosa de Cariaco y depresiones en la plataforma; y 4) sedimentos de arcilla o arcilla limosa moderadamente bien seleccionados que, transportados por la corriente de las Guayanas desde el área del Orinoco se depositan en el talud continental.

La acción selectiva más eficaz corresponde a las olas y corrientes de marea; esto se pone de manifiesto en algunos sedimentos de arena fina y limo grueso en el área de las costas lagunares. Les sigue en importancia la acción de las corrientes oceánicas. La relación entre el tamaño de grano y el grado de selección evidencia que las partículas mejor seleccionadas tienen un tamaño entre 1,5 y 3,5 ϕ . Las curvas de frecuencia en general son bi o multimodales y representan un sedimento constituido por dos o más fases que en determinadas condiciones se depositan conjuntamente. El análisis de las modas se ha hecho para considerar cada una de estas fases aisladamente y, por lo tanto, deducir qué partículas han sido transportadas y seleccionadas dentro de un determinado tipo de sedimento.

El estudio de los componentes biógenos de la fracción arena constituye un análisis de las biofacies. Se han analizado los grupos "fragmentos calcáreos" (que incluyen restos de Corales, Algas calcáreas, conchas de Moluscos, Briozoos, Polizoos, etc.), Foraminíferos bentónicos y planctónicos, Moluscos planctónicos, Radiolarios, Diatomeas, restos de peces y restos vegetales. La distribución de cada uno de ellos está relacionada con la morfología submarina, con la textura de los sedimentos y con el ambiente.

Los fragmentos calcáreos se distribuyen en aguas someras de áreas cercanas a arrecifes de coral, bancos e islas en que constituyen casi toda la fracción arena que por su tamaño es calcirudita.

Los Foraminíferos bentónicos grandes están asociados a los fragmentos calcáreos y nunca constituyen porcentajes elevados de la arena; los Foraminíferos pequeños calcáreos (*Buliminella*, *Bulimina*, *Florilus Nonionella*) se encuentran en sedimentos finos, de facies de plataforma, en porcentajes muy elevados, de hasta más del 50% de la arena; la asociación de Foraminíferos glauconitizados *Amphistegina lessonii*, *Liebusella soldanii* y *Textulariella barrettii* define una facies

de sedimentos relictos de la transgresión holocénica. (Nota 1958, Seiglie 1968). Este grupo no define la textura de los sedimentos. Sólo en la plataforma del Arco de Anzoátegui existe correlación entre Foraminíferos bentónicos y textura.

Los Foraminíferos planctónicos predominan en áreas profundas, de sedimentos finos (Fosa de Cariaco y talud continental), donde constituyen más del 50% de la arena; en la plataforma media y externa sólo llegan a constituir el 10% en número de la arena; en la Fosa de Cariaco predomina *Globigerina bulloides* y en el talud predominan *Globigerinoides ruber* y *Globorotalia*; la presencia de *Globigerina inflata* en algunos puntos del talud indica sedimentos relictos. La distribución de las dos especies de Foraminíferos planctónicos más importantes (*Globigerina bulloides* y *Globigerinoides ruber*) es debida fundamentalmente a un factor ecológico (temperatura de las aguas y abundancia de fitoplancton en las mismas). Los Foraminíferos planctónicos no determinan en ningún caso la textura, ya que, cuando son muy abundantes en la fracción arena, ésta es muy escasa respecto al total del sedimento.

Los Moluscos planctónicos representados por Pterópodos y Heterópodos, se encuentra exclusivamente en la Fosa de Cariaco. No se comprende su ausencia en áreas oceánicas del talud continental.

Se dan altas concentraciones de Radiolarios en el talud continental por debajo de las 400 brazas de profundidad; en la Fosa de Cariaco no parecen guardar ninguna relación con la profundidad; en la plataforma continental son muy escasos.

