

ECOLOGIA, PALEOECOLOGIA Y DISTRIBUCION ESTRATIGRAFICA DE LOS ARRECIFES ORGANICOS

por
Frances Charlton de Rivero

INTRODUCCION

En un número reciente de este **Boletín**, la autora (Rivero, 1962) trató de describir someramente los tipos de ambientes marinos más importantes en la ecología y paleontología. Uno de los tipos más importantes, sin embargo, tuvo que ser tratado muy someramente, debido a las limitaciones del espacio; nos referimos al ambiente arrecifal, digamos más bien —en vista de las variaciones que se presentan entre las diferentes partes de los arrecifes—, los ambientes arrecifales y periarrecifales. En el presente trabajo trataremos de reseñar varios aspectos de la ecología y paleoecología de tales ambientes, terminando por considerar la distribución de los depósitos arrecifales en la columna geológica en general, y de Venezuela en especial.

El solo nombre de arrecifes coralinos o de atolones despierta en la imaginación escenas románticas de belleza tropical. Algunas de las páginas más bellas del libro **El Mundo en que vivimos** se le dedican al biótomo del

arrecife. Pero, además de su belleza, los arrecifes coralinos actuales encierran lecciones muy importantes para los adeptos de las ciencias aplicadas. Los geólogos encuentran que las formaciones pétreas de origen arrecifal contribuyen en grado significativo a la composición de la corteza terrestre, no solamente en las regiones tropicales y subtropicales a que se limitan los arrecifes actuales, sino en regiones que hoy día corresponden a las zonas templadas. Hay extensos arrecifes fósiles en la región de los Grandes Lagos y en la Provincia de Alberta, en el Canadá, y han sido señalados hasta los 75°N. En cuanto a su distribución en el tiempo geológico, los hay desde el Precámbrico. Aunque el ambiente arrecifal mismo no parece ser favorable a la formación de petróleo, la estructura muy porosa (cuando no ha sido alterada) de las formaciones arrecifales las hacen, en muchos casos, importantes zonas de almacenamiento de hidrocarburos.

Todo esto explica por qué, en los últimos quince años, ha aparecido un volumen impresionante de trabajos

sobre la ecología y paleoecología de los arrecifes. En 1949, la Asociación Americana de Geólogos Petroleros (la "A.A.P.G.") organizó un simposium sobre arrecifes, dedicando un número entero de su Boletín en 1950 a la publicación de artículos sobre el tema. Dos años después, P. E. Cloud, del Servicio Geológico estadounidense, publicó un trabajo muy interesante intitulado **Facies Relationships of Organic Reefs**. En el monumental **Treatise on Marine Ecology and Paleoecology** (Memoria N° 67 de la "Geological Society of America"), J. W. Wells tiene un artículo extenso sobre la ecología de los arrecifes coralinos actuales, además de una bibliografía anotada sobre el mismo tema, y C. M. Yonge publica un trabajo interesante sobre relaciones simbióticas entre los corales y otros organismos, y las algas microscópicas incluidas en sus tejidos. El tomo N° 2 de la Memoria (sobre Paleoecología) contiene artículos sobre arrecifes fósiles por H. E. Lowenstam y N. D. Newell, además de bibliografías anotadas sobre organismos arrecifales. Hemos mencionado aquí únicamente algunos de los trabajos más importantes, pero la bibliografía acompañante, que no pretende ser completa, dará una idea de las copiosas contribuciones al tema que ha aparecido.

DEFINICIONES DE "ARRECIFE"

Al hablar de arrecifes, será claro que nos referimos a estructuras de origen orgánico, formadas principalmente por los corales hoy en día, pero en cuya formación han intervenido diversos grupos de organismos, en diferentes sitios y diferentes tiempos del pasado geológico. Una buena definición breve es la de Dunbar y Rodgers (1957): "El arrecife orgánico es una masa sólida del carbo-

nato cálcico construida por organismos cerca o en la superficie del océano, donde intercepta a las olas". Al insistir en la característica de romper olas, los autores acatan el criterio expresado por Cloud (1952) y otros muchos autores, como veremos. No obstante, debemos señalar que muchas formaciones, especialmente en el Cretáceo y el Terciario, descritas como arrecifales, pueden haber tenido más bien la forma que Henson (1950) describe como "bajos arrecifales" (**shoal reefs**) que, aunque formados en aguas muy llanas, es dudoso que hayan llegado a interceptar las olas. Lo esencial en este caso es la **lenticularidad** de los depósitos. Por el contrario, mantos de sedimentos de considerable extensión lateral y bien estratificados se excluyen de la definición de depósitos arrecifales, aunque hayan sido formados en aguas someras.

Los autores modernos prefieren la palabra **reef** (arrecife), o a veces **organic reef** a **bioherm** (bioherma) que se utilizó durante un tiempo, bajo la influencia de Cumings y Schrock (1928) y Cumings (1932), quienes rechazaron el término **reef** por las diversas acepciones que tiene y sugirieron su reemplazo por **bioherm** (derivado de las dos raíces griegas **bios** - vida, y **herma** - montón, banco o arrecife orgánico). Sin embargo, este término se ha relegado a segundo plano. Cloud (1952) sugiere conservarlo para designar las masas de origen orgánico que aparecen en la columna geológica y que sugieren arrecifes, pero de cuya naturaleza arrecifal en sentido estricto se abrigan dudas, es decir, que no haya certeza de que constituían estructuras resistentes al oleaje.

Siguiendo a Henson (1950), los autores generalmente hacen una distinción entre el **arrecife** propiamente dicho, y los sedimentos **periarrecifales** que se acumulan alrededor de aquél

en los ambientes creados por el arrecife mismo. El conjunto se puede llamar **complejo arrecifal**.

Dunbar y Rodgers observan que Macneil (1954) ha propuesto incluir dentro de "arrecifes orgánicos" todo el cuerpo de depósitos orgánicos que aquí llamamos complejo arrecifal, pero opinan muy acertadamente que "para los estratígrafos que estudian los sedimentos en tres dimensiones, la armazón orgánica es el verdadero arrecife responsable de todos los depósitos restantes, y tiene que ser claramente diferenciado de los detritos fragmentarios que lo rodean, que son derivados y secundarios".

Wilson (1950) expresa el mismo concepto con mayor detalle: "Un arrecife es un cuerpo grande o pequeño de roca sedimentaria, compuesto de los restos de organismos coloniales que vivían cerca o por debajo de la superficie de cuerpos de agua, principalmente marinos, y que alcanzó dimensiones verticales relativamente grandes en comparación con las proporciones de las rocas sedimentarias adyacentes. Los organismos, generalmente corales y algas y menos frecuentemente crinoideos y briozoarios, que constituían los rasgos principales de un arrecife, pasaron la parte principal de su vida en él y sus partes duras se quedaron allí después de la muerte de los organismos. Los arrecifes tienden a asumir las formas de montones o lomas, pero también crecen en formas irregulares y asimétricas. En todos, sin embargo, se desarrolla una armazón rígida que no cede bajo la presión de la superestructura. Esta armazón permite que el borde del arrecife crezca hacia arriba y hacia afuera a ángulos mucho mayores (y hasta verticales) de lo que es posible en las rocas sedimentarias clásticas. Los arrecifes se caracterizan normalmente por la ausencia de estratificación bien desarrollada.

La compactación diferencial en las rocas adyacentes generalmente resulta en que éstas se amolden sobre el arrecife. El peso adicional del arrecife puede producir una combadura de los estratos infrayacentes. Los materiales clásticos o sedimentos químicamente precipitados pueden ser componentes importantes de los arrecifes, pero no constituyen características distintivas".

Ladd (1950, pág. 204) hace hincapié en la importancia cuantitativa de los materiales **clásticos** que pueden constituir una porción considerable del arrecife, si bien se pueden encontrar en otros ambientes, como señala Wilson. Para Ladd, el armazón arrecifal "es como un balde que encierra una masa mucho mayor de agua", pudiendo constituir una porción cuantitativamente muy inferior.

Cloud hace énfasis en la capacidad de la estructura de resistir la acción del oleaje, aspecto incorporado por Dunbar y Rodgers en su definición.

Es necesario anotar que, aunque la mayoría de los arrecifes son marinos, sí pueden existir estructuras en cuerpos de aguas dulces que ameriten el nombre. Bradley (1928), por ejemplo, publicó un estudio sobre "arrecifes algales" en la formación Green River del Eoceno en los Estados Unidos occidentales, y Johnson (1937), describe calizas algales en el Oligoceno de Colorado.

Debemos notar también que en la bibliografía adjunta figuran algunas citas sobre los "arrecifes pétreos" (**stone reefs**) del Brasil, donde el término se aplica en su sentido náutico de bancos o bajos que constituyen un peligro para los barcos. Darwin (1889) y Branner (1904), describen estas estructuras que según Branner se presentan intermitentemente a lo largo de una distancia de 2.000 kilómetros fuera de la costa del Brasil. Son rocas estratificadas, areniscas forma-

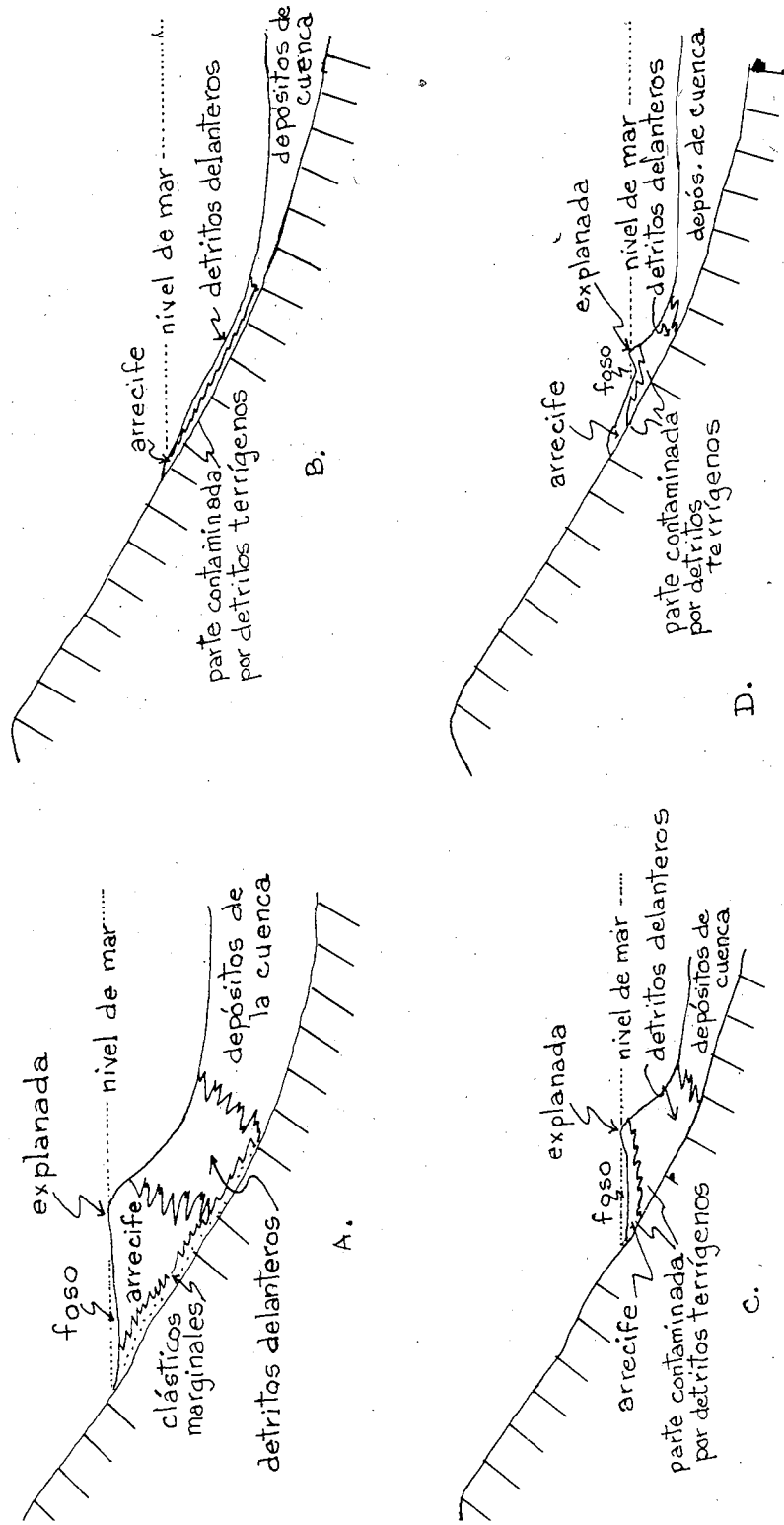


Fig. 1. Arrecifes franjeantes; relaciones de los depósitos bajo varias condiciones, según la interpretación de Cloud, 1952. A. Hundimiento lento de la tierra o subida del mar. B. Hundimiento rápido de la tierra o subida del mar. C. Nivel de mar estacionario. D. Emersión lenta de la tierra o bajada del nivel del mar.

das de cuarzo cementado por carbonato cálcico, buzando generalmente hacia el mar. Se supone que se hayan formado por cementación de arenas en la playa, hallándose ahora mar afuera aisladas de la costa.

CLASIFICACION DE LOS ARRECIFES

Los principales tipos de arrecifes reconocidos por todos los autores son: los **arrecifes marginales** o franjeantes; los **arrecifes de barrera** y los **atolones**. Además, diferentes autores han aplicado diversos nombres a estructuras arrecifales de dimensiones menores, que comentaremos más adelante.

Los **arrecifes marginales** (Fig. 1) son franjas de arrecifes que abrazan la línea de costa. Pueden estar separados de la playa por cuerpos muy estrechos y someros de agua, llamados **moats** (fosos) por Cloud (1952, pág. 2.137). En tres dimensiones pueden presentar la forma de mantos calcáreos irregulares, revestimientos delgados o cuñas, con contactos abruptos con el substrato inclinado en que crecieron; según Vaughan (1919), las discordancias basales son la regla en los arrecifes marginales. Hacia el mar, los arrecifes marginales se interdigitan o traslapan con los detritos de ladera formados principalmente de fragmentos del material arrecifal mezclados con detritos de la playa vecina; este material presenta un frente muy inclinado al mar. En un mar abierto puede haber una gradación sobre una considerable distancia entre estos detritos y calizas estratificadas. Por otra parte, si hay material terrígeno en abundancia, puede llegar a enterrarse el arrecife, con contactos abruptos.

Cloud considera que los arrecifes marginales son las formas que se deben esperar en costas que son estacionarias (Fig. 1-C), que emergen lentamente (Fig. 1-D) o de rápida subsi-

dencia (Fig. 1-B) con respecto al nivel del mar. Un hundimiento lento podría producir un arrecife marginal como el que ilustra la figura 1-A, pero, si el hundimiento continúa, debe resultar un arrecife de barrera.

Cloud observa que en las costas expuestas a barlovento de islas elevadas, los arrecifes pueden desarrollarse por encima del nivel de la marea alta, hasta donde alcanza el salpique del oleaje, desarrollando una morfología especial que recuerda las terrazas de algunos géysers o fuentes termales, y que él describe como "ramplas y terrazas" (**terraced ramps**) (véase Kuenen, 1950, Fig. 174). La agitación continua del agua ofrece condiciones ideales para la precipitación del carbonato cálcico y el crecimiento abundante de algas, anélidos tubícolas y otros organismos incrustantes.

Los **arrecifes de barrera** (Fig. 2) se distinguen de los marginales en que están separados de la costa por una laguna o albufera de profundidad y área variables. El ejemplo por excelencia es el Gran Arrecife de Barrera de Australia. Cloud (1952, pág. 2.137) considera que ésta es la forma característica del arrecife asociado con una costa cuyo desarrollo se ha iniciado por hundimiento; para su desarrollo es condición indispensable la presencia de una plataforma o terraza submarina, formada ya sea por construcción (v. gr., un arrecife franjeante anterior) o por erosión, a una profundidad conveniente para el crecimiento del arrecife. Dadas las condiciones adecuadas, los arrecifes de barrera pueden persistir bajo condiciones estacionarias del nivel del mar (Fig. 2-B) o hasta de emersión de la tierra (Fig. 2-C). Algunos arrecifes de barrera pasan lateralmente a arrecifes marginales, con reducción concomitante de sus lagunas a "fosos".

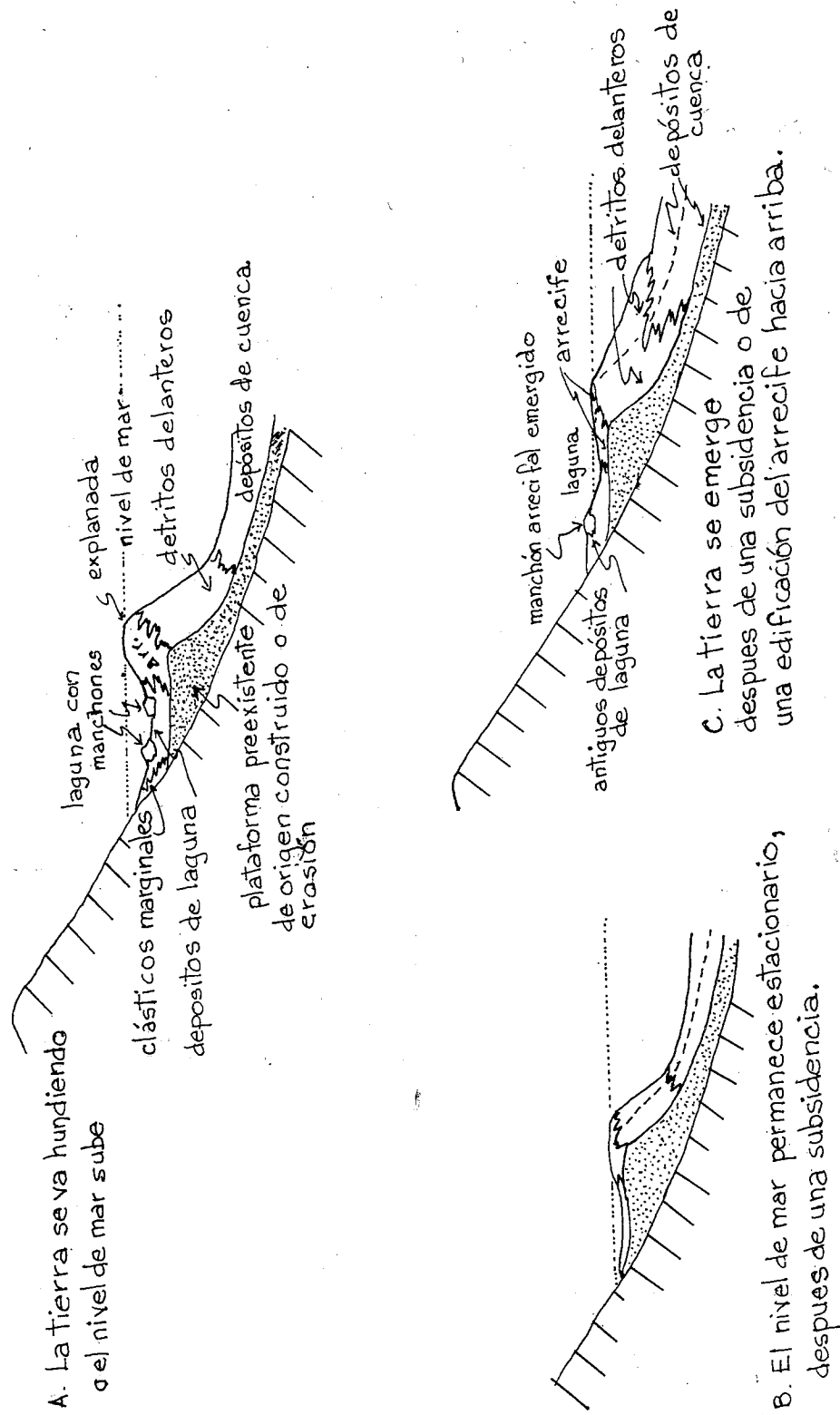


Fig. 2. Arrecifes de barrera. Relaciones de los depósitos con referencia a diferentes relaciones del mar y de la tierra, como postuladas por Cloud, 1952. Se postula que el arrecife de barrera se edifique sobre una plataforma preexistente construida (como en Fig. 1 C) o producida por la erosión. En B o C, los depósitos son complejos y la línea de traza interrumpida separa los depósitos de la fase actual de los de la fase anterior

Cloud considera que el hundimiento lento continuo de un arrecife marginal, o hundimientos sucesivos pequeños (no mayores de 15 a 25 brazas) podrían conducir al desarrollo de un arrecife de barrera, siendo difícil en algunos casos determinar la clase de arrecife. Hacia el mar, las características son semejantes a las de los arrecifes marginales, excepto que por su mayor distancia de la tierra están menos expuestos a contener material terrígeno. Hacia la laguna, la transición de la roca arrecifal a los sedimentos de la laguna puede variar desde abrupta a poco definida. En un mapa las diversas zonas generalmente se distinguen netamente, pero en tres dimensiones las relaciones pueden ser más complejas.¹ Detrás del plano del arrecife propiamente dicho pueden existir varias zonas caracterizadas por concentraciones cada vez menores de corales de diferentes tipos, pasando éstas con relaciones complejas a la laguna propiamente dicha, que se caracteriza por un fondo de calcarenita (granos calcáreos del tamaño de arena), sobre el cual están esparcidos los **manchones arrecifales (patch reefs)** de varios tamaños y tipos, o concentraciones irregulares de corales y algas.

"En tres dimensiones — prosigue Cloud (1952, pág. 2.138)—, el antiguo arrecife de barrera debe ser una loma, cuña o manto de rocas porosa pero bien consolidada y más o menos maciza, con una elevada proporción de detritos clásticos en los intersticios del armazón. Hacia el mar debe pasar por interdigitación al detrito de ladera del arrecife (**reef talus**) y éstos a su vez a sedimentos marinos normales de fuera de las costas. Si es muy análogo a los arrecifes actuales,

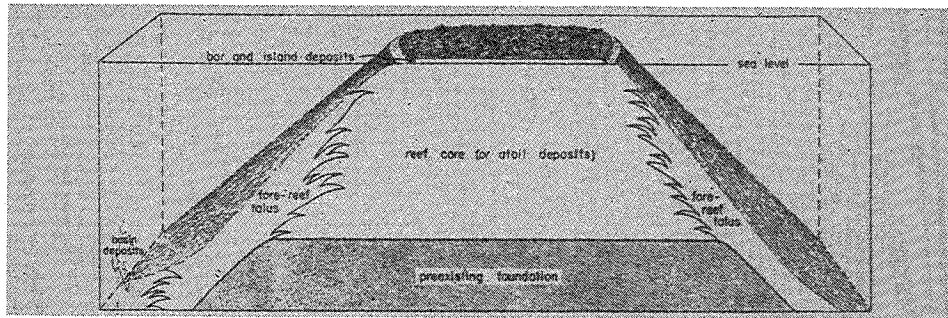
1. Se pueden comparar aquí las figuras 2 y 3 de R. C. Moore en *Meaning of Facies*, pág. 6, G.S.A. Memoir 39, "Sedimentary Facies in Geologic History".

el antiguo arrecife debe presentar una transición indefinida o interdigitada hacia la laguna, desde las formas de crecimiento robustas o incrustantes, en primer término a calcarenitas que encierran abundantes manchones arrecifales (**patch reefs**) pequeños e irregulares, eventualmente a calcarenitas de la laguna que pueden o no estar sembradas de manchones arrecifales aislados, pero generalmente mayores, o capas de abundante crecimiento de corales. Sin embargo, es posible que, en vez de estas relaciones (el antiguo arrecife), pase hacia la laguna a evaporitas o sedimentos puramente clásticos".

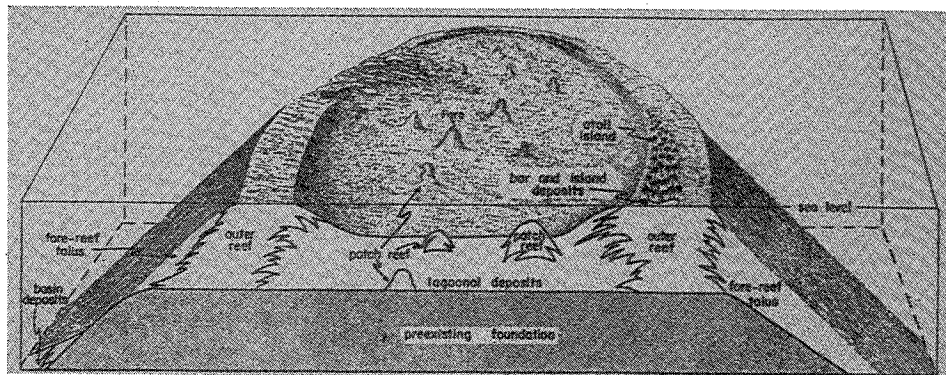
Atolones (Fig. 3-B). Estos, como es bien conocido, tienen la forma de roscas o anillos, con las edificaciones arrecifales incluyendo una laguna central. Puede o no existir una isla desarrollada sobre parte del círculo arrecifal. Los atolones se conocen solamente de los océanos Pacífico e Índico y son considerados por los ecólogos como los ejemplos más "puros" del biótopo arrecifal, puesto que no hay influencia de material terrígeno o afluencia de aguas dulces. La ecología de los atolones modernos ha sido tratada en gran detalle por Wells (1957a), cuya obra resumiremos en otra sección, pero la sedimentología de los atolones no es de tanto interés para el geólogo americano, puesto que los arrecifes que están representados en nuestra columna geológica no corresponden a este tipo.

Manchones arrecifales (Fig. 3-B). Cloud aplica el término **patch reef** (propuesto originalmente por Umbgrove, 1929) a pequeños montones, lomas, pináculos, etc., que crecen aquí y allí en la laguna del atolón (Cloud, Fig. 3-B), aunque pueden presentarse también en fondos de aguas someras asociados con otros tipos de

Fig. 3



A. Arrecife de meseta o plataforma, que se distingue de un atolón por no tener laguna. Tales arrecifes pueden haber crecido hacia arriba, con la misma forma, o pueden corresponder a atolones emergidos y truncados, o atolones cuyas lagunas han sido rellenadas. Según Cloud, 1952.



B. Atolón con laguna; manchones arrecifales (patch reefs), isla por un lado, el todo edificado sobre una base preexistente que se ha ido hundiendo (o que no tenía una profundidad mucho mayor de 25 brazas).

arrecife. Varios nombres, la mayoría poco usados excepto por sus autores, han sido propuestos para las estructuras de este tipo, a saber:

Faros (Gardiner, 1931), según Cloud son "pequeños arrecifes anulares que se presentan dentro de la laguna, o formando parte de atolones compuestos".

No está claro si hay alguna diferencia entre éstos y los **microatolones** de Krempf (1927), definidos como "cabezas coralinas con bordes elevados y el centro muerto", siendo la diferencia quizás solamente de escala.

Pináculos (Gardiner, 1931) se define por sí solo.

Chapeiros (singular, **chapeirão**) es una palabra portuguesa usada por Hartt (1870) para estructuras que se ensanchan hacia arriba. Según Cloud, otro término usado por Hartt fue "jesuitas", que no define.

Arrecifes de plataforma (Fairbridge, 1950) es un término usado por Wells como sinónimo de arrecife de meseta: **platform (table reefs)**.

Los manchones arrecifales actuales (según Cloud, p. 2.140) crecen en la laguna o al lado sotavento de arrecifes lineares, en regiones protegidas de plataforma o a profundidades por debajo de la acción fuerte de las olas; en resumen, en regiones de aguas relativamente tranquilas. Para los arrecifes que incluyen corales hermatípicos o algas, la profundidad naturalmente no puede ser mayor que la zona de actividad fotosintética.

Si los manchones arrecifales están incluidos dentro de sedimentos clásticos silíceos, el contacto generalmente es abrupto. Pero en el pasado geológico, semejantes manchones comúnmente se encuentran incluidos dentro

de calizas clásticas y la identificación se tiene que hacer a base de la textura. Esta, en el caso del arrecife, puede incluir dos tipos principales: 1) Estructuras en parte clásticas, pero con una armazón de estructuras esqueléticas en posición natural de crecimiento, y 2) Masas de precipitados o agregados calcáreos orgánicos, de grano muy fino y laminado.

Cloud encuentra que algunos manchones arrecifales del Devónico Medio del Estado de Michigan, Estados Unidos, tienen gran semejanza en forma, estructura general y relaciones con sedimentos adyacentes, con manchones arrecifales de atolones actuales del Pacífico, siendo la diferencia principal la de que los principales componentes de los arrecifes devónicos son los extintos celentéreos **estromatoporoideos**. No se debe entender por esto que hubieran crecido en lagunas, sino simplemente en aguas relativamente tranquilas, someras y cálidas.

Según Cloud, los manchones arrecifales parecen haber sido el tipo dominante en los antiguos mares epicontinentales de Norteamérica. Sin embargo, algunas masas de forma semejante pueden haber resultado de una acumulación de detritos bioclásticos en fondos de diferente naturaleza. Por ejemplo, algunos montones de detritos de crinoideos incluidos en lutitas o diferentes tipos de caliza, pueden haber tenido un origen semejante.

Arrecifes de meseta (Fig. 3A), o mesetas arrecifales (**table reefs**) aparentemente ameritan destacarse como tipo especial, debiéndose el nombre a Tayama (1935). Wells (1957a, p. 627) usa **platform reef** y **table reef** como sinónimos. Son elevaciones arrecifales aisladas cuya superficie superior es plana, que no tienen laguna y que pueden o no presentar islas. Al-

gunos de ellos, quizás la mayoría, parecen corresponder a antiguos atolones modificados, en la forma señalada por Cloud, quien presenta una serie de mapas (su figura 4, págs. 2.131-42) que indica las semejanzas entre varias islas de ambos tipos. Los que no tienen tal origen pueden considerarse como "manchones arrecifales" de océano abierto, de mayor tamaño que los de las lagunas o costas, y que se habrán desarrollado desde cierta profundidad, hasta llegar cerca de la superficie del mar.

Bioherma. Como hemos mencionado, Cloud sugiere que este término, en lugar de considerarse como sustituto o sinónimo de arrecife orgánico, se conserve para designar masas calcáreas de origen orgánico, en el pasado geológico, cuyo carácter de rompeolas es dudoso.

Biostroma. Este término fue propuesto por Cumings (1932), en dos sentidos bastante diferentes; por un lado para designar masas orgánicas de forma tabular o lenticular delgadas que son o fueron arrecifes incipientes; pero también para identificar capas de conchas (biostromas de ostras, de *Turritella*, etc.) que no tienen ningún parentesco con los arrecifes.

ORDEN DE MAGNITUD DE LOS ARRECIFES

Ladd (1950, p. 204) da cifras interesantes sobre la magnitud de los arrecifes modernos. En las costas del Mar Rojo, los arrecifes marginales se extienden casi sin interrupción a lo largo de más de 2.700 millas. En cuanto al volumen de sus edificaciones, sin embargo, estos arrecifes son insignificantes al lado del Gran Arrecife de Barrera de Australia, que se extiende al noreste del subcontinente sobre los 15° de latitud y 11° de

longitud; con una extensión total de más de mil millas. En algunos sitios se aleja de la costa en más de cien millas. Los atolones y mesetas varían desde minúsculos a grandes; p. ejemplo, Kwajalein, en las islas Marshall, tiene 65 millas de largo por 10 a 15 de ancho, y una albufera de unas 840 millas cuadradas. Por el contrario, algunas de las pequeñas mesetas arrecifales desde 1 a 5 ó 6 millas de diámetro, pueden elevarse desde profundidades de hasta 2.600 brazas.

El espesor del Gran Arrecife de Barrera (según Twenhofel, 1950), no se conoce con precisión, pero dos taladros a 700 millas de distancia penetraron 375 y 506 pies, respectivamente. Los taladros en el atolón de Funafuti indicaron espesores de por lo menos 637 pies y posiblemente 1.114 pies (profundidad total), habiendo encontrado caliza dolomítica dura en la parte inferior. La figura 8 de Ladd (1950) indica el espesor y las edades de las formaciones penetradas por el taladro en varias islas del Pacífico.

En cuanto a las dimensiones de arrecifes antiguos, Cumings y Schrock mencionan arrecifes individuales en el Silúrico de Indiana de hasta una milla de diámetro y cien pies de espesor. El gran arrecife de Capitán, en el Pérmico, tiene aproximadamente 2½ millas de ancho y su espesor es de 1.500 a 2.000 pies (450-600 metros), aunque de este total, entre la mitad y las dos terceras partes corresponden a detritos de talud sobre los cuales había avanzado el arrecife.

ORGANISMOS QUE CONTRIBUYEN A LA FORMACION DE ARRECIFES

En la actualidad los organismos más importantes son los hexacoralaris (*Scleractinia*) **hermatípicos**, las algas calcáreas y los foraminíferos. Según la edad geológica y el lugar, sin

embargo, hay otros muchos grupos que han sido importantes: corales de los órdenes Rugosa ("tetracoralaris") y Tabulata en el Paleozoico, esponjas, estromatoporoideos, hidrozoarios, gliconarios, briozoarios, tubos de gasterópodos y de anélidos sésiles. En los arrecifes del Paleozoico los estromatoporoideos y tetracoralaris son los principales componentes que se mencionan; en el gran arrecife Pérmico de Capitán, fueron esponjas y algas. Haremos algunas observaciones sobre los diferentes grupos taxonómicos.

Algas calcáreas (Para la clasificación general de éstas, véase Rivero y Bermúdez, **Micropaleontología General**, capítulo XXIII; para mayores detalles, publicaciones de Johnson, Pía, Elías, Howe y otros). El papel jugado por las algas calcáreas en la formación de los arrecifes actuales y algunos del pasado, va desde llamativo a predominante. Las algas coralinas incrustantes y articuladas, además de varios tipos de verdes y verdeazules contribuyen a la formación del arrecife por segregación o precipitación de material calcáreo; además, en muchos casos atrapan y reúnen sedimentos flojos. Cloud menciona varios casos de arrecifes actuales que parecen estar contruidos primariamente por algas coralinas. En el Precámbrico y Paleozoico Inferior, las algas verdeazules han sido importantes formadores de calizas, por lo menos en parte, biohémicas. También en otras formaciones arrecifales del Paleozoico se menciona su importancia. Lowens-tam (1955) ha sugerido que los cristales microscópicos de aragonita en sedimentos recientes, por ejemplo, los "bancos" o bajos de Bermuda pueden haber sido segregados por algas antes que por precipitación inorgánica como generalmente se postula.

Cloud cree, sin embargo, que en algunos arrecifes se ha sobreestimado

la importancia de las algas y que los observadores han confundido un revestimiento algal con la masa de la estructura formada por los hexacoralaris.

