

BIOFACIES Y LITOFACIES DE LA FORMACION MONIELLO-SANTA LUCIA (DEVONICO DE LA CORDILLERA CANTABRICA, NW DE ESPAÑA)

Por

I. MENDEZ - BEDIA

CONTENIDO

| | Págs. | | Págs. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ABSTRACT | 3 | GEOGRAFIA DE LA FORMACION MONIELLO | 72 |
| INTRODUCCION | 4 | Distribución de litosomas en un corte E-W, entre la cuenca carbonífera central y el antiforme del Narcea | 72 |
| DESCRIPCION DE LAS SUCESIONES DE LA FORMACION MONIELLO | 10 | Distribución de organismos y litofacies | 74 |
| Características de las sucesiones del tipo Las Ventas, formadas principalmente por calizas con birdeseyes | 11 | A) Distribución de facies y organismos en el límite Col _{1a} -Col _{1b} | 75 |
| Características de las sucesiones del tipo San Pedro (Tameza), formadas por calizas con birdeseyes y calizas fosilíferas | 26 | B) Distribución de facies y organismos en la parte media del Col _{1b} | 77 |
| Características de las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello, formadas por calizas fosilíferas | 36 | C) Distribución de facies y organismos al final del Col _{1b} | 79 |
| Masa construida («organic build-up») de Arnao | 50 | D) Conclusiones generales sobre la distribución de litofacies y organismos | 82 |
| CORRELACION ENTRE LAS DIFERENTES SUCESIONES | 66 | Reconstrucción de la cuenca | 84 |
| DISTRIBUCION DE FACIES Y PALEO- | | CONCLUSIONES | 86 |
| | | AGRADECIMIENTOS | 89 |
| | | BIBLIOGRAFIA | 89 |

ABSTRACT

In the Moniello Formation (Emsian-Couvinian; 200-300 m thick) of the cantabrian zone (NW Spain) three types of successions exist: Las Ventas, San Pedro and ensenada de Moniello. Three members can be distinguished in each succession.

In Las Ventas-type littoral facies predominate (lower and upper members) with dominant birdseye limestones associated with inorganically laminated limestones. Other characteristics include common mudcracks and scarce fossiliferous content. Only in the middle member sublittoral facies (biomicrites and fossiliferous micrites) predominate.

The San Pedro-type comprises both littoral (birdseye limestones forming the middle member) and sublittoral facies (lower and upper members); in the latter, reef-building organisms are abundant.

The ensenada de Moniello-type comprises only sublittoral facies (fossiliferous limestones). In the lower and upper members, a diverse benthonic fauna is abundant (mainly brachiopods, but also bryozoans and corals) whereas in the middle member stromatoporoids and corals are predominant, and in one locality (Arnao) they constitute an organic buildup. In the buildup the fauna is diverse and shows a vertical zonation (Table III, p. 63) reflecting the different stages of development; stromatoporoids and massive *Alveolites* are the main building organisms.

The abundance of fossil remains permits, in general, to correlate the different successions (fig. 18), and to follow the evolution of the sedimentary basin (figs. 19, 20, 21). The facies distribution, in an East to West cross-section of the basin, shows an eastern area with dominant littoral facies (Las Ventas-type) and a western area with sublittoral facies (Moniello-type); between them, the intermediate type of successions (San Pedro) is found.

A close relationship exists between the major lithofacies and the occurrence of organisms. In the facies, characterized by birdseye and inorganically laminated limestones, calcispheres and ostracods are abundant and gastropods common. The fossiliferous limestone facies with abundant reef-

building organisms (lower member of the San Pedro-type and middle member of the ensenada de Moniello-type) include: stromatoporoids, corals, sponge spicules and algae (*Girvanella* and *Sphaerocodium*). In the fossiliferous limestone facies with a diverse benthonic fauna (lower and upper members of the ensenada de Moniello-type), brachiopods, tabulate coral colonies, bryozoans and sponge spicules are the most abundant organisms. Finally in the middle member of Las Ventas-type a peculiar biomicrite facies occur in which the most conspicuous organisms are Auloporids, calcispheres, *Cryptophyllus* and algae (*Bevocastria*?).

Considering the whole area of occurrence of the Moniello-Santa Lucía Formation, the different facies are arranged in parallel strips describing the asturian arc with the littoral facies towards the core of the arc and the sublittoral ones towards the West and Southwest.

INTRODUCCION

En el N de España es sabido el gran desarrollo que alcanza el Devónico, en la denominada por LOTZE (1945) zona cantábrica. No obstante, el Devónico cantábrico no se encuentra igualmente representado en todo este área, ni presenta en toda ella la misma facies.

De acuerdo con BROUWER (1964), el Devónico en la zona cantábrica presenta dos facies principales: 1) Facies astur-leonesa, que se extiende al S y al W de la cuenca carbonífera central (región de pliegues y mantos de JULIVERT 1965), y se caracteriza por una alternancia de formaciones detríticas y carbonatadas, con unas características faunísticas y sedimentológicas que indican un medio de depósito poco profundo y agitado, y que incluyen frecuente fauna de tipo arrecifal en las formaciones carbonatadas. 2) Facies palentina, que se encuentra en la parte N de la provincia de Palencia y NE de la de León (región del Pisuerga-Carrión; JULIVERT 1965), y que se caracteriza por una alternancia de calizas y pizarras con menos contenido fosilífero, con faunas bentónicas y pelágicas, típicas de un medio tranquilo, más o menos restringido y un poco más profundo que el de la facies astur-leonesa. Además, existe una tercera región en la que el Devónico está ausente, con excepción de algunos metros de areniscas del Devónico superior; esta región coincide esencialmente con la región del manto del Ponga (fig. 1).

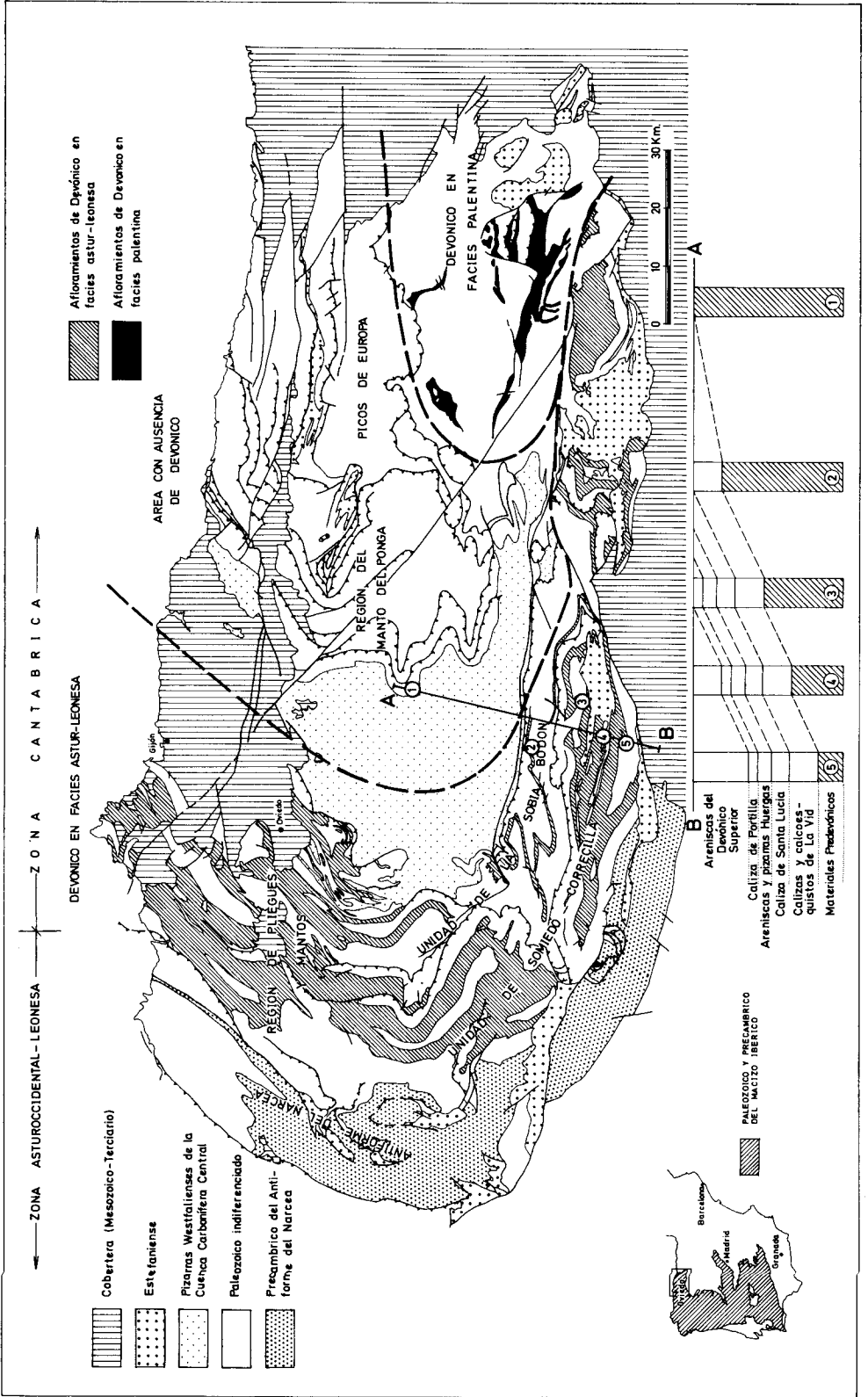
Las bases estratigráficas del Devónico en facies astur-leonesa fueron establecidas por BARROIS (1882) en la vertiente N de la Cordillera y, más tarde, por COMTE (1959) en la vertiente S. La formación seleccionada para estudio es la denominada Formación Moniello en la vertiente N (BARROIS 1882) y Formación Santa Lucía en la vertiente S (COMTE 1936). Estos dos nombres se mantienen en este trabajo, según se haga alusión a una u otra vertiente, a pesar de tratarse de una misma formación; en los casos en que se haga referencia a la totalidad del área se utilizará el nombre compuesto de Moniello-Santa Lucía. Esta formación limita en el muro con el Complejo de Rañeces (= Formación La Vid, de la vertiente S de la Cordillera) y en el techo con la Arenisca del Naranco (= Pizarras y Areniscas de Hurgas, de la vertiente S); su edad ha sido determinada como Emsiense-Cuviniense.