Las Diatomeas se encuentran en áreas de sedimentos finos del talud y Fosa de Cariaco; en enclaves aislados de las depresiones en la plataforma llegan a constituir más del 90% de la fracción arena, pero, en general, son escasas en toda el área de plataforma; las del talud continental proceden del área del Orinoco y son transportadas por la corriente de las Guayanas; las de las depresiones y Fosa de Cariaco proceden de las poblaciones planctónicas locales debidas a la elevada producción orgánica provocada por el afloramiento de aguas profundas ricas en nutrientes.

Los restos de peces son componentes importantes en los sedimentos de la Depresión de Carúpano y están presentes en la Depresión de Coche y Fosa de Cariaco. La presencia de estos elementos en la Fosa de Cariaco y ausencia en el talud continental debe explicarse por la ausencia en la primera de una fauna bentónica depredadora.

En resumen, hay dos grandes tipos de biofacies: 1) una facies bentónica, en la plataforma de Margarita-Los Testigos, Banco de La Tortuga, plataforma del Arco de Anzoátegui, en la que se pueden distinguir una facies de fragmentos calcáreos y una facies de Foraminíferos bentónicos y 2) una facies planctónica, en la Fosa de Cariaco y talud continental, en la que se distinguen facies de Foraminíferos planctónicos, facies de Radiolarios y facies de Diatomeas. Los factores que las controlan son: 1) las condiciones oceanográficas que dan lugar a floraciones planctónicas. Estas condiciones determinan biofacies de aguas frías, cerca de la costa (*Globigerina bulloides* y Diatomeas), y de aguas cálidas, más alejadas de la costa (*Globigerinoides ruber*, Radiolarios); y 2) cambios del nivel del mar que dieron lugar a una resedimentación de las arenas sobre las que se depositaron diversos organismos bentónicos y planctónicos.

Se han analizado también las características de los sedimentos que dependen esencialmente de las con-

diciones ambientales, tales como el pH, los minerales autígenos, pirita y glauconita, y el contenido en materia orgánica. Los valores de pH, si bien son de difícil interpretación, ponen de manifiesto áreas de ambiente ácido correspondiente a sedimentos finos y ricos en materia orgánica (Fosa de Cariaco, depresiones) y áreas de ambiente básico, oxigenadas y de sedimentos arenosos (plataforma media y externa de Margarita-Los Testigos, Banco de la Tortuga). Definen por tanto áreas de ambientes bien diferenciados.

Los minerales autígenos que se han considerado son glauconita y pirita, los cuales por sí solos caracterizan ambientes bien definidos. Ambos minerales en general se excluyen y su formación está relacionada con las zonas de oxígeno y ácido sulfhídrico, respectivamente. La conclusión más interesante que se puede sacar de la distribución de la glauconita y de su ambiente de deposición es que se encuentra asociada a sedimentos gruesos, en áreas de fuertes corrientes, turbulentas, de escasa o nula deposición; define, por tanto, en la plataforma, facies no deposicionales de la transgresión holocena (KOLDEWIJN 1958, VAN ANDEL & VEEVERS 1967).

La pirita sólo se ha encontrado en sedimentos muy finos y reductores. La pirita de la Fosa de Cariaco es de origen bacteriano; las condiciones anóxicas de la Fosa, con presencia de sulfhídrico en el agua y en los sedimentos, son el ambiente adecuado para la formación de este mineral. En ambientes oxigenados, en el agua (depresiones en la plataforma), la pirita se presenta en áreas de elevado contenido en materia orgánica, la cual crea un ambiente reductor en el fango. Parece que hay poca duda de que la pirita se forma por la acción de las bacterias en ambientes reductores, pero estas condiciones pueden darse extensamente, es decir, en un gran espacio, como puede ser una cuenca total o parcialmente cerrada, en zonas de elevada deposición de materia orgánica, o bien en espacios tan reducidos como las cámaras de un foraminífero en ambientes oxidantes (EMERY, 1960). Por ello la pirita considerada aisladamente puede resultar insuficiente para deducir si un ambiente es o ha sido reductor; la pirita asociada o no a una fauna bentónica, o a una determinada textura del sedimento, o a un porcentaje de materia orgánica, puede ser mucho más explícita como indicador de un ambiente. Sin embargo, se puede concluir que este mineral se encuentra en general en áreas cóncavas y asociadas a sedimentos finos con fuerte olor a SH_2 , es decir, en ambientes generalmente reductores.