Foraminíferos. Aunque los foraminíferos son importantes en los arrecifes, nos ha sido difícil encontrar datos precisos sobre su participación. Estudios de la roca en el arrecife de Funafuti indican que el orden de abundancia de los organismos contribuyentes era así: 1) **Lithothamion**; 2) **Halimeda**, ambas algas calcáreas; 3) Foraminíferos, y 4) Corales (Pettijohn, 1957, p. 394). La importancia de los foraminíferos probablemente se deba a que abundan en las aguas tranquilas de la laguna y pueden ser transportados para rellenar intersticios entre la fábrica coralino-algal. Pettijohn (**loc. cit.**) presenta una tabla según Thorp (1936), que da la importancia cuantitativa de los foraminíferos en cuatro muestras de arrecifes modernos, como sigue: A) Arrecifes Pearl y Hermes, 6,3 por ciento; B) Florida sudoriental, 9 por ciento; C) Islas Bahamas, 17,3 por ciento, y D) Isla Murray, Australia, 4,1 por ciento.

Algunos foraminíferos incrustantes (p. ej., **Homotrema**) pueden contribuir a la cementación de arrecifes modernos. En la laguna interior de los atolones, al igual que en aguas someras detrás de los arrecifes de barrera, abundan los foraminíferos. En otra parte resumiremos la ecología de los foraminíferos en los arrecifes coralinos, de acuerdo con la reseña de Phleger (1960). Foraminíferos grandes (**Marginopora**) abundan en partes de los arrecifes del Pacífico y en varias edades del pasado geológico, los macroforaminíferos de diversas familias contribuyeron a la formación de biohermas. Macroforaminíferos (fusulínidos) se señalan como abundantes en las calizas arrecifales pérmicas de la

cuenca de Guadalupe, en Texas occidental. En el Cretáceo Inferior, nuevamente algunos grandes foraminíferos son importantes formadores de rocas, como la **Orbitolina**, aunque no está enteramente claro si éste se hallaba en los ambientes periarrecifales propiamente dichos o simplemente en aguas someras. En el Terciario antiguo, los macroforaminíferos de varias familias, frecuentemente mencionados como "orbitoideos", parecen haber formado frecuentemente lentejones calcáreos, en muchos casos en combinación con algas.

Espojas. En algunas edades y sitios las esponjas han sido de importancia en la construcción de arrecifes. Bajo este grupo se incluían a los Arqueociáticos cámbricos, pero ahora éstos se clasifican en un **phylum** aparte. Okulitch (1955) considera que no se puede realmente hablar de "arrecifes" en el caso de las calizas con arqueociátidos, aunque éstos formaron colonias extensas en los fondos someros y posiblemente hayan contribuido a fijar los barro. Como mencionamos antes, el gran arrecife pérmico de Capitán parece haber sido formado en gran parte de esponjas, aunque hoy en día su estructura ha sido casi destruida. Grabau (1924, pág. 442) y Zittel—Eastman (1927, pág. 73) mencionan el extraordinario desarrollo de esponjas en el Jurásico Superior de Franconia, Suabia, Suiza y el distrito de Krakau, donde hay una formación llamada "Spongitenkalk" - caliza de esponjas; según Grabau, se destacan verdaderos arrecifes entre las calizas vecinas estratificadas.

Estromatoporoides. Estos organismos, referidos con ciertas dudas a los Cnidarios (Celentéreos), formaron estructuras calcáreas finamente laminadas y en muchos aspectos jugaron un

papel semejante al de las algas calcáreas incrustantes en los arrecifes del Paleozoico, ayudando a los tetracoralarios a formar estructuras firmes.

Hidrozoarios. **Millepora**, un hidrozoario coraliforme ramificado, es y ha sido un importante contribuyente a la formación del armazón arrecifal en muchos sitios.

Alcionarios. En este grupo hay que destacar la importancia del llamado "coral azul" **Heliopora**, un pseudo-coral que es importante formador de arrecifes en muchas partes del Océano Pacífico; Cloud menciona específicamente las islas Gilbert y Ellice. Los otros alcionarios, que normalmente no figuran entre los formadores del armazón arrecifal, contribuyen a los sedimentos intersticiales con sus espículas microscópicas aisladas. No obstante, Cloud menciona que en algunas partes, p. ejemplo en Samoa, se forman masas basales de espículas firmemente entrelazadas.

Briozoarios. Se menciona también en algunos sitios y edades como contribuyentes importantes de los arrecifes. Grabau, por ejemplo, los menciona como formando arrecifes (en combinación con una esponja? o hidro-coralario?, **Evinospongia**) en el **Zechstein** (Pérmico Superior) de Turingia, en Alemania (Grabau, 1924, pág. 433). También alude a arrecifes de briozoarios en el Plioceno de la península de Kertch (entre el Mar Negro y el Mar de Azov), que fueron descritos por Andrussov (1910-12).

Anélidos. Richter (1927) señala los tubos silíceos de ciertos anélidos tubícolas como formando verdaderos arrecifes marginales y de barrera en partes del Mar del Norte y en la bahía de Monte San Miguel, en Francia. Posiblemente algunas de las areniscas

con **Scolithus** del Paleozoico pueden haber sido edificaciones semejantes. En el Cenozoico y Reciente de la región caribe, se encuentran con frecuencia masas formadas por los tubos de **Serpula** y el género tiene distribución cosmopolita. Zittel (pág. 137) menciona que especialmente en el Cretáceo Inferior de Europa hay formaciones donde las sérpulas forman capas de espesores considerables: la **Serpulitenkalk** de Brunswick, **Serpulitensand** de Bannewitz, cerca de Dresden. Grabau (pág. 443) menciona masas de caliza de sérpulas que recubren calizas de **Vermetus** arrecifales en el Mioceno de la región fronteriza austriaco-rusa en Galitzia y Podolia.

Gasterópodos. **Vermetus**, que mencionamos arriba, es un gasterópodo especializado que vive en colonias formando tubos calcáreos intrincadamente entrelazados. Estas colonias se señalan en muchos sitios como formadoras de revestimientos calcáreos sobre terrazas submarinas en combinación con unos pocos corales y algas coralinas incrustantes.

FACTORES ECOLOGICOS LIMITANTES EN EL DESARROLLO DE ARRECIFES MODERNOS Y ANTIGUOS

Cloud dedica una sección muy importante de su trabajo (1952) a los factores ecológicos limitantes y, por lo tanto, a las deducciones que se pueden sacar de la presencia de arrecifes en los sedimentos del pasado. Los organismos que encuentra de mayor significación para indicar las condiciones son los corales y las algas.

Corales hermatípicos

Desde hace más de un siglo se ha reconocido que la presencia de arrecifes donde abundan los hexacorala-

rios hermatípicos es evidencia presuntiva de la formación de los sedimentos en aguas tropicales o subtropicales de profundidad muy limitada. Pero quizás no se tenga siempre presente el alcance de la restricción de profundidad. Para una construcción arrecifal activa la profundidad no debe pasar de 25 brazas (50 metros), y para un crecimiento realmente vigoroso el límite normal es de 15 brazas. Localmente la cifra puede ser mucho menor, con disminución en variedad y abundancia de los corales bajo 5 a 10 brazas, dependiendo de las condiciones locales. Observaciones recientes en Bikini, por ejemplo, indican que los corales hermatípicos son más variados y abundantes por encima de 15 brazas, disminuyen rápidamente hasta las 45 brazas, bajo cuya profundidad son aún más escasas, y a 85 brazas persisten sólo una o dos especies (Ladd y otros, 1950, pág. 424). En la bahía de Batavia, Verwey halló la base del arrecife viviente a solamente 4 a 8 brazas; y por lo menos localmente en las islas Bahamas la cifra es semejante. En el Gran Arrecife de Barrera de Australia, Fairbridge (1950, págs. 334, 363), halló la base de crecimiento activo alrededor de 6 a 7 brazas.

Estas cifras tan limitadas de profundidad dependen (como lo señala Wells, 1957a, pág. 611), de la presencia de las algas microscópicas simbióticas conocidas como **zooxantelas** (**zooxanthellae**) en los tejidos de los corales. Las relaciones entre las zooxantelas y los organismos asociados se describen en otro tratado del **Treatise on Marine Ecology** firmado por C. M. Yonge. Se ha suscitado considerable controversia sobre el papel de las zooxantelas en los corales hermatípicos. Boschma (1926) mantenía que las zooxantelas constituían parte importante del alimento de los cora-

les y que, en casos de privación de otros alimentos, dependían de esas algas. Yonge y otros investigadores concluyen, sin embargo, después de muchos ensayos controlados, que en ningún caso hay indicación de que los corales puedan digerir sus algas simbiotes. El efecto beneficioso sobre los corales parece que proviene de la remoción de productos catabólicos tales como el dióxido de carbono, fosfatos, amoníaco o nitratos, permitiendo un metabolismo más vigoroso. Algunos ensayos indican que colonias individuales que normalmente contienen zooxantelas pueden vivir aparentemente por tiempo indefinido sin las algas en la oscuridad, pero parece que esto no rige para el arrecife en su totalidad. Es posible también que la gran cantidad de oxígeno producido por las zooxantelas cuando están expuestas a la luz sea un factor determinante, aunque Yonge (1957, pág. 437) no lo considera así.

Un factor muy importante para la distribución de los corales hermatípicos es la **temperatura** que no debe bajar de una cifra relativamente alta. Cloud da la cifra de Vaughan de 18 a 18,5°; Wells (1957b, pág. 1.088) afirma que puede bajar hasta 16 a 17° por algún tiempo. La temperatura máxima que resisten es de 36°, y, para que prosperen, el rango ideal está entre los 25 y 29°. El límite inferior batimétrico no es impuesto por el factor temperatura sino por el de iluminación, puesto que en los mares tropicales no se encuentran temperaturas tan bajas como 18-20° por encima de los 100 metros. En el sentido geográfico, por supuesto, la temperatura sí es un factor limitante significativo. Vaughan (1919) consideró que la temperatura promedio mínima del mes más frío del año no debía bajar de 22° para que prosperen los corales hermatípicos. Dentro de los arrecifes mismos, es muy importante la **varia-**

ción diurna de la temperatura. Varios observadores han encontrado que abundan más los corales en las partes de los arrecifes donde es menor la variación, del orden de 1 a 3 grados (Wells, 1957a, pág. 611).

Con referencia a la **salinidad**, Wells informa que los corales toleran salinidades entre 27 y 40 por ciento (partes por mil) pero que la cifra óptima está cerca de las salinidades normales de 34 a 36 por ciento. Una afluencia de agua dulce, aun por intervalos cortos, es fatal.

Relaciones con el sustrato y con sedimentación. Wells señala que los corales raras veces pueden establecerse o persistir en un fondo donde hay sedimentación copiosa o donde cantidades considerables de sedimento están siendo removidas constantemente por las olas y corrientes. Sorprendentemente, sin embargo, los sedimentos en **suspensión** se toleran bastante bien, aunque pueden tener un efecto limitante sobre la profundidad hasta la cual prosperan los corales, por sus efectos sobre la iluminación. Pero la **acumulación** de sedimento en cantidades sobre el fondo ahoga rápidamente las larvas que empiezan a asentarse y las pequeñas colonias.

Tanto Cloud como Wells señalan que, aunque las larvas planctónicas (plánulas) necesitan un **sustrato firme** donde asentarse, éste no necesariamente tiene que ser muy grande; por lo menos algunos corales como, por ejemplo, especies de los géneros **Porites**, **Acropora** y **Pocillopora**, del Reciente y Pleistoceno, pueden fijarse a fragmentos de conchas o rocas. Los arrecifes del Mar de Java y de la Bahía de Batavia tienen sus raíces en fondos fangosos y el agua es relativamente turbia. Umbgrove (1949) cree que se originaron de la manera indicada.

La **circulación** del agua es necesaria para el transporte de alimento, mantener el surtido de oxígeno y remover desperdicios y sedimento fino. La agitación del agua no es necesaria, aunque los corales resisten el oleaje. Wells considera que no hay ninguna correlación estrecha entre la circulación y el surtido de plancton que sirve de alimento. Considera que las exigencias en materia de alimentación deben ser muy bajas.

La distribución de las especies en los corales se efectúa durante la etapa larval, cuando la larva ciliada o **plánula** lleva una vida planctónica, antes de caer al fondo y empezar su transformación en coral, si encuentra condiciones favorables. La duración de esta etapa planctónica puede variar entre unas horas y varias semanas, según la especie. Naturalmente, las especies de etapa planctónica más larga pueden alcanzar una distribución geográfica más amplia. Se ha anotado que las plánulas toleran mejor las grandes fluctuaciones ambientales que los corales adultos.

Crecimiento. El crecimiento o adición al esqueleto parece depender de la temperatura y de la estructura del esqueleto. El metabolismo y la razón de crecimiento son más altos en regiones donde la temperatura es más elevada. Si hay una fluctuación estacional en la temperatura, el crecimiento disminuye con el descenso de la temperatura y aumenta a medida que ésta sube. Donde no hay cambios estacionales, el crecimiento es uniforme, excepto el retardo correspondiente a la época de producción de las larvas. El crecimiento varía también de acuerdo con la estructura del esqueleto siendo más rápido (como sería de esperarse) en formas de esqueleto liviano y poroso, y más lento en formas cuyo esqueleto es denso. El incremento puede variar entre 5 mm de

altura (aumento de peso del 20%) a 80 mm (aumento de peso de 80%). Moore (1958, tabla 9-5, pág. 331) presenta cifras detalladas sobre el aumento en diámetro de los corales en el Gran Arrecife de Barrera de Australia, durante seis meses.

La **forma de la colonia** puede variar considerablemente por efecto del movimiento del agua. En aguas más profundas por debajo de la zona de oleaje y en la laguna o sitios protegidos, se encuentran formas delicadamente ramificadas o laminares y corales no fijados, mientras que en las zonas de fuerte oleaje y corrientes hay formas macizas, o con ramas fuertes o incrustantes. Algunas especies poseen poca plasticidad de formas y por lo tanto se restringen a nichos ecológicos determinados, mientras que otras son sumamente variables.

En contraste con la mayoría de los corales paleozoicos, que tenían determinados límites en su tamaño, no existe limitación al tamaño que pueden alcanzar las colonias de muchos corales hermatípicos. Gracias a la actuación eficaz de las zooxantelas en la absorción de productos metabólicos nocivos, millones de pólipos pueden vivir estrechamente hacinados en enormes colonias. Wells menciona que en las lagunas y en las pendientes externas de los arrecifes no son raras las colonias de **Porites** que miden más de 3 metros de altura y diámetro, que corresponderían a por lo menos 30 millones de pólipos individuales, y con un peso en estado seco de unos 18 mil kilogramos. Los factores limitantes son la resistencia del esqueleto al peso, y a la acción destructora de los organismos cavadores (que incluyen esponjas, varios moluscos y algas filamentosas) que atacan la parte inferior del esqueleto y pueden efectuar eventualmente su ruptura en fragmentos, aun cuando los pólipos

son vigorosos. Los esqueletos muy porosos son menos vulnerables que los tipo densos.

En cuanto al crecimiento de los arrecifes en total, Vaughan (1919, pág. 215) llegó a la conclusión de que un arrecife de 46 metros de espesor podría ser edificado en un intervalo de entre 1.800 a 7.500 años; o excepcionalmente, dentro de 1.000 años solamente (Cloud, 1952, pág. 2.130).

Para completar, los datos sobre la ecología de corales, por el interés que podría tener para las comparaciones paleoecológicas con corales del Paleozoico, agregaremos aquí las observaciones de Wells (1957b) sobre la ecología de los corales ahermatípicos (que no forman arrecifes).

Corales ahermatípicos. Estos carecen de zooxantelas simbióticas en sus tejidos y, aunque pueden presentarse en arrecifes, son insignificantes como constructores. En unos 100 géneros de corales e hidrocoralarios ahermatípicos, más de la mitad son solitarios; los demás son coloniales, formando colonias pequeñas incrustantes o macizas de unos pocos centímetros de diámetro, o colonias algo mayores de forma dendroide o ramificada. Las colonias más grandes son dendroides, pero en comparación con los corales hermatípicos de la misma forma, los pólipos son más distanciados entre sí, resultando que en colonias de tamaño comparable, hay un número mucho menor de pólipos en los ahermatípicos. Las formas solitarias presentan una variada gama de formas adaptadas a diferentes tipos de fondo; muchas de las formas se adaptan especialmente a fondos tranquilos, blandos, arenosos o barrosos.

En algunas, pocas, especies solitarias hay simbiosis con gusanos de los Sipunculoideos, en cuyo caso el gusano vive en la base del coral, alimentándose dentro de la arena vecina y

enderezando el coral si éste llega a inclinarse hacia un lado. Se encuentran algas filamentosas perforantes en el esqueleto de la mayoría de los corales ahermatípicos, pero no contribuyen nada al crecimiento de los corales.

Los corales ahermatípicos no solamente no necesitan mucha luz, sino que los que viven en la zona fótica más bien evitan la iluminación directa y prefieren sitios oscuros. Están adaptados a profundidades que varían entre la superficie y los 6.000 metros, pero el desarrollo máximo de las especies se efectúa entre los 180 y los 360 metros, cerca de los bordes de la plataforma continental en la "línea de barro" de Murray. En cuanto a temperatura, el rango está entre $-1,1$ y 28° C, con un intervalo óptimo entre $8,5$ y 20° C; o sea que, en general, encuentran condiciones más favorables en un clima marino templado a subtropical pero no tropical. Las especies de mayores gamas de profundidad tienen mayor distribución geográfica, como sería de esperarse. Algunas, pocas, especies de mares profundos son efectivamente cosmopolitas. En las aguas más frías, el número de diferentes especies en un biótomo determinado es pequeño, con gran número de individuos; para los ambientes subtropicales rige el caso contrario. Al igual que los hermatípicos, los corales ahermatípicos son exclusivamente marinos, exigiendo salinidades no inferiores a 34 por ciento.

Corales mesozoicos y terciarios. Por analogía con los corales hermatípicos actuales, se puede presumir que los corales mesozoicos y terciarios tenían exigencias biológicas muy semejantes a los actuales. Al tratar de sacar conclusiones sobre las profundidades, se debe tener presente el posible efecto de la turbidez o de su ausencia.

Corales paleozoicos. Muchos autores señalan que no podemos sacar las mismas conclusiones sobre el ambiente indicado por los corales que formaban arrecifes en el Paleozoico. No sabemos si tenían algas simbióticas, siendo posible que estuviesen adaptados a una gama más variada de condiciones de iluminación y temperatura. No obstante, Cloud (1952, pág. 2.132) nos recuerda que la sola presencia de grandes masas de carbonato cálcico implica aguas someras de temperaturas benignas, sin relación a la edad geológica, porque un metabolismo elevado de calcio se relaciona actualmente y habrá estado relacionado en el pasado con tales condiciones. Además las algas pueden reforzar y hacer más precisas las indicaciones.

Ma (1954), estudiando la distribución de los corales en el Carbonífero Inferior, llegó a la conclusión de que el ecuador geográfico tenía una ubicación diferente (ver su figura reproducida en Ager, 1963, Fig. 10-7). Ager (p. 156) opina que la ausencia de corales paleozoicos hermatípicos en los trópicos quizás se explique, como lo sugiere Cailleux (1951), porque la temperatura del agua fuese demasiado elevada.

Algas calcáreas

Algas calcáreas pertenecientes a las algas rojas (Rhodophyta) y verdes, no solamente son comunes e importantes en los ambientes arrecifales actuales, sino que contribuyeron de modo significativo a los arrecifes del pasado, pudiendo identificarse algunos grupos hasta bien dentro del Paleozoico. Las algas rojas calcáreas actuales son las llamadas **algas coralinas** (Coralináceas), que se dividen en dos grupos, las **Coralináceas** en sentido restringido, principalmente articuladas y que incluyen géneros ta-

les como **Corallina**, **Amphiroa**, etc., y las **Melobesiáceas**, principalmente incrustantes, que han jugado un papel importante en la formación de arrecifes desde por lo menos el Cretáceo Superior, y quizás ya desde el Jurásico. Las Melobesiáceas incluyen los conocidos géneros **Lithothamnion** y **Archaelithothamnion**.

Las **Solenoporáceas**, algas rojas extintas con una distribución entre el Ordovícico Inferior y el Jurásico, se presumen las precursoras de las algas rojas incrustantes actuales. **Solenopora** fue una importante formadora de rocas calcáreas.

Las algas verdes calcáreas incluyen la familia viviente de las **Dasycladaceae**, que se puede seguir hasta el Ordovícico Inferior con poca variación, y las **Codiaceae** que se siguen hasta el Pérmico y posiblemente hasta el Ordovícico.

El otro grupo que tiene representantes importantes en la formación de arrecifes son las algas **verdeazules** (Cyanophyta), que constituían principalmente masas incrustantes sin estructura celular apreciable y que se conocen desde el Precámbrico. Debido a la variedad de los ambientes habitados por los representantes actuales, es conveniente tener ciertas reservas al tratar de interpretar los ambientes representados por las formas extintas como **Cryptozoon** y **Collenia** (del Precámbrico y Paleozoico antiguo). Los Termier (1952) han interpretado sus calizas como formadas ya sea en mares someros, ya en lagos aislados del mar, de acuerdo con los demás indicios.

Las **Charophyta** (Carofitas), otro importante grupo de algas, son casi exclusivamente no-marinas y pueden omitirse aquí.

Las algas son especialmente significativas en la interpretación paleoecológica porque ciertos grupos se restringen a latitudes y temperaturas

algas filamentosas verdes), esponjas, moluscos, gusanos y equinidos tala-dran, perforan y disuelven los esque-letos de otros organismos y la roca muerta del arrecife. Aunque los póli-pos coralinos son casi inmunes a otros depredadores, hay ciertos peces que mordisquean la colonia para co-merse los pólipos. La acción de estos organismos destructivos produce una cantidad considerable de material pé-treo suelto que es transportado y re-movido por las aguas y que a su vez sirve de agente abrasivo, rompiendo y aflojando partes del arrecife. En realidad el material no se pierde; en cuanto a la sedimentología del ar-recife, lo que se efectúa es una redistri-bución del material inorgánico. Otro factor destructivo es el **oleaje**, en es-ppecial las grandes olas durante los huracanes, que rompen partes del arrecife previamente debilitadas por los organismos y las arrojan dentro de la laguna o en la pendiente exterior. A veces esta destrucción socava par-te del arrecife y hay un colapso de porciones considerables. También pueden morir partes de la colonia por la acción abrasiva de los movi-mientos violentos del agua.

Cerca de la costa, como hemos ob-servado, las colonias coralinas pue-den ser destruidas por la afluencia de gran cantidad de sedimento o de aguas dulces aportadas por inunda-ciones de los ríos.

La figura 37 de Dunbar y Rodgers indica, en términos generales, las par-tes de un atolón. Las figuras 4 y 5 tomadas de la figura 2 de Wells (1957a) indican la zonación de Wells, en parte morfológica, en parte ecoló-gica (varias zonas se distinguen por los corales característicos de los ato-lones indo-pacíficos).

Wells (*loc. cit.*, pág. 614) distingue las siguientes zonas morfológicas del atolón: 1) Talud externo; 2) Borde del arrecife; 3) Explanada arrecifal (**reef**

flat); 4) Isla (cuando la hay); 5) Arre-cife lagunal (**lagoon reef**); 6) Declive hacia la laguna y el fondo de ésta; 7) Pilares, montones, alturas menores, etc., de la laguna (**reef knolls**). El bor-de del arrecife, la explanada, el ar-recife hacia la laguna y probablemente los núcleos de los **knolls** son rasgos primarios construidos por la rígida ar-mazón orgánica. Los demás son ras-gos secundarios construidos; por ejemplo, por debajo de una profun-didad de unos 30 pies el talud hacia el mar está formado principalmente por detritos derivados de la destruc-ción del arrecife. La laguna tiene su piso construido por detritos finos par-cialmente formados en el mismo sitio, y en parte transportados por encima del arrecife por las olas y corrientes. El armazón del arrecife propiamente dicho constituye una base ideal para la fijación de corales, algas y otros organismos adherentes, pero los sedi-mentos sueltos de los declives, en su mayor parte, no ofrecen un ambiente adecuado para tales organismos, si-no para otros tipos. Así, pues, por un lado tenemos el ambiente del borde del arrecife, explanada, arrecife lagu-nal y los pequeños manchones de la laguna, que sostienen la típica comu-nidad arrecifal; y por otro lado está el ambiente algo diferente de los de-clives hacia el mar y hacia la laguna y del fondo de la laguna. Dentro de esta subdivisión general, sin embar-go, las subdivisiones más refinadas son bastante diferente y se pueden zonar por la distribución de diferen-tes especies de corales y otros orga-nismos.

Arrecifes que confrontan el mar (**Sea-ward reefs**) (Fig. 4)

Estos a su vez se dividen en dos partes: hacia barlovento y sota-vento, división especialmente nota-ble en regiones de vientos predomi-

nantemente en una dirección, como los vientos alisios. La parte hacia barlovento se caracteriza por la for-mación de su borde de una **loma** (o caballón, o camellón) **algal** ("algal ridge", "coralline ridge", "**Lithotham-nion ridge**" de los autores), formada por algas rojas coralinas en vigoroso crecimiento. Esta loma se extiende dentro del oleaje como una elevación de poca altura que se yergue un poco por encima del nivel de bajamar y sobre la explanada del arrecife. El lado de sotavento de un atolón o de un arrecife en una región donde los vientos varían con las estaciones, no tiene desarrollo de este caballón, o muy poco, y el borde del arrecife está sólo en parte expuesto en la bajamar.

Loma algal. Este ambiente está dominado de algas rojas incrustan-tes de forma globular y aspecto es-ponjoso: **Porolithion** en especial y también **Archaeolithothamnion**, **Litho-thamnion**, **Lithophyllum** y **Gonioli-thion**. Estos son materialmente los úni-cos organismos que resisten el fuerte oleaje de esta zona. La loma está in-terrupta a intervalos más o menos regulares por canales cortados por la resaca, perpendiculares al borde y que se extienden por el talud externo en forma de depresiones en la super-ficie. En algunos arrecifes, estos ca-nales de la resaca han sido parcial-mente techados por el crecimiento de las algas, y cuando hay suficiente ilu-minación, los techos pueden sostener corales de los tipos más fuertes y re-sistentes. Hacia el lado abrigado, las colonias algales asumen formas más incrustantes. Algunos, pocos, corales, especialmente **Acropora cuneata**, cre-cen en la loma algal, especialmente en el lado más abrigado con declive suave, y hay algunos, pocos, molus-cos como **Turbo** y **Trochus**, equinidos robustos (**Heterocentrotus**) y balánidos (**Lythotrya**). Para mayores detalles, véase el trabajo de Wells.

El **declive** o **talud externo**, por el lado de **barlovento**, se puede dividir en las zonas siguientes:

Una **zona superior sin nombre**, que alcanza aproximadamente 50 pies (15 metros) de profundidad, que es una parte surcada por los canales de la resaca separados por espolones. La parte superior es más o menos es-téril de organismos, pero hacia abajo aparecen corales en abundancia y ta-maño progresivamente mayores. Se sabe poco sobre esta zona que es di-fícil de estudiar debido al oleaje.

Zona de Echinophyllia. El límite superior de esta zona está a 15 me-tros de profundidad, el inferior a unos 45 metros (150 pies). Se caracteriza por el crecimiento abundante de for-mas foliáceas de **Echinophyllia** y de los géneros **Oxypora** y **Mycedium** estrechamente relacionados. Hay nume-rosas especies de otros géneros (lista en Wells). La fauna se asemeja a la de la subzona de **Acropora rayneri** de la laguna, pero ha sido poco estu-diada.

Zona de Leptoseris. Esta zona em-pieza donde termina la suprayacente (45 metros) y termina a unos 150 me-tros (500 pies) como cifra límite. Se caracteriza por el coral **Leptoseris**, gé-nero delicado con forma de vaso o ramificado. Aparentemente algunos corales hermatípicos son capaces de vivir dentro de esta zona, pero no prosperan.

Siguiendo la zonación del arrecife hacia la laguna interna, encontramos:

Explanada del arrecife, cuya super-ficie está casi emergida en la baja-mar. El ancho de esta zona es muy variable, entre unos metros a algunos kilómetros. Atravesada por canales, con superficie irregular con lagunetas o charcos locales, presenta grandes variaciones locales en cuanto a con-

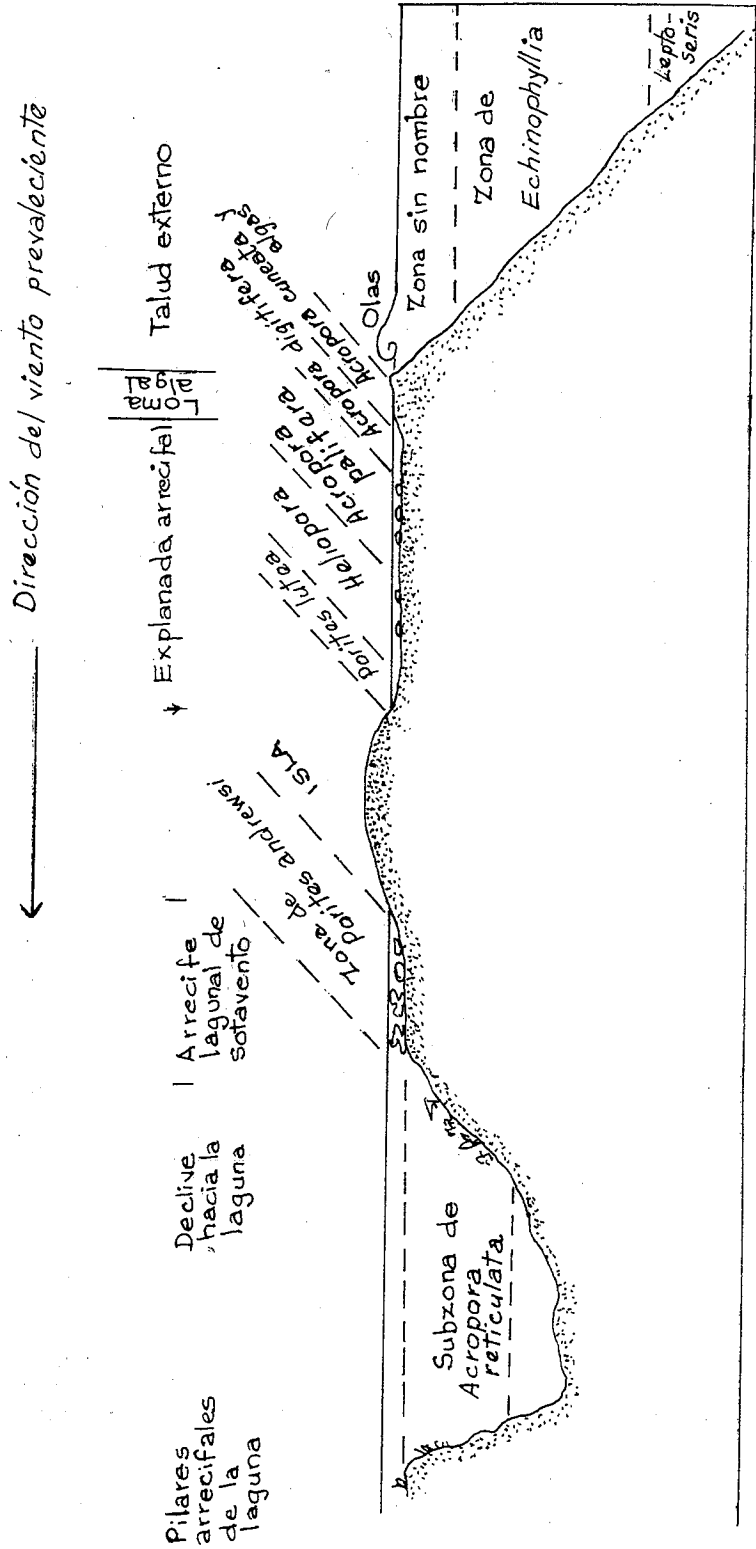


Fig. 4. Zonación faunal de un atolón: Parte por el lado de barlovento (Adaptada de J. W. Wells, 1957 a, Fig. 2, parte).

diciones de temperatura, oxigenación, agitación del agua y turbiedad de éstas, etc. En términos muy generales, se pueden distinguir las subdivisiones siguientes:

Zona de *Acropora digitifera*, o zona coralino-algal. En la mayoría de los arrecifes, la parte trasera del camellón algal desciende rápidamente a una zona cuyo ancho puede variar entre unos 25 y varios centenares de pies y donde hay un rico desarrollo de corales cubiertos por sólo unas pulgadas de agua en la marea más baja. Hasta la mitad de la superficie del área puede estar cubierta por corales, entre los cuales hay un pavimento de algas rojas. Hay muchos equinoideos minadores como *Echinometra* y abunda también el molusco anfineuro *Acanthozostera*. Entre los corales predominan especies de *Acropora*, especialmente *A. digitifera* y la estrechamente emparentada *A. humilis*, a la vez que otras especies del mismo género cubren áreas extensas. Las colonias son de tamaño modesto, raramente de más de 1 ó 2 pies de diámetro, con formas nodulares, chatas o ramosas y robustas. Otros géneros de importancia aquí son *Favia*, *Favites*, *Pocillopora*, *Porites*, *Lepidastrea*, *Platygyra*, *Cyphastraea* y *Goniastrea*. Hay abundancia de zoántidos (ciertas anémonas coloniales) que pueden recubrir áreas extensas. La estrella *Linckia*, de color azul brillante, es común. Algas verdes como *Caulerpa* y *Halimeda* son comunes sobre las colonias coralinas.

En algunos arrecifes hay una subzona interna con el alga roja articulada *Jania* y con peñones aislados de rocas coralinas; los foraminíferos grandes tales como *Calcarina* y *Marginopora* son localmente abundantes en esta subzona.