Con posterioridad a la descripción inicial de BARROIS (1882), y hasta la aparición de los trabajos de COMTE (1959), los diversos autores que tratan del Devónico se limitan por lo general a mencionar las descripciones de BARROIS o a aportar sólo datos locales (MALLADA 1898; GROSCH 1912; ADARO & JUNQUERA 1916; DELEPINE 1928; etc.). Es a partir de mediados de siglo cuando empiezan a aparecer trabajos con cierto detalle, de áreas concretas, en los que existen datos utilizables sobre esta formación y sobre el Devónico en general (GÓMEZ DE LLARENA & RODRÍGUEZ ARANGO 1948; ALMELA & GARCÍA FUENTE 1956; GARCÍA FUENTE 1959; LLOPIS 1957, 1958, 1960, 1961, 1965; RADIG 1962; KOOPMANS 1962; RUPKE 1965; EVERS 1967; JULIVERT *et al.* 1968; VAN DEN BOSCH 1969; etc.). En estos trabajos es de destacar la aportación al conocimiento cronoestratigráfico, especialmente por lo que a las publicaciones de COMTE y de RADIG se refiere, y a la cartografía, que ha permitido llegar a un conocimiento del área y distribución de afloramientos de las diferentes formaciones devónicas.

Desde el punto de vista biostratigráfico, la Formación Moniello-Santa Lucía se conoce bastante bien debido a la abundancia de fauna que contiene, por lo menos en determinadas áreas. En estas calizas existe un conjunto muy numeroso de organismos bentónicos, algunos de los cuales han sido materia de estudio por parte de diferentes autores: así, los celentéreos (BARROIS 1882; ALTEVOGT 1963; SLEUMER 1969; OEKENTORP 1975, etc.), los braquiópodos (VERNEUIL 1850; BARROIS 1882; OEHLERT 1897; COMTE 1838; 1859; GARCÍA-ALCALDE 1973), los crinoideos y blastoideos (OEHLERT 1897; SCHMIDT 1931; RODRÍGUEZ MELLADO 1949; ALMELA & REVILLA 1950; BREIMER 1962, 1971), los trilobites (BARROIS 1882; OEHLERT 1897), los ostrácodos (MICHEL 1972), los peces (ARBIZU *et al.* 1974), etc. Otros fósiles, tales como tentaculites, moluscos, briozoos, etc., aunque se los ha tenido menos en cuenta, existen también con una relativa abundancia.

Por lo que a las descripciones litológicas se refiere, hasta los tiempos recientes se conocían de la Formación Moniello-Santa Lucía sólo descripciones generales. Se conocía la existencia de facies con abundante fauna bentónica, por lo menos en ciertas regiones, y por otra parte, ya BARROIS (1882), y después de él otros autores, citaron la presencia de «puntos de calcita transparente» (que corresponden realmente a birdeseyes), lo que permitía pensar también en la existencia de facies más someras. No obstante, las facies de la formación no habían sido en realidad definidas, ni era conocida su distribución areal. Incluso, ninguno de los estudios en los que se había tratado de dividir a la citada formación en miembros había sido suficientemente amplio para determinar si dicha división era general o local. Ha sido recientemente cuando se ha abordado el problema de las facies y medio de sedimentación; en este sentido deben citarse los trabajos de DE COO (1971, 1974) y MANJÓN (1973) sobre la vertiente S de la Cordillera y una nota previa a este trabajo sobre las facies de birdeseyes de la vertiente N (MÉNDEZ-BEDIA 1971).

El objetivo perseguido en este trabajo es doble. Por una parte llegar a un conocimiento de las lito- y biofacies de la Formación Moniello y establecer las relaciones entre ambas y con el medio sedimentario, y por otra parte llegar a una



reconstrucción paleogeográfica. La metodología empleada tiene por tanto que ser variada.

El primer objetivo ha sido la identificación de las facies. La existencia en la Formación Moniello de facies diferentes, esencialmente facies de tipo peritidal y facies de tipo arrecifal, ha obligado a utilizar técnicas y nomenclaturas diferentes en cada caso, de acuerdo con las necesidades de estudio.

Para las facies de tipo peritidal se han usado técnicas microscópicas fundamentalmente, puesto que lo que interesa es poner de manifiesto los aspectos texturales de la roca; para las descripciones petrográficas se ha utilizado la nomenclatura de FOLK (1959). Las estructuras sedimentarias macroscópicas han sido también tenidas en cuenta.

Para el estudio de las facies con abundantes faunas bentónicas, y concretamente con faunas arrecifales, el estudio microscópico ha sido mucho menos determinante. En el caso de rocas con gran proporción de organismos de gran tamaño, el estudio microscópico sólo confiere datos sobre la matriz, y por ello, en estas facies es necesario tener en cuenta otros aspectos como son: aspectos ecológicos, posible papel constructor de los organismos, etc. En el caso concreto de la existencia de edificios orgánicos contruidos («build-up») se ha utilizado la clasificación propuesta por EMBRY & KLOVAN (1971) quienes crearon una nomenclatura propia para la masa autóctona (construida), adoptando, con algunas adiciones, la de DUNHAM (1962) para las rocas formadas por material alóctono.

En las facies de tipo arrecifal los estudios ecológicos adquieren un interés particular, por la abundancia y diversidad de organismos. No obstante también en los demás tipos de facies los organismos y sus relaciones ecológicas aportan datos significativos para la correcta interpretación de las facies.

Finalmente la estratigrafía ha sido utilizada como disciplina auxiliar. Así, para cada localidad estudiada, se ha levantado una columna estratigráfica que permitiera analizar las variaciones en el tiempo que el medio sedimentario pudo experimentar en aquella localidad. Finalmente, una vez establecidas las facies, determinados los medios sedimentarios y analizadas las variaciones que ha sufrido el medio, para cada localidad, es necesario establecer la distribución areal de facies, para llegar a una reconstrucción paleogeográfica. Pero, además, para poder establecer una paleogeografía es preciso basarse en correlaciones, para lo cual la biostratigrafía ha tenido que ser utilizada como ciencia auxiliar, con el fin de poder determinar unas isócronas que permitieran relacionar adecuadamente las diferentes sucesiones estudiadas.

En el aspecto paleogeográfico regional, el estudio de la Formación Moniello-Santa Lucía, con facies muy litorales y facies con abundantes faunas bentónicas (entre ellas facies arrecifales), presenta un particular interés. El Devó-

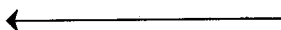
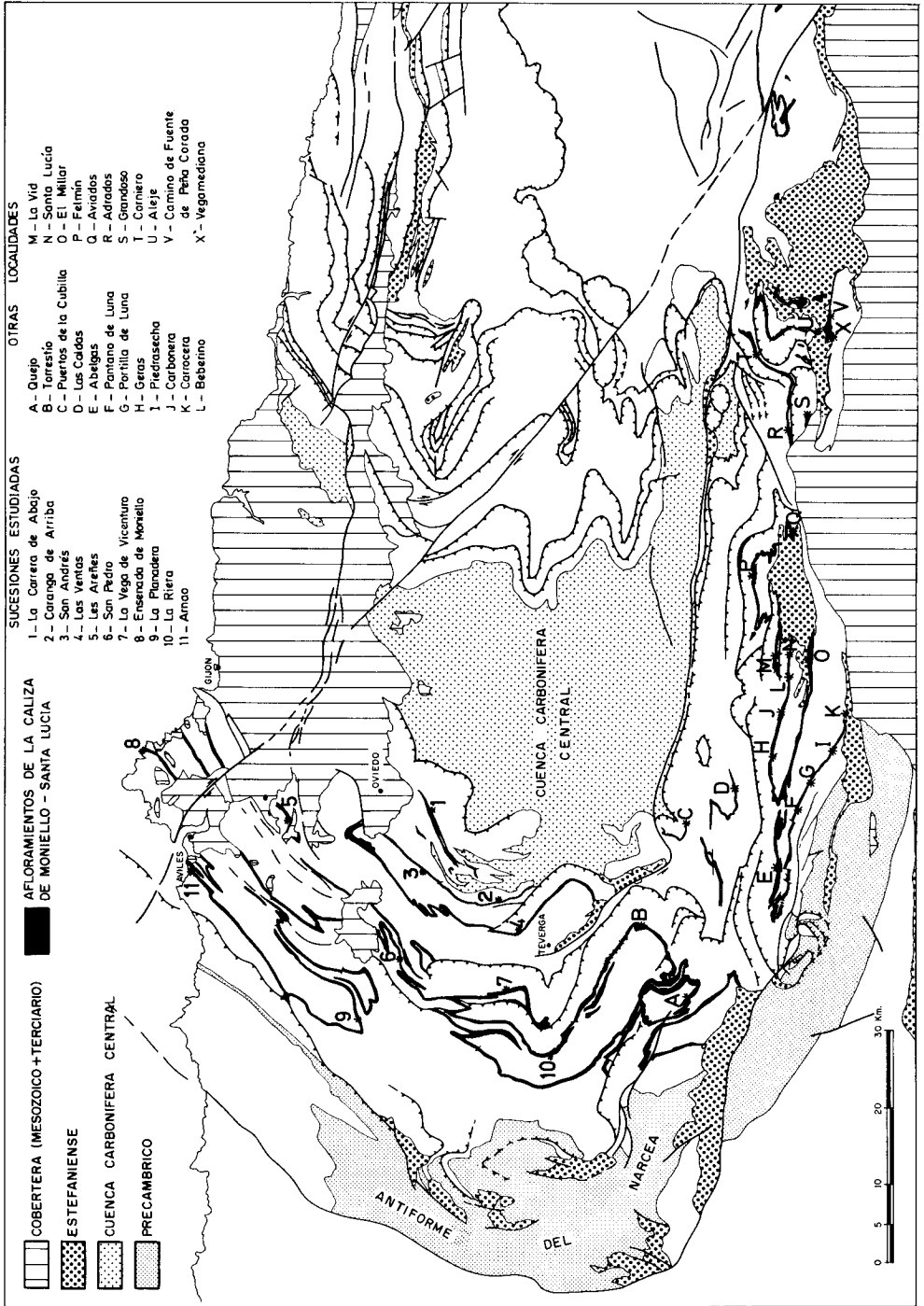


Fig. 1.—Afloramientos devónicos en la zona cantábrica y distribución de las facies astur-leonesa y palentina. A-B perfil esquemático mostrando la disposición aparentemente regresiva de las diferentes formaciones devónicas en el área con facies astur-leonesa. Afloramientos devónicos según el Mapa Geológico de España E. 1:200000 (hojas n.º 2, 3, 9 y 10). Distribución de las facies astur-leonesa y palentina basada en BROUWER (1967).



nico en facies astur-leonesa no presenta una distribución uniforme en toda la región de pliegues y mantos. En las proximidades del antiforme del Narcea, el Devónico se presenta completo, y se reduce hacia la parte cóncava del arco (hacia la cuenca carbonífera central), siendo las formaciones más bajas las que alcanzan una mayor extensión hacia la cuenca carbonífera. Únicamente el Devónico más alto es transgresivo, y unos pocos metros de areniscas del Devónico superior se encuentran a través de casi toda la zona cantábrica. Un esquema con la extensión de las diferentes formaciones devónicas ha sido dado por JULIVERT (1971).