La materia orgánica se ha estudiado, por una parte, analizándola en conjunto y, por otra, considerando aspectos parciales de la misma, tales como el nitrógeno, fosfatos y pigmentos verdes. Las razones que justifican el análisis de la materia orgánica son las siguientes: 1) la presencia de materia orgánica influye en las condiciones físicas y químicas de los sedimen-

tos, modificando el tipo de fauna y la naturaleza de los depósitos, y 2) considerando que la materia orgánica origina los depósitos de petróleo, su estudio puede resultar de utilidad para la investigación de nuevos yacimientos petroleros.

La presencia de materia orgánica en los sedimentos depende de varios factores: 1) del aporte de materia orgánica de las aguas suprayacentes, 2) de la velocidad de descomposición una vez depositada, y 3) del movimiento de las aguas. La primera condición se cumple con largueza, ya que las aguas del Nororiente de Venezuela son muy productivas: 500 a 1.000 mg C/m²/día en áreas costeras y de 50 a 300 mg C/m²/día en áreas de plataforma y talud continental (MARGALEF, 1968). La preservación de la materia orgánica depende de la textura de los sedimentos y de la cantidad de oxígeno; ambas variables están relacionadas con la dinámica de las aguas y a su vez el movimiento de éstas depende en parte de la morfología submarina. Para conocer hasta qué punto estas variables dependen unas de otras se han calculado las correlaciones de la materia orgánica con la profundidad y con la textura, obteniéndose coeficientes de correlación lineal elevados y positivos (considerando el total de muestras); así pues, este componente abunda en cuencas profundas y cerradas y en las depresiones, todas ellas resguardadas de los movimientos de las aguas y correspondientes a sedimentos de textura fina. El volumen de materia orgánica depositado por año, aplicando factores de conversión de Trask y de Emery (EMERY, 1960), representa unas 450.000 t, lo que equivale a unos 2.700 o 3.000 barriles de petróleo.

Teniendo en cuenta que los constituyentes de la materia orgánica tienen resistencia diferente a la descomposición, conocer su naturaleza puede explicar mejor la relación entre la materia orgánica y el ambiente. Los componentes que se han analizado son: nitrógeno, fosfatos y pigmentos verdes. La alteración de los restos orgánicos causa un progresivo aumento en el contenido relativo de carbono e hidrógeno y una disminución de oxígeno y nitrógeno, por tanto la relación C/N es función de ambientes más o menos oxidantes. Así pues, en las áreas de la Fosa de Cariaco y depresiones, que no están sujetas a oxidación y la materia orgánica procede en su mayor parte de las poblaciones planctónicas, los valores de C/N son bajos. Por el contrario, en áreas de plataforma y talud continental sujetas a oxidación la relación C/N es más elevada; esto es debido a que el nitrógeno pasa en disolución y también a que la materia orgánica está enriquecida en carbono orgánico procedente de las partículas vegetales. Como se puede suponer los valores de C/N están muy relacionados con la textura de los sedimentos.

Los fosfatos, que proceden en parte de las poblaciones planctónicas, tienen una estabilidad distinta a la del nitrógeno; el nitrógeno es inestable en ambientes oxigenados, mientras que en ellos los fosfatos son estables. Por el contrario, en ambientes sulfurosos el nitrógeno es muy estable, pero los fosfatos se disuelven. Los fosfatos abundan en las depresiones de la plataforma, donde, si bien el fango es sulfuroso, no lo es el agua suprayacente, lo que permite la preservación de este componente. En la Fosa de Cariaco, donde

el ambiente reductor se extiende a las capas de agua supra-yacentes, los fosfatos pasan fácilmente en disolución. Los fosfatos nos servirán pues para matizar el ambiente reductor, es decir, permitirán distinguir si se trata de una cuenca cerrada de aguas sulfurosas o bien si el ambiente reductor se limita a las capas de fango por debajo del nivel agua-fango.