Zona de *Acropora palifera* o zona de los microatolones. Con un pequeño aumento en la profundidad del

agua de hasta 2 ó 3 pies en la bajamar, se pasa a la zona de microatolones; primero algunos pequeños y bajos de *Favia*, *Favites*, *Platygyra*, *Cyphastraea*, *Goniastrea* y *Porites*; luego a masas más grandes y menos compactas, formadas por *Acropora palifera* (o *A. brueggemanni*), una especie robusta con fuertes ramas, de 2 a 3 pies de altura y hasta 10 pies o más de diámetro. Las bases de estas colonias están minadas por algas, esponjas y moluscos, mientras que entre sus ramas crecen muchos corales delicados ramificados e incrustantes. *Fungia* se encuentra suelto por encima de las colonias y en el fondo. Debido a que la zona está por debajo del agua a toda hora, ésta es la zona más rica en todo tipo de organismos: peces, crustáceos, gasterópodos, etc. Aquí vive el gran bivalvo *Tridacna crocea*, con sus tejidos repletos de zooxantelas, especie que debilita lentamente las bases de los corales porque se mece. En muchos de los corales se observan "quistes" (**Coral-galls**) producidos por el cangrejo *Harpactocrinus marsupialis*. La hembra de esta especie se establece en el extremo de un coral que se encuentre en crecimiento activo, desviando y modificando la forma de éste por medio de sus corrientes respiratorias. Eventualmente queda incluida dentro de una cámara en el coral donde pasa toda la vida encarcelada, alimentándose de plancton. El macho de la especie es muy diminuto y al parecer capaz de penetrar en la cámara, por lo menos antes de que ésta se cierre por completo. Se encuentran gasterópodos de las familias Cypræidae y Conidae y nudibranchios, en el fondo entre los microatolones, y el bivalvo *Lima* nada en los alrededores. El fondo arenoso a gravoso entre los microatolones tiene su propia fauna de gusanos, holotúridos, equínidos y moluscos.

En muchos arrecifes a barlovento, sin embargo, donde la explanada arrecifal no aumenta en profundidad desde la zona coralino-algal, la zona de los microatolones es reemplazada por una **zona de algas verdes** que forman una alfombra, con algunas manchas de **Porites lutea** y **Leptastrea purpurea** ("Green alga - Porites lutea zona" de Wells, pág. 619). En algunos otros arrecifes, esta zona puede ser simplemente una superficie rocosa estéril, de color rojo pardo, sembrada de algunos charcos con fauna de pequeños gasterópodos, holotúridos, crustáceos, ascidios, ofiúridos y pequeños peces.

Zona de Helipora. En algunos otros sitios en las explanadas arrecifales, la zona de **Acropora palifera** puede pasar a una zona de microatolones sólidos y planos compuestos de **Helipora coerulea**, el "coral azul" que es un octocoralario. En aguas tranquilas, a considerable distancia del borde del arrecife, los canales entre las masas de coral pueden tener hasta 5 a 10 pies de profundidad y presentar un desarrollo extraordinariamente rico de corales y otros organismos; **Porites andrewsi**, **Acropora acuminata**, **Fungia** y **Fungidae** coloniales, peces, **Tridacna gigas** (suelto en el fondo) y los gasterópodos **Hippopus** y **Lambis**.

Arrecifes de sotavento (ver Fig. 5)

En estos arrecifes las lomas algales están mucho menos desarrolladas o hasta ausentes; por el contrario hay un mayor desarrollo de corales hermatípicos en los márgenes y en el declive superior hacia el mar. Las explanadas arrecifales son generalmente más angostas que en los arrecifes de barlovento, con declive relativamente uniforme desde la isla (si la hay) o desde la explanada de la laguna hacia el borde exterior. Los am-

bientes en general son como en las explanadas de barlovento. Si hay una loma algal baja, habrá una zona de **Acropora cuneata**, que pasa lateralmente a una zona dominada por especies bajas de **Pocillopora** si la loma es muy baja, o por **Acropora humilis-A. digitifera** si falta por completo. Hacia el interior de estas zonas marginales, la explanada es casi estéril en cuanto a corales, y se puede caracterizar por algas verdes, **Calcarina** y **Chama**, o ser una plataforma rocosa casi desnuda. El declive hacia el mar es generalmente más inclinado que en los arrecifes de barlovento, y tiene canales de resaca bien desarrollados.

El declive hacia el mar, si no está expuesto al gran oleaje, tiene una zona superior caracterizada por grandes "repisas" (brackets) formadas por ramificaciones de **Acropora reticulata** (con **A. hyacinthus** y **A. cytherea**); estos corales empiezan a presentarse a unos 10 pies de profundidad y continúan dentro de la parte superior de la próxima zona de **Echinophyllia**. Otros corales que crecen en esta zona son especies macizas de **Favia**, **Favites**, **Platygyra**, **Leptoris**, **Astraeopora**, **Hydnophora**, **Porites**, **Symphyllia** y otros, en combinación con formas ramosas y foliadas de **Montipora**, **Porites**, **Alveopora**, **Stylaster** y **Millepora**. Corales sueltos, como por ejemplo **Fungia**, se encuentran en las superficies y abundan los crinoideos, antipatarios ("corales negros"), gorgónidos, alciónidos, los moluscos **Trochus** y **Pinctata** y holotúridos. Peces, especialmente tiburones, nadan en las aguas, restringiéndose a diferentes zonas batimétricas. El declive del arrecife en esta zona es generalmente muy pronunciado, localmente llega a la vertical, formando acantilados submarinos que pueden extenderse hacia abajo por unos centenares de pies. Esto se debe al crecimiento profuso de los corales, que extienden el bor-

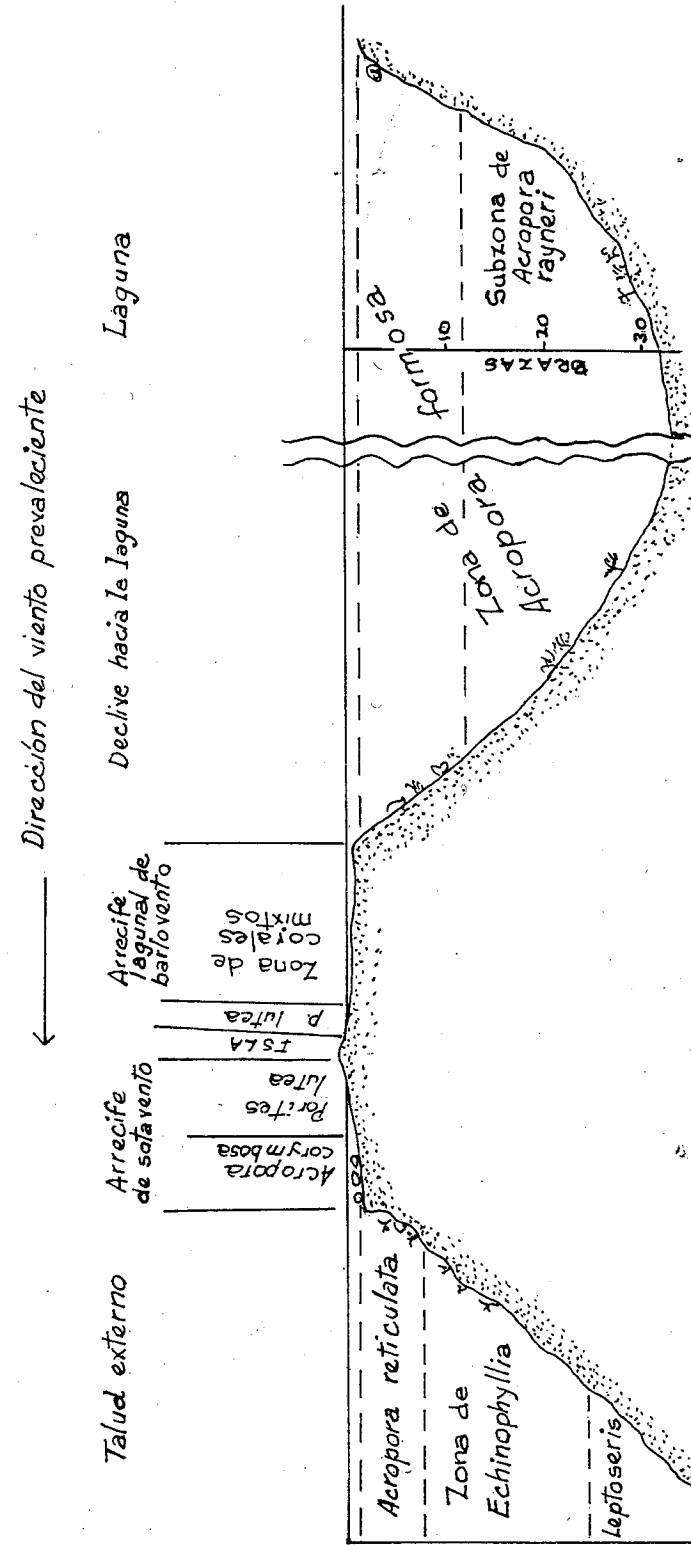


Fig. 5. Zonación faunal de un atolón típico: Parte del atolón por el lado de sotavento (Adaptada de J. W. Wells, 1957 a, Fig. 2, parte).

de del arrecife hacia afuera, con poca producción de detritos de ladera. La explanada por encima de estos acantilados generalmente no tiene loma algal y el agua del borde tiene varios pies de profundidad, quedando éste al descubierto solamente durante las mareas más bajas. Aquí en el borde esta zona puede llamarse zona de **Acropora corymbosa**, especie que forma colonias bajas que abrigan formas más delicadas. Los corales aquí pueden ser formas poco desarrolladas de las especies que viven a profundidades mayores, o especialmente adaptadas a la zona, e incluyen formas de **Acropora** (que es predominante) junto con una gran variedad de especies de **Favia**, **Favites**, **Porites**, **Pocillopora** y otros muchos (ver Wells, pág. 620). Wells considera que ésta es la zona más rica entre las del área de la explanada hacia el mar. Dentro de un área relativamente pequeña, él recogió unas 80 especies repartidas entre 30 géneros. En general esta zona se compara con la de **A. digitifera** en los arrecifes de barlovento, pero tiene una población mucho más rica en corales. Hacia la playa de la isla, la variedad disminuye rápidamente, y la parte interna de la explanada tiende a ser dominada por una o dos especies que forman manchas extensas, por ejemplo, **Acropora hebes**, **Montipora** o alcionarios. Hacia la playa o la parte más emergida de la explanada, hay una zona caracterizada por el resistente coral **Porites lutea**. Cuando no hay isla, esta zona generalmente pasa a un trecho de rocas que separa a la parte externa de la interna.

Ambientes arrecifales de la laguna

Las aguas relativamente tranquilas de la laguna interior del atolón inclu-

yen dos ambientes principales: 1) Los ambientes arrecifales propiamente dichos del arrecife lagunal (**lagoon reef** de Wells, la parte del atolón al interior de la isla, con suave declive hacia la laguna) y de las manchas arrecifales, pináculos y alturas menores de la laguna, más algunas explanadas arenosas, y 2) Los taludes hacia la laguna y el piso de ésta. El declive hacia la laguna puede ser suave o abrupto, y el piso de ésta generalmente se encuentra a profundidades entre los 23 y 45 metros, raramente hasta 60 metros o más. La circulación del agua en casi todas partes es suficiente como para crear condiciones casi óptimas para todos los grupos de organismos arrecifales, a excepción de las algas rojas que exigen un fuerte oleaje. La sedimentación ejerce aquí en la laguna un mayor control sobre el desarrollo, porque considerable cantidad de sedimentos, desde gravas a limos, es transportada hacia la laguna por las olas, y muchas partes de la laguna no abrigan corales porque el movimiento de estos sedimentos lo impide. Los sitios principales para el establecimiento de corales, pues, son aquellos protegidos del movimiento de sedimento en gran escala, al lado de sotavento de islas o en el borde al sotavento de la laguna.

Arrecifes lagunales de sotavento

Zona de **Porites andrewsi**. Los arrecifes hacia la laguna son generalmente angostos, discontinuos en muchos sitios, con un desarrollo rico de corales que se extienden materialmente hasta la playa de la isla. El declive del fondo desde la playa de la isla hacia la laguna es bastante pronunciado, llegando frecuentemente a una braza o más en unos 30 metros de distancia. Los manchones de coral tienden a estar alargados en sentido

perpendicular a la línea de playa, con trechos irregulares de arena de por medio. Corales macizos y ramosos crecen libremente en los manchones, pudiendo adquirir las colonias individuales grandes tamaños, hasta más de 6 metros de diámetro por 3 metros de altura. Es una región de verdaderos "jardines" coralinos, con muchas especies características, especialmente **Porites andrewsi**. Otras formas son **Montipora verrucosa** y especies foliadas o ramificadas del mismo género, **Acropora acuminata**, **A. nasuta** y otras muchas especies cuya forma recuerda la de cepillos de lavar frascos. Muchas especies comunes a los arrecifes de barlovento se encuentran también presentes. Cerca de la playa o en aguas muy someras, **Acropora corymbosa** y especies semejantes, o especies ramosas de **Montipora** predominan. Donde el agua llega a 5 ó 6 pies de profundidad, la asociación dominada por **P. andrewsi** empieza a pasar a una dominada por **Acropora reticulata** y **A. hyacinthus**.

Además de los corales, entre y debajo de sus colonias, hay una rica variedad de crustáceos, equinidos, gasterópodos (**Lambis**, **Cypraea**, **Conus**, nudibranchios), pelecípodos, menos abundantes que los gasterópodos, pero con **Tridacna**, **Hippopus** y **Spondylus** comunes; algunos alcionarios blandos y actinarios, con peces comensales y crustáceos. Muchas algas especializadas, esponjas, moluscos, cirrópodos y gusanos sipunculoideos y poliquetos perforan los corales. El alga verde **Halimeda**, contribuyente abundante al detrito calcáreo fino, abunda sobre zonas extensas. Las áreas arenosas entre los corales sostienen una cantidad incontable de holotúridos y diversos moluscos, incluyendo especies de **Strombus**, **Polinices**, **Voluta**, **Tellina**, **Mactra**, **Codakia**, **Pinna**, **Terebra**, **Oliva** y **Melo**, estrellas

de mar y el erizo activo **Centrochinus colosus**. Los peces constituyen uno de los elementos más notables de este biótopo, de gran diversidad, colorido y especialización no solamente de forma, sino para diferentes niveles batimétricos y tipos de fondo.

Arrecifes lagunales de barlovento (Windward lagoon reefs)

En lagunas de suficiente amplitud como para la formación de olas bastante persistentes y grandes (de varios pies) puede haber cierto desarrollo de algas rojas, semejante al de la parte exterior del arrecife a barlovento. En general la explanada arrecifal hacia la laguna, en tales condiciones, es bastante ancha, con una plataforma que se hunde gradualmente desde la playa de la isla hasta una profundidad algo menor de un metro (2 a 3 pies) en bajamar, que luego sube ligeramente hacia un reborde que puede estar a flor de agua en la bajamar, y desde donde hay un declive relativamente abrupto hacia la laguna. Esta zona es relativamente pobre en corales, debido a la presencia de una película de arena o limo, removida constantemente por la marea. Esta es la "zona de varios corales" en la figura de Wells. Para mayores detalles, véase su texto, págs. 622-623.

Otras estructuras de la laguna

Los manchones arrecifales son en general islotes del biótopo de **Porites andrewsi**, dominados por una mezcla de especies de esa asociación, o por una o dos especies. Con frecuencia estas manchas representan una colonización de fondos arenosos por corales hermatípicos.

Wells usa la palabra **knolls** para describir pináculos o montículos de

roca de cima plana o redondeada, cubiertos por encima con una profusión de corales, y cuyos toques pueden encontrarse a cualquier profundidad. Aquellos cuyo toque está un poco por encima de la base normal del oleaje tienen una asociación dominada por **Acropora corymbosa**; los que tienen su toque inmediatamente debajo de la base de oleaje, presentan una asociación con **Porites andrewsi**, mientras que la asociación con **Acropora reticulata** se extiende entre los 10 y aproximadamente los 50 pies, pasando hacia abajo a la zona de aguas más profundas de la laguna caracterizada por **Acropora formosa**. A profundidades entre 15 y 40 pies, el ambiente es ideal para el desarrollo de corales hermatípicos, especialmente los de formas delicadas, y muchos ejemplares adquieren dimensiones impresionantes. Además los alcionarios blandos desarrollan gran tamaño; **Halimeda** es común y ejemplares de **Tridacna** alcanzan 2 a 3 pies de longitud.

Fondos arenosos de calcarenita se desarrollan localmente en la laguna en partes someras o especialmente abrigadas. Las condiciones varían considerablemente; el fondo puede ser aparentemente estéril o estar cubierto por algas y plantas vasculares acuáticas (**Thalassia**, **Cymodacea**, **Halophila**). En la pleamar hay abundancia de peces, especialmente rayas. En algunos fondos abunda el crustáceo **Thalamita**; en otros abundan las esponjas, y en todos hay gran abundancia y variedad de moluscos, junto con algunos ofiúridos, holotúridos y **Balanoglossus**.

En algunos atolones se desarrollan **manglares**, que constituyen un biotopo no relacionado genéticamente con los arrecifes, sino un nicho especial semiterrestre. Estos sostienen una pequeña asociación de organismos especiales, por ejemplo, los gasterópodos

Pyrazus y **Telescopium**, los artrópodos **Scylla** y **Clibanarius** y el extraordinario pez **Periophthalmus**, capaz de vivir por mucho tiempo fuera del agua y de subirse por las raíces de los mangles. Algunas especies muy resistentes de la comunidad arrecifal se agarran a las raíces en esfuerzos por mantenerse a salvo del limo y barro orgánico.

Declive y piso de la laguna; zona de **Acropora formosa**

La pendiente desde los arrecifes hasta el fondo de la laguna y el fondo propiamente dicho están cubiertos generalmente por una capa gruesa de detritos de corales, foraminíferos y **Halimeda**. Este fondo clástico no ofrece una base apropiada para el crecimiento de los corales, que en general están ausentes, excepto encima de los pilares y pináculos ya mencionados. El organismo más abundante en este fondo es generalmente el alga calcárea **Halimeda**. Hay manchas disseminadas de corales: **Acropora** o formas relacionadas, siendo la especie más común y típica la **A. formosa**. Esta especie es escasa en los declives externos del arrecife, pero aquí aparece en las partes más profundas de la zona de **A. reticulata**, y en la laguna llega hasta profundidades de hasta 180 pies (54 metros). Forma verdaderos "zarzales" submarinos con sus ramas, que dan abrigo a otras varias especies de corales. Algunos pocos corales solitarios sueltos, especialmente **Cycloseris**, viven en este fondo, que sostiene también una población característica de crustáceos, moluscos y equínidos. En contraste con los corales de colores brillantes de las zonas someras, las especies de esta zona tienen matices pálidos.

Esta zona de **Acropora formosa** puede dividirse en dos subzonas batimétricas: una superior caracterizada

por **A. reticulata** y una inferior con **A. rayneri**. La primera corresponde esencialmente a la zona de la misma especie en el lado externo del arrecife, junto con parte de la zona de **Echinophyllia**, extendiéndose desde unos 10 pies (3 metros) hasta 75 pies (23 metros). En esta zona, donde quiera que se encuentre una fundación de roca coralina, viven numerosas especies de las zonas arrecifales, en combinación con algunas especies restringidas, tales como **Acropora implicata**, **Montipora composita** y especies lamelares de **Gonopora**. En algunos arrecifes abundan gorgónidos como **Melitodes**. La subzona de **Acropora rayneri** yace en las partes más profundas de la laguna por debajo de los 75 pies. Se caracteriza no solamente por la especie nombrada y la estrechamente emparentada **A. rambleri**, sino también por algunas otras especies que se encuentran en los declives exteriores, tales como **Seriatopora angulata**, **Stylaster asper** y especies de **Leptoseris**, **Anacropora**, **Mycedium**, **Oxypora** y **Cycloseris**.

SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE KAPINGAMARANGI

Habiendo indicado ya la zonación biológica del arrecife podemos intercalar aquí unas notas sobre la investigación efectuada por McKee, Chronic y Leopold (1959) sobre los sedimentos de la laguna de un atolón típico, el de Kapingamarangi, la isla más al sur del grupo de las Carolinas en el Pacífico occidental. La geología de la isla, petrología de los sedimentos y rocas sedimentarias, suelos, desarrollo de fosforitas, aguas subterráneas y otros aspectos han sido descritos por McKee (1958). Las investigaciones se hicieron en unas 300 muestras, lográndose una zona-

ción muy refinada de los sedimentos. La laguna mide unas 6 por 8 millas, y alcanza una profundidad de 240 pies. Los diferentes tipos de sedimentos forman fajas faciológicas desde la playa hacia la parte profunda, y en menor grado también, alrededor de cada uno de los manchones arrecifales en la laguna. Estas zonas, desde el arrecife hasta la parte más profunda de la laguna, se componen de los materiales siguientes:

1) Arena de carbonato cálcico de grano mediano, formada principalmente de foraminíferos (**Amphistegina madagascariensis** y **Marginopora vertebralis**);

2) Arena de carbonato cálcico de grano fino, formada principalmente de fragmentos de moluscos;

3) Detritos de corales ramificados que crecen en "zarzales" vecinos;

4) Acumulaciones de segmentos del alga calcárea **Halimeda**;

5) Arena de carbonato cálcico compuesta sobre todo de especies de foraminíferos, principalmente **Amphistegina lessonii**, diferentes de las de aguas más someras;

6) Barro de carbonato cálcico.

La tabla acompañante presenta las características de estas fajas (Tabla I).

Los datos sobre la distribución de los foraminíferos se pueden resumir como sigue:

Faja faciológica (1) de arenas de playa y aguas someras; 47 por ciento por volumen consiste de conchas de **Amphistegina madagascariensis**. Los manchones arrecifales en profundidades comparables tienen generalmente cantidades inferiores de la especie, quizás por estar sumergidos durante más tiempo. Un componente común pero no abundante es **Marginopora vertebralis**. Otros foraminíferos son escasos y poco variados.

T A B L A I

ZONAS FACIOLÓGICAS DE SEDIMENTOS EN LA LAGUNA DEL ATOLÓN KAPINGAMARANGI, SEGUN MCKEE Y OTROS, 1959

Zona	Profundidad	Elementos característicos	Textura	Composición mineral dominante
1	Menos de 50 pies, principalmente 0-25'	<i>Amphistegina madagascariensis</i> , <i>Marginopora vertebralis</i>	Arena foraminiferal	Calcita
2	Menos de 50 pies, principalmente 25-50	Fragmentos clásicos de conchas de moluscos	Arena de fragmentos de conchas	Principalmente aragonito
3	30-105 pies	Detritos de corales ramificados muertos	Detritos del tamaño de grava y arena	Aragonito
4	90-160 pies	Fragmentos de <i>Halimeda macroloba</i>	Formas irregulares, tamaño de gránulos	Aragonito
5	120-210 pies	<i>Amphistegina lessonii</i>	Arena foraminiferal	Calcita
6	150-240 pies	Granos anhédricos y agujas de aragonito, con algunos microfósiles	Barro de carbonato cálcico	Principalmente aragonito

Facies (2), profundidad generalmente 25-50 pies. Proporciones variables pero bajas de foraminíferos. *A. madagascariensis* predomina pero forma solamente el 5 por ciento de las muestras. Aproximadamente el 91 por ciento de las muestras está constituido por detritos no-foraminíferales.

Facies (3), zona de los corales ramificados. Muy pocos foraminíferos; *A. madagascariensis*: 2 por ciento en 2 de cuatro muestras, *A. lessonii*: 3 por ciento de dos muestras; ambos probablemente transportados.

Facies (4), con *Halimeda*; conchas de *Amphistegina lessonii* forman el 30 por ciento de una muestra, y en 3 muestras un promedio de 18 por ciento. Otros foraminíferos son raros, 1 por ciento o menos.

Facies (5). En 11 muestras de esta facies; *Amphistegina lessonii* comprende el 26-85 por ciento, con un promedio de 56 por ciento. *A. madagascariensis* y *Marginopora vertebralis* están esencialmente ausentes, pero *Operculina ammonoides* y *Heterostegina suborbicularis* pueden, combinados, constituir hasta un 9 por ciento de las muestras, con predominio de *O. ammonoides* sobre *H. suborbicularis*, numéricamente. Estas dos especies se observan sólo en esta facies, y parecen ser buenos índices batimétricos (profundidad de la zona, 120-210 pies).

Facies (6). Ausencia absoluta de macroforaminíferos, pero los foraminíferos pequeños comprenden 1-6 por ciento del sedimento, con un promedio de 3 por ciento. Hay gran variedad de especies; por ejemplo, en una muestra a los 215 pies, la doctora Ruth Todd identificó 39 especies.

En el borde exterior del atolón, los foraminíferos son escasos, presentán-

dose localmente en pequeñas depresiones o cavidades. Se observó una diferencia notable relacionada con la orientación geográfica (y ésta con el oleaje); *Amphistegina madagascariensis* forma el 33 por ciento en el norte y oeste; solamente el 12 por ciento al sur. Al oeste *Marginopora vertebralis* forma el 34 por ciento de las muestras, en el noroeste 16 por ciento, y al sur está ausente, exigiendo al parecer cierta protección contra el oleaje fuerte.

En resumen, en este atolón las siguientes especies son las formadoras más importantes de sedimento: *Amphistegina madagascariensis*, *A. lessonii*, *Marginopora vertebralis*, *Operculina ammonoides* y *Heterostegina suborbicularis*. La distribución de las especies se relaciona estrechamente con la profundidad del agua. *A. madagascariensis* prospera mejor en aguas sumamente someras, alcanzando su máxima abundancia en la cresta del arrecife, y llega a constituir un 78 por ciento de la arena en sitios de las playas y superficies del arrecife. *M. vertebralis* tiene una distribución casi idéntica pero es mucho menos abundante, formando un máximo del 34 por ciento de las muestras del atolón en el lado a sotavento pero generalmente sin pasar del 10 por ciento. *Amphistegina lessonii* abunda a profundidades entre 156-210 pies y Bandy (1954)¹ encuentra una distribución semejante en el Golfo de México.

Los autores efectuaron asimismo un análisis cuantitativo de nanofósiles en los sedimentos del fondo, llegando a las siguientes conclusiones: 1) Las diatomáceas y espículas de esponja se acumulan en mayor abundancia en las aguas relativamente

1. BANDY, O. L., 1954: "Ecology of Foraminifera in the Northeastern Gulf of Mexico", *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 65, pág. 1.229.

profundas del centro de la laguna, siendo escasos en los sedimentos cercanos a las playas; 2) Se presentan nanoforaminíferos en todas las facies principales, pero son especialmente numerosos en fondos o muy profundos o muy someros; 3) Los granos de polen y esporas son de derivación local y extremadamente escasos; 4) Los quistes de dinoflagelados en los sedimentos aumentan en número con la profundidad, no hallándose a profundidades menores de los 150 pies.

DISTRIBUCION DE LOS FORAMINIFEROS EN LOS ATOLONES MODERNOS

Puesto que Wells en su zonación del atolón que acabamos de reseñar no considera los foraminíferos, es conveniente intercalar aquí unos datos tomados del libro de Phleger (1960, págs. 181-185) que a su vez se basan en estudios detallados de Cushman, Todd y Post (1954). Dichos autores investigaron la distribución de los foraminíferos en los atolones de Rongerik, Rongelap, Bikini y Eniwetok de las Islas Marshall del Pacífico central, suministrando listas de las faunas típicas de la explanada arrecifal, la playa, la laguna, el declive exterior del arrecife y las aguas someras.

La explanada arrecifal está dominada por *Calcarina spengleri* (Gmelin), *Marginopora vertebralis* Blainville, *Homotrema rubrum* (Lamarck), *Miniacina miniacea* (Pallas) y *Carpenteria proteiformis* (Goes). Hay un pequeño porcentaje de ejemplares de *Amphistegina madagascariensis* d'Orbigny y pequeñas cantidades de unas treinta especies adicionales, en los pequeños charcos. Ocasionalmente se encuentran foraminíferos planctónicos, llevados por las olas desde el mar abierto.

La fauna de la playa consiste principalmente de ejemplares desgasta-

dos. La composición de una muestra típica se indicó como sigue:

Amphistegina madagascariensis		
d'Orbigny		aprox. 55 %
Marginopora vertebralis		
Blainville	"	25 %
Calcarina spengleri (Gmelin)	"	15 %
Otros foraminíferos	"	5 %

La fauna de la laguna está dominada por *Amphistegina madagascariensis* y a veces *Heterostegina suborbicularis* d'Orbigny. Estas, en combinación con las que se enumeran a continuación, constituyen el 50 a 75 por ciento de la fauna de la laguna:

Calcarina hispida Brady
C. spengleri (Gmelin)
Homotrema rubrum (Lamarck)
Marginopora vertebralis Blainville
Miniacina miniacea (Pallas).

El 25-50 por ciento restante se compone de unas 185 especies. Los autores enumeran algunas especies restringidas a la laguna. La composición de una muestra típica de la laguna, según los mismos autores, comprende:

Amphistegina madagascariensis		
d'Orbigny		5 %
Heterostegina suborbicularis		
d'Orbigny		10 %
Marginopora vertebralis Blainville		5 %
Calcarina hispida Brady		5 %
Homotrema y Miniacina		5 %
Buliminidae		5 %
Miliolidae		6 %
Nonionidae		2 %
Textulariidae		6 %
Otros foraminíferos		6 %

Se puede señalar que se encuentran ejemplares de foraminíferos planctónicos diseminados en las lagunas.

Las muestras provenientes de los declives externos de los atolones no se distinguen notablemente en su composición de las del interior de la laguna, pero sí presentan como elementos raros algunas especies que son más abundantes a mayores profundidades. Los autores mencionan varias especies que se encuentran solamente en los declives exteriores.

La "fauna de aguas profundas" (por debajo de 55 brazas o 100 metros) está dominada por formas planctónicas (50-98 %). Hay unas 215 especies bentónicas que pueden estar presentes. A profundidades menores pueden abundar especies de *Amphistegina*.

Para completar los datos sobre la ecología de los foraminíferos en los ambientes arrecifales, agregamos los siguientes datos proporcionados por Phleger:

En los Cayos de Florida, W. E. Moore (1957) estudió la distribución de los foraminíferos en 16 muestras, distinguiendo los siguientes ambientes locales:

1. Ambiente de la Bahía de Florida al oeste de los Cayos, en aguas entre 0-10 pies de profundidad; predominan las familias Miliolidae, Peneroplidae y Nonionidae. *Ammonia beccarii* y *Cornuspiramia antillarum* están restringidos a este ambiente.

2. Ambiente de zaguero de arrecife (back-reef), entre los Cayos y el arrecife al este, con aguas principalmente entre 20 y 30 pies (6/9 metros) de profundidad. Predominan las familias Miliolidae, Peneroplidae, Nonionidae y Rotaliidae. Hay mayor número de familias, géneros y especies que en 1. Las familias Camerinidae (= Nummulitidae) y Alveolinellidae, aunque con representación muy escasa, parecen ser características de este ambiente.

3. El ambiente arrecifal propiamente dicho al este de los Cayos, que se encuentra a flor de agua en la bahía. Predominan los Peneroplidae, pero los Amphisteginidae, especialmente *Asterigerina*, son características. Los Nonionidae tienen mínima representación en los manchones externos.

4. El ambiente delantero de arrecife, que se extiende gradualmente dentro del Océano Atlántico. Hay varios ambientes transicionales que se comparan en general con los ambientes más profundos del océano abierto señalados por otros investigadores.

M. A. Illing (1952) investiga la distribución de los foraminíferos en 19 muestras provenientes de los bajos de las islas Bahamas. Las siguientes especies se restringen, o por lo menos son más comunes, en localidades en los bordes de los bancos hacia el océano abierto:

Amphistegina lessonii d'Orbigny
Bigenerina nodosaria d'Orbigny
var. textularioides (Goes)
Dentostomina sp.
Eponides antillarum (d'Orbigny)
E. repandus (Fichtel y Moll)
Heterostegina antillarum d'Orbigny
Homotrema rubrum (Lamarck)
Quinqueloculina bradyana d'Orbigny
Q. lamarckiana d'Orbigny
Q. tricarinata d'Orbigny
Rotalia rosea d'Orbigny
Textularia agglutinans d'Orbigny
Triloculina trigonula (Lamarck).

Articulina mexicana Cushman se restringe a aguas en sitios abrigados. Varias especies de Peneroplidae, Miliolidae y Rotaliidae son comunes en las aguas someras de los bajos. Se hallan zonas de faunas mixtas cerca de los canales donde hay fuertes corrientes.

ECOLOGIA DE OTROS TIPOS DE ARRECIFES, NO ATOLONES

Como lo señala Wells (1957a, pág. 625), los arrecifes de barrera, meseta y marginales no son genéticamente diferentes de los atolones, y no ofrecen ningunos nichos ecológicos ni sostienen asociaciones que no se hayan descrito ya de los atolones. Secciones equivalentes de los otros tipos de arrecifes se pueden comparar con partes de los atolones. Por ejemplo, los arrecifes marginales y de barrera que confrontan fuertes oleajes todo el año tendrán su loma algal; secciones transversales de arrecifes de meseta son comparables con secciones transversales de la parte a barlovento del atolón hasta la laguna, y así sucesivamente. Las diferencias principales entre los arrecifes se deben a consideraciones biogeográficas, como expondremos en la sección siguiente.

CONSIDERACIONES BIOGEOGRAFICAS SOBRE LAS FAUNAS ARRECIFALES

Provincia Indopacífica. Las comunidades de los arrecifes coralinos son notablemente persistentes hasta en lo relativo a las especies individuales, dentro de esta vasta provincia biogeográfica, que se extiende desde el Mar Rojo y la costa oriental del Africa y de la isla de Madagascar, a través del Océano Índico, las Indias Orientales y el Océano Pacífico hasta el remoto archipiélago de Tuamotu, sobre una distancia ecuatorial de por lo menos 22.500 kilómetros. Aún en la costa occidental de Panamá, unos 4.800 kilómetros más al este, se pueden identificar faunas afiliadas. Los cambios más notables no se presentan en sentido este-oeste, sino hacia el norte y el sur, y se relacionan con los cambios de temperatura. Sin em-

bargo, se observa una reducción considerable en el número de especies en las islas Tuamotu, debido a la distancia, identificándose sólo 18 especies de corales hermatípicos. En todas direcciones desde la zona de condiciones óptimas de temperatura, disminuye el número de especies, con poco o ningún reemplazo. El factor crítico es la temperatura mínima en la época más fría, que controla la distribución de los corales porque las temperaturas a las cuales éstos se pueden reproducir son más restringidas que las que pueden resistir los pólipos. Un ejemplo de los efectos de la temperatura se observa en el Gran Arrecife de Barrera de Australia. En su límite norte, a aproximadamente 9° lat. S., dentro de la zona de temperaturas óptimas, hay unos 60 géneros de corales hermatípicos. Esta profusión persiste sobre unas 900 millas hacia el sur, hasta el paralelo 21° S., pero al sur de esa línea, donde las temperaturas invernales descienden a menos de 18° C., el número se reduce rápidamente en las próximas 250 millas, subsistiendo unos 20 géneros en las cercanías del paralelo 25° S., donde la temperatura mínima es de unos 15° C. Una disminución semejante se observa hacia el norte, desde las islas Filipinas, donde una corriente tibia permite el desarrollo de corales arrecifales hasta la bahía de Tokio. En las regiones donde la temperatura mínima está por debajo de los 16-17° C., los arrecifes son pequeños manchones o franjas.