La ausencia de Devónico en la región del manto de Ponga y el hecho de que bordeando este área sin materiales devónicos exista una zona en la que el Devónico es progresivamente más completo hacia el W y el S (área comprendida entre la cuenca carbonífera central y el antiforme del Narcea; ver fig. 1), sugieren que el Devónico se depositó en una plataforma progresivamente inclinada hacia el W (y hacia el S) y emergente en la región del manto del Ponga (JULIVERT & TRUYOLS, *in* IGME, 1973). Ahora bien, la disposición que actualmente presentan las diferentes formaciones devónicas puede ser también debida a un basculamiento y posterior erosión en bisel.

Por lo que respecta al posible borde W de la cuenca, el que hasta tiempos recientes no se hayan encontrado afloramientos devónicos (y sólo del Devónico inferior; DROT & MATTE 1967) al W del antiforme del Narcea (zona asturoccidental-leonesa), indujo a algunos autores (LLOPIS 1964, 1965) a considerar que dicho borde debía estar próximo al actual emplazamiento del antiforme. No existen, sin embargo, pruebas de tipo sedimentológico que apoyen la idea de un borde de cuenca próximo hacia el W; por tanto, la ausencia de afloramientos devónicos en la zona asturoccidental-leonesa puede también interpretarse como debida a la erosión.

Es evidente que el estudio sedimentológico de las diferentes formaciones devónicas puede aportar claridad a los problemas antes expuestos. Concretamente el estudio de la Formación Moniello-Santa Lucía se ha mostrado como particularmente instructivo para poder llevar a cabo una reconstrucción de la cuenca de sedimentación.

El área estudiada con detalle en este trabajo se sitúa entre la cuenca carbonífera central y el antiforme del Narcea, en la vertiente N de la Cordillera, y corresponde a la mitad septentrional de la región de pliegues y mantos. No obstante, se han realizado observaciones por todo el área con facies astur-leonesa y como consecuencia, en la parte final del trabajo se tratará de extender las conclusiones alcanzadas a la totalidad del área con dichas facies.

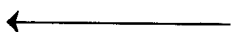


Fig. 2.—Mapa de afloramientos de la Formación Moniello-Santa Lucía, según el Mapa Geológico de España E. 1:200000 (Hojas n.º 2, 3, 9 y 10) y situación de las localidades citadas. Trazado de las estructuras según JULIVERT (1971).

DESCRIPCION DE LAS SUCESIONES DE LA FORMACION MONIELLO

En la Formación Moniello se pueden distinguir tres tipos de sucesiones diferenciadas esencialmente por la distinta proporción que presentan de calizas con birdeseyes o de calizas con fauna bentónica, en parte arrecifal. Estos tres tipos de sucesiones son fáciles de distinguir en el campo y se pueden caracterizar del modo siguiente:

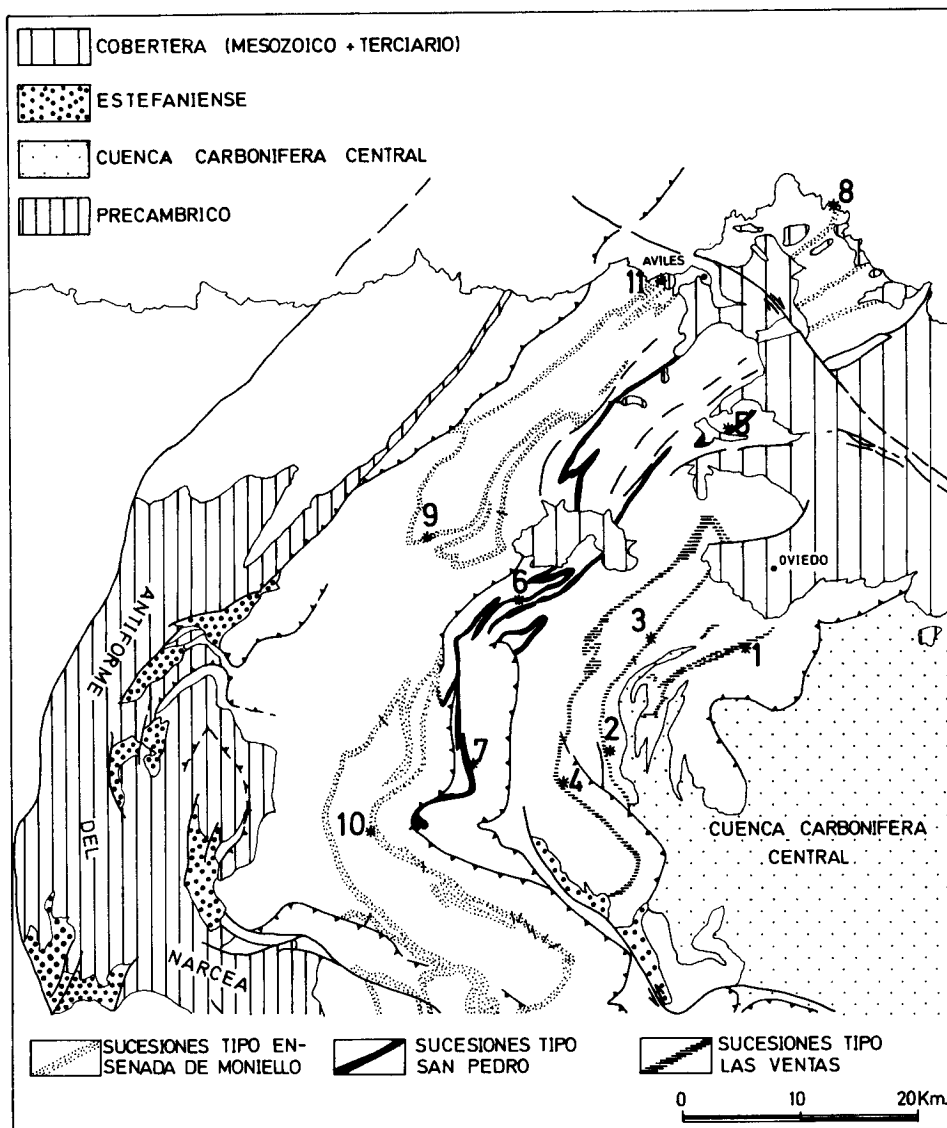


Fig. 3.-Mapa de distribución de los diferentes tipos de sucesiones, en la Formación Moniello. La numeración de localidades es la misma que en la fig. 2.

1) Un primer tipo que abarcaría la región o zona más próxima a la cuenca carbonífera central y en el que existe un predominio de calizas con birdeseyes. Como sección de referencia puede tomarse el corte de Las Ventas.

2) Un segundo tipo que, en general, no presenta calizas con birdeseyes y en el que predominan las calizas fosilíferas. Este tipo de sucesión comprendería el área más occidental en que aflora la Formación Moniello. Como sección de referencia puede tomarse el corte de la ensenada de Moniello, que corresponde a la localidad tipo de la formación.

3) Un tercer tipo intermedio constituido tanto por calizas con birdeseyes como por calizas fosilíferas y localizado en una zona situada entre las dos indicadas anteriormente. Como sección de referencia puede tomarse el corte de San Pedro (Tameza).

En las figs. 2 y 3 puede verse la localización de las sucesiones que se van a describir.

CARACTERISTICAS DE LAS SUCESIONES DEL TIPO LAS VENTAS FORMADAS PRINCIPALMENTE POR CALIZAS CON BIRDESEYES

En este tipo de sucesiones se pueden distinguir litológicamente tres miembros, de los cuales el miembro superior es el más desarrollado:

- Un miembro inferior calcáreo.
- Un miembro medio margoso-calcáreo.
- Un miembro superior calcáreo.

En general, el color de las calizas de la Formación Moniello es gris, pero existen tramos calcáreos rojos, poco potentes, alternando con calizas grises. Estos tramos rojos se sitúan hacia la parte media-alta del miembro superior, aunque su importancia varía según las sucesiones.

Las series estudiadas que integran este primer tipo son las siguientes: La Carrera de Abajo, Caranga de Arriba, San Andrés y Las Ventas.

La Carrera de Abajo.-Esta sucesión aflora a lo largo de la carretera local de Argame a Peñerudes entre los Kms 3 y 4. Sólo ha podido ser muestreada muy parcialmente, puesto que únicamente aflora una parte del miembro superior calcáreo (50 m), no observándose bien su contacto con la formación suprayacente (fig. 4).

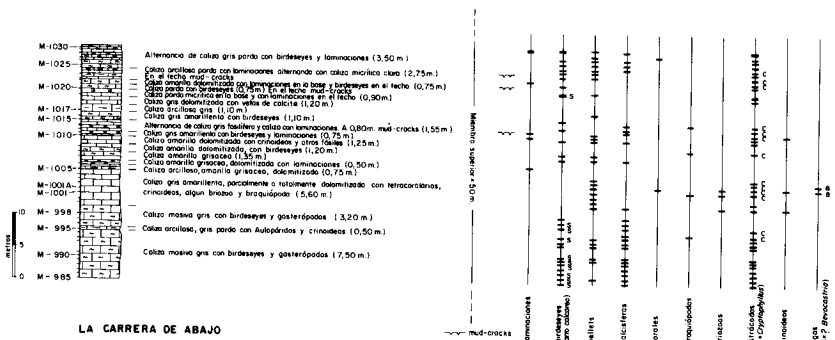


Fig. 4

Caranga de Arriba.-El miembro inferior, en la sucesión de Caranga de Arriba, ha sido estudiado en la carretera local de Trubia a Quirós, en el Km 21, mientras que el superior ha sido muestreado en la línea del antiguo ferrocarril minero, al otro lado de la carretera, por presentar mejor corte, no aflorando el miembro medio en ninguno de ambos puntos. Se han medido 32 m para el miembro inferior observándose bien su contacto con la formación infrayacente (Complejo de Rañeces). Para el miembro superior se han medido 96 m, aunque no se observe su contacto con la Arenisca del Naranco (formación suprayacente). El espesor total de la formación se puede evaluar en unos 208 m (fig. 5).