El estudio de los pigmentos lleva a las mismas conclusiones que la consideración de la materia orgánica. Sin embargo la relación Nitrógeno/Feofitinas indica las áreas de mayor tasa de deposición, ya que los pigmentos requieren gran deposición de sedimentos detríticos finos que los protejan de la oxidación por ser muy débiles ante ésta. Esta relación indica que las áreas de máxima deposición se encuentran en la Fosa de Cariaco, frente a la salida del Golfo de Cariaco.

En relación a las facies sedimentarias y a los factores ambientales que las determinan se puede concluir que los minerales autógenos y la materia orgánica permiten establecer dos tipos de ambientes: reductor, al considerar todas las características de los sedimentos; la textura fina, la abundancia de nitrógeno, de pigmentos y presencia de piritita, junto con la ausencia de una fauna bentónica determinada, pueden considerarse buenos indicadores de este ambiente. La pobreza en materia orgánica, la textura gruesa y la presencia de glauconita son indicadores de ambientes oxidantes; sin embargo, en el talud continental y en algunas áreas de plataforma no puede aplicarse este mismo criterio.

FACIES SEDIMENTARIAS Y FACTORES QUE LAS CONTROLAN

Este capítulo constituye la conclusión de este estudio. El término "facies" se usa aquí para indicar las características de una roca que constituye el registro de un ambiente deposicional. Las facies son una consecuencia de un conjunto de características propias del medio donde se forman y de los sedimentos que las integran. En general se puede considerar que la estructura, el área de origen de los sedimentos y el clima son los factores básicos que determinan el ambiente y como consecuencia las facies (VAN ANDEL, 1964). La morfología, el drenaje, las condiciones oceanográficas, etc. dependen en última instancia de estos factores. La importancia de cada factor sólo se podrá establecer cualitativamente y por comparación con otras áreas de ambiente geológico conocido.

Las facies se han establecido en base a las características petrográficas de los sedimentos que se preservarán en el futuro a través del tiempo geológico (textura, contenido en carbonatos, materia orgánica, minerales detríticos y autógenos y componentes biógenos). Se han diferenciado 8 tipos de facies que se reúnen en tres grandes grupos (fig. 3): facies litorales y de banco, facies no deposicionales y facies deposicionales.