Arrecifes del Océano Atlántico en las zonas tropicales. Los arrecifes coralinos de esta región incluyen los del Mar Caribe y las Antillas (con algunos pocos en el Golfo de México), la costa norte y este de Sudamérica hasta aproximadamente la latitud 20° S. en la costa del Brasil; y por el otro lado del Océano, unos arrecifes en la cos-

ta de Guinea. Cabe mencionar también las islas Bermudas, a la latitud 32° N. que Grabau (1924, pág. 390) señala como una excepción notable a la distribución tropical de los arrecifes, siendo los más lejanos del ecuador geográfico. Esto se debe a la influencia benigna de la corriente del Golfo. Se presentan arrecifes en el sur de la Península de la Florida (los "keys" o cayos), pero en el Golfo de México hay demasiada influencia de aguas dulces o de sedimentos terrígenos para permitir mucho desarrollo.

Las formas son casi completamente arrecifes marginales, y el grado de actividad constructiva es mucho menor. Nunca se desarrollan camellones algales y ninguna parte del arrecife

queda expuesta en la bajamar, como sucede con partes del atolón. Además la fauna es muy reducida en variedad en comparación con la de la provincia Indopacífica: 26 géneros y unas 35 especies, en contraste con 80 géneros y unas 700 especies, respectivamente. En la región Indopacífica los dos géneros principales son **Acropora** y **Porites**, con más de 150 y 30 especies, respectivamente, mientras que en el Atlántico tienen solamente 3 especies cada uno y no hay ningún otro género con una representación comparable a la del Pacífico. Algunos géneros del Indopacífico no están representados en el Atlántico, aunque sí tienen equivalentes ecológicos". Wells (1957a, pág. 628) da la siguiente lista:

EQUIVALENTES ECOLOGICOS DE CORALES HERMATIPIICOS

PROVINCIA INDOPACIFICA

Plesiastrea
Symphyllia
Lobophyllia
Platygyra
Euphyllia, Caulastrea
Favona, Leptoseris
Scapophyllia
Leptastrea
Trachyphyllia
Acrhelia
Pectinia, Oulophyllia

PROVINCIA ATLANTICA

Montastrea
Isophyllia, Mycetophyllia
Mussa
Diploria
Eusmilia
Agaricia
Dendrogyra
Siderastrea
Manicina
Oculina
Colpophyllia

Una publicación muy interesante para la identificación de los corales de este lado del Atlántico es la de F. G. Walton Smith (1948). Además, para estudios en mayor detalle, hay el "Treatise on Invertebrate Paleontology" y la monografía de Vaughan y Wells (1943). Smith también cita los trabajos de Pourtalès (1870) sobre corales de Florida, R. Rathbun (1879) sobre los del Brasil y Vaughan (1901)

sobre los de Puerto Rico. Algunos otros títulos que hemos encontrado en las bibliografías son: Bernard, 1906 (sobre **Porites**); Branner, 1904 (arrecifes del Brasil); Crossland, 1927 (Panamá y las islas Galápagos); Duerden 1902; Durham, 1947 (Golfo de Baja California); Gregory, 1900 (especies de "Madrepora" = **Acropora**); Heilprin, 1891 (Golfo de México); Vaughan, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916 b; Verrill, 1902 a, b.

Wells señala que muchas de las formas asociadas con los corales, en el Atlántico están ausentes o muy reducidas. Las algas calcáreas juegan un papel menor. Una de las diferencias más notables se presenta con los Alcionarios; el orden **Gorgonacea** es muy abundante en los arrecifes del Atlántico (ver Cary, 1918) en comparación con su relativa insignificancia en el Indopacífico; por el contrario, faltan en el Atlántico **Helipora** el coral azul y **Tubipora** el "coral de órgano". Los llamados "corales blandos" tan comunes en el Indopacífico, están casi ausentes en el Atlántico. No obstante, Wells considera que las semejanzas son más importantes que las diferencias. Las semejanzas faunales y ecológicas han sido objeto de un reciente análisis muy detallado por Stephenson y Stephenson (1950, págs. 300-384). Los hábitats y ambientes sedimentarios de los arrecifes del lado oriental de la isla Andros, en las Bahamas, considerados como el mayor desarrollo arrecifal del Atlántico, han sido descritos por Newell y otros (1951, págs. 17-26).

ARRECIFES Y BIOHERMAS EN LA COLUMNA GEOLOGICA

Hemos usado la frase "arrecifes y biohermas" en esta sección por la incertidumbre presente sobre la naturaleza de muchas de las estructuras descritas como **reefs** por diversos autores, tomando en consideración la observación de Pettijohn (1957, pág. 395): "Si se define un arrecife como una estructura resistente al oleaje (o con resistencia potencial al oleaje), algunos biohermas son verdaderos arrecifes, mientras que otros no lo son... Si los organismos responsables del bioherma eran consolidadores de sedimentos (**were sediment-binding**), la estructura puede haber

sido algo resistente a las olas y haberse levantado hasta cierto grado sobre los fondos circunvecinos. Puede, efectivamente, haber sido emergente y parcialmente subaéreo. En este caso, el bioherma era un verdadero arrecife. Por otra parte, los organismos responsables del bioherma pueden no haber sido consolidadores de sedimento, de modo que la estructura no resistía al oleaje y ni siquiera alcanzaba la superficie, y aún no alcanzaba mucha elevación sobre el fondo de los alrededores. El bioherma en este caso es esencialmente una facies muy restringida en área, que persistió a través del tiempo, con la formación resultante de un cuerpo de roca notablemente diferente de los materiales vecinos". También admitimos que en algunos casos "... la distinción entre bioherma y biostroma es algo arbitraria" (pág. 398).

En el Precámbrico y el Paleozoico Inferior en numerosos sitios, se describen estructuras, unas veces como "arrecifes", otras simplemente como "estromatolitos" (**stromatolites**): estructuras marcadamente laminares atribuidas muy probablemente a algas. Richardson (1949) describe algunos del Huroniense de Michigan, y los Fenton (1933, 1939, 1957) han descrito estructuras principalmente de la Serie de Belt, en Montana. En 1957 (pág. 115) estos autores mencionan dos pequeños arrecifes del Miembro Granite Park de la formación Siyeh de la serie, formados en un fondo de barro dolomítico y calcáreo que se hundía lentamente por el peso. Una de estas estructuras habría tenido una elevación máxima de 9½ pies sobre el sedimento y unos 65 pies de anchura. Estas estructuras son notablemente mayores que los "arrecifes" algales del Precámbrico de Rusia mencionados por Hecker.

Twenhofel (1950, pág. 188) menciona que el Huroniense Inferior de la Península Superior de Michigan contiene abundantes calizas algales en varias formaciones que en su mayoría son más bien biostromas. Un verdadero arrecife se observó en las calizas dolomíticas de Kona al sur de Marquette, Michigan. Twenhofel lo midió, encontrando un espesor de 22 pies sin observar base ni tope y una anchura de 55 pies que podría ser también mucho mayor. El autor menciona además arrecifes algales estudiados por Schrock (1947) en el Precámbrico del Congo Belga, de hasta 2 metros de altura por 4 metros de ancho.

Cámbrico. Twenhofel (pág. 189) informa que donde ha observado estructuras algales en el Cámbrico son principalmente de la naturaleza de biostromas. Por ejemplo, en la caliza Hoyt de Nueva York, hay extensas estructuras formadas por **Cryptozoon proliferum** que son principalmente biostromas. El "arrecife" descrito por Blackwelder (1915) de los Montes Teton de Wyoming, es (según Twenhofel) más bien un biostroma, por su descripción.

Pettijohn (1957, pág. 400) cita obras de varios autores que han observado la frecuencia de calizas algales en el Cambro-Ordovícico de la región Apalachiana y las montañas Arbuckle de Oklahoma.

Los **Archaeocyatha** (antes llamadas también **Pleosporgia**) fueron importantes formadores de caliza en el Cámbrico, aunque por la delicada naturaleza de su esqueleto, su papel parece haber sido más bien el de atrapadores de barros calcáreos. Okulitch no opina que se les pueda llamar "arrecifes" pero Twenhofel (1950, pág. 189) menciona estructuras que ha observado en el Cámbrico Inferior de Labrador, donde el espesor era de 75 a 100 pies.

Ordovícico. Las calizas algales son comunes en el Ordovícico Inferior de Norteamérica en varias localidades, descritas por Twenhofel (págs. 189-190). Además P. E. Raymond (1924) describe como "el arrecife coralino más antiguo" uno del Chazyense del Estado de Vermont, construido por un coral favositado, **Lamottia**, y el estromatoporoideo **Stromatocerium**, en combinación con briozoarios y equinodermós fijos. Se dice que este arrecife tiene casi media milla de longitud y por lo menos 7 pies de altura. Twenhofel menciona también pequeños arrecifes coralinos de la formación Ellis Bay (parte superior del Ordovícico Superior) en la isla de Anticosti, en el Golfo de San Lorenzo, Canadá, formados por estromatoporoideos, corales tabulados y heliolíticos.

Silúrico. Este fue un período de importante formación de arrecifes en diferentes partes del mundo. Lowenstam (1957, pág. 215 y Fig. 1) señala que se encuentran arrecifes del Silúrico Medio (Niagarense) diseminados sobre una vasta extensión comprendida entre los 75° de lat. N. (isla de Cornwallis, en el Archipiélago Artico) hasta la isla de Anticosti al este, y alcanzando el sur de los Estados de Illinois e Indiana, hacia el sur. En ninguna otra época hubo un desarrollo tan extenso de arrecifes en el continente. Los estudios pioneros de Cumings y Schrock (1928), Cumings (1932) y Schrock (1939) están mencionados en la obra de Twenhofel; pero para un estudio realmente profundo de la paleoecología se deben consultar los numerosos trabajos de Lowenstam (1948, 1949, 1950) y especialmente el de 1957 en el **Treatise on Marine Ecology and Paleoecology**. Lowenstam estudia las relaciones entre los arrecifes y los elementos estructurales de la región de los Grandes Lagos, los cambios en las pro-

porciones de los diferentes grupos de organismos durante el desarrollo de los arrecifes y otros aspectos interesantes que lamentamos no poder resumir aquí. De sumo interés es su comparación de la biota arrecifal con la de hoy. A menos que la enigmática forma denominada **Stromatactis** fuese un alga, los formadores del arrecife fueron todos celentéreos, principalmente corales tabulados. Es notable la ausencia de foraminíferos, algas calcáreas, gasterópodos, pelecípodos y balánidos. El nicho ecológico ocupado hoy por el alga calcárea **Halimeda** correspondía a los crinoideos en los arrecifes del Silúrico. El nicho de los pelecípodos correspondía principalmente a los braquiópodos. Los artrópodos consistían exclusivamente de trilobites, equivalentes ecológicos de los crustáceos modernos.

Twenhofel (1950, pág. 192) describe arrecifes de Anticosti y también los importantes arrecifes del Silúrico de Europa, principalmente en la isla de Gotland, en el Mar Báltico. Su figura 1 representa el contacto de uno de los arrecifes en la isla (en Hobergen Klint), que tiene contacto lateral vertical y con salientes horizontales con la roca vecina. Varios autores han estudiado estos arrecifes (ver especialmente a Hadding). Twenhofel menciona, además, pequeños arrecifes en el Silúrico de Estonia y la presencia en el Silúrico de Inglaterra (Wenlock Superior) de cuerpos de caliza no estratificada, denominados "ballstones" que parecen corresponder a pequeños arrecifes que se desarrollaron bajo condiciones desfavorables para el crecimiento lateral.

Devónico. Twenhofel (1950, págs. 193-195) resume los datos hasta dicha fecha. Informa que los supuestos arrecifes del sistema en los Estados Unidos parecen ser principalmente biostromas; por ejemplo, las capas

con corales que se encuentran en los raudales del río Ohio, en Louisville, Kentucky. Sin embargo, menciona algunos casos de lo que parecen ser arrecifes en el Devónico de Michigan; menciona, además, extensos arrecifes en capas identificadas como devónicas en el río Attawapiskat, que desemboca en la Bahía de James, en el Canadá. De gran importancia son los arrecifes en el Devónico de Alberta, especialmente el de Leduc, que atrajo la atención de los petroleros sobre la importancia económica de los arrecifes. (Véanse las siguientes publicaciones: Andrichuk, 1958; Belyea, 1955, 1957; Layer y otros, 1949; Link, 1949, 1950; Waring y Layer, 1950). Otros arrecifes han sido descritos en Europa: en el Devónico medio del Eifel en Alemania y en las Montañas Ardenas en Francia y Bélgica. Lecompte (1954) describe arrecifes del Devónico Superior (Frasnien) de las Ardenas. Teichert (1952) informa sobre un desarrollo extraordinario de arrecifes en el Devónico de Australia.

Carbonífero. Parece haber habido poco desarrollo arrecifal en Norteamérica durante este período. A pesar del extenso desarrollo de calizas en el subsistema Missisipiense, no se indican arrecifes, aunque Twenhofel sí menciona unos biohermas en Indiana descritos por Stockdale. También indica algunos biohermas en el Missisipiense de Nuevo México. Las condiciones en el Pennsylvaniano del Interior no fueron favorables al desarrollo de arrecifes, por la abundancia de aguas cargadas de sedimento. Twenhofel menciona muchos biostromas de braquiópodos, el pelecípodo **Myalina** y foraminíferos.

Imbt y McCollum (1950) en su descripción del campo petrolero de Todd en el Condado de Crockett, Texas occidental, indican que parte de la pro-

ducción proviene de un "arrecife crinoidal" del Pennsylvaniano (Strawn). La descripción no establece que sea un arrecife en el sentido estricto de la palabra; posiblemente sea una aglomeración de detritos orgánicos. La roca constituye una caliza de más de 400 pies de espesor, reemplazada abruptamente en sentido lateral por lutitas negras y verdes. El tercio inferior de la caliza es dura y cristalina, pero su parte superior es blanda, porosa, compuesta de una aglomeración de fragmentos de conchas, principalmente tallos de crinoideos, braquiópodos y briozoarios. La estructura se puede clasificar por lo menos como un bioherma en sentido restringido.

Wells (1957c) cita un trabajo de D. Hill sobre la distribución y secuencia de faunas de corales en el Carbonífero (presuntivamente de Inglaterra). Twenhofel menciona pequeños biohermas en la caliza de Waulsort en Bélgica y calizas arrecifales en el Visense del norte de Inglaterra. Menciona también un arrecife coralino del Moscoviense de Spitzbergen.

Pérmico. Hay un extraordinario desarrollo de arrecifes en el Pérmico de Texas occidental y parte de Nuevo México, donde los arrecifes han sido estudiados por P. B. King (1934, 1942, 1948), Adams y Frentzel (1950), Newell y colaboradores (1953); finalmente los estudios han sido resumidos por Newell (1957). Esta región se ha hecho clásica en los estudios de arrecifes fósiles y ha sido brevemente descrita por Dunbar y Rodgers (págs. 121-122 de la versión en español, y Fig. 40). También es la ilustración ideal del concepto de **facies**, toda vez que la litología y la paleontología de formaciones Pérmicas correlativas varían notablemente de una región a otra, de acuerdo con las condiciones especiales.

Tres provincias faciológicas adyacentes se caracterizan por rocas de facies muy distintas. Las relaciones geográficas de las regiones se ilustran en la figura 2 de Newell (1957): 1) La **cuenca de Delaware** era una cuenca euxínica, relativamente profunda, con aguas estancadas a cierta distancia por debajo de la superficie. Las formaciones litológicas son calizas detríticas laminadas de color oscuro y algunas areniscas de cuarzo; el todo con una fauna pelágica; 2) El borde de la cuenca corresponde a los arrecifes y sus detritos de las laderas; 3) Detrás de los arrecifes estaba una región de plataforma, con aguas muy someras (poco más de unas decenas de pies de profundidad). Aquí se formaron evaporitas, dolomitas y areniscas de cuarzo, muy pobres en fósiles, en estratos delgados. Las aguas aquí probablemente eran hipersaladas y el ambiente muy desfavorable para la existencia de organismos. Las condiciones son estrechamente comparables con las de las modernas salinas naturales, con movimiento de las aguas hacia la plataforma desde la cuenca de Delaware. El agua de la cuenca de Delaware tenía salinidad casi normal y se renovaba continuamente por una o más entrantes probablemente del lado sur de la cuenca, pero debajo del umbral las aguas permanecían estancadas. En el arrecife abundaban varios tipos de algas, esponjas calcáreas, hidrocoralarios y briozoarios. Newell señala que los corales son muy inconspicuos (algunos pocos tabulados y tetracoralarios solitarios) y en general carecen de importancia como formadores de arrecifes en los terrenos paleozoicos después del Missisipiense.

El cuadro general era algo diferente a cualquier tipo de arrecife moderno. Newell lo compara con un "atolón invertido" porque el agua profunda estaba en el interior del cin-

turón de arrecifes, y las aguas someras no ocupaban una laguna o albufera interior como en el atolón, sino una región poco profunda detrás del arrecife. Se compara mejor con un arrecife de barrera, con la diferencia de que los arrecifes modernos de este tipo se encuentran entre tierras y el océano abierto y no en una cuenca euxínica como la de Delaware.

Durante el Pérmico Inferior (Wolfcampiense), montículos aislados arrecifales (**knolls**) se desarrollaron alrededor de la cuenca, aunque probablemente pocos llegaron a las aguas superficiales, porque no tienen detritos de ladera. Luego en el Leonardense y Guadelupiense (Pérmico Medio) los mares sobre la plataforma se fueron restringiendo cada vez más y la actividad edificadora en el borde de la cuenca fue en aumento. Se formaron arrecifes en todo el sentido moderno de estructuras resistentes al oleaje, evidenciados en la construcción de detritos de ladera (**reef talus**), que se encuentran parcialmente interdigitados con los sedimentos de la cuenca. Los fósiles de estas capas detríticas presentan indicios de haber sido transportados. Las conchas más pequeñas y livianas han sido transportadas por mayores distancias con desgaste mínimo (por ejemplo, las conchas de fusulínidos), pero todas indican transporte. Las capas de detritos buzan hacia la cuenca con ángulos altos de hasta 35-40°. Localmente, lengüetas de este material se extienden muy adentro de la cuenca.

El arrecife de Capitán, en el afloramiento de los Cerros Guadalupe, tiene una anchura de aproximadamente 2½ millas (4 kilómetros) y las calizas de la formación Capitán miden 1.500-2.000 pies (450 a 600 metros) en sentido vertical; los 2/3 a la mitad inferior corresponden a detritos de talud y la parte superior son calizas arrecifales. La caliza arrecifal con-

siste principalmente de caliza calcítica; los carbonatos de la facies de plataforma (detrás del arrecife) son dolomíticos dondequiera, y los detritos de talud contienen apreciables porcentajes de magnesio. En muestras de mano, gran parte de la caliza arrecifal es semilitográfica, de color claro (gris, crema, blanco), con fósiles bien preservados y muchas cavidades que han sido más o menos completamente rellenas por capas concéntricas de calcita fibrosa, semejantes a los rellenos de la roca del arrecife moderno de Funafuti descritos por Cullis (1904). Esta calcita (posiblemente aragonito en su origen) se habría depositado mientras la roca estaba en contacto con el mar. La arena de cuarzo es relativamente frecuente a través del arrecife en pequeños lentes y "diques" de arenisca.

En cuanto a los organismos arrecifales, Johnson (1942, 1951) ha identificado muchos tipos de algas, pero probablemente no todavía todos los tipos existentes, porque su material provino de la facies detrás del arrecife. Incluyen algas rojas (**Solenopora**), algas verdes de la familia Dasycladaceae (**Anthracoporella**, **Diplopora**, **Macroporella**, **Mizzia**) y Codiaceae (**Gymnocodium**); algas verdeazules (?) o verdes (?) de los Porostromata (**Girvanella**, **Ortonella**) y algas verdeazules de los Spongiostroma (**Colenella**). Según Newell, esta última fue localmente de importancia como formadora del armazón rígido y trampa para sedimento. Otras algas, principalmente sifonóstomas, abundaron en las aguas inmediatamente detrás del arrecife, pero escasean en el arrecife mismo.

Además de las algas, hubo tres grupos principales que formaron el armazón del arrecife: esponjas calcáreas, briozoarios (**Fistulipora**) y un hidrocoralario no identificado de afinidades problemáticas, incrustante,

algo semejante a **Solenopora** en su forma externa, pero más opaco en sección fina.

Las esponjas calcáreas son muy abundantes, y se encuentran en posición vertical circundadas por material detrítico, para el cual habrían sido excelentes trampas. Los briozoarios son más abundantes en los detritos de talud y parecen haber prosperado mejor en aguas más profundas y menos agitadas; posiblemente la cementación contemporánea que llevaron a cabo haya sido responsable del pronunciado declive de los taludes.

Las calizas arrecifales son ricas en braquiópodos, pero los moluscos están subordinados. Corales y placas de equinodermos son comunes pero no importantes en la formación de las rocas. Abundan los macroforaminíferos fusulínidos de los géneros **Codonofusiella**, **Schubertella**, **Parafusulina** y **Polydiexodina**. A veces abundan en la facies del arrecife y faltan en las facies de la cuenca. Probablemente llevaron una existencia bentónica libre, y fueron fácilmente removidos por las olas y corrientes.

Hacia atrás las calizas arrecifales pasan abruptamente a calizas dolomíticas. Inmediatamente detrás del arrecife, en una distancia que varía entre algunos pies y una milla, hay rocas compuestas predominantemente de detritos del arrecife mezclados con enormes cantidades de algas Dasycladaceae y Codiaceae, junto con muchos géneros de fusulínidos; la mayor parte de los fósiles de la facies de "backreef" proviene de esta faja. Algunas pocas especies de gasterópodos (**Naticopsis**, **Bellerophon**) y una que otra especie de escafópodo, son elementos característicos. La roca de esta facies se distingue por su textura detrítica, estratificación regular en capas gruesas y composición dolomítica. Más lejos del arrecife, hay capas delgadas de estructura pisolítica, que

Johnson (1942) considera como formadas por la actividad de Cianofíceas primitivas (aunque Pía, 1940, las considera inorgánicas). Los pisolitos corrientemente contienen calcita y dolomita. Algunos lechos de esta facies se extienden hasta el arrecife, pero las rocas cobran su principal importancia a una distancia entre media y una milla detrás del arrecife. Aún más lejos del arrecife, las rocas se componen predominantemente de capas regulares y relativamente delgadas de dolomía de grano fino y homogéneo, con muy pocos fósiles. Newell sugiere que originalmente pudo haber sido barro calcáreo precipitado inorgánicamente, análogamente a los barros de aragonito en el Gran Banco de las Bahamas (Newell y otros, 1951). Las texturas originales habrán sido alteradas por una dolomitización diagenética. Hay algunas cuñas delgadas de arenisca de cuarzo intercaladas entre las rocas carbonatadas detrás del arrecife, que correspondería a episodios de aporte de sedimentos terrígenos, o más probablemente, a intervalos de crecimiento reducido del arrecife. A distancias entre 6 y 20 millas detrás del arrecife, muchas de las capas de dolomía están reemplazadas por lengüetas de anhidrita y arenisca fina roja, que indicarían la proximidad de las tierras bajas de esa región.

Durante tiempos Leonardense y Guadelupiense, las aguas más profundas de la cuenca Delaware, por delante de los arrecifes, estuvieron mal oxigenadas, y a veces los fondos habrán sido casi estériles de organismos fosilizables. En las aguas marginales frente al arrecife, sin embargo, vivieron braquiópodos bentónicos (**Leiorhynchus**, **Avonia**), pelecípodos nuculoideos y pequeños gasterópodos. A veces la parte inferior del talud arrecifal estuvo habitado por un pelecípodo (**Posidonia**), el gasterópodo

turón de arrecifes, y las aguas someras no ocupaban una laguna o albufera interior como en el atolón, sino una región poco profunda detrás del arrecife. Se compara mejor con un arrecife de barrera, con la diferencia de que los arrecifes modernos de este tipo se encuentran entre tierras y el océano abierto y no en una cuenca euxínica como la de Delaware.

Durante el Pérmico Inferior (Wolfcampiense), montículos aislados arrecifales (**knolls**) se desarrollaron alrededor de la cuenca, aunque probablemente pocos llegaron a las aguas superficiales, porque no tienen detritos de ladera. Luego en el Leonardense y Guadelupiense (Pérmico Medio) los mares sobre la plataforma se fueron restringiendo cada vez más y la actividad edificadora en el borde de la cuenca fue en aumento. Se formaron arrecifes en todo el sentido moderno de estructuras resistentes al oleaje, evidenciados en la construcción de detritos de ladera (**reef talus**), que se encuentran parcialmente interdigitados con los sedimentos de la cuenca. Los fósiles de estas capas detríticas presentan indicios de haber sido transportados. Las conchas más pequeñas y livianas han sido transportadas por mayores distancias con desgaste mínimo (por ejemplo, las conchas de fusulínidos), pero todas indican transporte. Las capas de detritos buzan hacia la cuenca con ángulos altos de hasta 35-40°. Localmente, lengüetas de este material se extienden muy adentro de la cuenca.

El arrecife de Capitán, en el afloramiento de los Cerros Guadalupe, tiene una anchura de aproximadamente 2½ millas (4 kilómetros) y las calizas de la formación Capitán miden 1.500-2.000 pies (450 a 600 metros) en sentido vertical; los 2/3 a la mitad inferior corresponden a detritos de talud y la parte superior son calizas arrecifales. La caliza arrecifal con-

siste principalmente de caliza calcítica; los carbonatos de la facies de plataforma (detrás del arrecife) son dolomíticas dondequiera, y los detritos de talud contienen apreciables porcentajes de magnesio. En muestras de mano, gran parte de la caliza arrecifal es semilitográfica, de color claro (gris, crema, blanco), con fósiles bien preservados y muchas cavidades que han sido más o menos completamente rellenadas por capas concéntricas de calcita fibrosa, semejantes a los rellenos de la roca del arrecife moderno de Funafuti descritos por Cullis (1904). Esta calcita (posiblemente aragonito en su origen) se habría depositado mientras la roca estaba en contacto con el mar. La arena de cuarzo es relativamente frecuente a través del arrecife en pequeños lentes y "diques" de arenisca.

En cuanto a los organismos arrecifales, Johnson (1942, 1951) ha identificado muchos tipos de algas, pero probablemente no todavía todos los tipos existentes, porque su material provino de la facies detrás del arrecife. Incluyen algas rojas (**Solenopora**), algas verdes de la familia Dasycladaceae (**Anthracoporella**, **Diplopora**, **Macroporella**, **Mizzia**) y Codiaceae (**Gymnocodium**); algas verdeazules (?) o verdes (?) de los Porostromata (**Girvanella**, **Ortonella**) y algas verdeazules de los Spongiostroma (**Colenella**). Según Newell, esta última fue localmente de importancia como formadora del armazón rígido y trampa para sedimento. Otras algas, principalmente sifonóstomas, abundaron en las aguas inmediatamente detrás del arrecife, pero escasean en el arrecife mismo.

Además de las algas, hubo tres grupos principales que formaron el armazón del arrecife: esponjas calcáreas, briozoarios (**Fistulipora**) y un hidrocoralario no identificado de afinidades problemáticas, incrustante,

algo semejante a **Solenopora** en su forma externa, pero más opaco en sección fina.

Las esponjas calcáreas son muy abundantes, y se encuentran en posición vertical circundadas por material detrítico, para el cual habrían sido excelentes trampas. Los briozoarios son más abundantes en los detritos de talud y parecen haber prosperado mejor en aguas más profundas y menos agitadas; posiblemente la cementación contemporánea que llevaron a cabo haya sido responsable del pronunciado declive de los taludes.

Las calizas arrecifales son ricas en braquiópodos, pero los moluscos están subordinados. Corales y placas de equinodermos son comunes pero no importantes en la formación de las rocas. Abundan los macroforaminíferos fusulínidos de los géneros **Codonofusiella**, **Schubertella**, **Parafusulina** y **Polydiexodina**. A veces abundan en la facies del arrecife y faltan en las facies de la cuenca. Probablemente llevaron una existencia bentónica libre, y fueron fácilmente removidos por las olas y corrientes.

Hacia atrás las calizas arrecifales pasan abruptamente a calizas dolomíticas. Inmediatamente detrás del arrecife, en una distancia que varía entre algunos pies y una milla, hay rocas compuestas predominantemente de detritos del arrecife mezclados con enormes cantidades de algas Dasycladaceae y Codiaceae, junto con muchos géneros de fusulínidos; la mayor parte de los fósiles de la facies de "backreef" proviene de esta faja. Algunas pocas especies de gasterópodos (**Naricopsis**, **Bellerophon**) y una que otra especie de escafópodo, son elementos característicos. La roca de esta facies se distingue por su textura detrítica, estratificación regular en capas gruesas y composición dolomítica. Más lejos del arrecife, hay capas delgadas de estructura pisolítica, que

Johnson (1942) considera como formadas por la actividad de Cianofíceas primitivas (aunque Pía, 1940, las considera inorgánicas). Los pisolitos corrientemente contienen calcita y dolomita. Algunos lechos de esta facies se extienden hasta el arrecife, pero las rocas cobran su principal importancia a una distancia entre media y una milla detrás del arrecife. Aún más lejos del arrecife, las rocas se componen predominantemente de capas regulares y relativamente delgadas de dolomía de grano fino y homogéneo, con muy pocos fósiles. Newell sugiere que originalmente pudo haber sido barro calcáreo precipitado inorgánicamente, análogamente a los barros de aragonito en el Gran Banco de las Bahamas (Newell y otros, 1951). Las texturas originales habrán sido alteradas por una dolomitización diagenética. Hay algunas cuñas delgadas de arenisca de cuarzo intercaladas entre las rocas carbonatadas detrás del arrecife, que correspondería a episodios de aporte de sedimentos terrígenos, o más probablemente, a intervalos de crecimiento reducido del arrecife. A distancias entre 6 y 20 millas detrás del arrecife, muchas de las capas de dolomía están reemplazadas por lengüetas de anhidrita y arenisca fina roja, que indicarían la proximidad de las tierras bajas de esa región.

Durante tiempos Leonardense y Guadelupiense, las aguas más profundas de la cuenca Delaware, por delante de los arrecifes, estuvieron mal oxigenadas, y a veces los fondos habrán sido casi estériles de organismos fosilizables. En las aguas marginales frente al arrecife, sin embargo, vivieron braquiópodos bentónicos (**Leiorhynchus**, **Avonia**), pelecípodos nuculoideos y pequeños gasterópodos. A veces la parte inferior del talud arrecifal estuvo habitado por un pelecípodo (**Posidonia**), el gasterópodo

Euomphalus y equínidos. Se han encontrado escasas esponjas silíceas (**Lyssacina**) localmente. Las calizas negras de la cuenca contienen enormes cantidades de espiculas monactínidas aisladas, pero la distribución de las esponjas en vida es problemática.

En las aguas superficiales de la cuenca vivieron radiolarios, algas flotantes que formaban esferas calcáreas huecas, y amonoideos; posiblemente hubo peces que no han sido fosilizados. Las capas locales repletas de restos de amonoideos de todas las edades y tamaños parecen corresponder a matanzas esporádicas posiblemente debidas al aporte de aguas cargadas de H₂S del fondo durante tempestades, o a invasiones de sedimento.

Antes del desarrollo de los arrecifes, otras facies tuvieron representación en la región. Por ejemplo, tarde en el Leonardense (Pérmico Inferior) se formó un extenso banco de arena conchífera alrededor del borde de la cuenca Delaware, que se conserva ahora como miembro Victoria Peak. Algunos de los carbonatos son completamente dolomitizados. Los fósiles más abundantes en la formación son fragmentos detríticos de crinoideos; los más llamativos, fusulínidos robustos del género **Parafusulina**, aunque son corrientes los pequeños fusulínidos del género **Schubertella** y otros en partes de la roca donde la estructura original no haya sido destruida por la dolomitización. En algunas de las capas abundan briozoarios de estructura ramificada, pennada y fenestrada. Braquiópodos robustos (**Dictyoclostus bassi**, **Neospirifer pseudocameratus**) y algas Dasycladáceas se encuentran esparcidos a través de la formación. Los primeros arrecifes de la región son manchones arrecifales situados a un centenar de metros hacia la cuenca con relación a este banco, y se caracterizan por

una proporción muy baja de detritos de ladera y por la escasez de esponjas calcáreas tan importantes en los arrecifes posteriores. Aparentemente estas esponjas ocuparon un hábitat muy especializado, probablemente sólo en aguas muy poco profundas en la parte más superior de los arrecifes. En estos pequeños manchones arrecifales los fósiles predominantes son algas, hidrocoralinarios, briozoarios fistulipóridos cilíndricos, fusulínidos y varios braquiópodos.

R. E. King (1934) en un trabajo que no hemos visto, describe calizas arrecifales de edad supuestamente Guadelupense en el Pérmico del sudoeste de Coahuila, México.

Triásico. Con la Era Mesozoica, la composición de las asociaciones arrecifales se transformará radicalmente por la aparición de los hexacoralararios o Scleractinia, como se prefiere llamarlos hoy en día. Wells (1956) informa que éstos aún no se han encontrado en rocas más antiguas que las del Triásico Medio. Los más antiguos se encuentran en depósitos bajos en esta edad (Anisiense y Muschelkalk) en Alemania, los Alpes meridionales, Córcega y Sicilia e incluyen representantes de varias familias que parecen ser todas formas hermatípicas que vivieron en bancos y manchones sin llegar a formar verdaderos arrecifes.

Twenhofel (1950, pág. 197) informa que las calizas dolomíticas Schlern del sur del Tirolo se interpretaron originalmente como un gran sistema de arrecifes de barrera, con estratos marginales muy inclinados desde los márgenes (Mojsisovics, 1879). Mojsisovics y sus contemporáneos creyeron que los supuestos arrecifes estaban formados por corales, pero Rothpletz y von Gümbel demostraron que los principales formadores de la roca fueron algas. Ogilvie-Gordon (1894, 1927) afirma que los "arrecifes" de

los otros investigadores eran masas de caliza dolomítica aisladas por fallamiento y erosión, pero que sí había pequeños arrecifes formados por corales y equinodermos que corresponden a la caliza "Cipit" y que se formaron en sitios favorables de una región caracterizada por la actividad volcánica. Estos arrecifes separaron el mar abierto de una región lagunal interior donde se formaron calizas no-arrecifales, esto es, la dolomita Schlern, dominada por algas y moluscos; habría tenido lugar un hundimiento progresivo para permitir la acumulación de casi 1.000 metros de calizas algales. Grabau (1924) describe estas formaciones en gran detalle.