San Andrés.-La Formación Moniello aflora bien en el valle del río Trubia, hacia el km 6,5 de la carretera local de Trubia a Teverga y Proaza. La sucesión ha sido estudiada en el km 5 de la línea del antiguo ferrocarril minero de Trubia a Teverga. El miembro inferior no aflora de un modo continuo y tampoco es observable su contacto con la formación infrayacente; su espesor se ha calculado en unos 34 m. El miembro medio margoso-calcáreo no aflora, pero su presencia queda de manifiesto por la existencia de una zona topográficamente deprimida. Por el contrario, el miembro superior presenta un excelente corte alcanzando 131 m de espesor y siendo su contacto con la

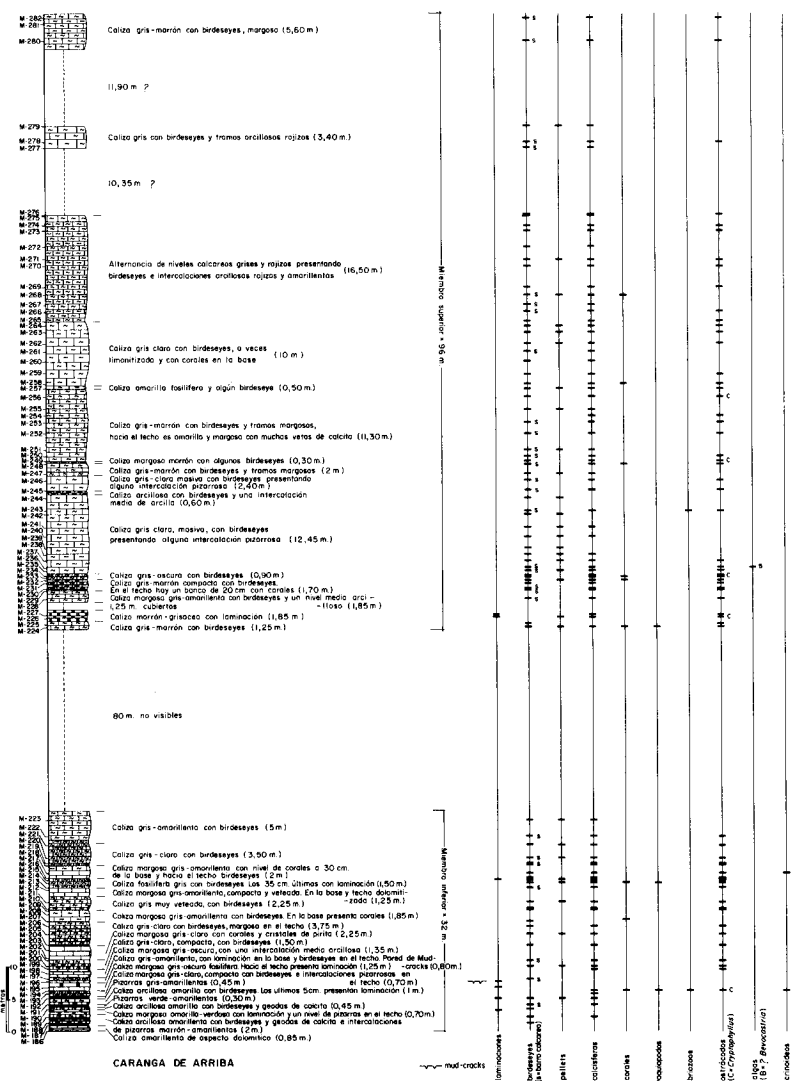


Fig. 5

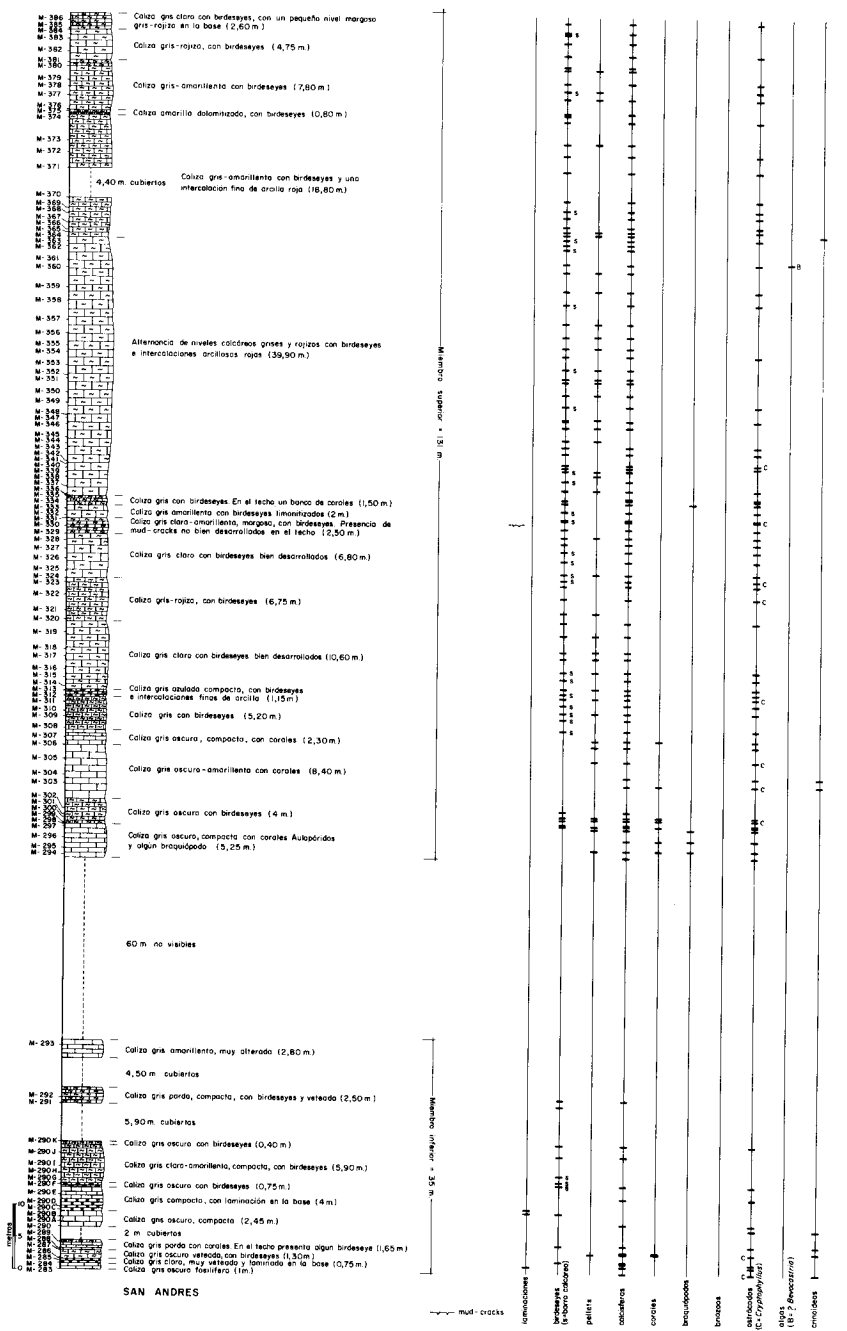


Fig. 6

formación suprayacente bien visible. En total se ha calculado para la Formación Moniello en este punto una potencia de 226 m (fig. 6).

L a s V e n t a s.—Esta sucesión que aflora a lo largo de la carretera local de Caranga a La Plaza (Teverga), en el km 6, presenta un buen corte, excepto en la parte superior del miembro medio, pero esta parte se ha podido localizar en la línea del ferrocarril, al otro lado de la carretera. Dicha sucesión tiene unos 306 m de potencia, de los cuales 70 m corresponden al miembro inferior, 73 m al medio y 163 m al superior. Se trata de la sucesión mejor expuesta y la más representativa del primer tipo, ya que, si bien el contacto con las formaciones infra y suprayacentes no se observa bien, la parte tapada es de poca importancia. Es ésta pues, la única sucesión en la que se ha podido muestrear el miembro medio. Una nota sobre esta sucesión fué publicada anteriormente (MÉNDEZ-BEDIA 1971) (fig. 7).

1. TIPOS PETROGRAFICOS

Calizas con birdeseyes.—En el campo este tipo de rocas son bien reconocibles observándose pequeños y numerosos puntos de calcita en una masa de caliza gris o rojiza, dicho tipo petrográfico está figurado en las láminas II a VIII. Los birdeseyes se presentan como cavidades regulares e irregulares rellenas de esparita y/o de barro calcáreo.

Microscópicamente se pueden distinguir tres tipos según los constituyentes del armazón.

a) **Dispellets.**—Consisten en una textura formada por birdeseyes alargados paralelamente a la estratificación los cuales se presentan en una caliza rica en pellets (lám. II).

Las cavidades de los birdeseyes están rellenas principalmente por esparita granular aunque a veces se presentan dos tipos de esparita: un primer tipo de calcita fibrosa que rellena las paredes de la cavidad con las fibras perpendiculares a las mismas y un segundo tipo de calcita granular que rellena el resto de la cavidad (lám. II, fig. 3).

El armazón existente entre los birdeseyes está constituido por pellets y a veces algunos fragmentos de fósiles. Entre los pellets se observa que además de los constituidos por micrita, de talla pequeña, con una cierta homogeneidad de tamaño y que se presentan en mayor abundancia, existe otro tipo de mayor talla, grumoso y con cierta laminación concéntrica muy difusa (lám. II, fig. 2). Este último tipo se asemeja por su textura a los caliches. El contenido paleontológico es reducido; entre los restos fósiles se encuentran predominantemente ostrácodos y calcisferas junto con algunos gasterópodos y en muy pocos casos organismos tubiformes de muy pequeño tamaño asignados a foraminíferos. También existen en el armazón, junto con los componentes anteriores, cuarzo autógeno corroído. En ocasiones, el armazón presenta estilolitos en los que se concentran piritita y otros minerales de hierro.

b) **Calizas con birdeseyes cuyo armazón es una micrita fosilífera.** Este tipo de calizas con birdeseyes está formado por un armazón de micrita con calcisferas y otros restos fosilíferos (lám. III, fig. 2; lám. IV, lám. V y lám. VI).

En dicho tipo predominan los birdeseyes rellenos de esparita fibrosa y/o granular, aunque también se presentan rellenos parcialmente de esparita y barro