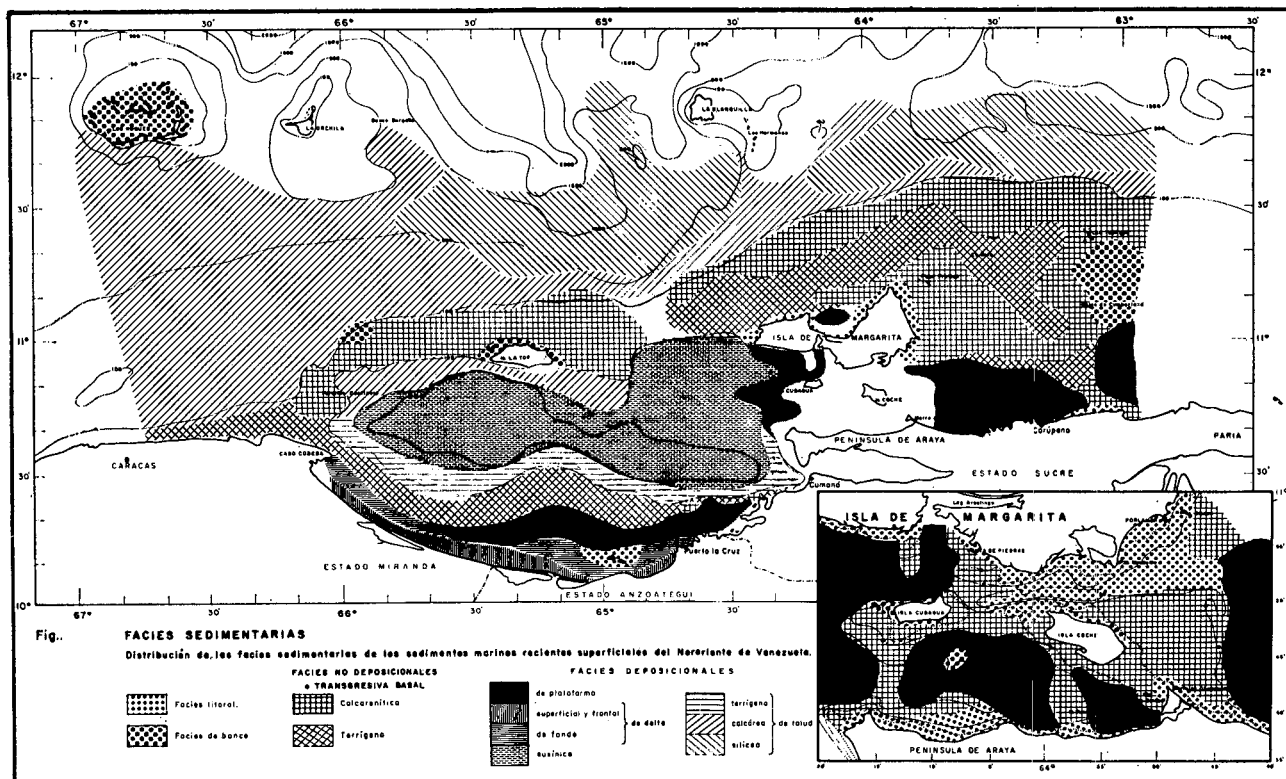


FIG. 3. — Distribución de las facies de los sedimentos marinos recientes superficiales del Nororiente de Venezuela.

nales, controladas básicamente por la morfología submarina. Es decir, las facies no deposicionales se encuentran en áreas convexas y, por tanto, sujetas a la erosión, y las deposicionales en áreas cóncavas que permiten la deposición y retención de los sedimentos.

La facies litoral es de arenas de playa y arenas sumergidas costeras con abundancia de minerales detríticos procedentes de la costa; su extensión en el área sumergida depende de la capacidad de dispersión de los minerales pesados de las playas adyacentes. La facies de banco es de gravas y arenas calcáreas de corales, algas, moluscos, etc.; se sitúa en áreas muy someras y está controlada ecológicamente.

El límite hacia el mar de la facies litoral será muy difícil de establecer en el caso de que no se dé en contacto con ella una facies deposicional de plataforma. En las áreas no deposicionales de plataforma debe estar presente una facies muy característica denominada "facies de arenas basales transgresivas" (CURRAY, 1960). Esta facies representa el inicio del ciclo de sedimentación de la transgresión holocénica después del máximo descenso del nivel del mar. Se caracteriza por arenas gruesas constituidas por terrígenos y elementos calcáreos; en algunos puntos pueden estar mezcladas con fango, el cual corresponde al aporte terrígeno que actualmente reciben. Esta facies cubre la plataforma media y externa de Margarita-Los Testigos, el Banco de la Tortuga y la plataforma externa del Arco de Anzoátegui. Además de los elementos terrígenos alterados y rodados y los calcáreos subrecientes, estas facies se caracterizan por la presencia de glauconita, por la asociación de foraminíferos bentónicos grandes (*Amphistegina lessonii*, *Liebusella soldanii* y *Textulariella barrettii*) y por la asociación epidota-circón. En base al contenido de carbonato cálcico y de terrígenos se han diferenciado la facies transgresiva calcarenítica y la transgresiva terrígena. Estas facies están controladas: 1) por la baja tasa de aporte de sedimentos, 2) por la morfología convexa de alta exposición a los agentes de transporte y erosión, y 3) por la acción de la corriente de las Guayanas, las corrientes de marea y las turbulencias que impiden la deposición de partículas finas.