Wells (1957c) cita a Sieber (1937) con relación a calizas algales en el Rético de los Alpes septentrionales, pero no tenemos detalles. S. W. Muller (1926, 1936, citas en Twenhofel) indica la existencia de arrecifes coralinos en Nevada, Estados Unidos, pero según Twenhofel, no da detalles.

Wells (1956) informa que el Triásico Superior (Carniense, Noriense, Rético) presenció la distribución de las faunas de escleractinios sobre el mundo, con considerable aumento de su variedad. Especies de varias familias formaron manchones arrecifales aislados durante el Noriense en el sur y sudeste de Europa, sudeste de Asia y Malasia. Estos manchones se distribuyeron a lo largo de una faja geográfica que se extendía entre los 60° N. y los 10° S., y es posible que estos corales no tuvieran exigencias tan estrictas en materia de temperatura como las especies modernas.

Jurásico. Wells (1956) proporciona las siguientes observaciones generales: Los corales del Liásico (Jurásico Inferior) no fueron muy diferentes de los del Triásico Superior. Eran de tipo hermatípico, pero no se conocen arre-

cifes de importancia. La evolución más interesante fue la aparición en el Toarciense de corales no-hermatípicos. El Jurásico Medio (Aaleniense-Bajociense-Batoniense) marca una etapa muy importante en la evolución de los hexacoralararios. A partir del Bajociense, aumentó la diversificación y multiplicación de familias y géneros, con su centro de evolución en la parte occidental del gran Mar de Tethys. En el Bajociense, las condiciones favorables para el desarrollo de corales hermatípicos se extendieron hacia el este en el Tethys y al sur por el borde oriental del Africa. Los verdaderos arrecifes fueron pocos, pero abundaron los bancos y manchones arrecifales.

El Jurásico Superior fue época de importante desarrollo de arrecifes, especialmente en el Tethys y hacia el norte de Europa, llegando al Japón hacia el este.

Moret (1947) en su **Précis de Géologie** (págs. 337-338) y Gignoux (1950, pág. 386, Fig. 81, pág. 351) han señalado el interesante fenómeno de la migración de la facies de arrecifes coralinos durante el Jurásico Superior, progresivamente hacia el sureste al subir en la columna. Es un llamativo ejemplo de la importancia del concepto de **facies** en la estratigrafía. D'Orbigny suponía que se podía distinguir como piso Coraliense la facies tal como se presenta en el borde oriental de la Cuenca de París, por encima del Oxfordiense. Dondequiera que se encontrasen tales calizas, especialmente en el sur de Francia y en la vecindad de Grenoble, se suponía que se trataba del mismo piso. No fue sino posteriormente y a raíz de encendidas controversias, cuando se descubrió que se trataba de una equivalencia de facies, pero no de edad y que el "piso" Coraliense desapareció de la cronoestratigrafía del sistema.

Wells (1957d) en su bibliografía comentada de los corales extinguidos, señala que la publicación de Gressly (1838-41) es de importancia no sólo por ser la primera exposición del concepto de facies en la estratigrafía, sino también por ser uno de los primeros análisis de corales arrecifales y no-arrecifales, con un excelente mapa de la distribución de bancos arrecifales en el Jurásico Superior de los Montes Jura. Otras obras importantes sobre la misma región son las de Bourgeat (1888) y Frenzen (1932).

De la misma fuente notamos algunas observaciones generales hechas por Arkell sobre la distribución de los corales en el Jurásico de Gran Bretaña. Este autor encuentra que los depósitos son delgados y esporádicos, lo cual sugiere hundimientos frecuentes y periódicos debajo de la profundidad favorable y/o aportaciones de sedimentos que impidieron el crecimiento. Un punto de interés es la distribución mutuamente exclusiva de los corales y los amonites, así como de los corales y ciertos moluscos (*Trigonia*, *Lima*, *Gervillia*, *Isognomon*, *Pinna*, etc.).

Con referencia a estas faunas coralinas del Jurásico Superior, Wells observa su ausencia casi total en las Américas. La distribución geográfica de los corales hermatípicos en sentido norte-sur tenía casi la misma anchura como hoy en día, pero se encontraba casi 20° más al norte. Los manchones arrecifales más septentrionales se sitúan en Inglaterra a 54°30' N., en Alemania a 54° N. y en el Japón a 38° N., mientras que hallazgos irregulares de tipos hermatípicos se encuentran hasta los 58° N. en Escocia. En contraste, los hallazgos más meridionales se encuentran a solamente 5° S. en el este de África.

Según Twenhofel (1950, pág. 198) hay arrecifes en el Jurásico de los Alpes de Suabia compuestos de espon-

jas; en la región de Solnhofen en Baviera hay arrecifes formados ahora de calizas dolomíticas sin estructura visible, cuyos formadores fueron esponjas, corales y pelecípodos. Las famosas calizas litográficas de Solnhofen que proporcionan tantos fósiles bien conservados, son depósitos de lagunas entre los arrecifes. Grabau (1924) trata esta región en detalle (págs. 437-442 y Figs. 93, 94 y 95).

Cretáceo. Los pisos más antiguos del Cretáceo Inferior (Valanginiense y Hauteriviense) tienen poco desarrollo de arrecifes. Ya en el Barremiense, Aptiense y localmente hasta el Albiense, hubo un apogeo en la formación de arrecifes que originó la célebre **facies urgoniana**. La historia de la comprensión de esta facies es análoga a la del "piso Coraliense" del Jurásico. D'Orbigny (1850) nombró un "piso Urgoniense" (por Orgon, al este de Tarascon) en Francia que se encontraba supuestamente entre el Neocomiense y debajo del Albiense. Estudios más detallados posteriores han demostrado que es una facies, de caliza orgánica, con restos de foraminíferos (*Miliólidos*, *Orbitolinas*), corales, hidrozoarios, briozoarios, Rudistas y Nerineas, que a veces principia en el Barremiense Inferior, tiene amplia distribución en el Barremiense Superior en el sureste de Francia, y localmente se extiende dentro del Aptiense. Según Moret, corresponde al Aptiense en los Pirineos y hasta el Albiense en la Península Ibérica.

Wells (1956) informa que arrecifes urgonianos importantes se encuentran ampliamente distribuidos en la región del antiguo Tethys y su continuación en las Américas; en Francia, Suiza, la isla de Capri, Túnez, Argelia, Cataluña, los Balcanes occidentales, Bulgaria, Rumania, Crimea y hasta en Kenya y Tanganyika, en el África, y en el Japón. En las Américas se identi-

fican en Texas y en Venezuela. Existen bancos de corales hasta una latitud de 37° S. en la Provincia de Neuquén, en la Argentina, y en Europa hasta la isla de Wight (50° 45' N.).

La fauna "urgoniana" en las Américas, informa Wells (1944), con corales y rudistas caprínicos, se desarrolla en las localidades siguientes: Texas central, en el Albiense inferior (formación Glen Rose inferior); en el sur de México, en Tehuacán, Puebla, en el Barremiense, Aptiense y Albiense inferior (ver Félix, 1891 y Milleried, 1934) y en Venezuela oriental (Wells, 1944). Cuatro años más tarde, Wells (1948) identificó la misma fauna en bloques sueltos que se cree corresponden a la formación Cuche, en la Serranía Central de Trinidad, cuya edad Wells considera como Aptiense. Según Wells (1944) las faunas de Texas y de Tehuacán están relacionadas, aunque la de Texas es un poco más moderna, pero ninguna de las dos tiene relaciones muy estrechas con faunas contemporáneas del Tethys en el Viejo Mundo. Por el contrario, la fauna venezolana tiene relaciones mucho más estrechas con las de la parte occidental del Tethys, especialmente con los corales urgonianos del este de Francia. En otra sección del presente trabajo consideraremos más detalladamente la fauna venezolana.

Hubo poco desarrollo de arrecifes durante el Albiense-Cenomaniense, mientras que los corales ahermatípicos se hicieron cada vez más abundantes. Se indican faunas de corales hermatípicos albienses en Texas (como notamos arriba), el norte de México, Inglaterra, Francia e India central; del Cenomaniense de Inglaterra (Devon), Francia, el norte de Italia, Westfalia, Checoslovaquia, Baviera, Albania, Grecia, los Balcanes occidentales, Bélgica, Argelia, Egipto, Asia Menor y el sur de la India, pero los

arrecifes propiamente dichos son escasos.

El Cretáceo superior es otra época de edificación de arrecifes, aunque menos importantes que en el Jurásico Superior o Cretáceo Inferior. Los arrecifes más importantes se encuentran en Austria, Corintia, el sur de Francia, Túnez, Serbia, Suiza, Checoslovaquia, Cataluña e India. En el Campaniense-Maestrichtiense la fauna hermatípica del Tethys se extendió hasta las Antillas americanas y México hacia el oeste y hasta Malaysia en el este. La zona arrecifal se extendía desde el ecuador hasta los 50° N., con la mayoría de arrecifes entre los 30 y 47° norte.

Podemos notar también que en el Cretáceo Superior de las Antillas y México, los **rudistas** fueron importantes en las calizas, y algunos de ellos (**Titanosarcolithes**) alcanzaron dimensiones gigantescas (hasta 2 metros). No se conocen éstas de Venezuela, donde sí hay rudistas en el Cretáceo Inferior.

Henson (1950, p. 228) hace las siguientes observaciones sobre los arrecifes cretáceos en el Medio Oriente: "Los bajos arrecifales (**shoal-reefs**) de rudistas son comunes en la unidad de caliza del Cretáceo Inferior y Medio que cubre un área enorme en el Medio Oriente, alcanzando en algunas partes un espesor de varios miles de pies. Esta caliza presenta una gama relativamente constante de componentes litológicos que incluyen: 1) Calizas bien estratificadas, densas y aparcenadas de origen químico (?) y con pocos fósiles; 2) Calizas macizas de grano basto o fino, cristalinas, calcíticas o dolomíticas, probablemente debidas a alteración; 3) Calizas parcialmente microdetriticas, con **Orbitolina**, etc.; 4) Calizas parcialmente microdetriticas con **Dicyclina**, **Praealveolina** spp., *Miliolidae*, *Peneroplidae*, etcétera; 5) Arrecifes de rudistas; 6)

Capas de ostras y otras capas conchíferas, y 7) Margas subordinadas y lentejones de anhidrita. En algunas áreas, los arrecifes masivos de rudistas aumentan hasta constituir una parte importante de la formación y están asociados con calizas foraminíferales detríticas. Será probablemente correcto clasificar estos desarrollos como "arrecifes de plataforma" (**bank-shoal reefs**). El autor menciona también arrecifes de meseta (banco, plataforma) de edad Maestrichtiense-Campaniense en el norte de Irak. En su figura 14, da una fotografía del arrecife espectacular de Pir-i-Mugrun en el noreste de Irak, en la que se observa la transición desde calizas macizas arrecifales, por una zona intermedia transicional, a calizas y margas con globigerínidos. La caliza maciza es demasiado recristalizada como para revelar su naturaleza original, pero puesto que la misma formación en otros sitios está llena de rudistas, se presume que fue un complejo arrecifal de meseta formado principalmente por rudistas. Pasa por una zona de transición llena de brechas de rudistas, Orbitolinas, etc., a margas con globigerinas de la cuenca abierta que en partes son muy bituminosas.

Otra gran formación arrecifal del Medio Oriente mencionada por Henson es del Cretáceo Superior, que aflora desde la Garganta de Bekhme hasta Acra (Aqra) y más allá. Es también un arrecife de meseta de rudistas, con calizas detríticas asociadas, de aguas someras, cuyas relaciones no están claras, y con faunas variadas de foraminíferos. Hay asociaciones con predominio de Miliolidae, Peneroplidae y **Dicyclina**; o de **Orbitoides**, **Omphalocyclus** y **Loftusia**; o de Valvulinidae (una forma semejante a **Pseudochrysalidina**) y Rotaliidae. En el borde de la meseta, el complejo pasa por una zona de transición con largas lengüetas de calizas de los bajos de

delante del arrecife, a depósitos de la cuenca abierta que en este caso son en parte una marga con globigerinas y en parte una facies arenácea.

Terciario. Aunque Wells (1956, pág. 358) expresa que "durante el Paleoceno y Eoceno faltaron en todas partes aparentemente las condiciones favorables para la formación de arrecifes extensos", hay que señalar algunas excepciones, especialmente los arrecifes de la formación Guárico en Venezuela. Henson (1950, pág. 227) menciona el "complejo arrecifal de Jabal Sinjar del Paleoceno-Eoceno inferior" como una importante meseta arrecifal y alude también (pág. 225) a "arrecifes marginales delgados e irregulares de edades Maestrichtiense, Eoceno inferior, medio y superior, Oligoceno y Mioceno, que se extienden sobre la plataforma del antepaís del geosinclinal Irak-Irán". Wells reporta corales de tipos hermatípicos y ahermatípicos esporádicos en el Tethys, las llanuras costeras de los Estados Unidos, las Antillas y algunas otras localidades. Las faunas de las Antillas por un lado y las de India y Malaysia por otro, comenzaron a diferenciarse de las del Tethys central. También fue cambiando la composición de las faunas, de tal manera que para fines del Eoceno habían desaparecido la mayor parte de los elementos más antiguos de la fauna y los grupos predominantes eran casi las mismas familias de hoy en día.

Vaughan (1900) monografió los corales del Eoceno y Oligoceno inferior de los Estados Unidos, y expresó la opinión de que existía una estrecha semejanza entre la fauna de corales de la isla de San Bartolomé y las del Eoceno Superior (Priaboniense) de Italia (ver Vaughan, 1924), pero autores más modernos han referido la caliza de San Bartolomé al Eoceno medio. En 1919 Vaughan publicó un

estudio de los corales fósiles de las Antillas, incluyendo una descripción de los arrecifes coralinos que él había observado en el Terciario, Pleistoceno y Reciente de las Américas. Lamentablemente no tenemos esta obra en la biblioteca de la Escuela de Geología y una consideración detallada de las formaciones arrecifales de las Antillas alargaría excesivamente estas notas.

En el Oligoceno (en una correlación que hoy día debe admitirse con mucha reserva, pues gran parte de las formaciones antillanas incluidas antes en esta edad se están reclasificando como aquitanienses cuando no burdigalienses), Wells reporta arrecifes marginales en el sureste de los Estados Unidos, las Antillas, México, el norte de Suramérica, norte de Italia e India, y durante el Oligoceno más tardío en las Antillas Orientales y el Japón. Con referencia a esta edad Oligoceno, podemos notar que Vaughan (1919, 1924) mantenía firmemente una correlación entre las faunas coralinas de Antigua, que tomó como tipo del "Oligoceno medio" de las Américas, y la fauna del Rupeliense de Italia. Eames, Banner, Blow y Clarke (1962, pág. 26) han analizado los escasos datos publicados por Vaughan en apoyo de esta correlación, llegando a la conclusión de que la evidencia es completamente insuficiente, ya que Vaughan no nombra especies, limitándose a enumerar géneros cuya distribución estratigráfica en general es demasiado extensa y no es adecuada para comprobar la correlación. Ellos refieren la formación al Aquitaniense que incluyen en el Mioceno Inferior. Woodring (1960) refiere Antigua al Oligoceno superior.

Informa Wells que durante el Oligoceno tardío los elementos europeos en las faunas de las Antillas comenzaron a desaparecer, dejando las fau-

nas miocenas compuestas esencialmente por los mismos elementos de hoy en día. En el Mioceno se interrumpió definitivamente la comunicación entre el Mediterráneo y el Océano Índico, por lo cual habían emigrado a la provincia Indopacífica las faunas del Tethys, precursor ensanchado del Mediterráneo. A partir del Mioceno se distinguen las dos grandes provincias actuales de faunas coralinas, la Indopacífica y la Antillana (del Mar Caribe).

Durante el Terciario Superior, las faunas de la provincia Indopacífica, de por sí más ricas que la antillana, tuvieron un desarrollo inmenso, siendo especialmente significativo el auge de las familias Pocilloporidae, Poritidae y Acroporidae. Estas, poco importantes en el Terciario Inferior, ahora forman más de las dos terceras partes de las faunas arrecifales del presente.

La fauna hermatípica vestigial del Mioceno europeo comprendía unos pocos géneros comunes a las faunas Indopacíficas y Caribe, pero pudieron edificar pocos arrecifes y pronto se extinguieron por efectos de condiciones adversas, dejando para el Plioceno tan sólo una fauna pobre de géneros ahermatípicos, semejante a la del Mediterráneo actual.

Pleistoceno y Reciente. Según Wells, las condiciones del Pleistoceno no produjeron casi efectos perceptibles sobre los corales hermatípicos, excepto para efectuar una pequeña reducción en sus números y una acentuación de los tipos de pared porosa, tales como las familias Poritidae y Acroporidae. No hay casi diferencia entre las faunas del Plioceno, Pleistoceno y Reciente. Las diferencias entre las faunas de las diferentes provincias geográficas actuales se han mencionado en una sección anterior.

FACIES ARRECIFALES Y PERIARRECIFALES EN EL CRETACEO Y TERCIARIO DEL MEDIO ORIENTE; EL ESTUDIO DE F. R. S. HENSON (1950)

Ha parecido conveniente dedicarle una sección separada de nuestra reseña al importante estudio de Henson sobre las facies arrecifales y periarrecifales que él ha logrado distinguir en el Medio Oriente, por dos motivos: 1) Que el estudio versa sobre formaciones geológicas de **edades** (Cretáceo y Terciario) ampliamente representadas en Venezuela, y 2) Porque hay estrechas relaciones geográficas y faunales entre la región Caribe y el Tethys, especialmente en el Cretáceo, de modo que las observaciones sobre microfauas que hace el autor para el Medio Oriente son en gran parte aplicables a nuestras formaciones. Es cierto que en el Medio Oriente hay algunos grupos de foraminíferos no representados en Venezuela, por ejemplo, los complejos macroforaminíferos Alveolinélidos, pero en general las observaciones efectuadas, representadas en la Tabla de Henson, son aplicables a la región Caribe. Las figuras de secciones delgadas de las calizas que acompañan este trabajo son de sumo interés.

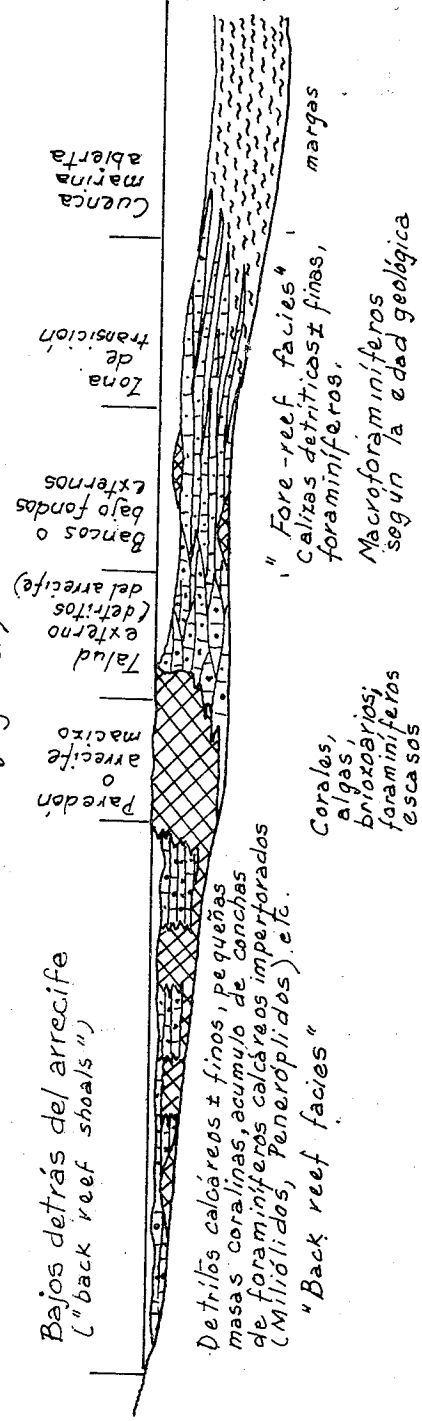
Henson explica que las circunstancias que motivaron el interés por las formaciones arrecifales en el Medio Oriente fueron: el descubrimiento de que la formación petrolífera muy productiva del Campo de Kirkuk era un complejo arrecifal del Terciario, y de que otros dos arrecifes fósiles, del Cretáceo Medio-Inferior y Superior respectivamente, fueron altamente bituminosos en sus afloramientos. Se llegó a la conclusión de que algunas de las calizas detríticas asociadas con los arrecifes propiamente dichos eran más importantes que éstos en su volumen relativo y en su papel como yacimientos de petróleo.

Podemos extraer de Henson las siguientes observaciones sobre el cuadro regional histórico y estructural (Henson, págs. 222-224):

La parte pertinente de la historia comienza a fines del Jurásico cuando un levantamiento extenso produjo la emersión de algunas áreas mientras que en otras partes continuó la sedimentación marina en el mar abierto o en cuencas residuales geomorfo-tectónicas. En algunas de éstas se acumularon depósitos químicos (anhidrita, etc.) mientras que en otras hubo sedimentación marina de calizas y lutitas con arenas marginales, desde el Jurásico hasta ya comenzado el Cretáceo. Nuevamente comenzó una transgresión marina con el Cretáceo Inferior que se hizo muy extensa en el Cenomaniense, cuando la mayor parte de la plataforma árabe estuvo sumergida.

En lo sucesivo la historia se complica por efectos de movimientos sucesivos de las orogénesis alpinas, con progresivo desarrollo de condiciones geosinclinales en las cordilleras de Chipre, el Tauro, Zagros y Omán, mientras que el antepaís fue dividido en elevaciones submarinas ("submerged highs") que local y temporalmente emergían, alternando con fosas tectónicas o cuencas interiores. En estas cuencas, los sedimentos predominantes correspondieron a una facies de cretas de globigerinas-margas-lutitas, que ya había hecho su aparición en algunas cuencas durante el Cretáceo Inferior y Medio. La mayoría de estas cuencas recibían, en materia de detritos terrígenos, solamente material extremadamente fino, y la precipitación primaria de carbonatos probablemente jugó un papel importante en su formación. Se acumularon hasta más de 1.000 metros de estos sedimentos sobre largos intervalos, indicando una subsidencia progresiva.

A. ARRECIFE COSTERO O FRANGEANTE (Fringing reef)



B. BAJOS CORALINOS O BANCOS DE CORAL ("Open shoal reefs"), pequeños bancos esporádicos en un mar abierto que no llegan a formar arrecifes propiamente dichos.

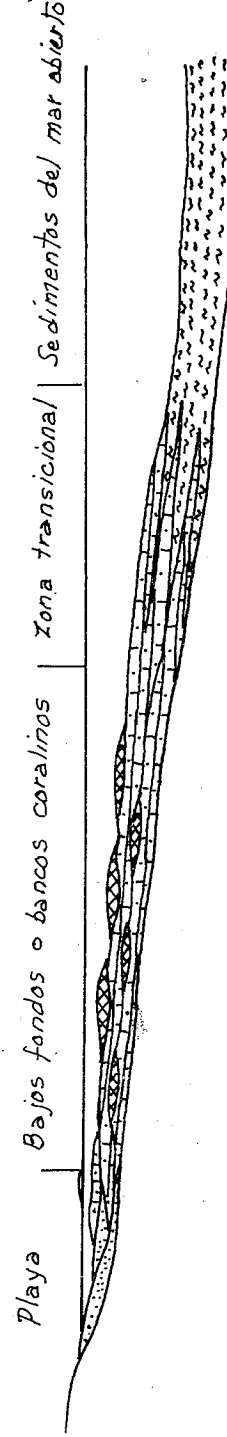


Fig. 6. Tipos de arrecifes y facies arrecifales comunes en sedimentos cretáceos y terciarios de las regiones mediterráneas de ambos hemisferios.

Localmente, sin embargo, hay interrupciones en las faunas, o diastemas, algunas de las cuales tienen considerable extensión superficial y pueden pasar a discordancias erosionales sobre elevaciones relativas. Estos diastemas o discordancias están marcadas por concentraciones de conchas de foraminíferos, fragmentos de peces, nódulos fosfáticos y glauconita. La facies cretosa-margosa también tiene interrupciones ocasionales marcadas por niveles faneríticos que parecen corresponder con actividad volcánica de regiones vecinas.

En las fajas geosinclinales marginales y en algunas otras regiones caracterizadas por intenso fallamiento, la facies globigerinal pasa lateralmente con interdigitación a rocas clásticas terrígenas. Cuando estas clásticas faltan, la facies globigerinal pasa hacia las antiguas líneas de playa o en las elevaciones submarinas, a calizas conchíferas o foraminíferas que forman mantos y que en algunos ambientes son fosfáticas y silíceas, o a los complejos arrecifales que hacia abajo topográficamente se interdigitan con la facies de la cuenca. A veces en una sección vertical, las calizas arrecifales siguen por encima de margas de globigerinas, suscitando el problema de cómo habrían principiado las colonias coralinas. Henson cree que muchos arrecifes pueden haber comenzado como manchas biotromales de algas o de briozoarios que pueden desarrollarse aún entre sedimentos blandos.

Henson clasifica los arrecifes en el Medio Oriente en marginales (**fringing**), de barrera y de meseta (**bank-reefs**). Entre estos últimos, incluye "cualquier crecimiento arrecifal grande, generalmente de forma irregular que se desarrolló sobre elevaciones sumergidas de origen tectónico u otro, y que estuvo más o menos rodeado por aguas más profundas".

Bajo el término de **shoal-reef** que traduciremos como bajos arrecifales, Henson entiende "todas las formaciones en las que un crecimiento arrecifal se desarrolló en forma de manchas irregulares entre bajos fondos de detritos calcáreos". La figura 12 (2) de Henson (nuestra Fig. 6-B) da una idea de estas estructuras. Henson expresa que "manchas arrecifales de algas y briozoarios son las más comunes, pero también hay corales, especialmente las especies más pequeñas, de aguas más profundas en bajos". Admite que "si estos biohermas son pequeños y delgados, no concuerdan con la definición aceptada de arrecifes, pero puesto que las diferencias son de grado solamente, se describen aquí como casos marginales". Los bajos arrecifales pueden constituir partes o la totalidad de arrecifes marginales, de barrera o banco y pueden desarrollarse local y esporádicamente bajo las condiciones apropiadas de aguas limpias, en áreas donde predominan otros tipos de sedimento. El autor sugiere que el borde de la plataforma sumergida en que generalmente descansan los verdaderos arrecifes coralinos, está acentuado por la presencia de material de los bajos arrecifales delante de los arrecifes, y que en algunos casos se puede componer íntegramente de este material. Informa que ejemplares de estos bajos arrecifes pueden verse en partes del Golfo Pérsico.

Henson encuentra que en la región estudiada hay migración de las facies arrecifales (ver su Fig. 13). En el campo petrolero de Kirkuk cada zona faciológica atraviesa los planos de tiempo en su sentido hacia la cuenca, o sea que se trata de un arrecife regresivo que emigra hacia la cuenca, culminando en la emergencia. También son comunes los arrecifes transgresivos en la región, asociados con transgresiones marinas, y

TABLA II

CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE LAS VARIAS ZONAS FACIOLÓGICAS EN LOS COMPLEJOS ARRECIFALES DEL MEDIO ORIENTE, SEGUN HENSON (1950)

Clasificación	Sedimentología	Fauna indígena	Observaciones
I (1) Back-reef shoals , bajos detrás del arrecife, en arrecifes de barrera. Fig. 6A.	Arenas y barras calcáreas, formados principalmente de material detrítico de los arrecifes y organismos indígenas; las partículas bien redondeadas por el oleaje, se cementan por la precipitación rápida del carbonato cálcico en aguas tibias y someras, para formar calizas miliolides duras, pobremente estratificadas y de fractura subconcoide. En algunas variedades, la proporción de elementos fósiles y detríticos es tan baja que la roca es casi un precipitado calcáreo puro. Estas calizas de bajos pueden interdigitarse con rocas clásticas litóricas, pero son típicas tan sólo cuando se forman en aguas claras. Pequeños arrecifes o lomas de coral se presentan localmente, pudiendo ser contemporáneos con los otros sedimentos o vestigios de antiguos paredones arrecifales desgastados por el oleaje y amagados entre los sedimentos de los bajos, al paso que el arrecife viviente se edificaba hacia el mar.	Miliolidae, Peneropliidae y Alveolinidae son características. Hay algunos representantes de las familias Planorbulinidae, Rotulidae, Amphisteginidae y Orbitolinidae. Hay representantes esporádicos de los organismos arrecifales, moluscos, etc.	Calizas milioloides típicas se forman en las aguas someras de la laguna o albufera detrás de los arrecifes de barrera y en los bajos fondos litóricos de los arrecifes marginales. Sobre los arrecifes de meseta forman bajos en el tope. En playas de poco declive y otros ambientes donde el desarrollo de arrecifes es pobre y esporádico, las facies de arrecife y de los sedimentos de por detrás, pueden estar intrínsecamente mezcladas. Calizas de Miliolas, pero modificadas apreciablemente por mezcla de otros materiales, se pueden formar en zonas litorales abiertas (II, 1).

Clasificación	Sedimentología	Fauna indígena	Observaciones
I (2) Reef - wall , paredón arrecifal	Crecimiento vigoroso vertical, y en algunas partes lateral, del arrecife, debido al crecimiento de los organismos biohéricos y el relleno de los intersticios por la rápida precipitación bio y fisicoquímica de carbonatos. En muchos sitios el volumen del relleno excede en mucho al de los organismos biohéricos. La roca resultante es no-estratificada, muy irregular, heterogénea en cuanto a su litología, con la matriz densa y aporcelanada, pero con zonas y canales de alta porosidad, debido a los corales, etc. Los arrecifes de algas son mucho menos porosos y por regla general éstas son incapaces de formar paredones sin el soporte proporcionado por los corales.	Organismos edificadores de arrecifes: corales, algas, rudistas, etc. -Foraminíferos escasos, generalmente tan sólo formas sétiles, como Homotrema , Rupertia , o con algunos libres de concha gruesa, p. ej. Rotalia , Amphistegina . En aguas relativamente tranquilas o debajo del nivel de las olas en el lado exterior, pueden abundar otros foraminíferos típicos de la zona I (4). Probablemente éstos vivían en intersticios o grietas.	El concepto de "paredón arrecifal" se basa en el efecto observado, de que mantiene una demarcación clara entre las facies back-reef y fore-reef . Pequeños manchones arrecifales que no producen tales efectos, se excluyen de esta categoría. El paredón arrecifal no fue identificado por Henson en los antiguos arrecifes del Medio Oriente, probablemente por que ha sufrido erosión y ha sido cubierto por transgresiones posteriores. Además, esta zona es angosta en comparación con las vecinas. En los arrecifes fósiles observados por Henson, aparece solamente como el límite externo de una zona arrecifal irregular que ha sido abrumada por depósitos de aguas someras.
I (3) Talus slope , talud de ladera	Acúmulo, con estratificación cruzada, de brecha arrecifal sin encogimiento; fragmentos rotos por el oleaje han venido a descansar por debajo del nivel del oleaje. Los fragmentos son predominantemente angulares y disminuyen en tamaño marcadamente al paso que se alejan del arrecife. Los intersticios por lo general están rellenos de barro calcáreo. La precipitación primaria del carbonato disminuye con la profundidad.	Algunos organismos edificadores de arrecifes crecen sobre el pendiente del talud. Equínidos y macroforaminíferos como en la zona I (4) abundan por debajo del nivel de las olas.	El desarrollo de esta zona depende en gran parte de la fisiografía del paredón arrecifal y del fondo. Las brechas más bastas podrían confundirse, en muestras de pozos, con rocas del paredón.
Clasificación	Sedimentología	Fauna indígena	Observaciones
I (4) Fore - reef shoals bajos deleros del arrecife	Los depósitos de esta zona se forman generalmente por debajo del nivel del oleaje, estando sujetos principalmente a los efectos de la resaca, con poca erosión vigorosa. La resaca lleva parte del material del talud para dejarla en los bajos, que tienen o no vegetación marina y los que consisten en barro y arenas calcáreas bien escogidos. Estos bajos son relativamente estables porque sus elementos, derivados de la erosión del arrecife y la desintegración de organismos en el mismo sitio, son angulares. El tamaño promedio de los granos tiende a disminuir hacia afuera. Algunas arenas calcáreas se forman mayormente por detritos de equínidos y macroforaminíferos. Material detrítico de mayor tamaño y derivado de organismos indígenas, está acumulado por las corrientes en bancos o lentes que se conservan como mal escogidas microbrechas de fósiles. Localmente, pequeños manchones arrecifales, principalmente de algas y briozoarios, pero con algunos corales de aguas quizá más profundas, pueden originar delgados lentejones de caliza arrecifal. La cementación por precipitación de carbonato es común en tales manchones, donde son activos los procesos bioquímicos pero es variable en las calcarenitas y brechas, probablemente controlada por la porosidad. Muchas calizas de esta zona retienen una alta porosidad primaria.	Los macroforaminíferos son robustos y abundantes. Según la edad geológica, incluyen representantes de las familias: Nummulitidae , Orbitoididae , Miogyopsinidae , Peneroplidae , Alveolinidae , Rotalidae , Orbitolinidae , Lituolidae . Concentraciones locales de especies particulares p. ej. Nummulites spp. y Lepidocyllina spp., sugieren una fosilización en el mismo sitio. Abundan restos fragmentarios de equínidos. Es esporádica la presencia de organismos edificadores de arrecifes. Hay cierta evidencia de que las Orbitoididae toleraban mayor variación batimétrica que la mayoría de los macroforaminíferos.	Depósitos de esta zona pueden ser difíciles de distinguir de los de II (2) (open-reef shoals), a no ser por la mezcla de material transportado (alotógeno).