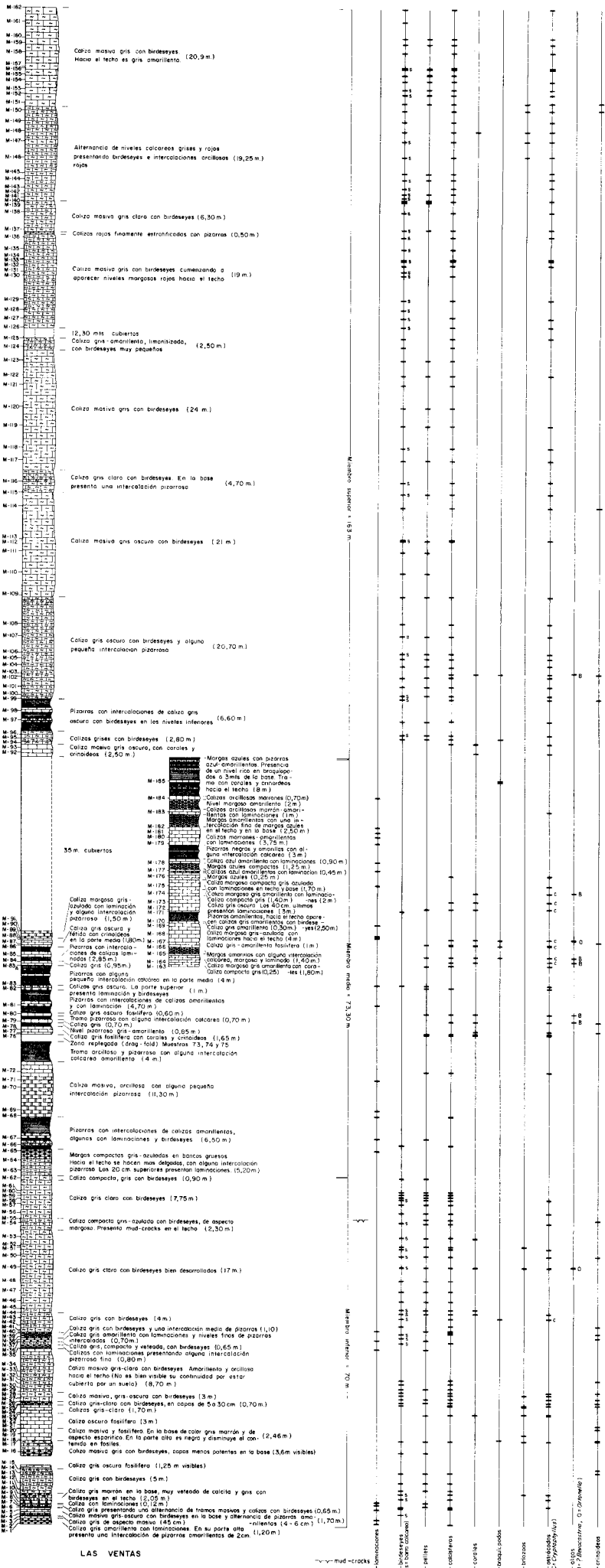


Fig. 7

calcáreo o totalmente de barro calcáreo. En este caso, los birdeseyes que están formados parcialmente por esparita y barro calcáreo constituyen un criterio de polaridad pues el relleno de barro calcáreo se sitúa en la base (relleno geopetal). La mayoría de los birdeseyes están algo dolomitizados, observándose claramente los rombos de dolomita en el interior de las cavidades, incluso rombos con crecimiento secundario (lám. VI).

El almacén existente entre las cavidades está formado por una micrita con calcisferas y otros restos de fósiles tales como ostrácodos, algunos gasterópodos, foraminíferos, braquiópodos y crinoideos en escaso número. Las calcisferas son los constituyentes predominantes (lám. V).

Como constituyentes accesorios del almacén se pueden citar: pellets, intraclastos, estos últimos formados por pellets unidos por un barro calcáreo, cuarzo detrítico de tamaño limo y cuarzo autógeno corroído que en ocasiones se acumulan en zonas. En unas pocas secciones se observan procesos de silicificación que incluso, aunque en menor grado, llegan a afectar al relleno de las cavidades. Muy frecuentemente la matriz está afectada por estilolitización, acumulándose a lo largo de los estilolitos cuarzo detrítico, minerales arcillosos y óxido de hierro. A veces, la acumulación de minerales arcillosos y óxido de hierro en los estilolitos y en la matriz, es muy marcada impregnando los restos fósiles existentes e incluso los pellets de micrita. A esta abundancia de óxido de hierro es debido el que en el campo los tramos de calizas correspondientes a estas zonas presenten una tonalidad roja intensa.

c) Dismicritas.—Este tipo de roca presenta cavidades irregulares y con gran heterogeneidad de tamaños, rellenas principalmente de esparita, aunque algunas se presentan rellenas de barro calcáreo. El almacén está constituido por micrita con escaso cuarzo detrítico de tamaño limo y moscovita (lám. II, fig. 1).

B i o m i c r i t a s.—Se distinguen tres tipos petrográficos dependiendo del porcentaje o predominio de fragmentos fósiles.

a) Biomicrotas constituidas principalmente por crinoideos aunque pueden ir acompañados por otros restos como ostrácodos y calcisferas, pero subordinados (lám. VII, fig. 2 y 3). Estos fragmentos fósiles están englobados en una matriz de micrita gris oscura con cuarzo detrítico, pirita y a veces pellets diseminados en la matriz. Este tipo de caliza frecuentemente se presenta más o menos dolomitizada, pero sin destruir completamente los restos fósiles.

b) Biomicrotas formadas principalmente por tabulados (Aulopóridos) junto con tetracoralarios, ostrácodos, crinoideos, algas, algún resto de braquiópodos, calcisferas y otros fragmentos no identificables (lám. VIII y lám. IX). Entre los ostrácodos se presentan en ocasiones, con una cierta abundancia, ejemplares pertenecientes al grupo *Cryptophyllus* (según clasificación del doctor M. J. M. BLESS; lám. 8, fig. 2).

Los restos fosilíferos están englobados en una micrita marrón muy oscura debido al elevado contenido en materia orgánica y recorrida por abundantes estilolitos. Los Aulopóridos, se encuentran todos ellos interiormente recristalizados, conservándose únicamente las paredes o murallas externas, no pudiendo

observarse apenas la estructura interior, excepto en algunos poquísimos casos en los que se insinúan trazas de algunas tábulas. Como constituyentes accesorios del armazón existen: pellets, cuarzo detrítico de tamaño limo y en ocasiones cuarzo autógeno acumulado especialmente alrededor y en el interior de los corales.

c) Biomicroritas constituidas principalmente por ostrácodos, junto con trilobites, braquiópodos, algunos gasterópodos y otros restos no identificables (lám. X). Entre los ostrácodos se observan secciones pertenecientes al grupo *Cryptophyllus* (lám. X, fig. 2). Asimismo en varias láminas se presentan restos muy pequeños referidos a foraminíferos, que en algunos casos presentan cierta importancia como constituyentes. Estas calizas a veces están algo dolomitizadas observándose entre los restos fosilíferos algunos rombos de dolomita.

Micritas laminadas.—Macroscópicamente este tipo de calizas se reconoce muy bien pues debido a la existencia de láminas de distinta naturaleza, la meteorización hace resaltar su carácter laminado.

Microscópicamente se pueden diferenciar varios tipos de acuerdo con la composición y espesor de las láminas.

a) Láminas de micrita en las que se acumula abundante cuarzo detrítico, alternando con otras desprovistas de él (lám. XI, fig. 2 y 3). A veces este tipo de roca se encuentra algo dolomitizado observándose claramente rombos de dolomita en las láminas en que se acumula el cuarzo.

b) Láminas de micrita con abundantes pellets y cuarzo detrítico alternando con otras de micrita (lám. XI, fig. 1). Ocasionalmente en las láminas micríticas hay pequeñas cavidades irregulares rellenas de esparita.

c) Láminas de carbonatos de tamaño diferente de grano (lám. XI, fig. 4).

d) Alternan láminas en las que se acumulan restos fosilíferos de pequeño tamaño tales como foraminíferos, ostrácodos y otros no identificables, con láminas desprovistas de ellos y constituidas sólo por micrita. A veces estas laminaciones vienen acentuadas por estilolitos siguiendo la laminación (lám. XII).

Micritas y micritas dolomitizadas con textura bioturbada («burrowed»).—Microscópicamente este tipo de roca es de grano muy fino ($5\ \mu$), y presenta abundantes signos de bioturbación (lám. XIII) suele contener pirita y cuarzo detrítico de tamaño limo dispersos en la matriz. Es muy frecuente que este tipo de rocas se presente dolomitizado, observándose pequeños rombos de dolomita. La dolomitización puede también afectar a las estructuras de bioturbación.

Diversos.—Dentro de este grupo se engloban dos tipos petrográficos que por su poca abundancia y por no localizarse en todas las sucesiones no se ha creído conveniente individualizar.

a) **Micritas fosilíferas.**—Este tipo de rocas está formado por un barro carbonatado con escasos restos de fósiles tales como ostrácodos, calcisferas y otros restos no identificables. Algunas muestras se encuentran dolomitizadas presentando abundantes rombos de dolomita, junto con cuarzo autógeno corroído, abundante cuarzo detrítico de tamaño limo y pellets.

b) **Intrapelesparitas fosilíferas.**—Este tipo petrográfico está constituido por

intraclastos, fragmentos de fósiles y pellets de gran heterogeneidad de tamaño. Todos estos constituyentes están cementados por esparita (lám. VII, fig. 1). Los intraclastos, son agregados de pellets o engloban partículas detríticas de cuarzo e incluso calcíferas. Entre los fósiles se reconocen ostrácodos, calcíferas y fragmentos de tabulados.

2. REPARTICIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS DISTINTOS TIPOS PETROGRÁFICOS

Ya se ha indicado que en este tipo de sucesión se podían distinguir tres miembros, con tipos petrográficos que si bien no son netamente diferentes en cuanto a los miembros inferior y superior, sí lo son respecto al miembro medio.

M i e m b r o i n f e r i o r.—El miembro inferior se caracteriza principalmente por el gran desarrollo de calizas con birdeseyes, hecho bien visible en el campo ya que se presentan como pequeñas cavidades con calcita blanca en una masa calcárea gris, debido a la meteorización diferencial entre el armazón y los birdeseyes. Las calizas con birdeseyes se distribuyen a lo largo de todo este miembro con pequeñas interrupciones, y sus diferentes tipos se encuentran alternando unos con otros, no observándose ninguna distribución estratigráfica clara. La única sucesión en que aparecen representados todos los tipos de calizas con birdeseyes mencionados en el capítulo anterior es la de Las Ventas, y en ella predominan los dispellets, los cuales forman un nivel constante en el techo del miembro. En la sucesión de Caranga de Arriba faltan las calizas con birdeseyes cuyo armazón es una micrita fosilífera.

El miembro inferior presenta además otros tipos petrográficos en menor proporción, con una distribución estratigráfica irregular alternando unos tipos con otros, por lo que no pueden establecerse claramente niveles. No obstante, se observa que en todas las sucesiones, las laminaciones se encuentran especialmente en la base de dicho miembro y sólo en la de Las Ventas se desarrollan de nuevo, pero en menor grado, hacia la parte media. El tipo predominante de laminaciones corresponde al de las marcadas por acumulación de cuarzo detrítico. No obstante, en la sucesión de Las Ventas también existen laminaciones constituidas por la alternancia de láminas de pellets y cuarzo detrítico con otras de micrita y en la de San Andrés se presentan laminaciones constituidas por carbonatos de tamaños diferentes. Por encima de estas laminaciones normalmente se sitúan calizas con birdeseyes.

En cuanto a las biomicritas, en general, se presentan de un modo discontinuo, sin ninguna localización determinada, predominando las constituidas por crinoideos, aunque también hay los otros tipos. Únicamente en la sucesión de Las Ventas existe un nivel continuo de biomicritas, principalmente de crinoideos con algunas constituidas por Aulopóridos y localizadas en la parte inferior, por encima de las primeras laminaciones y separadas de ellas por calizas con birdeseyes.