Las facies deposicionales son las de plataforma, delta, talud y euxínica. En todas ellas las características comunes son la textura muy fina, el bajo contenido en carbonatos y la elevada concentración de materia orgánica; los componentes de la arena y las condiciones morfológicas y ambientales son los que mejor permiten diferenciar cada una de las facies deposicionales. La diferencia entre la facies de plataforma y la euxínica estriba en los foraminíferos bentónicos, muy abundantes en la facies de plataforma y ausentes en la facies euxínica debido a las condiciones anóxicas del fondo. Las facies de talud se diferencian de la euxínica por la mayor abundancia

de radiolarios y más bajo contenido en materia orgánica, pero fundamentalmente por las diferencias en las condiciones ambientales. La facies de delta, aunque muy similar a la de plataforma, se distingue de ella por su bajo contenido en fauna, carbonatos y materia orgánica, y la mayor proporción de terrígenos en la arena.

La facies de plataforma de la depresión de Paria está controlada por los aportes del Orinoco y por la corriente de las Guayanas (VAN ANDEL y POSTMA, 1954, KOLDEWIJN, 1958). En las depresiones de Carúpano, Coche y Margarita la facies de plataforma es debida al transporte por olas y mareas y al clima desértico; los fuertes vientos dan lugar al transporte eólico y a unas condiciones oceanográficas peculiares, de afloramiento de aguas profundas que originan floraciones planctónicas y son la causa de una elevada deposición de materia orgánica; en las épocas de fuertes lluvias torrenciales se da un aporte de sedimentos al mar. La facies de plataforma en el Arco de Anzoátegui está controlada por los aportes de los ríos Neverí, Unare y Tuy, que también determinan las facies del delta; en la plataforma media y externa prevalecen las condiciones marinas sobre las deltaicas, permitiendo la diferenciación entre estas dos facies.

La facies euxínica de la Fosa de Cariaco y cuencas de Araya y Margarita está controlada por las condiciones ambientales propias de cuenca cerrada (falta de oxígeno, estratificación de las aguas, temperatura elevada), por el aporte sedimentario y por la cercanía de un área de alta producción orgánica que utiliza esta cubeta como pozo séptico que digiere parte de la producción disponible.

La facies de talud está controlada por el aporte de terrígenos finos de procedencia muy lejana y por el patrón de corrientes; la deposición planctónica es característica y permite diferenciar subfacies.

En resumen, los factores que controlan las facies del Nororiente de Venezuela son los siguientes: morfología submarina, patrón de corrientes, condiciones quimicobiológicas de las aguas, ausencia de avenamiento en la Cordillera de la Costa, moderada tasa de aporte sedimentario en el Arco de Anzoátegui y los cambios del nivel del mar.

El ambiente geológico del Nororiente de Venezuela difiere del resto de la plataforma continental del NE de Sudamérica, desde Recife hasta Caracas. La diferencia esencial con el resto de la plataforma atlántica es que aquí, en un espacio reducido, se dan gran número de ambientes y de facies debido a la complejidad morfológica. En este aspecto la plataforma atlántica es más regular y las facies, que ocupan mayores extensiones y que son menos numerosas, no dependen de la morfología submarina sino más bien del aporte sedimentario de las grandes redes fluviales, del patrón de corrientes y de los cambios del nivel del mar.

BIBLIOGRAFÍA

- CURRAY, J. R. (1960). — Sediments and history of Holocene transgression, continental shelf, northwest Gulf of México, *en* Recent sediments, Northwest Gulf of México, *Am. Assoc. Petrol. Geol.* pp. 221-266.
- EMERY, K. O. (1960). — The Sea off Southern California. John Wiley and Sons, New York, 366 pp.
- KOLDEWIJN, B. W. (1958). — Sediments of the Paria-Trinidad shelf, *en* Repts. Orinoco Shelf Expedition: Mouton y Co., La Haya, vol. 3, pp. 109.
- MARGALEF, R. (1968). — The pelagic ecosystem of the Caribbean Sea. *Coloquio sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones adyacentes.* UNESCO, FAO, WMO, (en prensa), 14 pp., 6 figs.
- NOTA, D. J. G. (1958). — Sediments of the Western Guiana Shelf. *Meded. Landbouwhogeshood Wageningen.* 58, vol. 2, 104 pp.