Clasificación	Sedimentología	Fauna indígena	Observaciones
I (5) Fore - reef transition zone , zona delante del arrecife transicional a las condiciones de cuenca abierta	Lengüetas de calizas detríticas de la zona delantera (1, 4) interdigitan con, y son transicionales a, los sedimentos de cuenca abierta (1, 6).	Faunas mezcladas de I (4) y I (6).	Esta zona es probablemente la más ancha de todas, en la mayoría de los complejos arrecifales.
I (6), Fore-reef basin , cuenca abierta delante del arrecife	Sedimentación continuada de cretas de globigerinas, lutitas y calizas, o excepcionalmente, evaporitas.	Globigerinidae y asociados foraminíferos planctónicos.	Esta zona no corresponde al complejo arrecifal-periarrecifal, pero se menciona para completar el cuadro faciológico.
II (1) Open littoral , costa abierta	Rocas clásicas terrígenas, calizas detríticas, oolitas, brechas conchíferas, etc. Son típicas de esta zona las mezclas de elementos indígenas y alocriógenos (transportados), detríticos, generalmente redondeados. Hay mayor variedad en los depósitos en comparación con la zona I (1). Hay calizas de Miliólidos y Penelópidos pero éstas son impuras, heterogéneas petrográficamente, y estratificadas.	Fauna muy variada; Penetroplidae , Miliolidae , Amphisteginidae , Rotalidae y Elphidiidae abundan localmente y pueden estar mezclados con foraminíferos planctónicos y con otros de la zona II (2). Moluscos, Equínidos, etc., forman bancos localmente.	Los límites entre esta zona y II (2) son imprecisas.

Los siguientes ambientes se representan en la figura 6-B "Open shoal reef", o sea, bajos arrecifales en una costa abierta.

Clasificación	Sedimentología	Fauna indígena	Observaciones
II (2) Open - reef shoals , bajos arrecifales de costa abierta	Sedimentación como en I (4), pero con mayor mezcla de material transportado. Pequeños manchones arrecifales pueden ser comunes. La litología generalmente es más variada, pero algunas calizas pueden ser indistinguibles de las de la zona I (4).	Fauna como en I (4) pero con mezcla de organismos costeros (Miliolidae , Penetroplidae), de la zona II (1) que han sido traídos por la resaca o en algas flotantes.	Y manchones arrecifales de este tipo probablemente se desarrollaron en regiones de aguas limpias cuya profundidad es tal que solamente pueden existir algas, briozoarios y algunos pocos corales. Por lo tanto, no se desarrollan paredones arrecifales. Esta zona puede pasar lateralmente a calizas normales o a rocas clásicas.
II (3) Fore - reef transition zone , zona de transición delante de los bajos	Alternancias y transiciones de sedimentos de II (3) y (4).	Faunas mezcladas de las zonas II (2) y II (4).	Probablemente la zona más ancha.
II (4) Open basinal , cuenca abierta	Como en I (6).	Como en I (6).	Ver la nota bajo I (6).

donde el arrecife se ahogó por el hundimiento y fue sepultado bajo las margas globigerinales de la cuenca. Inclusive hay ciclos completos. En las montañas Zagros, cierta caliza empieza con facies transgresivas del arrecife y **back-reef**, seguidas verticalmente primero, por calizas nummulíticas del Lutetiense (Eoceno medio) de la facies **fore-reef**, luego por calizas globigerinales (culminación de la transgresión marina). Ininterrumpidamente hacia arriba siguen, primero, la facies nummulítica antearrecifal que regresa, con fósiles del Eoceno Superior, y que a su vez está cubierta por una facies regresiva de arrecife y **back-reef** del Eoceno Superior tardío.

La Tabla II acompañante, traducida de la Tabla I de Henson, expresa sus ideas sobre las relaciones faciológicas en detalle.

Brown y Bronnimann (1957) observan que muchos macroforaminíferos rotaliformes del Cretáceo Superior de la región Caribe, corresponden a ambientes arrecifales y periarrecifales semejantes a los descritos por Henson. En su trabajo describen algunas especies de los géneros **Sulcoperculina** Thalmann, **Kathina** Smout, **Siderolites** Lamarck, **Rotalia** Lamarck (s. str.), **Eponides** Montfort y **Stomatobina** Darreen. En general, aunque con muchas excepciones, estos géneros son característicos del ambiente zaguer del arrecife (**back-reef**), donde comúnmente están asociados con géneros de la familia Orbitoididae de pared gruesa, como **Orbitoides** d'Orbigny, **Monolepidorbis** Astre, **Omphalocyclus** Bronn y **Torreina** D. K. Palmer, así como también con Cuneolínidos, Peneróplidos, Alveolínidos, y Miliólidos. Menos comúnmente, los primeros géneros nombrados se encuentran en los detritos de talud, asociados con orbitoideos de pared delgada que caracterizan los depósitos

delanteros del arrecife (**fore-reef**), a saber: **Sulcorbitoides** Bronnimann, **Pseudorbitoides** H. Douvillé, **Rhabdorbitoides** Bronnimann, **Historbitoides** Bronnimann, **Vaughanina** D. K. Palmer, **Lepidorbitoides** A. Silvestri y **Asterorbis** Vaughan y Cole. Todas las formas nombradas, raramente se encuentran asociadas con foraminíferos planctónicos (Globotruncánidos y Guembelínidos), o sea, en sedimentos depositados fuera de los ambientes periarrecifales.

FORMACIONES GEOLOGICAS DE ORIGEN ARRECIFAL O POSIBLEMENTE ARRECIFAL EN VENEZUELA

Grupo Caracas. En varios niveles en formaciones del grupo metamórfico de Caracas, se ha indicado la presencia de calizas lenticulares, para algunas de las cuales por lo menos se ha sugerido un origen arrecifal. Dengo (1951, 1953) refiere al "miembro Zenda" de la formación Las Brisas, no solamente la caliza de Zenda, en la antigua carretera de Los Teques, sino "calizas" que afloran en un rumbo casi este-oeste, desde La Mariposa hacia el este, al sur de Baruta, en La Guairita y varios lugares a lo largo del ferrocarril entre Caracas y Santa Lucía, tales como El Trece, El Encantado y "el Peñón de Lira" que ahora se llama cantera Lira. La suscrita ha tenido oportunidad de observar la mayoría de estas "calizas" y algunas otras no mencionadas por Dengo, en canteras más modernas al sur de Petare, en el trascurso de excursiones de fin de semana en compañía de Manuel Rivero, quien actualmente estudia la mineralogía de las calizas por difracción de rayos X (en combinación con análisis químicos). Hemos escrito "calizas", entre comillas, porque las estudiadas en Baruta y la vecindad de Petare resultan ser dolomitas, tal como fue observa-

do por Laubscher (1955). Hemos quedado muy impresionados por la exactitud de las observaciones de este autor sobre las relaciones locales de las dolomitas en las canteras de Baruta, pareciéndonos muy plausibles las deducciones a que llega sobre las relaciones regionales.

Dengo (1951, p. 55) expresa que "en Los Naranjos (cerca de la hacienda El Encantado, que no hemos podido localizar), hay unas estructuras peculiares que semejan pliegues irregulares pequeños, pero que son independientes de la estratificación. Es muy posible que se trate de estructuras de algas que no fueron totalmente destruidas durante la recristalización". Afirma que "considerando que estas calizas son masas aisladas de forma y tamaño irregulares, que están incluidas dentro de una estructura cuarzo-micácea que originalmente fue un sedimento arenáceo y conglomerático, puede postularse que originalmente eran arrecifes biohémicos".

Dengo considera que este "miembro Zenda" (nombre que viene de la "fase" Zenda de Aguerrevere y Zuñiga, 1938) corresponde a la parte superior de la formación Las Brisas. Smith (1952, 1953) no reconoce el "miembro Zenda" de Dengo y pone las calizas en un miembro inferior de la formación Las Brisas. No considera que las calizas de El Encantado, etcétera, sean del mismo nivel como las de Zenda, pero no explica claramente dónde en la sección se debe colocar, en su opinión. En sus descripciones le da poca importancia a las formaciones calcáreas, poniendo mayor énfasis sobre el gneis microclínico.

Laubscher (1955), en contraste, considera que el gneis es una roca metamórfica desarrollada secundariamente en una zona de intensa deformación y que para descifrar la tectónica hay que poner atención en la

roca carbonatada gris que se encuentra en la región de Baruta. "Dondequiera que estudios detallados sean posibles, los gneises se identifican como rocas nuevamente formadas durante el metamorfismo. Al parecer representan una secuencia metamorfozada de sedimentos clásticos, pero en realidad son rocas secundarias, esencialmente metasomáticas, sin un equivalente estratigráfico sencillo" (pág. 130). En contraste, se puede considerar como una hipótesis provisional, que todos los restos de la dolomita oscura sean equivalentes estratigráficos (pág. 342). Tal como se presentan ahora, la faja de dolomitas corresponde a una zona de **boudinage** en gran escala, un fenómeno tectónico que generalmente se presenta donde capas incompetentes plásticas fluyen por ambos lados de una capa competente, y la parten en una serie de lentejones o "salchichas". En este caso, sin embargo, la roca que fluyó no habrá sido originalmente competente, sino que el flujo fue precedido y acompañado por una desintegración mecánica de la dolomita. Nuevas rocas, especialmente gneises microclínicos, se formaron en la zona de flujo debido a movilización química y recristalización.

No podemos seguir aquí todos los detalles del trabajo de Laubscher, que amerita un estudio profundo. Mencionaremos simplemente que si la tectónica es tan compleja como lo postula Laubscher, la reconstrucción de las condiciones de formación original de la dolomita es poco menos que imposible. La distribución esporádica a lo largo del rumbo parece ser exclusivamente un fenómeno tectónico. No obstante el hecho de que las dolomitas parecen restringirse a una faja angosta de sentido este-oeste, sugiere que la capa original pueda haber tenido también una for-

ma lineal y que puede haber sido efectivamente un arrecife, aunque las supuestas estructuras algales mencionadas por Dengo deben ser probablemente rasgos tectónicos.

La misma incertidumbre sobre el origen y distribución originales rige con respecto a la **formación Antímamo**, supuestamente más alta en la sección, o sea, que se presenta localmente entre las formaciones Las Brisas y Las Mercedes. Según Smith (1952, pág. 356), a diferencia de las calizas dolomíticas de Baruta-El Encantado, los carbonatos de Antímamo tienen muy poco magnesio. Smith indica un espesor máximo de 300 metros al sur de San Pedro y al oeste de Los Teques. Esta cifra, realmente impresionante, en combinación con la distribución esporádica de la caliza (aun cuando parte de ésta se podría deber al tectonismo), apoyan la sugerencia de un origen arrecifal (biohermal) ofrecida por Smith (pág. 357).

Smith informa que Maxwell y Dengo hallaron fragmentos de conchas altamente trituradas en las canteras al norte de Antímamo, pero confesamos que quisiéramos tener confirmación del hallazgo. Vetas de calcita cristalina podrían dar la impresión de restos de conchas en algunas secciones, y hemos visto conchas de gasterópodos modernos incrustadas de caliche que podrían dar la impresión de fósiles.

Smith opina que la caliza al norte de Valencia descrita por V. M. López (1942, pág. 13) corresponde al mismo nivel, como también una caliza indicada por Maxwell y Dengo (1950, pág. 260) en la región de Carúpano.

Más alto, en el Grupo Caracas, Shagam (1960, pág. 583) describe calizas clásticas en la formación Tucutunemo, con inclusiones carbonáceas concentradas en el centro de los cristales, los cuales forman a su vez un

patrón regular de puntos que sugieren posibles remanentes orgánicos (¿algas?). La figura es poco convincente (su Fig. 3).

En capas de edad paleontológicamente determinadas como de edad Jurásico, en territorio colombiano de la Península de la Goajira cerca de la frontera colombo-venezolana, O. Renz (1960, pág. 323) menciona en la parte superior del **grupo Cosinas**, una sección 4 kilómetros al este de Ararierú que se caracteriza por "arrecifes y taludes de coral intercalados con algunas capas de areniscas". Las capas pueden representar un pequeño arrecife que se ahogó porque se mencionan lutitas con amonites que aparentemente cubren los arrecifes.

Cretáceo. En Venezuela oriental, en el Grupo Sucre, hay numerosos desarrollos de calizas que se han descrito como arrecifales (o en algunos casos biostromales), habiéndose reconocido numerosas especies de corales hermatípicos. Hay considerable dificultad con los nombres formacionales así como con las correlaciones con pisos clásicos, debido a la tendencia de las faunas a ser controladas más por la facies que por diferencias de edad en la escala de los pisos. Los cambios laterales y verticales de facies son muy notables, y han sido reseñados por Rosales (1960) pero todavía se precisan estudios más detallados.

Formación Barranquín. Las calizas más antiguas están desarrolladas en la formación Barranquín, cuya edad ha sido muy discutida. Von der Osten cree que hacia abajo podría llegar hasta el Barremiense, mientras que otros opinan que no sea más antigua que Aptiense. Los corales no ayudan a resolver el problema, aun-

que vale la pena de resaltar que según los propios datos de Wells (1944) muchas de las especies alcanzan niveles bajos en el Cretáceo de Europa.

J. W. Gregory (1927) estudió dos pequeñas colecciones de corales de Venezuela provenientes de dos localidades; una de Punceres, Estado Monagas, que corresponde a la formación El Cantil y la otra, según Gregory, de "Puerto Píritu". No hay Cretáceo en la vecindad inmediata de Puerto Píritu y no se encuentra Cretáceo Medio e Inferior hasta el lado occidental del río Unare, a unos 20-30 kilómetros de distancia. Por los corales indicados por Gregory, Wells opina que la localidad debe haber correspondido a la formación Barranquín. Gregory enumera las siguientes especies:

Thecosmilia sp. cf. **T. tobleri** Koby
Stylosmilia alpina Koby? (descrita por Wells, 1944, como especie nueva: **S. gregorii**).

Diplarea venezuelensis Gregory
(= **Calamophyllia sandbergeri** Felix).

Methemnos sp.

Thamnarea o **Dimorpharea sp.**

Wells describió las 17 especies siguientes de corales de la localidad de Las Cinco Ceibas, unos 10 kilómetros al sur de Cumaná en el camino a Cumanacoa en calizas que Wells describe como "transicionales a la formación suprayacente"; sin embargo, Rosales (1960, pág. 478) considera probable que los corales provengan de la parte media de la formación Barranquín según su actual definición, es decir, miembro Morro Blanco.

Astrocoenia barranquinensis Wells
(nueva)

Cyathophora haysensis Wells

Cyathophora hedbergi Wells (nueva)

Stylosmilia gregorii Wells (nueva)

Styliina surensensis Wells (nueva)

Myriophyllia borrachensis Wells
(nueva)

Enallhelia occidentalis Wells (nueva)

Stylangia laddi Wells (nueva)

Calamophyllia sandbergeri Felix

Periseris irregularis (Felix)

Meandrophyllia cariacensis Wells
(nueva)

Actinaraea arborescens (Felix)

Thecosmilia cumansensis Wells (nueva)

Elasmophyllia tolmachoffana Wells
Cladophyllia stewartae Wells (nueva)

Budaia felixi Wells (nueva).

Además se describieron las siguientes especies no corales:

Stromatopora venezuelensis Wells
(nueva) — primera indicación de estromatoporoideos en el Cretáceo Inferior americano;

Corynella? aguilerae Wells (nueva); una esponja calcárea.

Halimeda n. sp. — alga calcárea.

La fauna se comentará más adelante después de mencionar los otros hallazgos.

En calizas arrecifales de la isla La Borracha, cerca de Puerto La Cruz, que se refirieron al Barranquín superior, Wells identifica:

Stephanocoenia guadelupae Wells.

Von der Osten (1957) identificó las siguientes especies de corales provenientes de calizas de la formación Barranquín:

Astrocoenia minima von der Osten
(Miembro Picuda) = **A. barranquiniana** von der Osten, 1958.

Astrocoenia whitneyi Wells, 1932
(Mbro. Morro Blanco)

Stephanocoenia guadelupae Wells,
1932 (Mbro. Taguarumo)

Columnastrea antigua Gerth, 1928
(Mbro. Morro Blanco) — La especie se describió originalmente de la formación Agrió, del Aptiense, de la Argentina osteo-central.

Myriaphyllia borrachensis Wells,
1944 (Mbros. Morro Blanco y Picuda)

Myriaphyllia cuyleri (Wells), 1932
(Mbro. Picuda - Glen Rose de Texas)

Isastrea whitneyi Wells, 1932
(Mbro. Taguarumo - Glen Rose de Texas).

Periseris irregularis (Felix), 1891
(Mbro. Morro Blanco — Aptiense superior de Tehuacan, Glen Rose y Barranquín en Las Cinco Ceibas).

Meandrophyllia caricoensis Wells,
1944 (Mbro. Morro Blanco)

Elasmophyllia tolmachoffiana
(Wells) (Mbros. Picuda y Morro Blanco).

Otra pequeña colección descrita por Wells (1944), aunque citada por él como "formación Chimana inferior, calizas transicionales a la parte superior de la formación El Cantil", probablemente se refiere mejor a El Cantil como la ha redefinido Rosales.

Formación El Cantil. Esta formación, descrita de manera muy insatisfactoria originalmente por Liddle (1928) ha sido redefinida en el presente por Rosales (1959, 1960). Hedberg y Pyre (1944, pág. 8) expresaron que la formación es exclusivamente marina y que la naturaleza arrecifal o biohermática de las calizas macizas de la parte superior se evidencia por la rápida transición lateral a sedimentos clásticos, por la ausencia de estratificación

y por la abundancia local de corales y foraminíferos grandes.

Rod y Maync (1954) rechazan la formación El Cantil definida por Liddle, reemplazándola por la formación Borracha (nueva) que incluye parte de la formación Chimana de Hedberg y Pyre, redefinida con nuevos miembros. La caliza de la isla Borracha, con **Stephanocoelia guadelupae** Wells, probablemente corresponde a la parte inferior de la formación Borracha de Rod y Maync, quienes describen su miembro Borracha superior como agrupando una gran variedad de tipos de calizas; todas las que parecen macizas y meteorizan, como las calizas biostromales típicas, a un color gris muy claro; caliza coquinoide muy maciza, con abundantes algas y algunos pocos corales; calizas densas, suboolíticas, cristalinas y de grano medio y calizas coquinoideas también se observan. Los autores mencionan (pág. 241) una caliza arrecifal maciza en la parte inferior de la formación Chimana en la isla Borracha, que se adelgaza hacia el este y desaparece antes de alcanzar la sección tipo de la formación Chimana en la isla Chimana. Posiblemente sea este el horizonte del que Wells (1944) describe los corales que refiere al "Chimana inferior, calizas gradacionales con la parte superior de El Cantil":

Myriaphyllia borrachensis Wells
(nueva)

Meandrophyllia plummeri Wells

Dendraraea anzoateguensis Wells
(nueva).

Las calizas de la parte superior de la formación Barranquín y las de la formación Borracha, caerían dentro de la zona de **Choffatella decipiens** definida por Rod y Maync en 1954. En contraste, la caliza del Guácharo (que aun se incluye en la formación

El Cantil redefinida por Rosales, 1960) corresponde a la zona de **Dictyoconus walnutensis**, que viene más arriba en la secuencia.

No ha sido bien localizada en la secuencia la pequeña colección de corales descrita por Gregory como proveniente de Punceres, cerca de la región del pozo El Cantil, ya que según la figura 11 de Rod y Maync, varias formaciones afloran en la zona. Gregory indicó:

Diplocoenia occidentalis Gregory
(Wells pregunta si será **Diploastrea**)

Thamnasteria harrisoni Gregory
(= **Astrocoenia**).

A nivel más alto en la formación El Cantil (redefinida por Rosales) vienen las calizas del Guácharo, que Rod y Maync tomaron como miembro medio de la formación Chimana redefinida por ellos. La forma de esta caliza, un gran lentejón irregular, con su parte central más potente en la región de Caripe, sugiere una formación arrecifal, como lo señalan dichos autores. Su espesor alcanza un máximo de 180 metros. Rod y Maync la describen como "caliza biostromal maciza", comprendiendo calizas coquinoideas o densas, macizas, de color gris claro, en las que se pueden reconocer muchos subtipos: criptocristalinas, aporcelanadas, suboolíticas, y fina a toscamente coquinoideas. Los autores no mencionan los rudistas, que son bastante llamativos en la región de la Cueva del Guácharo. Un estudio detallado de las facies sería de gran interés, siendo probable que se podrían identificar las distintas facies señaladas por Henson. Posiblemente resultaría ser un complejo arrecifal de meseta, como muchos de los del Medio Oriente. Rod y Maync mismos sugieren que algunos de los cuerpos de caliza que

aumentan rápidamente de espesor podrían estar relacionados con elevaciones del fondo. Ellos consideran que el foraminífero **Dictyoconus walnutensis** es un guía valioso para este nivel, que refieren al Albiense medio.

Refiriéndonos nuevamente a la fauna de corales descrita por Wells, éste encuentra poca o ninguna evidencia de diferencia entre las faunas de los dos niveles estudiados, sino una repetición del mismo ambiente y de la misma fauna. Los corales son en su totalidad tipos hermatípicos que corresponden a un conjunto indicativo de aguas tranquilas, probablemente lagunas someras del zaguero del arrecife. Esto se desprende de las formas delicadamente ramificadas o en haces, y la ausencia de formas robustas típicas de aguas agitadas. No obstante, ninguno de los ejemplares se encontró en depósitos que corresponden a su lugar de origen sino que se presentan desgastados y rotos por el transporte, habiendo sido además atacadas en algunos casos por moluscos perforantes.

La fauna es ejemplar de la facies **urgoniana**, que se encuentra tan extensamente distribuida en Europa en el Tethys, en el Africa oriental, el Japón y las Américas, en Texas y México. En México, se la encuentra en Tehuacán al sur del país, en niveles que Mulleried (1934) correlaciona con el Barremiense, Aptiense y Albiense inferior. En Texas se halla, en la parte inferior de la formación Glen Rose, referida al Albiense. Como hemos mencionado, Wells encuentra una relación más estrecha entre la fauna venezolana y las urgonianas del Tethys occidental, de lo que se observa con las faunas tejana y mexicana. Por ejemplo, **Enallhelia**, **Stylosmilia**, **Dendraraea** y el estromatoporoideo **Stromatopora**, representado por la nueva especie **S. venezuelensis** Wells, se en-

cuentran en Venezuela, pero no en Texas y México. Además varias de las nuevas especies venezolanas tienen afinidades más estrechas con formas europeas.

En la Tabla III acompañante, además de las especies reportadas de Venezuela, se han incluido también las especies reportadas de Trinidad por Wells (1948), provenientes de varias localidades en la Serranía Central de la isla y que según Kugler, probablemente corresponden a la formación Cuche (Barremiense medio a Aptiense medio). Estas especies, en el orden en que fueron descritas por Wells son:

- Cyathophora parvula** Wells, 1948
- Stylina harrisoni** (Gregory) (descrita como **Dendroseria** por Gregory, 1929)
- Stylangia laddi** Wells, 1944 (también en Barranquín)
- Myriophyllia cuyleri** (Wells), 1932 (Glen Rose; **M. borrachensis** Wells es estrechamente relacionada)
- Myriophyllia trinitatis** Wells, 1948
- Calamophyllia sandbergeri** Felix, 1891 (también Barranquín y Tehuacán, México)
- Ovalastrea rutschi** Wells, 1948
- Protoseris? incerta** Wells, 1948
- Thamnasteria? piparensis** Wells, 1948
- Synastrea** cf. **S. crespoid** (Felix) (la especie se describió del Aptiense)
- Microsolena kugleri** Wells, 1948
- Microsolena delicatula** Wells, 1948
- Montivaltia** cf. **M. burckhardtii** Wells (descrita del Hauteriviense del norte de México)
- Elasmophyllia tolmachoffana** Wells (también en Barranquín y Glen Rose de Texas).

Paleoceno. Las formaciones arrecifales más impresionantes de Venezuela, sin lugar a dudas, las constituyen los grandes "morros" del Estado Guá-

rico, especialmente aquellos en la vecindad de San Juan de los Morros. Desafortunadamente, la tectónica de la región parece ser muy compleja y la secuencia no ha sido completamente aclarada. H. H. Renz (1955) postula una discordancia entre el Paleoceno (formación Guárico, con la caliza arrecifal distinguida como el miembro Morro del Faro) y el Cretáceo, Maestrichtiense (formación Escorzonera del grupo Arrayanes). En contraste, Shagam (1960, pág. 646) considera que hay una secuencia no interrumpida desde el Maestrichtiense hasta dentro del Paleoceno, aunque está de acuerdo con Renz en referir la caliza arrecifal al Paleoceno. Shagam postula la siguiente secuencia local en orden descendente (ver su Lám. 2):

- Paleoceno (Caliza masiva del Morro y caliza estratificada del flanco.)
- (Limolita, arenisca y conglomerados calcáreos)
- (Chert estratificado)
- (Caliza afanítica azul-verdosa)
- Maestrichtiense (Limolitas y areniscas calcáreas y chert estratificado.)

El esclarecimiento de la secuencia y de la estructura indudablemente se dificulta por los rápidos cambios laterales de facies tan típicos de las rocas arrecifales y **viceversa**, la reconstrucción de la distribución original de las facies se dificulta mucho por las complicaciones tectónicas. Las calizas del Morro del Faro y algunas otras de los morros grandes son calizas arrecifales por excelencia, con pérdida casi total de cualquier estructura

DISTRIBUCION DE CORALES EN LA FACIES URGONIANA DE VENEZUELA Y TRINIDAD
Según datos de Wells, 1944, 1948 y von der Osten, 1957

	Barranquín	"El Cantil"- Chimana inf.	Fm. Cucho, Trinidad	Tehuacán, México	Glen Rose, Texas	Especies urgonianas europeas afiliadas (y otras observaciones)
<i>Actinaraea arborescens</i> (Félix), 1891	x			x		A. excavata Fromentel, Valangin. y Hauter. de Europa
<i>Astrocoenia barranquinensis</i> Wells, 1944	x					(Miembro Picuda, Barranquín)
<i>Astrocoenia barranquiniana</i> von der Osten, 1958	x					Descrit. por Gregory como Thamnasteria , de Punceres; aff. A. whitneyi Wells, de Glen Rose
<i>Astrocoenia harrisoni</i> (Gregory).	x		x		aff. x	Reportada por von der Osten
<i>Astrocoenia whitneyi</i> Wells, 1932	x					
<i>Budota felix</i> Wells, 1944	x					C. compressa d'Orbigny, Urgon, Europa.
<i>Calamophyllia sandbergeri</i> Félix	x		x	x		Diplaraea venezuelensis Gregory es sinónima
<i>Cladophyllia stewartae</i> Wells, 1944	x					Aptiense de Argentina
<i>Columnastrea antigua</i> Gerth, 1928	x					
<i>Cyathophora haysensis</i> Wells, 1944	x				x	C. regularis Fromentel, Hauteriv. de Francia y Suiza
<i>Cyathophora hedbergi</i> Wells, 1944	x					C. pygmaea Volz, Neocom. de Bukovina
<i>Cyathophora parvula</i> Wells, 1948						D. cancellata (Koby), Francia
<i>Dendaraea anzoateguensis</i> Wells, 1944						Reportada como Diplocoenia por Gregory de "Puerto Píritu"
<i>Diploastraea? occidentalis</i> (Gregory) 1927	?					
<i>Elasmophyllia tolmachoffana</i> (Wells), 1938	x		x			

	"El Cantil"-		Fm. Cuche, Trinidad	Tehuacán, México		Glen Rose, Texas	Especies urgonianas europeas afiliadas (y otras observaciones)
	Barranquín	Chimana inf.					
<i>Enallhelia occidentalis</i> Wells, 1944	x						Aff. <i>E. rathieri</i> d'Orb., Hauteriv. Francia, y <i>E. gemmans</i> Fromentel, Hauteriv., Francia
<i>Isastrea whitneyi</i> Wells, 1932	x				x		Reportada por von der Osten
<i>Meandrophylia cartacoensis</i> Wells, 1944	x						Aff. <i>M. maendroides</i> (Koby), Urgon., Francia
<i>Meandrophylia plummeri</i> (Wells), 1932	x	x			x		Aff. <i>M. williamsoni</i> Wells, Buda (Cenoman.), Texas
<i>Microsolena delicatula</i> Wells, 1948			x				<i>M. gutrata</i> Koby, Urgon., Francia
<i>Microsolena kugleri</i> Wells, 1948			x				
<i>Montivaltia</i> cf. <i>M. burkhardii</i> Wells, 1946			x				La especie viene del Hauteriv., México
<i>Myriophylia borraehensis</i> Wells, 1944	x	x			aff.		Afiliada con <i>M. cuyleri</i>
<i>Myriophylia cuyleri</i> (Wells), 1932			x		x		Aff. <i>M. neocomiense</i> (Fromentel) de Tehuacán
<i>Myriophylia trinitatis</i> Wells, 1948			x				
<i>Ovalastrea ritschi</i> Wells, 1948			x		aff.		
<i>Periseris irregularis</i> (Félix), 1891	x						
<i>Protoseris?</i> <i>incerta</i> Wells, 1948			x				
<i>Stephanocenia guadelupae</i> Wells, 1932	x						
<i>Stylangia laddi</i> Wells, 1944	x		x		aff.		Aff. <i>S. anomalos</i> (Félix) de Tehuacán
<i>Stylosmilia gregorii</i> Wells, 1944	x		x				Aff. <i>S. alpina</i> Koby, Urgon., Suiza
<i>Stylina harrisoni</i> (Gregory), 1929			x				Descrita bajo <i>Dendroseris</i> n. gen. (= <i>Stylina</i>)
<i>Stylina surensisi</i> Wells, 1944			x		b		Relacionada con <i>S. tehuacanensis</i> (Félix)
<i>Synastrea</i> su. cf. <i>S. crespoi</i> (Félix)		aff.	aff.				y <i>S. harrisoni</i>
<i>Thamasteria?</i> <i>piparensis</i> Wells, 1948			x		x		
<i>Thecosmilia cumananensis</i> Wells, 1944	x						
<i>Thecosmilia</i> cf. <i>T. tobleri</i> Koby, 1897	?						Reportada por Gregory de "Puerto Píritu"

(¿algal?, ¿coralina?) que pudieran haber poseído originalmente. Shagam (pág. 646) describe la roca como "gris, afanítica, intensamente brechada, con marcada fractura concooidal" en la cual no se pudo identificar la presencia de dolomita mediante la prueba de manchas usando $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. (No parece que se hayan efectuado análisis químicos de la roca). "El autor no pudo llegar a observar ejemplos de estratificación. La existencia de grandes diaclasas verticales, muy espaciadas y de buzamiento suave, le da a los afloramientos el aspecto de bloques". Liddle (1946, pág. 306) describe la caliza como "considerablemente metamorfizada, muy dura y llena de calcita". La palabra "cretosa" (**chalky**) (mal traducida en el **Léxico** como "margosa") que aplicó a las calizas en otra parte (pág. 304) está completamente fuera de lugar.

Ha sido en esta facies, muy poco propicia a la conservación de fósiles, que Renz logró hallar algunos foraminíferos que indican la edad paleocena (Renz, 1955):

Laffiteina sp.

Actinosiphon barbadensis (Vaughan) y forma **caudriae** de Cizancourt

Actinosiphon barbadensis forma **caudriae** de Cizancourt

Nummulites tobleri (Vaughan y Cole)

Esta última especie ha sido referida también a los géneros **Miscellanea** y **Ranikothalia** y probablemente es sinónima de **Operculinoides catenula** (Cushman y Jarvis) (= **O. bermudezi**).

Otra facies está representada en las calizas en las colinas de La Puerta de San Juan, que contienen Turritellas y macroforaminíferos descritos por C. B. M. Caudri — fauna que indica una

edad paleocena. Antes de que se enderezara la carretera inmediatamente al sur del arco de La Puerta, se podría ver (hace más de diez años) en el lecho del río Guárico, otra facies muy local, de una lutita oscura repleta de Turritellas en excelente estado de conservación, unos gasterópodos Cerítidos y gran número de impresiones de un mejillón (¿**Modiolus?**). Las Turritellas de esta lutita se parecen a las de la caliza vecina; una semejante a **T. mortoni** pero no enteramente idéntica y otra muy larga y delgada afiliada con **T. humerosa**. Esta lutita puede haber representado la desembocadura de algún pequeño río que formó un fondo fangoso local.

Shagam (1960, pág. 650) considera que "las calizas fosilíferas y estratificadas y fosilíferas situadas en la parte inferior de los morros de San Juan y en el lado sur de los morros de La Puerta... se consideran como las capas de los flancos, derivadas parcialmente de los detritos de la facies de los morros (¿arrecifales?)". Nos parece más probable que las capas en la vecindad de La Puerta por lo menos correspondan a una facies un poco más alejada de los detritos de ladera, posiblemente a la de bajos arrecifales delante del arrecife como en el esquema de Henson, porque no parece plausible que las Turritellas y los macroforaminíferos hubieran podido vivir en los declives inmediatamente delante del arrecife.

Por otra parte, si parece posible que el enorme espesor del arrecife (250 metros en el Morro del Faro, como comenta Shagam) pueda corresponder en parte a un paredón arrecifal, en parte al detrito de ladera, tal como se ha observado en el arrecife pérmico de El Capitán. El arrecife pudiera haber avanzado sobre su propio detrito, como en ese caso.

La mención por Weisbord (en el artículo sobre la formación Guárico) de una "estructura pseudo-oolítica distintiva" en algunas de las calizas arrecifales, sugiere otra facies, quizás de laguna detrás del arrecife.

Las calizas arrecifales aparecen esporádicamente en el frente de montañas de la Serranía del Interior hacia el este, en las vecindades de San Sebastián y San Casimiro. La caliza de los morros de San Francisco de Macaira en la región de Altagracia de Orituco, parece corresponder a la misma formación. Evanoff (1951) originalmente incluyó estas calizas en su formación Macaira, pero más tarde, en el Léxico, les quiso asignar una edad más antigua, lo cual nos parece poco plausible. En esta región hay depósitos de yeso, una facies muy comúnmente asociada con arrecifes en el pasado que sugiere la existencia de una laguna detrás del arrecife.

Shagam (1960, pág. 650) considera que en el Paleoceno el actual frente de montañas fue una línea de playa bordeada por arrecifes con un mar abierto hacia el sur.

En la isla de Margarita, en la sección de Punta Carnero, hay un cuerpo de caliza que ha sido llamada la caliza **Los Bagres**, sobre cuya edad y relaciones estratigráficas ha habido tanta confusión como sobre su ortografía. La que parece ser la primera mención, es de Bucher (1952, pág. 68), de una caliza "con una fauna abundante de corales... de edad notablemente cretácea". Hess y Maxwell (1949, págs. 1.862, 1.863) mencionan la caliza "Los Vagres" (o peor aún "Los Vargres") sin describirla, como formando la base de la sección en Punta Carnero. Dicen que contiene fragmentos de roca volcánica (diorita de cuarzo y dacita o andesita) y cantos de caliza negra densa (pág. 1.863). González de Juana (comuni-

cación personal) informó que parece tratarse de un desarrollo lenticular local en el grupo Punta Carnero, que no merece considerarse como miembro (además de que no se encuentra en las cercanías de Los Bagres). Kugler (1957, págs. 561-562) vuelve a mencionar la caliza (llamada "Los Vargres" y "Los Vagres") que describe como una masa irregular lenticular de unos 30 metros de ancho por 200 metros de largo y que aparentemente se encuentra en actitud vertical, descansando en discordancia en filitas del grupo metamórfico Los Robles. Describe una capa de corales a 50 centímetros por encima del contacto, en una matriz limolítica, seguida por una caliza coralina fragmentada y nodular ("dark rubbly nodular coral limestone") en capas irregulares de 30 a 50 centímetros de espesor, intercaladas con limo calcáreo. Partes de la caliza son de grano fino y denso, otras gruesamente cristalinas.