Las micritas con textura bioturbada presentan poquísimos desarrollo en este miembro y se hallan de un modo discontinuo, localizándose hacia la parte alta en las sucesiones estudiadas, excepto en la de Caranga de Arriba que se

sitúan en su parte media. En Las Ventas, estas calizas están intercaladas con las calizas con birdeseyes, mientras que en la sucesión de Caranga de Arriba, se presentan formando dos niveles de muy pocos metros, el primero localizado por encima de unas biomicritas y debajo de unas calizas con laminaciones y el segundo nivel situado entre calizas con birdeseyes y micritas fosilíferas. En la sucesión de San Andrés, las micritas bioturbadas se presentan también intercaladas entre calizas con birdeseyes y micritas fosilíferas. Finalmente, se ha observado que entre aquellos tipos petrográficos englobados como diversos sólo aparece el correspondiente a las micritas fosilíferas en las sucesiones de San Andrés y Caranga de Arriba. En San Andrés se trata de un nivel muy delgado situado por encima de las primeras laminaciones de la base y en la sucesión de Caranga de Arriba consiste en dos niveles muy poco potentes intercalados entre calizas con birdeseyes, localizados en la parte media de este miembro.

M i e m b r o m e d i o.—Como se ha citado anteriormente este miembro margoso-calcáreo sólo aflora en la sucesión de Las Ventas, por lo que únicamente se hará referencia a esta sucesión en cuanto a la repartición estratigráfica de los diferentes tipos petrográficos.

Este miembro se puede considerar dividido en tres zonas con la siguiente sucesión de tipos petrográficos.

Zona a.—Corresponde a los 20 m basales de este miembro, constituidos principalmente por calizas con laminaciones marcadas por la alternancia de láminas en las que se acumula cuarzo detrítico, con otras desprovistas de él, aunque también hay algunas formadas por láminas de carbonatos de tamaños diferentes. Existen además otros tipos petrográficos, pero secundariamente, tales como calizas con birdeseyes pertenecientes al tipo en que el armazón es una micrita con restos fosilíferos, las cuales se sitúan en la base de esta zona y micritas con textura bioturbada localizadas también en la base, por encima de las calizas con birdeseyes.

Zona b.—Corresponde a los 28 m siguientes de este miembro. Está formada esencialmente por biomicritas constituidas por tabulados (Aulopóridos) con tetracoralarios, ostrácodos, algas y otros restos. Entre los ostrácodos ya se ha citado la presencia del grupo *Cryptophyllus*, observándose que el número de ejemplares pertenecientes al mismo aumenta hacia la parte superior de esta zona. Como tipos petrográficos subordinados se encuentran los correspondientes a calizas con laminaciones, micritas con textura bioturbada, calizas con birdeseyes y diversos.

Las calizas con laminaciones presentes en esta zona están formadas por láminas de micrita en las que se acumula abundante cuarzo detrítico, alternando con otras desprovistas de él y constituyen dos niveles de poco espesor estando el primero situado hacia la mitad de dicha zona, en una intercalación entre pizarras y el segundo nivel hacia el techo. Las calizas micríticas con textura bioturbada están localizadas por debajo del segundo nivel con laminaciones y las calizas con birdeseyes correspondientes al tipo dismicrita están situadas por encima de las anteriores y separadas de ellas por una intercalación pizarrosa. Por último, entre

los tipos diversos presentes en esta zona se encuentran micritas fosilíferas con muy poco espesor por encima del segundo nivel con laminaciones.

Zona c.—Comprende los 25 m últimos del miembro medio. Está constituida esencialmente por calizas con laminaciones alternando con micritas bioturbadas. Las calizas con laminaciones están formadas por láminas de micrita con abundante cuarzo detrítico y laminaciones desprovistas de él.

Además de estos tipos petrográficos predominantes, existen en el techo de esta zona y con un espesor muy pequeño, biomicritas constituidas exclusivamente por ostrácodos.

M i e m b r o s u p e r i o r.—El miembro superior presenta, en general, menor variedad de tipos petrográficos que el miembro inferior, pues sólo en la sucesión de La Carrera de Abajo se observan los mismos tipos que en dicho miembro inferior.

Está caracterizado, de idéntica forma que el miembro inferior, por un gran desarrollo de calizas con birdeseyes, predominando aquellas cuyo armazón es una micrita fosilífera, y únicamente en la sucesión de La Carrera de Abajo existe el tipo dismicrita. Estos tipos de calizas se disponen en general a lo largo de todo el miembro superior, mezclados unos con otros y alternando con otros tipos petrográficos existentes en este miembro, no obstante las calizas con birdeseyes cuyo armazón es una micrita fosilífera son el tipo petrográfico exclusivo hacia el techo.

Respecto a los otros tipos petrográficos, se observa que únicamente aparecen calizas laminadas en las sucesiones de Caranga de Arriba y La Carrera de Abajo. En Caranga de Arriba son laminaciones formadas por alternancia de láminas en las que se acumulan restos fosilíferos de tamaño pequeño, con otras láminas desprovistas de ellos y constituidas por micrita, abundan los estilolitos que acentúan la laminación. Estas laminaciones se localizan en la parte baja de este miembro por encima de las primeras calizas con birdeseyes. En la sucesión de La Carrera de Abajo, las laminaciones son como las de Caranga de Arriba o bien están constituidas por láminas de micrita en las que se acumula abundante cuarzo detrítico, alternando con otras desprovistas de él y se sitúan en la mitad superior de este miembro. Estas laminaciones no constituyen un nivel constante sino que alternan con calizas con birdeseyes.

El tipo petrográfico correspondiente a las biomicritas se presenta en todas las sucesiones estudiadas. En Las Ventas se trata de biomicritas constituidas por Aulopóridos, tetracoralarios y otros organismos, con muy poco desarrollo y localizadas en la base de este miembro. En la sucesión de San Andrés se encuentran dos niveles de biomicritas de mayor espesor que en el resto de las sucesiones. Son biomicritas constituidas principalmente por Aulopóridos, aunque se presentan algunas formadas por crinoideos y se disponen en dos niveles situados en la base y separados el uno del otro por un tramo de calizas con birdeseyes. En Caranga de Arriba este tipo de microfacies aparece en la parte baja intercalado entre calizas con birdeseyes, siendo biomicritas de Aulopóridos, tetracoralarios y otros organismos. En la sucesión de La Carrera de Abajo las biomicritas presen-

tes son de ostrácodos y otros restos, y se localizan de un modo discontinuo en la parte media de este miembro.

Las calizas micríticas con textura bioturbada únicamente aparecen en la sucesión de La Carrera de Abajo constituyendo un nivel muy delgado en su parte media, por encima de las biomicritas.

En cuanto a los tipos petrográficos diversos existentes en este miembro superior, se observa un nivel poco potente de intrapelesparitas, en la parte baja de la sucesión de San Andrés, por encima del segundo nivel de biomicritas y otro nivel de la misma naturaleza en la parte media-alta de Caranga de Arriba, intercalado entre calizas con birdeseyes. Finalmente, se encuentra un nivel muy delgado de micritas fosilíferas en la parte media-alta de la sucesión de Caranga de Arriba y otro de la misma naturaleza en La Carrera de Abajo, en la parte media del tramo muestreado; se trata de micritas fosilíferas con pellets, que alternan con las biomicritas presentes en esta sucesión.

3. PORCENTAJES DE LOS DIFERENTES TIPOS PETROGRÁFICOS

Se ha calculado el porcentaje de los diferentes tipos petrográficos existentes en este primer tipo de sucesiones, tipos que corresponden a los ya descritos en el capítulo 1. Este cálculo se ha realizado por separado en cada miembro, y se ha verificado a partir de muestras tomadas a intervalos constantes para cada miembro. Los resultados obtenidos se presentan gráficamente en la fig. 8.

M i e m b r o i n f e r i o r.—El tipo petrográfico con mayor porcentaje corresponde al de calizas con birdeseyes, aunque el calculado para la sucesión de San Andrés no es muy representativo puesto que los afloramientos son discontinuos.

Los otros tipos petrográficos se presentan en proporción mucho menor. Las calizas con laminaciones, biomicritas y calizas bioturbadas se presentan en proporciones parecidas, si bien las biomicritas se hallan con una importancia algo mayor, especialmente en la sucesión de San Andrés. Los restantes tipos se encuentran en proporciones muy bajas.

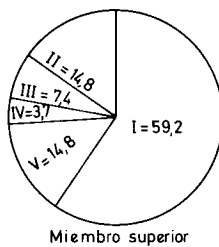
M i e m b r o m e d i o.—A diferencia de los otros dos miembros, las calizas con birdeseyes no son predominantes. El mayor porcentaje corresponde a calizas biomicríticas, siendo el porcentaje obtenido el más elevado para los tres miembros.

El tipo petrográfico que sigue en importancia es el de las micritas con textura bioturbada; alcanzando asimismo este tipo el mayor porcentaje en este miembro medio respecto a los otros miembros.

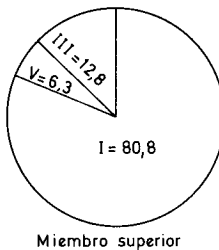
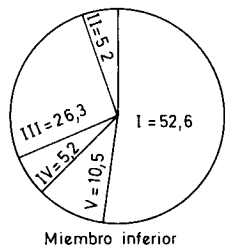
Las calizas con birdeseyes se encuentran escasamente representadas. Alcanzan un porcentaje muy bajo y muestran una diferencia muy grande entre los valores obtenidos para dicho miembro medio en comparación con el inferior y superior.

LA CARRERA DE ABAJO

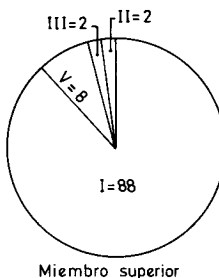
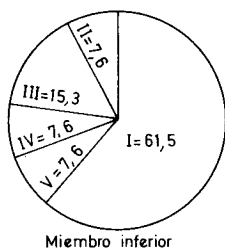
- I - Calizas con birdeseyes
- II - Calizas con laminaciones
- III - Calizas biomicríticas
- IV - Calizas bioturbadas
- V - Microfacies diversas



SAN ANDRES



CARANGA DE ARRIBA



LAS VENTAS

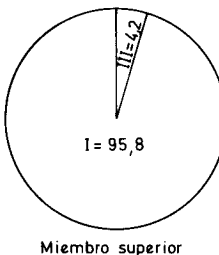
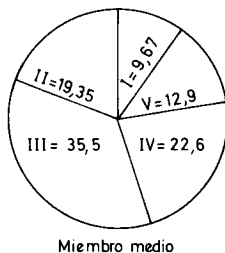
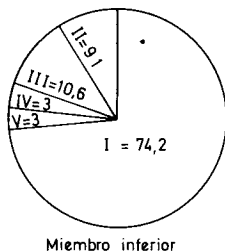


Fig. 8.-Porcentajes de los diferentes tipos petrográficos en las sucesiones del tipo de Las Ventas.

M i e m b r o s u p e r i o r.—En este miembro no se encuentran representados todos los tipos petrográficos como en los otros dos anteriores.

Al igual que en el miembro inferior, el tipo petrográfico predominante son las calizas con birdeseyes, incluso el porcentaje es superior al calculado para el miembro inferior.

Los otros tipos presentes son especialmente las biomicritas y las calizas laminadas, si bien en general en muy escasa proporción. Las calizas laminadas muestran un incremento de relativa importancia en la sucesión de La Carrera de Abajo.

4. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS PRIMARIAS PRESENTES EN EL TECHO DE LOS ESTRATOS

El único tipo de estructuras sedimentarias primarias que aparecen en el techo de los estratos corresponde a grietas poligonales de desecación («mud-cracks» KINDLE 1926), las cuales han sido observadas en las cuatro sucesiones estudiadas pertenecientes a este primer tipo de sucesiones de la Formación Moniello (véase figs. 4 a 7).

En dos de dichas sucesiones, Las Ventas y Caranga de Arriba, las grietas poligonales de desecación se localizan en el miembro inferior. En la sucesión de Las Ventas se presentan en la parte superior del mismo, mientras que en la de Caranga de Arriba en el segundo tercio de dicho miembro, y en ambas sucesiones se hallan en el techo de un nivel con calizas laminadas.

Por el contrario, en las sucesiones de San Andrés y La Carrera de Abajo, estas grietas se sitúan en el miembro superior. En la de San Andrés, grietas poligonales de desecación, no muy bien desarrolladas, se localizan en la mitad de dicho miembro, en el techo de un banco de calizas con birdeseyes. En la sucesión de La Carrera de Abajo existen tres niveles con grietas poligonales situados en la parte alta del tramo muestreado. El primer y tercer nivel consisten en calizas laminadas presentando en el techo grietas poligonales bien desarrolladas. El segundo nivel está formado por calizas con birdeseyes, situándose las grietas poligonales en el techo. Estos tres niveles están alternando, ya sea con calizas laminadas o bien con calizas con birdeseyes.

5. CONTENIDO PALEONTOLÓGICO.

Como ya se ha indicado en el capítulo 1, el contenido paleontológico de este primer tipo de sucesiones es relativamente escaso debido al medio sedimentario en el cual se ha depositado.

El contenido macropaleontológico está constituido por corales (tabulados y tetracoralarios), crinoideos, braquiópodos, gasterópodos y trilobites fragmentados, los cuales han sufrido, quizás, un cierto transporte procedentes de zonas próximas, lo cual podría indicar una cierta energía en el medio. Los braquiópodos encontrados han sido clasificados por J. GARCÍA-ALCALDE como *Chonetes* sp., *Plicanoplia* sp. y *Spinocyrtia* sp. Asimismo diversas formas recogidas de tetraco-

ralarios han sido asignadas por H. TSIEN a *Cystiphylloides transitorius* (STUMM) *Cystiphylloides* sp., *Breviphyllum* sp., *Aulacophyllum* sp. y a *Bethanyphyllum* sp.. El resto de la macrofauna no ha podido ser identificada.

El contenido micropaleontológico está compuesto por calcisferas, ostrácodos, algas y otros restos tubiformes muy pequeños atribuidos a foraminíferos. Las calcisferas son de forma esférica o casi esférica y presentan el borde exterior constituido por calcita oscura. Las afinidades morfológicas y sistemáticas de estos organismos son inciertas si bien la mayoría de autores piensan que probablemente están relacionados con algas, véase por ejemplo RUPP (1966) y WRAY (1972). Los ostrácodos se presentan preferentemente con las valvas disociadas, aunque también hay ejemplares enteros. El hecho de que estén disociadas no indica gran cosa acerca de la energía del medio, puesto que al ser muy pequeño el tamaño de su concha y de poco peso específico fácilmente se desarticulan. La mayoría de ostrácodos no son identificables en lámina delgada a excepción de aquellos que por presentar una sección muy típica y característica son fácilmente reconocibles y atribuibles al grupo *Cryptophyllus*. Las algas, que presentan formas nodulares, subesféricas y en unos pocos casos incrustan a Aulopóridos, han sido asignadas por el doctor R. RIDING a los géneros *Ortonella* (lám. VIII, fig. 4) y *Bevocastria?* (lám. VIII, fig. 2), pertenecientes a la familia de las Codiáceas (Clorofíceas). A veces existen también incrustaciones de algas sobre Aulopóridos, las cuales no son genéricamente identificables debido a la recristalización y micritización que presentan, pero parecen corresponder a la «sección Spongiostromata». (Clorofíceas o Esquizofíceas) (lám. VIII, fig. 3). Los foraminíferos presentes son organismos tubiformes en parte similares a formas de la familia Moravamminidae (NEUMANN, POZARYSKA & VACHARD 1975) junto con otras que presentan una cierta semejanza con el género *Earlandia*. Asimismo puede existir alguna forma correspondiente al género *Uraloporella* (RIDING & JANSKA 1974); no obstante, debido a que en gran parte se hallan recristalizadas no es fácil observar su estructura. Finalmente hay que señalar que se han tratado ocho muestras recogidas en tramos fosilíferos, para separar conodontos siendo el resultado negativo.

Los diversos organismos se encuentran asociados formando dos tipos de conjuntos:

El primer conjunto formado por calcisferas y ostrácodos junto con algunos gasterópodos se halla asociado a calizas con birdeseyes. A veces se presentan esporádicamente fragmentos de braquiópodos, trilobites y algunos corales y foraminíferos. Este tipo de asociación es característico de los miembros inferior y superior de este primer tipo de sucesión, si bien los foraminíferos se presentan principalmente en el miembro superior.

El segundo tipo de conjunto está constituido por tabulados (Aulopóridos) junto con tetracoralarios y fragmentos de braquiópodos, trilobites, equinoideos y algas. Este conjunto está relacionado con biomieritas de colores oscuros, presentándose principalmente en el miembro medio, aunque ocasionalmente se localiza también en el miembro inferior y en el superior. En la parte más baja del miembro superior se encuentra un nivel con corales, principalmente tetracoralarios.

rios, que alcanza un cierto espesor en la sucesión de San Andrés. A veces unos pocos ostrácodos y calcisferas entran a formar parte de este conjunto, si bien ostrácodos pertenecientes al grupo *Cryptophyllus* son más numerosos aquí que en el primer conjunto faunístico. También se encuentran los tipos de algas citados anteriormente, los cuales aparecen casi exclusivamente en el miembro medio de este primer tipo de sucesión. Finalmente, los ejemplares de braquiópodos y de tetracoralarios clasificados y mencionados anteriormente se hallan en la parte alta del miembro medio en unas intercalaciones de pizarras y calizas. En las figs. 4 a 7 se ha representado la distribución de calcisferas, ostrácodos, corales, crinoideos y algas a lo largo de las sucesiones.

6. EL MEDIO SEDIMENTARIO

Ya se ha indicado que uno de los objetivos de este estudio es el análisis de la cuenca de sedimentación de la Formación Moniello. En los capítulos anteriores se han analizado los diversos tipos petrográficos, estructuras sedimentarias y contenido paleontológico presentes en las sucesiones del tipo Las Ventas de dicha formación. Este conjunto de rasgos o características, como es bien sabido, es la consecuencia de unas específicas condiciones del medio sedimentario. Así pues, se trata de establecer, dentro de lo posible, el medio sedimentario en el cual se originó este tipo de sucesiones, basándose en el análisis de las características que presentan las calizas. Si bien dichas características separadamente pueden indicar diversos medios, es el conjunto de todas ellas lo que permitirá determinar propiamente el medio, tal como señalan WALKER & LAPORTE (1970, p. 930).

La mayoría de tipos petrográficos presentes en las sucesiones del tipo de Las Ventas tienen muchas características en común con los depósitos inter a supralitorales de ciertas provincias carbonatadas actuales como son: la Bahía de Florida, Isla Andros (Bahamas), Golfo Pérsico o la Bahía de Shark (Australia). Igualmente, presentan semejanzas con otros depósitos carbonatados antiguos interpretados como propios de un medio inter a supralitoral. Entre los tipos petrográficos que presentan rasgos en común con las provincias actuales o series antiguas, pueden citarse la abundancia de calizas con birdeseyes y con laminaciones. Ahora bien, estos tipos de calizas se hallan interestratificados con otros propios de medios netamente sublitorales. Este hecho es indicador de variaciones en el medio y el resultado final es un complejo mosaico de facies (LAPORTE 1967) como corresponde a una sedimentación en una zona de tipo peritidal. En dichas zonas, son comunes otras características presentes también en las sucesiones tipo Las Ventas, tales como mud-cracks, escasez y poca diversidad de fauna. No obstante, llama la atención la ausencia, en la Formación Moniello, de algunos de los depósitos característicos de llanura intermareal tales como: estromatolitos, laminaciones de mallas de algas o brechas intraformacionales y que en cambio en alguna de las sucesiones típicamente peritidal del Devónico de la Cordillera Cantábrica (Dolomías de Bañugues) están ampliamente representados (ZAMARREÑO 1976).

En las sucesiones tipo Las Ventas, las calizas con birdeseyes se presentan con gran desarrollo en los miembros inferior y superior y como ya se ha indicado, muestran una gran variedad de tipos tanto respecto a la forma de las cavidades (birdeseyes) como a la naturaleza del armazón. La mayoría de calizas con birdeseyes del tipo dispellet presentan analogías con los descritos por MOUNTJOY (1975) del «upper Leduc», Peechee Member del SE de Alberta y por READ (1975) de la Pillara Formation (Devónico) del W de Australia, así como con los descritos por ZAMARREÑO (1972, 1975) del Cámbrico del NW de España. Todos estos autores por comparación con los actuales interpretan dichos depósitos como propios en general de un medio interlitoral. Esta misma interpretación puede ser válida para este tipo de birdeseyes de la Formación Moniello, como lo corrobora la presencia de mud-cracks, que sugieren largos períodos de exposición subaérea, así como la ausencia de rellenos de barro micrítico de las cavidades y el nulo o escaso contenido fosilífero. Este tipo es el predominante en el miembro inferior de Moniello. Un tipo particular de dispellets y que se presenta ocasionalmente en las sucesiones, se asemeja por su textura a los caliches y podría haberse originado durante las fases en que el sedimento se halla sometido por largos períodos a exposición subaérea.