- SEIGLIE, G. A. (1968). — Relationship between the distribution of *Amphistegina* and the submerged pleistocene reefs off western Puerto Rico. *Tulane Studies in Geology*, vol. 6, n. 4, pp. 139-147.
- SHEPARD, F. P. (1954). — Nomenclature bases on sand-silt-clay ratios. *J. sediment. Petrol.*, vol. 24, n. 3, pp. 151-158.
- VAN ANDEL, Tj. H. (1964). — Recent marine sediments of the Gulf of California, *en* Marine Geology of the Gulf *Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem.* 3, pp. 216-310.
- VAN ANDEL, Tj. H. y H. POSTMA, (1954). — Recent sediments of the Gulf of Paria, *en* Repts. Orinoco Shelf Expedition, vol. 1, *Kon. Nederl. Akd. Wetensch. Verh.*, vol. 20, n. 5, 245 pp.
- VAN ANDEL, Tj. H. y J. J. VEEEVERS, (1967). — Morphology and Sediments of the Timor Sea. *Bur. Min. Resour. Aust., Bull.*, 83, 173 pp.

CRÓNICA

I COLOQUIO DE ESTRATIGRAFÍA Y PALEO GEOGRAFÍA DEL JURÁSICO DE ESPAÑA

Del 5 al 10 de Octubre pasado se celebró en Vitoria el I Coloquio de estratigrafía y paleogeografía del Jurásico de España, con más de un centenar de participantes, nacionales y extranjeros.

Uno de los principales problemas que se pretendía abordar en el Coloquio era el establecimiento de una escala cronoestratigráfica unificada para el Jurásico español y la definición de los límites superior e inferior del mismo.

Ambos problemas fueron ampliamente expuestos y analizados a través de unas 30 comunicaciones científicas, llegándose en la asamblea general a una serie de conclusiones que se resumen más adelante.

La organización del coloquio corrió a cargo de los Departamentos de Estratigrafía y Geología Histórica de las Universidades de Madrid y Barcelona, del Instituto Geológico y Minero de España, del Instituto de Geología Económica del C.S.I.C. y de la Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A. (CIEPSA).

La sesión inaugural corrió a cargo de la escuela de la Universidad de Granada que presentó un "Bosquejo estratigráfico del Jurásico de las cordilleras béticas (litoestratigrafía y microfácies)".

Las demás comunicaciones científicas aportaron interesantes novedades acerca de problemas locales y regionales del jurásico español. Al mismo tiempo los profesores Maubeuge y Mouterde desarrollaron unas conferencias plenarias abordando, el primero de ellos, los problemas de las formaciones y límites del jurásico, mientras que el profesor Mouterde esbozó una síntesis del Jurásico español.

En la sesión de clausura, presidida por el Ilmo. Sr. D. Juan Antonio Gómez-Angulo, y constituyendo la mesa los señores D. Oriol Riba, Dña. Carmina Virgili, D. José Ramírez del Pozo, D. Manuel M.^a Alvarado, D. Juan Antonio Vera, D. Jaime Truyols y D. Salvador Reguant, se establecieron,

en otros, los siguientes acuerdos, ajustados, en lo posible, a los del Coloquio del Jurásico, celebrado en 1962 en Luxemburgo.

1.º) Adoptar para el Jurásico español la siguiente escala cronoestratigráfica:

SISTEMA	SERIE	PISO
JURÁSICO	Jurásico sup. (Malm)	Portlandense = Tithónico
		Kimmeridgense
		Oxfordense
	Jurásico medio (Dogger)	Calloviense
		Bathonense
		Bajocense Aalenense
	Jurásico inf. (Lías)	Toarciense
		Pliensbachense
		Sinemuriense
		Hettangense

Se discutió la posición del Aalenense, prevaleciendo la opinión de que es conveniente incluirlo en la serie del Jurásico medio.