Los datos paleontológicos son muy contradictorios y sugieren confusión en las colecciones. Por una parte, Kugler informa que D. O. Nelson, en un informe particular, identificó los siguientes microfósiles en la localidad tipo:

Discocyclus cf. **barkeri** Vaughan y Cole
Aiheocyclus cf. **cookei** (Vaughan)
Valvulineria cf. **extensa** Cushman y Bermúdez
Goloborotalia aff. **velascoensis**

que indican una edad paleocena, pero además:

Amphistegina cf. **senni** o **lopeztrigoi**

la cual, también llamada **Tremastegina senni** (Cushman) Bronnimann, es una forma muy típica del Eoceno me-

dio de Barbados, Trinidad y otras regiones de las Antillas.

Por otra parte, Kugler informa haber enviado corales de la caliza a J. W. Wells, quien las identificó así:

Stylophora imperatoris Vaughan.

Un nuevo género y nueva especie de los Astrocoeniidae

Acropora n. sp. del grupo de **A. echinata**

Leptoseris sp. (igual a una especie de la formación San Luis de Venezuela)

Actinacis sp. indet.

Agathiphyllia (?) **tenuis** (Duncan)

y afirma que la edad es, sin lugar a dudas, **Oligoceno**. En vista de esta discrepancia Kugler pregunta si no habrá una discordancia entre la caliza coralina y la roca que contiene los macroforaminíferos.

G. C. Taylor (1960, págs. 859-862) considera que la caliza Los Bagres (correctamente escrito) yace con discordancia por debajo de la formación Punta Carnero y que ha sido reducida por la erosión a unos pocos remanentes, con un espesor máximo de menos de 30 metros. En su figura 4 da un mapa del área de Los Bagres (aunque es difícil localizar el área con referencia al mapa de la isla) y expresa que remanentes de la caliza afloran en la finca Las Bermúdez. Considera que la formación ha debido ocupar una superficie muy extensa antes del Eoceno medio, y suministró un alto porcentaje de los guijarros a los conglomerados de esta edad; opina que la caliza se encuentra en posición vertical aparentemente discordante debajo de la formación Punta Carnero, aunque admite que la estratificación de la caliza es difícil de discernir. Describe las calizas como duras, de color gris oscuro y finamente cristalinas, con proporciones variables de fragmentos coralinos y restos de al-

gas, reemplazados en gran parte por calcita negra. Da los resultados de estudios de secciones de la caliza—dos de ellas de la caliza propiamente dicha, y una de un guijarro en la formación Punta Carnero que cree derivado de la formación. Sus descripciones rezan como sigue:

NE 694 a — "Textura: conglomerática. Matriz microcoquina, principalmente con fragmentos de orbitoideos, moluscos y algas; contiene guijarros de diferente litología, uno de ellos del Terciario. Facies zaguera de arrecife (back reef). Fauna: **Tremastegina** cf. **senni** (Cushman), **Discocyclus** sp., **Quinqueloculina** sp. Edad: Eoceno inferior.

NE 694 c... Caliza algácea. Algas de aspecto Terciario. Algunos fragmentos de moluscos. Arrecife. Fauna: **Globigerina** sp. de aspecto Terciario".

La muestra del guijarro también contenía **Tremastegina** cf. **senni**. Taylor concluye que la edad de la caliza es Paleoceno o Eoceno Inferior. No trata de explicar la anomalía de los corales.

Eoceno. La presencia de lentejones de calizas arrecifales en el Eoceno superior de Venezuela oriental ha sido señalada por varios autores. Se verán en el Léxico de Venezuela los artículos: La Pedrera, Mundo Nuevo, Peñas Blancas, Temerure y Tinajitas. El nombre de formación más aceptable en Venezuela oriental es formación **Tinajitas** (Léxico, pág. 644) publicado por Hedberg y Pyre, 1944 (pág. 15). Hedberg y Pyre describen las calizas como sigue:

"En la región de Barcelona la base de la formación Merecure se caracteri-

za por calizas arrecifales orbitoideales que pueden alcanzar espesores de 50 a 100 pies, pero que en poca distancia se adelgazan hasta formar lentejones discontinuos de caliza de menos de un pie de espesor. Estas calizas descansan directamente en las limolitas de la formación Santa Anita en los Cerros de Las Trincheras, El Magüey, Vidrial, Tumba de Bello, Pele Ojo, Montones y otros cerros en la vecindad de Puerto La Cruz. El resto del miembro Tinajitas por encima de la caliza orbitoidal consiste de "... (rocas clásticas). Según la descripción, las calizas habrán sido más bien del tipo de "bajos arrecifales" de Henson, y no estructuras rompeolas.

El nombre de caliza de **Peñas Blanca** (fide R. Laforest en el **Léxico**, pág. 512) fue usado por W. O. Dietrich en 1924, pero no llegó a difundirse, para calizas en el mismo nivel más hacia el oeste, en la región entre Píritu y el río Unare. Según la descripción de Liddle (1946, pág. 357) la caliza aquí alcanza un desarrollo impresionante con espesores de 300 a 400 pies. Afloran en los cerros El Picacho y Peñas Blancas, unos 6 kilómetros al sur de Boca de Unare y unos kilómetros al este del río Unare. Liddle enumera macroforaminíferos (con identificaciones confusas como es frecuente en sus listas) entre los cuales se reconocen formas características del Eoceno superior, tales como:

Lepidocyclina (Pliolepidina) tobleri
H. Douvillé

Echinolampas ovumserpentis Guppy (un equínido)

Tubulosium cf. **T. clymenioides** (Guppy) (anélido tubícola) (**Rotularia** en la lista de Liddle).

Laforest menciona también abundantes algas (**Lithothamnium** sp.).

Hedberg y Pyre (págs. 18-19) dieron una lista de identificaciones de fósiles del miembro (ahora forma-

ción) Tinajitas. Vaughan identificó macroforaminíferos del Eoceno superior en las calizas de la región de Barcelona y también en La Pedrera y Peñas Blancas. Liddle (1946, págs. 385-387) reproduce textualmente las páginas pertinentes de Hedberg y Pyre.

Lentes de caliza en la formación **Tememure** de Evanoff (1951) en la región de Altagracia de Orituco corresponden al mismo nivel.

La descripción de la formación **Palomá Alta** (**Léxico**, pág. 491) incluye mención de "calizas de arrecife" pero no se han publicado detalles. Otra formación del Eoceno superior en Venezuela occidental, donde se han señalado calizas arrecifales, es la formación **Churugarita** que tiene la mayor parte de su afloramiento en el sur del Distrito Miranda del Estado Zulia. Esta formación, nombrada por Garner (1926) fue descrita por González de Juana (1951) y por W. A. Mohler en el **Léxico** (pág. 234). Incluye calizas arrecifales con algas y macroforaminíferos ("orbitoideos"), con intervalos de lutita arcillosa; Mohler menciona que hay por lo menos cuatro tramos importantes de caliza. El mismo autor informa que las algas son más comunes en los arrecifes inferiores, mientras que en los superiores los macroforaminíferos son más variados y numerosos. Las calizas son macizas, no estratificadas, de color blanco y presentan pequeñas depresiones en la superficie meteorizada. Por encima de la caliza más alta, las lutitas arcillosas se hacen descoloridas, yesíferas y ligníticas, indicando un cambio del ambiente marino a uno de salinidad anormal. Los foraminíferos grandes fueron descritos primero por H. K. Hodson, pero la nomenclatura tuvo que ser revisada por Vaughan y Cole (1941). Las especies más características son:

Helicolepidina spiralis Tobler
Asterocyclina asterisca (Guppy)
Asterocyclina aurarensis (Hodson)
Lepidocyclina (Pliolepidina) pustulosa Douvillé.

No se mencionan los espesores de las calizas individuales, pero Mohler informa que el intervalo de 976 metros entre la base de la caliza inferior y el tope de la caliza superior permanece constante.

En Falcón oriental la caliza de **Cerro Campana**, informa Renz en el **Léxico** (1956, págs. 163-164 y 167, artículos Cerro Campana y Cerro Misión) comprende lentejones de caliza con algas y orbitoideos (macroforaminíferos) con numerosos ejemplares de **Lenticulina**. Estas calizas se presentan dentro de la formación Cerro Misión en el alto estructural de Guacharaca, al norte-noroeste de El Mene de Acosta. Bucher (1952, pág. 33) ya mencionó el arrecife de Cerro Campana.

Oligoceno (?) y/o Mioceno inferior.
En Falcón central, en la Sierra de San

	Aquitaniense	}
Oligoceno	Chattiense	
	Rupeliense	
	Lattorfiense	

En cuanto a la zonación de las facies con macroforaminíferos, Butterlin (1962) ofrece el esquema siguiente:

Mioceno inferior (Burdigaliense): **Miogypsina (Miogypsina) antillea** y con frecuencia **M. (Mioplepidocyclina) staufferi**.

Mioceno inferior (Aquitaniense): **Lepidocyclina (Lepidocyclina); Miogypsina (Miogypsina); Heterostegina anti-**

Luis, la formación San Luis ha sido referida al Oligoceno superior y Mioceno inferior por Wheeler (1961) sin definir estas edades con referencia a una zonación bioestratigráfica, perdiendo así una valiosa oportunidad de haber trazado una correlación entre la facies arrecifal con macroforaminíferos, y la facies con foraminíferos pequeños. Lo que se puede afirmar, sin pecar de temeridad, es que la edad de "Oligoceno medio" asignada a la formación en Liddle y en el **Léxico**, no se puede mantener. La subdivisión del Oligoceno y Mioceno inferior actualmente se encuentra en etapa de revisión. Bandy (1964) en el trabajo más moderno, pasa las zonas (antes subzonas) con subespecies de **Globorotalia fohsi** al Burdigaliense, distinguiendo las siguientes zonas en el Aquitaniense (que generalmente se refiere ahora al Mioceno inferior) y Oligoceno:

}	Globoquadrina tripartita rohri-Globigerinatella insueta
	Globigerina stainforthi
	Globigerina dissimilis
}	Globigerina oligocaena-Globigerina concinna ciperensis
	Globigerina increbescens opima
	Globigerina ampliapertura-Globorotalia increbescens increbescens

ilea; H. panamensis (o sea, el mismo conjunto que en el Chattiense, pero sin **Eulepidina**).

Oligoceno superior (Chattiense): **Lepidocyclina (Lepidocyclina); Lepidocyclina (Eulepidina); Miogypsina (Miogypsina); Heterostegina antillea; H. panamensis**.

Oligoceno inferior (Lattorfiense y Rupeliense): **Lepidocyclina (Lepidocyclina); Lepidocyclina (Eulepidina).**

Esta zonación, como lo demuestra Butterlin, es esencialmente idéntica a las zonaciones de Cole (1957) y Sachs (1959).

El cuadro regional de las condiciones bajo las cuales se depositaron las calizas arrecifales de San Luis y las otras descritas en el trabajo de Wheeler es como sigue: Hay una discordancia angular mayor dentro del Eoceno superior que separa la formación Paují de depósitos más altos en el Eoceno (Santa Rita-Jarillal y Cerro Misión) y las formaciones siguientes. Las rocas de edad Paují y más antiguas se depositaron en anchas cuencas y sus características litológicas cambian gradualmente. Las formaciones más modernas se depositaron en cuencas más estrechas y probablemente durante el período de mayor actividad tectónica de la región; presentan muchos cambios de facies. En cuanto al hiato del "Oligoceno medio e inferior" indicado en la tabla de correlaciones (su Fig. 12), Wheeler (págs. 419-420) expresa que no hay discordancia aparente.

Wheeler (pág. 410) habla de cuatro subcuencas, sin definir las claramente: la de Falcón occidental, la de Güeque en el noreste del Estado, la de Araurima o del bajo Tocuyo al este y la de Casupal hacia el sureste. Informa que en su trabajo se incluyen solamente las de Falcón occidental, Güeque y la parte norte de la subcuenca de Araurima.

Para formarnos una idea de las relaciones de la caliza de San Luis, se deben observar las figuras 9 y 10 de Wheeler. Según estos mapas, se verá que la caliza de San Luis constituye una masa de caliza arrecifal formada en la parte norte de la cuenca, mientras que en el centro de ésta se depositaban primero las lutitas de la formación Pecaya y luego las capas principalmente arenosas de la forma-

ción Pedregosa. El arrecife de San Luis habrá tenido forma de barrera, aunque quizás debiera su ubicación a un alto estructural en el fondo (interpretación de Bucher, 1952, pág. 32). Detrás del arrecife, o sea, hacia el norte, hacia la tierra de Paraguaná, se formaron los depósitos más o menos arenosos de la formación Patiecitos (abajo) y Guarabal. Según Wheeler (pág. 437), cerca de la localidad tipo de Patiecitos una prolongación ("ramificación") de la caliza arrecifal descansa sobre la formación Patiecitos, pero desaparece hacia el norte. La formación Patiecitos tiene una litología variada: lutitas, areniscas conglomeráticas y calizas, principalmente lutitas abajo con un número cada vez mayor de capas resistentes hacia arriba, y con abundantes calizas en la porción más superior. La formación Guarabal consiste de rocas clásticas bastas: gruesas capas de arenisca y arenisca conglomerática interestratificada con limolitas y lutitas. Wheeler la interpreta como "probablemente una facies de relleno entre el arrecife y la costa". El considera que es contemporánea con la parte superior del arrecife, pero confesamos que nos es difícil visualizar la formación simultánea de calizas arrecifales con estos clásticos. ¿No podrían ser de formación algo posterior?

Wheeler (pág. 435) describe la caliza San Luis como arrecifal, maciza, densa, gris, finamente cristalizada, conteniendo foraminíferos grandes, algas y en menor cantidad pelecípodos y corales. Localmente se presentan desarrollos de arenisca y arenisca conglomerática, más comunes hacia la parte norte del arrecife "donde la formación San Luis se interdigita con las formaciones Guarabal y Patiecitos". Se cree que el espesor de la formación es superior a los 800 metros. El pozo de agua Siburúa-7 penetró

695 metros de caliza arrecifal y probablemente de la facies zaguera del arrecife, sin llegar a la base de la formación. Según Wheeler, el contacto inferior de la formación nunca se ha observado, excepto en el área donde una prolongación de la caliza se mete entre la formación Patiecitos y descansa en ésta. En contacto superior con Agua Clara y Guarabal se describe como concordante.

Wheeler (pág. 436) da la siguiente lista de macroforaminíferos provenientes de la formación San Luis:

- Heterostegina panamensis* Gravell
- Lepidocyclina (Lepidocyclina) canellei* Lemoine y R. Douvillé
- Lepidocyclina (Lepidocyclina) forrestii* Vaughan
- Lepidocyclina (Lepidocyclina) sanluisensis* Gravell
- Operculinoides semmesi* Vaughan y Cole
- Operculinoides bullbrooki* Vaughan y Cole
- Operculinoides panamensis* (Cushman)

Wheeler refiere esta fauna al Oligoceno superior pero, según el criterio de Butterlin, podría ser más bien del Mioceno inferior (Aquitaniense). Buscando una correlación por otros criterios, podemos notar que, según las listas de Wheeler, las formaciones Pecaya y Pedregosa contienen ambas *Robulus wallacei*, que según Renz (1948, pág. 162) no se presenta más arriba en la sección de la zona a la cual da su nombre. Por Blow (1959, Chart 1) hallamos que la zona de *R. wallacei* corresponde a parte de las zonas de las especies planctónicas "Catapsydrax" *stainforthi* y *Globigerinatella insueta*, correlacionadas por Blow y por Bandy como Aquitaniense, que el mismo Wheeler (pág. 411) afirma haber incluido en el Mioceno inferior.

Wheeler reporta las siguientes especies de corales de la parte superior de San Luis, una fauna que refiere al Mioceno inferior:

- Montastrea canalis* (Vaughan)
- Porites toulai* Vaughan
- Stylophora imperatoris* Vaughan
- Stylophora panamensis* Vaughan.

Por falta de bibliografía no podemos informar de cuál o cuáles horizontes se describieron estas especies, pero suponemos que pueden provenir de la caliza Emperador de Panamá, correlacionada originalmente como Oligocena, y ahora como Mioceno inferior.

Wheeler enumera especies de la formación Guarabal (pág. 439), que considera contemporánea con San Luis superior y que refiere al Mioceno inferior. La lista incluye *Rectouvierina (Transversigerina) transversa* (Cushman), mejor conocida como *Siphogenerina transversa*, y sugiere, pues, una correlación con la zona de este nombre, que se encuentra un poco más arriba en la secuencia que la zona de *Robulus wallacei*.

En el lado sur de la misma cuenca, la formación *Churuguara* incluye algunas calizas litológicamente semejantes a las calizas de San Luis (Wheeler, pág. 440) en la parte superior de la formación, pero evidentemente las condiciones en esa parte de la cuenca eran mucho menos favorables al desarrollo de arrecifes. Sin embargo, según Wheeler, algunas de las calizas alcanzan por lo menos 30 metros de espesor y algunas pueden ser considerablemente más gruesas. La formación *Churuguara*, según Wheeler, corresponde a un intervalo que va desde el Oligoceno superior al Mioceno inferior. La lista de macroforaminíferos que da Wheeler (págs. 441-442) sugiere que la formación puede ex-

tenderse más hacia abajo en la columna que San Luis, ya que incluye especies de **Eulepidina**: **Lepidocyclina (Eulepidina) favosa**, L. (E.) **gigas**, L. (E.) **undosa**. Según la zonación de Butterlin, podrían corresponder al Oligoceno superior (Chattienense).

Más arriba, en la columna geológica, las condiciones no parecen haber sido propicias para la formación de arrecifes, porque no se indican en formaciones más altas en el Mioceno.

Weisbord (1964, pág. 19) nota la presencia de biostromas y biohermas de algas calcáreas en la formación **Playa Grande** del grupo Cabo Blanco, de edad pliocena, y ofrece excelentes fotografías (Figs. 6,7) del bioherma más grande, en el flanco norte del anticlinal de Punta Gorda (Weisbord, 1957, mapa) donde mide 150 metros de largo y unos 2 metros de espesor. "El bioherma aquí está compuesto de masas esféricas cementadas de una especie indeterminada de alga de color anaranjado que parece corresponder a la familia Corallinaceae y que he mencionado bajo el nombre muy inclusivo de **Lithothamnium**. Unos 400 metros al suroeste del bioherma anaranjado hay una loma de rumbo noreste de una caliza blanca algal de unos 90 metros de longitud, y hay varias calizas delgadas algales semejantes que buzan hacia el sur, en el curso superior de la Quebrada Las Pailas. Se observó un pequeño afloramiento de caliza algal al este del Club Playa Grande en el miembro Catia de la formación Playa Grande" (el bioherma grande corresponde al miembro Maiquetía).

Para concluir, mencionemos algunas identificaciones de corales del Terciario más superior o Cuaternario. Rutten (1940b, pág. 840, llamada) da la siguiente lista de corales identificados por H. Gerth provenientes de la isla de **Cubagua**. Rutten creyó que

pertenecían al Cuaternario, pero, en vista de lo que sabemos de la geología de la isla, la edad podría ser más antigua, quizás Mioceno superior o Plioceno.

Millepora alcicornis (Linneo)
Orbicella acropora (L.)
Oculina diffusa (L.)
Siderastraea radians Pall.

De la isla Tortuga, Rutten reporta las especies siguientes, identificadas por Gerth (Rutten) (1940a, pág. 286):

Pocillopora crassoramosa Duncan
Siderastrea siderea Ellis y Sol.
Acropora muricata (Linneo)
Orbicella acropora (Linneo)
Madracis decactis (L.)
Colpophyllia gyrosa Edw. y Haime
Eusmilia sp.

junto con el alga calcárea **Amphiroa** y el foraminífero **Amphistegina**.

De la isla Ave de Barlovento, Rutten reporta la presencia de dos calizas porosas con restos orgánicos, entre éstas **Amphiroa**. Rutsch comenta que "las calizas jóvenes, cuaternarias, que revisten las islas de este grupo" (las islas de la costa) "se caracterizan por la presencia de **Amphiroa**, que se presenta igualmente en gran abundancia en las calizas cuaternarias de Curazao".

Se ha publicado poco sobre las formaciones coralígenas recientes. Bucher (1952, pág. 33, llamada 17) menciona, como paralelo moderno de la antigua formación de arrecifes oligocenos en los altos submarinos, a los cayos al sur de Chichiriviche, que "... crecen en una zona de forma de casquillo alrededor de la roca arrecifal Terciaria del Cerro de Chichiriviche, cuyo eje se hunde".

Wells (1944, pág. 446) describe corales recientes provenientes de roca dragada en Puerto La Cruz, con algunas observaciones de Hedberg. Este observa que la gran cantidad de roca coralina que fue dragada en ese entonces no incluía corales vivientes, lo cual atribuye a cambios de nivel en tiempos geológicos recientes. Informa, sin embargo, que a algunos kilómetros de distancia de la tierra y alrededor de las numerosas isletas de la bahía abundan los corales vivientes. Wells identificó:

Stephanocoenia michelini Milne-Edwards y Haime (= **Astrea intersepta** Lamarck, 1816 y autores,

no **Madrepora intersepta** Esper, 1797)
Acropora prolifera (Lamarck)
Siderastrea siderea (Ellis y Solander)
Porites furcata Lamarck
Montastrea cavernosa (Linneo)
Montastrea annularis (Ellis y Solander)
Diploria strigosa (Dana)
Colpophyllia natans (Müller)
Eusmilia fastigiata (Pallas)
Meandrina meandrites (Linneo)
Dichocoenia stokesi Milne-Edwards y Haime
D. stellaris M. E. y Haime
Oculina cf. **O. diffusa** Lamarck (ver **O. valenciennesi** M. E. y Haime).

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, J. E. y FRENTZEL, H. N. (1950). "Capitan barrier reef, Texas and New Mexico". *Jour. Geol.*, vol. 58, págs. 289-312.
- AGASSIZ, A. (1883). "The Tortugas and Florida reefs". *Amer. Acad. Arts & Sci., Mem.*, vol. 11, págs. 107-132, Pls. 1-2.
- , — (1893). "A reconnaissance of the Bahamas and of the elevated reefs of Cuba". *Bull. Mus. Comp. Zool.* (Harvard), vol. 26, págs. 1-203, ilustr., mapas.
- , — y POURTALES, L. F. (1876). "Recent corals from Tilibiche, Perú". *Bull. Mus. Comp. Zool.* (Harvard), vol. 3, págs. 287-290. (Estos corales son fósiles y revelan un fuerte levantamiento de la costa, puesto que vienen de una altura entre 2.900 y 3.000 pies).
- AGER, D. V. (1963). *Paleoecology*. Nueva York, McGraw-Hill, 371 págs., ilustr.
- ALMY, C. C. jr. y CARRION TORRES, Carlos (1963). "Shallow-water stony corals of Puerto Rico". *Caribbean Jour Sci.*, vol. 3, nos. 2-3, págs. 132-162, mapa, fotos.
- ANDRUSSOV, N. (1909-1918). *Die fossilen Bryozoenriffe der Halbinsel Kertsch y Taman*. Kiev, Lief. 1-3, 144 págs.
- ARKELL, W. J. (1928). "Aspects of the ecology of certain fossil coral reefs". *Jour Ecol.*, vol. 16, págs. 134-149.
- , — (1933). *The Jurassic system in Great Britain*. Oxford. (Distribución de corales, págs. 557-562).
- , — (1935). "On the nature, origin and climatic significance of the coral reefs in the vicinity of Oxford". *Quart. Jour. Geol. Soc.* London, vol. 91, págs. 77-110.
- BANDY, O. L. (1964). "Cenozoic planctonic foraminiferal zonation". *Micropaleontology*, vol. 10, n° 1, págs. 1-17.
- BELYEA, H. R. (1955). "Cross sections through the Devonian system of the Alberta plains". *Geol. Surv. Canada Paper* 53-3, 29 págs.
- , — (1957). "Correlation of Devonian subsurface formations, southern Alberta". *Geol. Surv. Canada, Dept. Mines & Tech. Surv. Paper* 55-38, 16 págs.

- BERNARD, H. M. (1906). "Porites of the Atlantic and West Indies, with the European fossil forms. Supplement to the genus *Goniopora*". *Cat. Madrep. Brit. Mus.*, vol. 6, pt. 6, 173 págs., 17 pls.
- BLOW, W. H. (1959). "Age, correlation and biostratigraphy of the upper Tocuyo (San Lorenzo) and Pozón formations, eastern Falcón, Venezuela". *Bull. Amer. Paleont.*, vol. 39, n° 178, págs. 67-251, ilustr.
- BONET, F. (1952). "La facies urgoniana del Cretácico Medio de la región de Tampico". *Bol. Asoc. Mexicana Geol. Petrol.*, vol. 4, págs. 153-262.
- BOOS, C. M. (1950) "Source beds for oil near coral reefs". *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, vol. 34, n° 2, pág. 313. (Las condiciones no son favorables).
- BOSCHMA, H. (1926). "On the food of reef-corals". *K. Akad. Wetens. Amsterdam, Proc.*, vol. 29, págs. 993-997.
- BOURGEAT, E. (1888). *Récherches sur les formations coralligènes du Jura Méridional*. París, 187 págs., 16 figs.
- BRADLEY, W. H. (1928). "Algal reefs and oolites of the Green River formation". *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* 154-G.
- BRANNER, J. C. (1904). "The stone reefs of Brazil, their geologic and geographical relations, with a chapter on the coral reefs". *Bull. Mus. Comp. Zool.* (Harvard), vol. 44, 285 págs., 99 pls., 104 figs.
- BROWN, N. K. jr. y BRONNIMANN, Paul (1957). "Some Upper Cretaceous rotaliids from the Caribbean region". *Micropaleontology*, vol. 3, n° 1, págs. 29-38, pl. 1, textfigs. 1-30.
- BUCHER, W. H. (1952). "Geologic structure and orogenic history of Venezuela". *Geol. Soc. Amer. Memoir* 49, 113 págs.
- BUTTERLIN, J. (1962). "A propos de l'Oligocène de la région des Caraïbes". *Bull. Soc. Géol. France*, 7^e sér., tome IV, n° 3, págs. 390-393.
- CARY, L. R. (1918). "The Gorgonaceae as a factor in the formation of coral reefs". *Papers, Dept. Marine Biol., Carnegie Inst. Washington*, vol. 9, págs. 341-362.
- CAUDRI, C. B. M. (1944). "The larger foraminifera from San Juan de los Morros, State of Guárico, Venezuela". *Bull. Amer. Paleont.*, vol. 28, n° 114, págs. 355-412.
- CLOUD, P. E. jr. (1952). "Facies relations of organic reefs". *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 36, págs. 2125-2149.
- CORYELL, H. N. y OHLSEN, Violet (1929). "Fossil corals of Puerto Rico, with descriptions also of a few recent species". *Scient. Surv. Puerto Rico and Virgin Islands, New York Acad. Sci.*, vol. 3, págs. 167-236, 18 pls.
- CROSSLAND, C. (1927). "Marine ecology and coral formations in the Panama region, Galápagos and Marquesas islands and the atoll of Napuka". *Roy. Soc. Edinburgh Trans.*, vol. 55, págs. 531-554, 11 figs.
- CUMINGS, E. R. (1932). "Reefs or bioherms?". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 43, págs. 331-352.
- y SCHROCK, R. R. (1928). "Niagaran coral reefs of Indiana and adjacent states and their stratigraphic relations". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 39, págs. 579-620, figs. 1-12.
- CUSHMAN, J. A. (1942). "A report on samples obtained by the boring at Heron Island, Great Barrier Reef, Australia". *Repts. Gt. Barrier Reef Comm.*, Brisbane, vol. 5, appendix 1, págs. 112-119, 2 pls.
- , ———, TODD, Ruth, y POST, R. J. (1954). "Recent foraminifera of the Marshall Islands". *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* 260-H, págs. 319-384.
- DANA, J. D. (1872). *Corals and coral islands*. Nueva York, 1^a ed., 398 págs. (Otras ediciones hasta 1890).
- DARWIN, Charles (1889). *The structure and distribution of coral reefs*. (3^a ed.) Londres, Smith, Elder y Co., 344 págs.
- DEHORNE, Y. (1920). "Les stromatoporoïdes des terrains secondaires". *Mém. Expl. Carte Géol. France*, 170 págs., 33 figs., 17 pls.
- DENGO, G. (1951). "Geología de la región de Caracas". *Bol. Geología* (Caracas), vol. 1, n° 1, págs. 39-116.
- (1953). "Geology of the Caracas region, Venezuela". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 64, n° 1, págs. 7-40.
- DOTY, M. S. (1957). "Annotated bibliography of marine algae". *Geol. Soc. Amer.*, Memoir 67, vol. 1 (Ecology), págs. 1.041-1.050.
- DOYLE, W. L. y DOYLE, M. M. (1940). "The structure of zooxanthellae". *Carnegie Inst. Washington*, Pub. 517, Papers Tortugas Lab. vol. 32, págs. 127-142.
- DUERDEN, J. E. (1902). "West Indian madreporarian polyps". *Nat. Acad. Sci.* (Washington), *Mem.*, vol. 8, n° 7, págs. 403-648, pls. 1-25, figs. 1-18.
- DUNBAR, C. O. y RODGERS, John (1957). *Principles of stratigraphy*. Nueva York, Wiley, 356 págs.
- y ——— (1963). *Principios de estratigrafía*. Edición en español del anterior, traducida por Manuel ALVAREZ jr. México, C. A. Continental, S. A., 422 págs.
- DUNCAN, P. M. (1863-67). "On the fossil corals of the West Indian islands". *Quart. Jour. Geol. Soc.*, London, vol. 19 (1863), págs. 406-458, pls. 13-16; vol. 20 (1864), págs. 20-44, 358-374, pl. 25; vol. 24 (1867), págs. 9-33, pls. 1-2.
- , ——— (1870). "The physical geography of western Europe during the Mesozoic and Cainozoic periods elucidated by their coral faunas". *Quart. Jour. Geol. Soc.* London, vol. 26, págs. 51-69.
- , ——— y WALL, G. P. (1865). "Notice of the geology of Jamaica, with descriptions of Eocene, Cretaceous and Miocene corals". *Quart. Jour. Geol. Soc.* London, vol. 21, págs. 1-14, pl. 1.
- DURHAM, J. W. (1944). "Corals from the Gulf of California and the north Pacific coast of North America". *Geol. Soc. Amer. Memoir* 20, 68 págs., 14 pls.
- EAMES, F. E., BANNER, F. T., BLOW, W. H. y CLARKE, W. J. (1962). *Fundamentals of mid-Tertiary stratigraphical correlations*. Cambridge, Univ. Press, 163 págs.
- ELIAS, M. K. (1948). "Algae in recent and ancient reefs". *Rept. Comm. Marine Ecology as related to Paleocology*, Nat. Res. Council, 1946-47, págs. 73-76.
- EMERY, K. O. (1948). "Submarine geology of Bikini island". *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 59, págs. 855-860, 5 pls.
- , ———, TRACY, J. I. jr. y LADD, H. S. (1954). "Geology of Bikini and nearby atolls". *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* 260-A, 265 págs., 73 pls., 78 figs., 11 charts.
- EVANOFF, Juan (1951). "Geología de la región de Altagracia de Orituco". *Bol. Geología* (Caracas), vol. 1, n° 3, págs. 237-264.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1950). "Recent and Pleistocene coral reefs of Australia". *Jour. Geol.*, vol. 58, págs. 330-401.
- FELIX, J. (1890). "Versteinerungen aus der mexicanischen Jura-und Kreideformation". *Palaeontographica*, vol. 37, n° 6, págs. 140-194, pls. 22-30.
- , ——— (1914-1929). *Fossilium Catalogus. I. Animalia*. Pars 5. (*Anthozoa palaeoretacea* (1914 a)). Pars 6. (*Anthozoa cenomanica* (1914 b)). Pars 7. (*Anthozoa neoretacea* (1914 c)). Pars 28. (*Anthozoa eocænica et oligocænica* (1925)). Pars 35. (*Anthozoa miocænica* (1927)). Pars 44. (*Anthozoa pliocænica et pleistocænica* (1928)).
- FENTON, C. L. y FENTON, M. A. (1933). "Algal reefs or bioherms in the Belt series of Montana". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 44, n° 6, págs. 1.135-1.142, 2 figs., 1 pl.
- y ——— (1939). "Precambrian and Paleozoic algae". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 50, págs. 89-126.
- y ——— (1957). "Paleoecology of the Precambrian of northwestern North America". *Geol. Soc. Amer.*, Memoir 67, vol. 2, págs. 103-116, 1 figs.
- FRENTZEN, K. (1932). "Palaeobiologisches... über die Korallenvorkommen in oberen Weissen Jura bei Nattheim, O.-A. Heidenheim". *Badische Geol. Abh.*, vol. 4, págs. 43-57.
- FRITSCH, H. (1924). "Neue Kreidefaunen aus Südamerika (Chile, Bolivia, Perú, Colombia). III. Eine neocome Schwamm- und Korallenfauna aus Chile". *Neues Jahrb. B. B.*, vol. 50, págs. 313-321, pls. 3-4.
- GARDINER, J. S. (1898). "The coral reefs of Funafuti, Rotuma and Fiji, together with notes on the structure and formation of coral reefs in general". *Cambridge Philos. Soc., Proc.*, vol. 9, págs. 417-503, 1 pl., 7 figs.
- , ——— (1931). *Coral reefs and atolls*. Londres, MacMillan, 181 págs. ilustr.
- GERTH, H. (1928). "Beiträge zur Kenntniss der mesozoischen Korallenfauna von Südamerika". *Leidsche Geol. Meded.*, vol. 3, págs. 1-15, pls. 1-2. (Caliza de rudistas de Curazao).