Se admite el uso del Tithónico o del Portlandense como último piso del Jurásico superior, recomendándose el empleo del término Portlandense.

Se recomienda el uso de nombres propios sólo para los pisos, usando para los subpisos los calificativos de inferior, medio y superior, en su caso, con preferencia a otros nombres propios.

2.º) El límite inferior del Jurásico ha sido definido, en el Coloquio de Luxemburgo de 1962, como la base del Hettangense, y así se aceptó, incluyendo el Rhetiense en el Triásico.

3.º) Se recomienda no fijar el límite superior del Jurásico en aquellas zonas en que está representado por sedimentos de facies no marina, empleando, en su lugar, el término "facies Purbeck", en espera de dataciones cronoes-tratigráficas precisas, que permitan establecer claramente dicho límite.

Asimismo, se recomienda no usar desinencias en *ENSE* o en *ICO* para las facies.

4.º) Se acordó la creación de un Grupo Español de Mesozoico, y se nombra para su puesta en marcha una Comisión Gestora, de composición abierta, constituida en principio, por los señores: D. Manuel M.ª Alvarado, Doña Asunción Linares, D. José Ramírez del Pozo y Doña Carmina Virgili.

Finalizadas las sesiones científicas se realizaron tres excursiones con el fin de estudiar sobre el terreno algunos de los problemas planteados. Éstas se realizaron en las zonas de Navarra (sierras de Arabar y Leiza-1 Lecumberrri), Álava-Burgos (sierras de Cantabria y montes Obarenes) y Zona Norte de la cordillera Ibérica (sierra de Cameros).

Con este Coloquio se ha dado un gran paso adelante para llegar a una síntesis del estado de conocimiento sobre la estratigrafía y paleogeografía del Jurásico español, y preparar la participación española en el Coloquio Mixto Jurásico-Cretácico que ha sido anunciado por la Comisión de Estratigrafía de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, a celebrar en 1973.

A. OBRADOR

Nota

Las comunicaciones y conclusiones de este Coloquio se publicarán próximamente en *Cuadernos de Geología*.

PERSONAL

El día 19 de marzo de 1970, falleció en Gerona, D. Federico Macau, Delegado provincial del M. O. P. y Jefe de la

Jefatura Provincial de Obras Públicas. Era al mismo tiempo miembro del Consejo técnico del Instituto "Jaime Almera" y había realizado numerosos trabajos de geología, principalmente aplicada a la ingeniería, tanto en España como en los Andes Sudamericanos.

El día 23 de febrero de 1971 falleció también en Münster, el Prof. Franz Lotze, ampliamente conocido por los geólogos españoles por sus múltiples trabajos sobre el Cámbrico y Precámbrico de la Península Ibérica y a quien se debe la formación y dirección de una numerosa escuela de geólogos alemanes que han tabajado ampliamente sobre los terrenos antiguos de nuestro país.

CURSILLOS Y COLOQUIOS

Durante los meses de febrero y marzo de este año se realiza en Madrid el V Cursillo de Hidrogeología aplicada, organizado por el Instituto Geológico y Minero de España, el Instituto Politécnico Superior de Madrid y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Las distintas lecciones serán desarrolladas por un cuadro de 19 profesores tanto nacionales como extranjeros.

También en Madrid, durante el mes de junio de 1971 tendrá lugar el cuarto coloquio de Investigaciones sobre el Agua organizado por el Patronato "Juan de la Cierva", del C. S. I. C. y por el Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones del Agua.

NUEVOS MAPAS GEOLÓGICOS

En los últimos meses se han publicado ya 12 hojas del nuevo mapa geológico de España a escala 1:200.000, editado por el Instituto Geológico y Minero de España y elaborado en colaboración con los principales centros nacionales de investigaciones geológicas. Este nuevo mapa representa un considerable avance en nuestra bibliografía al sintetizar en una publicación la mayor parte de la cartografía geológica realizada hasta el momento en el país.