- GONZALEZ DE JUANA, Clemente (1951). "Introducción al estudio de la Geología en Venezuela, 3ª parte, Capítulo V: Las formaciones del Eoceno en los Andes venezolanos y en la subcuenca del Lago de Maracaibo". **Bol. Geología (Caracas)**, vol. 1, nº 3, págs. 265-288.
- GRABAU, A. W. (1924). **Principles of stratigraphy** (2ª ed.). Nueva York, Seiler (Capítulo X, págs. 385-449, "Coral and other reefs").
- GREGORY, J. W. (1900). "On the West Indian species of Madrepora". **Ann. Mag. Nat. Hist.**, ser 7, vol. 6, págs. 20-31.
- , — (1927). "Some lower Cretaceous corals from eastern Venezuela". **Geol. Mag.**, vol. 64, págs. 440-444, pl. 13.
- , — (1929). "Dendroseris n. g. and other corals from Trinidad". **Geol. Mag.** vol. 66, págs. 65-68, 1 pl.
- , — (1931). "Eomontipora, a new coral from the Cretaceous of Honduras and the affinities of the Montiporidae". **Ann. Mag. Nat. Hist.** ser. 10, vol. 7, págs. 91-96, pl. 3.
- GRESSLY, A. (1838-41). "Observations géologiques sur le Jura Soleurois". **Schweiz. Naturf. Ges., N. Denkschr.**, vol. 2, págs. 1-112, pls. 1-5 (1838); vol. 4, págs. 113-245, pls. 6-12 (1840); vol. 5, págs. 246-349, pls. 13, 14. (Una obra clásica, la primera exposición del concepto de facies, y uno de los primeros análisis de corales recifales y no arrecifales, con un mapa de la distribución de arrecifes en el Jurásico Superior de los montes Jura).
- HADDING, A. (1941). "The pre-Quaternary sedimentary rocks of Sweden. VI. Reef limestones". **Lund Univ. Arssk.** vol. 37, nº 10, 137 págs., 88 figs. (Principalmente se trata de los arrecifes silúricos de Gotland).
- , — (1950). "Silurian reefs of Gotland". **Jour Geol.**, vol. 58, págs. 402-409.
- HARTT, C. F. (1870). **Geology and physical geography of Brazil**. Boston, 620 págs., figs. (págs. 187-214, descripción de los arrecifes brasileños, distribución de especies).
- HEDBERG, H. D. y PYRE, A. (1944). "Stratigraphy of northeastern Anzoátegui, Venezuela". **Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.**, vol. 28, nº 1, págs. 1-28.
- HESS, H. H. y MAXWELL, J. C. (1949). "Geological reconnaissance of the island of Margarita". (Part. 1). **Bull. Geol. Soc. Amer.**, vol. 60, nº 12, págs. 1857-1868.
- HEILPRIN, A. (1891). "The corals and coral reefs of the western waters of the Gulf of Mexico". **Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia**, vol. 62, págs. 303-316.
- HENSON, F. R. S. (1950) "Cretaceous and Tertiary reef formations and associated sediments in Middle East". **Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.**, vol. 34, nº 2, págs. 215-238, figs. 1-14.
- HILL, D. (1948). "The distribution and sequence of Carboniferous coral faunas". **Geol. Mag.**, vol. 85, págs. 121-148, 5 figs.
- HOWE, M. A. (1919). "Contributions to the geology and paleontology of the West Indies. I. Tertiary calcareous algae from the islands of Taint Bartholomew, Antigua and Anguilla". **Carnegie Inst. Washington**, Pub. 291, págs. 9-19, 6 pls.
- , — (1932). "The geological importance of the lime-secreting algae". **U. S. Geol. Surv., Prof., Paper** 170-E, págs. 57, 69, pls. 19-23.
- ILLING, M. A. (1952). "Distribution of certain foraminifera within the littoral zone on the Bahama Banks". **Ann. Mag. Nat. Hist.**, ser. vol. 5, págs. 275-285.
- ILLING, L. V. (1954). "Bahaman calcareous sands". **Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.**, vol. 38, nº 1, págs. 1-95.
- JOHNSON, J. H. (1937). "Algae and algal limestones from the Oligocene of South Park, Colorado". **Bull. Geol. Soc. Amer.**, vol. 48, págs. 1.227-1.236, 1 fig., 2 pls.
- , — (1942). "Permian lime-secreting algae from the Guadalupe mountains, New Mexico". **Bull. Geol. Soc. Amer.**, vol. 53, págs. 195-226, 7 pls., 5 figs.
- , — (1943). "Geological importance of calcareous algae, with annotated bibliography". **Quart. Colorado School of Mines**, vol. 38, nº 1, 102 págs.
- KING, P. B. (1934). "Permian stratigraphy of trans-Pecos Texas". **Bull. Geol. Soc. Amer.**, vol. 45, págs. 697-798.
- , — (1942). "Permian of west Texas and southeastern New Mexico". **Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.**, vol. 26, págs. 535-763.
- , — (1948). "Geology of the southern Guadalupe Mountains, Texas". **U. S. Geol. Surv. Prof. Paper** 215.
- KING, R. E. (1934). "The Permian of southwestern Coahuila, Mexico". **Amer. Jour. Sci.**, 5th ser., vol. 27, págs. 98-112. (Describe arrecifes, supuestamente de edad Guadalupeense en que esponjas jugaban un papel importante).
- KOERNER, R. (1937). "Marine (Cassianer-Raibler) Trias am Nevado de Acrotambo (Nord-Perú)". **Palaeontographica**, vol. 86 A, págs. 152-155, pl. 10.
- KUENEN, Ph. H. (1950). **Marine geology**. Nueva York y Londres, John Wiley & Sons, 568 págs. ilustr. (Arrecifes coralinos, págs. 414-479).
- KUGLER, H. G. (1957). "Contribution to the geology of the islands Margarita and Cubagua, Venezuela". **Bull. Geol. Soc. Amer.**, vol. 68, nº 5, págs. 555-566.
- IMBT, R. F. y McCOLLUM, S. V. (1950). "Todd deep field, Crockett County, Texas". **Bull. Amer. Ass. Pet. Geol.**, vol. 34, nº 2, págs. 239-262, 2 pls., 13 figs. (Un campo petrolero que produce de un arrecife crinoidal de edad pensilvánica).
- LADD, H. S. (1944). "Reefs and other bioherms". **Rept. Comm. Marine Ecology as related to Paleocology, Nat. Res. Council**, Rep. 4, págs. 26-29.
- , — (1950). "Recent reefs". **Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.**, vol. 34, nº 2, págs. 203-214, 8 figs.
- , — TRACY, J. I. jr. y LILL, G. G. (1948). "Drilling on Bikini atoll, Marshall Islands". **Science**, vol. 107, nº 2.768, págs. 51-55. figs. 1-2.
- , — TRACY, J. I. jr., WELLS, J. W. y EMERY, K. O. (1950). "Organic growth and sedimentation on an atoll". **Jour. Geol.**, vol. 58, nº 4, págs. 410-425, figs. 1-2, pls. 1-7.
- LAUBSCHER, H. P. (1955). "Structural and petrogenetic aspects of the Baruta area in the Venezuelan Coast Range". **Ecol. Geol. Helvet.**, vol. 48, nº 2, págs. 329-344, 9 figs.
- LAYER, D. B. y otros (1949). "Leduc oil field, Alberta, a Devonian coral-reef discovery". **Amer. Assoc. Pet. Geol. Bull.**, vol. 33, págs. 572-602.
- LECOMPTE, M. (1954). **Quelques données relatives a la genèse et aux caractères écologiques des "récifs" du Frasnien de l'Ardenne**. Volume Jubilaire Victor Van Straelen, pt. 1, págs. 151-194, 1 fig., 6 pls. (Describe estructuras formadas por estromatoporoideos y corales devónicos).
- , — (1937). "Some observations on the coral reef area of Tortugas". **Carnegie Inst. Washington**, Ann. Rept. Tortugas Lab., págs.. 96-97.
- LEMOINE, Mme. Paul (1940). **Les algues calcaires de la zone néritique**. En: "Contribution a l'étude de la répartition actuelle et passéee des organismes dans la zone néritique". **Soc. de Biogéographie**, vol. 7, págs. 75-138, París, Paul Lechevalier.
- LIDDLE, R. A. (1948). **The geology of Venezuela and Trinidad** (2nd ed.).
- LINK, T. A. (1927). "Post-Tertiary strand line oscillations in the Caribbean coastal area of Colombia, S. A.". **Jour Geol.**, vol. 35, nº 1, págs. 58-72.
- , — (1949). "Leduc oil field, Canada". **Bull. Geol. Soc. Amer.**, vol. 60, págs. 381-402.
- , — (1950). "Theory of transgressive and regressive reef (bioherm) development and origin of oil". **Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.**, vol. 34, nº 2, págs. 263-294, 2 pls., 18 figs.
- LOWENSTAM H. A. (1948). "Biostratigraphic studies of the Niagaran inter-reef formations in northeastern Illinois". **Illinois State Mus. Sci. Papers**, vol. 4, 146 págs.
- , — (1949). "Niagaran reefs in Illinois and their relations to oil accumulation". **Illinois Geol. Surv. Rept. Inv.**, nº 145, 36 págs.
- , — (1950). "Niagaran reefs of the Great Lakes area". **Jour. Geol.**, vol. 58, págs. 430-487.
- , — (1955). "Aragonite needles segregated by algae and some sedimentary implications". **Jour. Sed. Petrol.**, vol. 25, nº 4, págs. 270-272.
- , — (1957). "Niagaran reefs in the Great Lakes area". **Geol. Soc. Amer.**, Memoir 67, vol. 2, págs. 215-248.

- MA, T. Y. H. (1954). "Climate and the relative position of continents during the Lower Carboniferous period". *Acta Geol. Taiwanica*, nº 6, págs. 1-86.
- McKEE, E. D. (1958). "Geology of Kapingamarangi atoll, Caroline Islands". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 69, nº 3, págs. 241-278.
- , ———, CHRONIC, J. y LEOPOLD, E. B. (1959). "Sedimentary belts in lagoon of Kapingamarangi atoll". *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.*, vol. 43, págs. 501-562.
- MacNEIL, F. S. (1954). "Organic reefs and banks and associated detrital sediments". *Am. Jour. Sci.*, vol. 252, págs. 385-401.
- MANTON, S. M. y STEPHENSON, T. A. (1935). *Ecological surveys of coral reefs. Great Barrier Reef Exped., Sci. Repts.* 1928-29, vol. 3, págs. 273-312, 16 pls.
- MEYERS, E. H. (1942). "Ecologic relationships of recent and fossil foraminifera". *Rept. Comm. Marine Ecology as related to Paleogeology, 1941-42*, págs. 31-36.
- , ——— (1943). "Ecologic relationships of larger foraminifera". *Rept. Comm. Marine Ecology as related to Paleogeology, 1942-43*, págs. 26-30.
- MOORE, W. E. (1957). "Ecology of recent foraminifera in northern Florida Keys". *Bull. Amer. Ass. Pet. Geol.*, vol. 41, págs. 727-741.
- MORET, Leon (1947). *Précis de géologie*. Paris, Masson, 637 págs. (Ver especialmente fig. 168, pág. 337, migración de la facies arrecifal en el Jurásico Superior de Francia).
- MOORE, H. B. (1958). *Marine ecology*. Nueva York, Wiley, 493 págs. (Arrecifes de coral), págs. 322-335).
- MUPELLERRIED, F. K. G. (1933-34). *Estudios paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla*. Univ. México. Inst. Biol., *Annales*, vol. 4, págs. 34-46, 79-93, 309-330; vol. 5, págs. 55-80, 39 figs.
- NEWELL, N. D. (1954). "Reefs and sedimentary processes of Raroia". *Atoll Research Bull.*, nº 36, 35 págs.
- , ——— (1955 a). "Depositional fabric in Permian reef limestones". *Jour. Geol.* vol. 63, págs. 301-309.
- , ——— (1955 b). "Bahamian platforms". *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 62, págs. 303-315.
- , ——— (1957). "Paleoecology of Permian reefs in the Guadalupe mountain area". *Geol. Soc. Amer.*, Memoir 67, vol. 2, págs. 407-436, 11 figs.
- NEWELL, N. D. y DIGBY, J. K. (1957). *Geologic studies on the Great Bahama Bank*. En: "Regional aspects of carbonate deposition", *Soc. Econ. Paleont. and Mineral., Spec. Pub.* 5, págs. 15-79.
- NEWELL, N. D., RIGBY, J. K., WHITEMAN, A. J. y BRADLEY, J. S. (1951). "Shoal-water geology and environments, eastern Andros Island, Bahamas". *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, vol. 97, art. 1, págs. 1-29, figs. 1-5, pls. 1-8.
- NEWELL, N. D., RIGBY, J. K., FISCHER, A. G., WHITEMAN, A. J., HICKOX, J. E. y BRADLEY, J. S. (1953). *The Permian reef complex of the Guadalupe Mountain region, Texas and New Mexico; a study in paleogeology*. San Francisco, Freeman, 111 págs.
- OGILVIE-GORDON, M. M. (1894). "Coral in the Dolomites". *Geol. Mag.*, ser. 4, vol. 1, págs. 1-10, 49-60, pls. 2-3.
- , ——— (1927). *Das Gradener-Fauna und Enneberggebiet in die Südtiroler Dolomiten*. Geol. Bundanstalt.
- OKULITCH, V. J. (1955). *Archaeocyatha*. Ed. MOORE, R. C. (ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology*, part E (Archaeocyatha and Porifera), págs. E1-E20.
- , ——— y NELSON, S. J. (1957). "Annotated bibliography: sponges of the Paleozoic". *Geol. Soc. Amer.*, Mem. 67, vol. 2, págs. 763-770.
- PALMER, R. H. (1928). "Fossil and Recent corals and coral reefs of western Mexico". *Amer. Philos. Soc., Proc.*, vol. 67, págs. 21-31, 3 pls.
- PETTIJOHN, F. J. (1957). *Sedimentary rocks*. 2ª ed., Nueva York, Harper, 718 págs. (Biohermas y calizas biohermales, págs. 395-398; la descripción está basada principalmente en los biohermas silúricos. Calizas biostromales, págs. 398-400).
- PHLEGER, F. B. (1960). *Ecology and distribution of Recent foraminifera*. Baltimore, The John Hopkins Press., 297 págs. (Faunas de arrecifes coralinos, págs. 181-185).
- PIJPERS, P. J. (1933). "Geology and paleontology of Bonaire". *Geogr. Geol. Meded. Utrecht*, vol. 8, págs. 75-103, 2 pls., 147 figs.
- POURTALES, L. F. de (1870). "Florida reef corals". *Mem. Mus. Comp. Zool.* (Harvard), II.
- PUGH, W. E. (1950). *Bibliography of organic reefs, bioherms and biostromes*. Tulsa, Seismograph Service Corp., 139 págs.
- RATHBUN, R. (1879). "Brazilian corals and coral reefs". *Amer. Naturalist*, vol. 13, págs. 539-551.
- RAYMOND, P. E. (1924). "The oldest coral reef". 14th Bienn. Rept. Vermont State Geologist for 1923-24, págs. 72-78.
- RENZ, H. H. (1948). "Eratigraphy and fauna of the Agua Salada group, State of Falcón, Venezuela". *Geol. Soc. Amer.*, Memoir 32, 219 págs.
- , ——— (1955). "Some Upper Cretaceous and lower Tertiary foraminifera from Aragua and Guárico". *Micropaleontology*, vol. 1, nº 1, págs. 52-71.
- RENZ, Otto (1960). "Geología de la parte sureste de la península de la Guajira (República de Colombia)". *III Congr. Venez., Mem.*, tomo I, págs. 317-347, mapas.
- RICHARDSON, E. S. (1949). "Some Lower Huronian stromatolites of northern Michigan". *Fieldiana*, vol. 10, págs. 47-62.
- RIVERO, Frances Charlton de (1962). "Paleontología, paleoecología y ecología marina". *Geos*, nº 7, U.C.V., Caracas, págs. 5-101, ilustr.
- ROD, Emile and WAYNC, Wolf (1954). "Revision of Lower Cretaceous stratigraphy of Venezuela". *Bull. Amer. Ass. Pet. Geol.*, vol. 38, nº 2, págs. 193-283.
- ROSALLES, Hugo (1959). "Discusión sobre la formación El Cantil del noreste de Venezuela". *Bol. Geología* (Caracas), vol. 5, nº 10, págs. 99-105.
- , ——— (1960). "Estratigrafía del Cretáceo - Paleoceno - Eoceno de la Serranía del Interior, Oriente de Venezuela". *III Congr. Geol. Venez., Mem.*, tomo II, págs. 471-500.
- RUTTEN, L. (1940 a). "New data on the smaller islands north of Venezuela". *Nederl. Akad. Wetenschap, Proc.*, vol. 43, nº 7, págs. 820-827.
- , ——— (1940 b). "On the geology of Margarita, Cubagua and Coche". *Ibid.*, págs. 828-841.
- SARGENT, M. C. y AUSTIN, T. S. (1954). "Biologic economy of coral reefs". *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* 260-E, págs. 293-300, 100 figs., 5 tablas.
- SHAGAM, R. (1960 a). "Geology of central Aragua, Venezuela". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 71, págs. 249-302.
- , ——— (1960 b). "Geología de Aragua central". *III Congr. Geol. Venez., Mem.*, tomo II, págs. 573-674.
- SIEBER, R. (1937). "Neue Untersuchungen über die Stratigraphie und Oekologie der alpiner Triasfaunen. I. Die Faunen der nordalpiner Rhaetifalkalke". *Neues Jahrb. B. B. (B)*, vol. 78, págs. 123-188, pls. 3-5, 5 figs.
- SMITH, F. G. Walton (1948). *Atlantic reef corals: a handbook of the common reef and shallow-water corals of Bermuda, Florida, the West Indies and Brazil*. Univ. Miami Press, 112 págs., 41 pls.
- SMITH, R. J. (1952). "Geología de la región de Los Teques-Cúa". *Bol. Geología* (Caracas), vol. 2, nº 6, págs. 333-406.
- , ——— (1953). "Geology of the Los Teques-Cúa region, Venezuela". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 64, nº 1, págs. 41-64.
- STEARNS, H. T. (1946). "An integration of coral-reef hypotheses". *Am. Jour. Sci.*, vol. 244, pág. 247.
- STEINMANN, G. (1881). "Zur Kenntniss der Jura- und Kreideformation von Caracoles (Bolivia)". *Neues Jahrb. B. B. 1*, págs. 239-301, pls. 9-14.
- STEPHENSON, T. A. y STEPHENSON, A. (1950). "Life between tide-marks in North America. I. The Florida Keys". *Jour. Ecology*, vol. 38, págs. 354-402, pls. 9-15, 10 figs.
- TAYAMA, Risaburo (1935). "Table reefs, a particular type of coral reefs". *Proc. Imper. Acad.* Tokyo, vol. 11, nº 7, págs. 268-270.
- TAYLOR, G. C. (1960). "Geología de la isla de Margarita, Venezuela". *III Congr. Geol. Venez., Mem.*, tomo II, pág. 838.

- TEICHERT, C. (1952). "Fossile Riffe als Klimazeugen in Australien". *Geol. Rundschau*, vol. 11, págs. 33-38, 1 fig.
- TERMIER, H. y TERMIER, G. (1952). *Histoire géologique de la biosphère*. París, Masson, 721 págs., ilustr. (Mapas paleogeográficos de diferentes edades, con indicación de los arrecifes).
- THOMAS, H. D. (1942). "On fossils from Antigua and the age of the Seaforth limestone". *Geol. Mag.*, vol. 79, págs. 49-61, pls. 3-4.
- THORP, E. M. (1936). "The sediments of the Pearl and Hermes reef". *Jour. Sedim. Petrol.*, vol. 6, págs. 109-118.
- TWENHOFEL, W. H. (1950). "Coral and other organic reefs in geologic column". *Bull. Amer. Ass. Pet. Geol.*, vol. 34, n° 2, págs. 182-202.
- UMBROGROVE, J. H. F. (1928). "De Korallriffen in de Baai van Batavia". *Dienstv. d. Mijnb. Ned.-Ind.*, Wetens. Meded. n° 7.
- , ——— (1947). "Coral reefs of the East Indies". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 58, págs. 728-788.
- , ——— y VERWEY, J. (1929). "The coral reefs in the Bay of Batavia". *Fourth Pacific Sci. Congr.*, Excursión A-2, 30 págs., 8 figs., 3 pls.
- (Varios- Editorial staff of LIFE and Lincoln BARNETT) (1955). *The world we live in*. Nueva York, Time Inc. (Part. VIII, The coral reef, págs. 152-172).
- VAUGHAN, T. W. (1899). "Cretaceous and Eocene corals from Jamaica". *Bull. Mus. Comp. Zool.* (Harvard), vol. 34, págs. 227-250, 4 pls.
- , ——— (1900). "The Eocene and lower Oligocene coral faunas of the United States with a few doubtfully Cretaceous species". *U. S. Geol. Surv. Monog.* 39, 263 págs., 24 pls.
- , ——— (1901 a). "Some fossil corals from the elevated reefs of Curacao, Aruba and Bonaire (West Indies)". *Geol. Reichsmus.*, Leiden, Samml. (2), vol. 2, págs. 1-91.
- , ——— (1901 b). "Corals". En "Eocene". *Maryland Geol. Surv.*, págs. 222-232, pls. 61.
- , ——— (1901 c). "The stony corals of Porto Rican waters". *U. S. Fish Com. Bull.* 1900, vol. 2, págs. 289-320, pls. 1-38.
- , ——— (1902). "The earliest Tertiary coral reefs in the Antilles and the United States". *Science*, n. s., vol. 15, págs. 506-507.
- , ——— (1903). "Corals of the Buda limestone". *U. S. Geol. Surv. Bull.* 205, págs. 37-40, pls. 26-27.
- , ——— (1904 a). "Corals", en "Miocene". *Maryland Geol. Surv.*, págs. 438-447, pls. 122-129.
- , ——— (1909). "Geology of the Keys, the marine bottom deposits and recent corals of southern Florida". *Carnegie Inst. Washington*, Yearbook n° 8, págs. 140-144.
- , ——— (1911 a). "Physical conditions under which the Paleozoic reefs were formed". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 22, págs. 238-252.
- , ——— (1911 b). "Recent Madreporaria of southern Florida". *Carnegie Inst. Washington*, Yearbook n° 9, págs. 135-144, 1 pl.
- , ——— (1912). "Madreporaria and marine bottom deposits of Florida". *Carnegie Inst. Washington*, Yearbook n° 10, págs. 147-156, pls. 4-6. (Estudios sobre la reproducción de los corales y la fijación de las plánulas).
- , ——— (1913). "Studies of the geology and of the Madreporaria of the Bahamas and southern Florida". *Carnegie Inst. Washington*, Yearbook n° 11, págs. 153-162.
- , ——— (1914). "The reef corals of southern Florida". *Carnegie Inst. Washington*, Yearbook n° 12, págs. 181-183.
- , ——— (1915 a). "The geological significance of the growth-rate of the Floridan and Bahaman shoal-water corals". *Washington Acad. Sci., Jour.* vol. 5, págs. 591-600.
- , ——— (1915 b). "Reef corals of the Bahamas and southern Florida". *Carnegie Inst. Washington*, Yearbook n° 13, págs. 222-226.
- , ——— (1916 a). "Results of investigation of the ecology of the Floridan and Bahaman shoal-water corals". *Proc. Nat. Acad. Sci.*, Washington, vol. 2, págs. 95-100.
- , ——— (1916 b). "On recent Madreporaria of Florida, the Bahamas and the West Indies and on collections from Murray Island, Australia". *Carnegie Inst. Washington*, Yearbook n° 14, págs. 220-231.
- , ——— (1918). "Temperature of the Florida coral reef tract". *Carnegie Inst. Washington*, Pub. 213, págs. 319-339.
- , ——— (1919). "Corals and the formation of coral reefs". *Smithsonian Inst., Ann. Rept.* 1917, págs. 189-238, 38 pls., figs.
- , ——— (1919 b). "Fossil corals from Central America, Cuba and Puerto Rico, with an account of the American Tertiary, Pleistocene and Recent coral reefs". *U. S. Nat. Mus. Bull.* 103, págs. 189-524, pls. 68-152.
- , ——— y otros (1921). "A geological reconnaissance of the Dominican Republic". *Domin. Rep. Geol. Surv. Mem.*, vol. 1, 268 págs. (Paleontología, págs. 89-168).
- , ——— (1924). (Listas de corales, en) WOODRING, W. P. y otros, *Geology of the Republic of Haiti*. (Part. 2, págs. 84-259, passim).
- , ——— (1922). *Corals from the Eocene deposits of Perú*. En: BOSWORTH, T. O. *Geology of north and west part of Perú*, págs. 124-135, pls. 21-23.
- , ——— (1923). "Stratigraphy of the Virgin Islands of the United States and Culebra and Vieques Islands, and notes on eastern Puerto Rico". *Jour. Washington Acad. Sci.*, vol. 13, págs. 303-317.
- , ——— (1924). "American and European Tertiary reef corals". *Geol. Soc. Amer., Bull.*, vol. 35, págs. 823-825.
- , ——— (1940). "Ecology of modern marine organisms with reference to paleogeography". *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 51, págs. 433-468, 8 figs.
- , ——— (1945). "American old and middle Tertiary larger foraminifera and corals. Part I. American Paleocene and Eocene larger foraminifera". *Geol. Soc. Amer., Memoir* 9, págs. 1-175.
- , ——— y COLE, W. S. (1941). "Preliminary report on the Cretaceous and Tertiary larger foraminifera of Trinidad, British West Indies". *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* n° 30, 137 págs.
- , ——— y HOFFMEISTER, J. E. (1925). "New species of fossil corals from the Dominican Republic". *Bull. Mus. Comp. Zool.* Harvard Univ., vol. 67, págs. 317-326.
- , ——— y ——— (1926). "Miocene corals from Trinidad". *Carnegie Inst. Washington*, Pub. 344, págs. 105-134, 7 pls.
- , ——— y WELLS, J. W. (1943). "Revision of the suborders, families, and genera of the Scleractinia". *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* n° 44, 363 págs., 51 pls. (Extensa bibliografía).
- VERRILL, A. E. (1869). "Comparison of coral faunas of the Atlantic and Pacific coasts of the Isthmus of Darien". *Amer. Naturalist*, vol. 3, págs. 499-500.
- , ——— (1902 a). "Variations and nomenclature of Bermudian, West Indian and Brazilian reef corals, with notes on various Indo-Pacific corals". *Trans. Connecticut Acad. Arts. Sci.*, vol. 11, págs. 63-168, 26 pls.
- , ——— (1902 b). "Comparisons of the Bermudian, West Indian and Brazilian coral faunas". *Connecticut Acad. Arts. Sci. Trans.* vol. 12, págs. 204-247, pls. 28-31, figs. 71-101.
- VON DER OSTEN, E. (1954). "Geología de la región de la Bahía de Santa Fé, Estado Sucre". *Bol. Geología* (Caracas), vol. 3, n° 8, págs. 123-211.
- , ——— (1957 a). "A fauna from the Lower Cretaceous Barranquín of Venezuela". *Jour. Paleont.*, vol. 31, n° 3, págs. 571-591.
- , ———, E. (1957 b). "Lower Cretaceous Barranquín formation of north-eastern Venezuela". *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 41, n° 4, págs. 679-708.
- , ——— (1958). "Astrocoenia barranquiniana, a new name for Astrocoenia minima von der Osten". *Jour. Paleont.*, vol. 32, n° 1, p. 247.
- WARING, W. W. y LAYER, D. B. (1950). "Devonian dolomitized reef, D3 reservoir, Leduc field, Alberta, Canada". *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.*, vol. 34, n° 2, págs. 295-312, 14 figs., 1 tabla.

- WEISBORD, N. E. (1964). "Late Cenozoic pelecypods from northern Venezuela". *Bull. Amer. Paleo.*, vol. 45, n° 204, 564 págs.
- WELLS, J. W. (1932 a). "Corals of the Trinity group of the Comanchean of central Texas". *Jour Paleont.*, vol. 6, págs. 225-256, pls. 30-39.
- , — (1932 b). "Study of the reef corals of the Tortugas". *Carnegie Inst. Washington, Yearbook n° 31*, págs. 290-291.
- , — (1933). "Corals of the Cretaceous of the Atlantic and Gulf coastal plains and western Interior of the United States". *Bull. Amer. Paleo.*, vol. 18, págs. 85-280, pls. 14-24.
- , — (1934 a). "Eocene corals from Cuba". *Bull. Amer. Paleo.*, vol. 20, págs. 147-158, pls. 17-18.
- , — (1934 b). "Some fossil corals from the West Indies". *U. S. Nat. Mus. Proc.*, vol. 83, págs. 71-110, pls. 1-5.
- , — (1935). "Corals from the Cretaceous and Eocene of Jamaica". *Ann. Mag. Nat. Hist.*, ser. 10, vol. 15, págs. 183-194, pls. 10-12.
- , — (1941). "Cretaceous and Eocene corals from Perú". *Bull. Amer. Paleont.*, vol. 26, págs. 304-326, pls. 44-46.
- , — (1942). "Jurassic corals from the Smackover limestone, Arkansas". *Jour. Paleont.*, vol. 16, págs. 126-129, pl. 21.
- , — (1944 a). "A new coral from the Buda limestone (Cenomanian) of Texas". *Jour Paleont.*, vol. 18, pág. 200, pl. 20.
- , — (1944 b). "Cretaceous, Tertiary and recent corals, a sponge and an alga from Venezuela". *Jour Paleont.*, vol. 18, n° 5, págs. 429-447.
- , — (1945). "West Indian Eocene and Miocene corals". *Geol. Soc. Amer. Memoir 9*, 25 págs., 3 pls.
- , — (1946). "Some Jurassic and Cretaceous corals from northern Mexico". *Jour. Paleont.*, vol. 20, págs. 1-7, pls. 1-2.
- , — (1948). "Lower Cretaceous corals from Trinidad". *B.W.I. Jour. Paleont.*, vol. 22, n° 5, págs. 608-616, pls. 89-91.
- , — (1956). *Scleractinia*. En: MOORE, R. C. (ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part F, *Coelenterata*, págs. F328 - F444.
- , — (1957 a). "Coral reefs". *Geol. Soc. Amer. Mem.* 67, vol. 1, págs. 609-631.
- , — (1957 b). "Annotated bibliography of corals". *Geol. Soc. Amer. Memoir* 67, vol. 1, págs. 1.087-1.104, 1 fig. [Corales recientes].
- , — (1957 c). "Annotated bibliography of corals". *Geol. Soc. Amer.*, *Memoir* 67, vol. 2, págs. 773-782. [Corales fósiles].
- WHEELER, C. B. (1960). "Estratigrafía del Oligoceno y Mioceno inferior de Falcón occidental y nororiental". *II Congr. Geol. Venez.*, Mem., tomo 1, págs. 407-465.
- WHITEFIELD, R. P. (1901). "Some observations on corals from the Bahamas, with description of a new species". *Amer. Mus. Nat. Hist. Bull.*, vol. 14, págs. 223-224, pls. 23-24.
- WIENS, H. J. (1963). *Atoll environment and ecology*. Yale Univ. Press. (N° visto).
- WILSON, W. B. (1950). "Reef definition". *Bull. Amer. Ass. Pet. Geol.*, vol. 34, n° 2, pág. 181.
- WOODRING, W. P. (1960). "Oligocene and Miocene in the Caribbean region". *Transact. 2nd Caribbean Geol. Conf.*, Univ. Puerto Rico, págs. 27-32.
- YONGE, C. M. (1930). *A year on the Great Barrier Reef*. Londres y Nueva York, Putnam, 246 págs., 47 pls., 17 figs.
- , — (1931). "Studies on the physiology of corals". *III. Sci. Rept. Great Barrier Reef Exped.*, 1928-29, *Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, vol. 1, págs. 83-91.
- , — (1940). "Observations on the biology of coral reefs". *Sixth Pacific Sci. Congr., Proc.*, vol. 3, págs. 605-613, 1 fig.
- , — (1944). "Experimental analysis of the association between invertebrates and unicellular algae". *Biol. Rev.*, vol. 19, págs. 68-80.
- , — (1957). "Symbiosis". *Geol. Soc. Amer.*, *Memoir* 67, vol. 1, págs. 429-442, 6 figs.
- , — y NICHOLLS, A. G. (1931-1932). "Studies on the physiology of corals", IV, V, VI. *Sci. Rept. Gt. Barrier Reef Exped. 1928-29*, *Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, vol. 1; IV, págs. 135-176; V, págs. 177-211; VI, págs. 213-251, 1.932.

NOTICIAS DE LA ESCUELA

Durante la interrupción de las actividades docentes de la U.C.V. en octubre, el doctor P. J. Bermúdez organizó una excursión geológica a la parte occidental de la península de Araya, y a la isla de Cubagua, del 26 al 28 de octubre de 1963. Asistieron quince geólogos en total, de la U.C.V., Shell, Creole y tres de Trinidad. De la Escuela de Geología asistieron P. J. Bermúdez, F. de Rivero, Mario Vignali, N. G. Muñoz y O. Macsotay. Los asistentes se alojaron en el yate **Guaiquerí**, del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente, gentilmente facilitado para la jira por el doctor Félix A. Balda. Los dos primeros días se pasaron viendo el Terciario del oeste de la península de Araya, donde el profesor Vignali, quien había dirigido los trabajos de campo efectuados por estudiantes de la Escuela, explicó la geología. El día 28 por la mañana se visitó la isla de Cubagua y por la tarde se hizo una visita al Instituto Oceanográfico de La Salle, en Punta Piedra, Margarita.

Posteriormente el doctor Bermúdez, acompañado por el doctor Hans Bolli, de la Shell, ha efectuado visitas adicionales a Araya, Cubagua, Margarita y la isla Tortuga para recoger material adicional del Terciario Superior y Pleistoceno de la región. Los dos micropaleontólogos están estudiando en

adición muestras de los pozos Cubagua 1 y 2, perforado en 1940 por la Socony Vacuum Oil Company. O. Macsotay ha identificado la mayoría de los moluscos coleccionados. A base de los estudios, se está preparando una publicación con la colaboración de varios especialistas, incluyendo el doctor W. A. van den Bold en los Ostrácodos, sobre la geología y paleontología de la región.

La Escuela ha tenido una valiosa colaboración del Museo Real de Ontario (Royal Ontario Museum) de la Universidad de Toronto, Canadá, con la visita de dos especialistas en la paleontología de los vertebrados, quienes han estudiado la colección de vertebrados hecha por el doctor José Rojo y Gómez en Muaco, Falcón. Entre el 16 y 22 de febrero de este año estuvo en Caracas el doctor A. G. Edmund, quien está visitando varios países sudamericanos con la finalidad de estudiar todas las colecciones de los mamíferos pleistocenos del Orden Edentata y hacer una revisión monográfica del grupo. El doctor Edmund pasó dos días estudiando la colección Rojo y dio una conferencia sobre las investigaciones que el Museo Real de Ontario está realizando. En adición