Las calizas con birdeseyes cuyo armazón es una micrita fosilífera y que predominan en el miembro superior, presentan notables diferencias respecto al tipo anterior, lo que hace pensar que se hayan formado en unas condiciones ligeramente distintas. Así, las cavidades se hallan en su mayoría rellenas de barro calcáreo, en ocasiones con restos de organismos y / o esparita y por otra parte presentan en el armazón un mayor contenido en restos fósiles (calcisferas, ostrácodos, gasterópodos y foraminíferos). Estas características apuntan hacia un medio de depósito de carácter más sublitoral que el de los anteriores. El barro calcáreo que rellena la parte basal de las cavidades se interpreta como un sedimento primario y de origen marino a diferencia de la interpretación dada por DUNHAM (1969) en el Townsend carbonate mound de New México para rellenos similares. Dicho autor considera los rellenos como diagenéticos y propios de una zona vadosa. Las características diferenciales entre ambos tipos de relleno pueden verse en el Cuadro I. Atendiendo al contenido fosilífero hay que señalar que los elementos más abundantes corresponden a calcisferas y ostrácodos que con frecuencia se hallan asociados a gasterópodos y foraminíferos (*Moravaminidos*, *Earlandia?*, *Uraloporella?*). Es decir, un conjunto de fauna que ha sido citado como típico de facies de lagoon o back-reef en numerosas formaciones devónicas, tanto en Europa (entre otros KREBS 1968 y NEUMANN *et al.*, 1975) como de Norteamérica (entre otros ROCHE & CAROZZI 1970; DOLPHIN & KLOVAN 1970; KREBS & MOUNTJOY 1972; RIDING & JANSÁ 1974) y Australia (PLAYFORD 1969). Si se tiene en cuenta que este tipo de calizas con birdeseyes se presenta interestratificado con el tipo dispellet, que indica condiciones peritidal, es lógico interpretar que el que presenta un armazón de micrita fosilífera se haya depositado en la zona marginal de un lagoon, es decir, en una zona muy somera y muy cerca de la línea de costa. La asociación de estas facies de birdeseyes con las facies de laminaciones apoya

CUADRO 1.-Características diferenciales entre el sedimento interno diagenético y sedimento interno primario.

| | Diametro medio partículas | Restos fósiles | Relación con el cemento | Pellet silt |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| SEDIMENTO INTERNO DIAGENETICO ("Crystal silt = partículas talla limo") | 10 - 25 μ | Mal preservados | Se apoya sobre un cemento de calcita fibrosa que tapiza el fondo de la cavidad | Presentes |
| SEDIMENTO INTERNO PRIMARIO (Partículas talla arcilla) | \approx 3 μ | Bien preservados y generalmente abundantes | Se apoya directamente sobre el fondo de la cavidad | Ausentes |

también esta interpretación, si bien estas últimas alcanzan un desarrollo mucho menor. Se localizan en la parte basal del miembro inferior y en la parte baja y alta del miembro medio donde se hallan además asociadas a micritas bioturbadas. Las calizas con laminaciones se interpretan, por sus características, como originadas en la zona inter a sublitoral.

Hay que señalar por último que todos estos tipos citados se hallan ocasionalmente interestratificados con litofacies netamente sublitorales tales como biomicritas, que adquieren cierta importancia hacia la parte media del miembro medio. En este miembro abundan las biomicritas con un gran contenido en tabulados (Aulopóridos). A veces tetracoralarios, crinoideos, braquiópodos, algún foraminífero y algas (*Bevoacstria?*, *Ortonella* y algas incrustantes de la «sección Spongiostromata»). El gran desarrollo que alcanzan los corales y la abundancia y diversidad de fauna indican que las condiciones del medio están muy próximas a las típicamente marinas.

CARACTERÍSTICAS DE LAS SUCESIONES DEL TIPO SAN PEDRO (TAMEZA) FORMADAS POR CALIZAS CON BIRDESEYES Y CALIZAS FOSILÍFERAS

Litológicamente las sucesiones del tipo San Pedro (Tameza) están constituidas por calizas con birdeseyes así como por calizas fosilíferas. Presentan por ello, unas características intermedias entre las del tipo de Las Ventas (calizas con birdeseyes principalmente) ya descritas y las del tipo de la ensenada de Moniello (calizas fosilíferas) que se describirán más adelante.

Las calizas fosilíferas son más o menos arcillosas y alternan con algunos niveles delgados de pizarras y margas. Contienen una fauna bentónica abundante y diversa, propia de una plataforma costera, en unos casos de carácter arrecifal

(corales, estromatopóridos), y en otros conchífera (braquiópodos), así como crinoideos y algún gasterópodo. En general las calizas fosilíferas muestran un desarrollo algo superior al de las calizas con birdeseyes.

En este tipo de sucesiones se distinguen tres miembros: el miembro inferior presenta calizas más o menos arcillosas con niveles delgados de pizarras y margas y con abundante fauna arrecifal, el miembro medio, que es el más potente, está constituido en su mayor parte por calizas grises, a veces rojizas, con birdeseyes y el miembro superior, si bien en la mayor parte de las sucesiones estudiadas no se observa bien, presenta calizas, en ocasiones dolomitizadas alternando con algún nivel pizarroso, y posee fauna bentónica. Estos tres miembros no están tan netamente marcados en el campo como en las sucesiones del tipo de Las Ventas. En estas últimas, tal como se ha indicado, el miembro medio está constituido por materiales muy blandos (calizas margosas y pizarras) lo cual determina que exista una zona de menor relieve entre los dos miembros de calizas con birdeseyes.

Las series estudiadas e incluidas en este tipo son las siguientes: Les Areñes, San Pedro y La Vega de Vicenturo.

Les Areñes.—Esta sucesión ha sido obtenida en el pueblo del mismo nombre situado en el camino vecinal de Posada de Llanera a Arlós, observándose bien su contacto con el Complejo de Rañeces, no así el contacto con la Arenisca del Naranco, aunque la parte tapada es de poca importancia. Presenta un espesor total de unos 235 m correspondiendo 87 m al miembro inferior, 113 m al miembro medio y 35 m al miembro superior (fig. 9).

San Pedro (Tameza).—En el km 9 de la carretera de Grado a Puerto Ventana aflora un buen corte de la Formación Moniello, cuyos contactos con las formaciones que están por encima y debajo son bien visibles. El espesor total de la sucesión es de 240 m. El miembro inferior alcanza unos 79 m, el medio 111 m y el miembro superior 50 m. Este último miembro está dolomitizado, especialmente hacia el techo (fig. 10).

Hay que destacar en esta sucesión la existencia de una pequeña construcción arrecifal (patch-reef) situada en la parte baja del miembro inferior (lám. XIV, fig. 1). Dicha construcción presenta una forma aproximadamente circular con un diámetro de unos 2,60 m, rodeada de calizas grises oscuras con tabulados ramificados (*Thamnopora* entre otros), tetracoralarios y algún estromatopórido de pequeño tamaño. Dicho patch-reef exhibe una cierta zonación de las diferentes formas de organismos. En los bordes predominan *Favosites* lamelares y masivos (lám. XIV, fig. 3), corales tipo *Zaphrentis* y tabulados ramificados, mientras que en su parte central se desarrollan principalmente estromatopóridos masivos (lám. XIV, fig. 2 y 4) observándose algunos ejemplares en posición de crecimiento, acompañados de tabulados ramificados y crinoideos.

La Vega de Vicenturo.—Este corte ha sido estudiado en las proximidades de Urria (carretera local de Entrago a Taja) en el lugar denominado «Vega de Vicenturo». El contacto con el Complejo de Rañeces se observa bien, mientras que el techo no es visible ya que se encuentra fallado. Esta sucesión presenta un espesor total de unos 296 m, alcanzando el miembro inferior 113 m de espesor, el miembro medio 120 m y el superior 63 m (fig. 11).

I. TIPOS PETROGRÁFICOS.

Como ya se ha indicado, estas sucesiones son intermedias entre las del tipo Las Ventas y las del tipo de la ensenada de Moniello, presentan por tanto unas características petrográficas comparables a ambos tipos. Así pues, se hará una enumeración de los tipos aquí presentes, destacando únicamente aquellos rasgos más significativos.

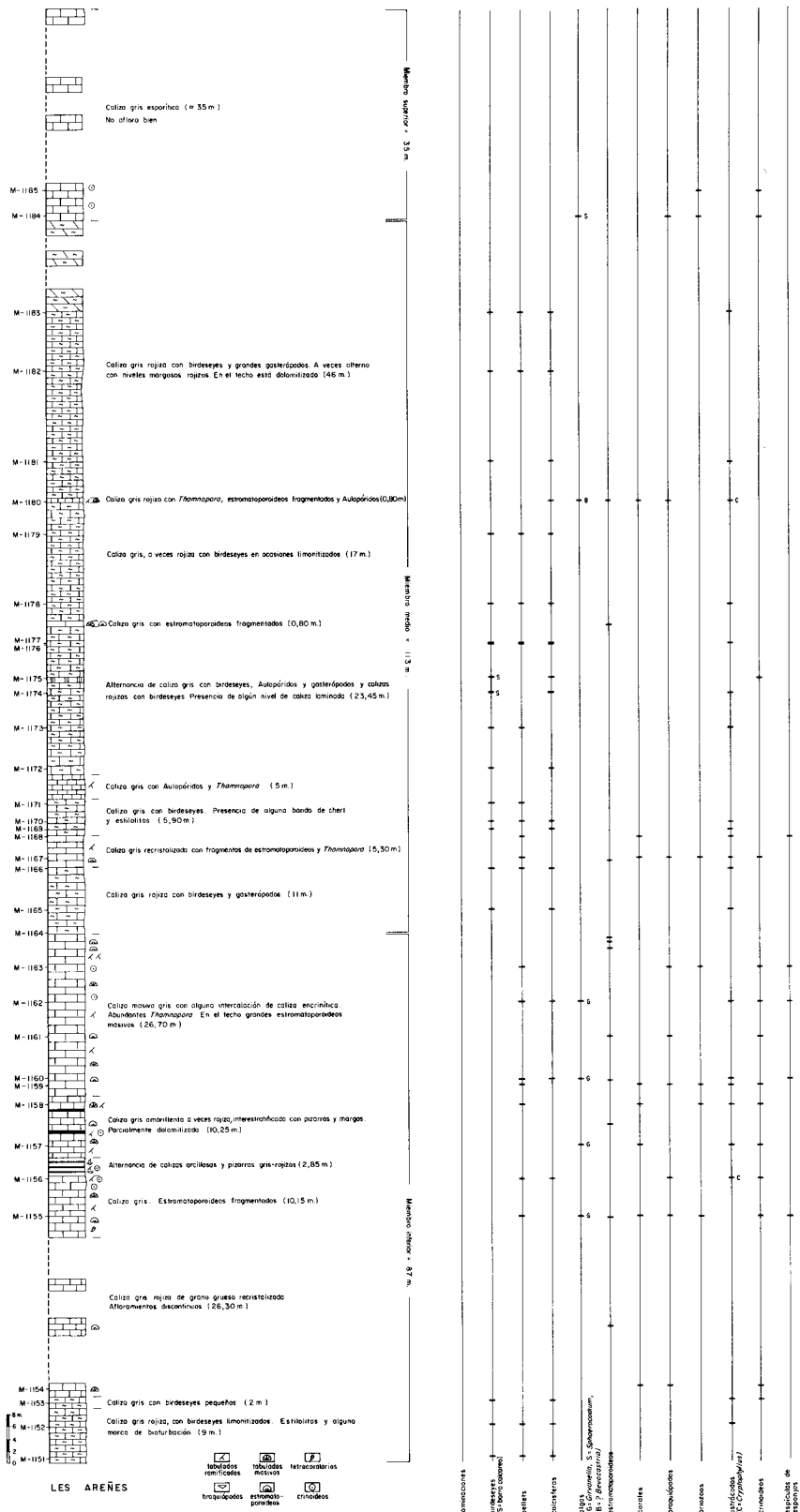


Fig. 9

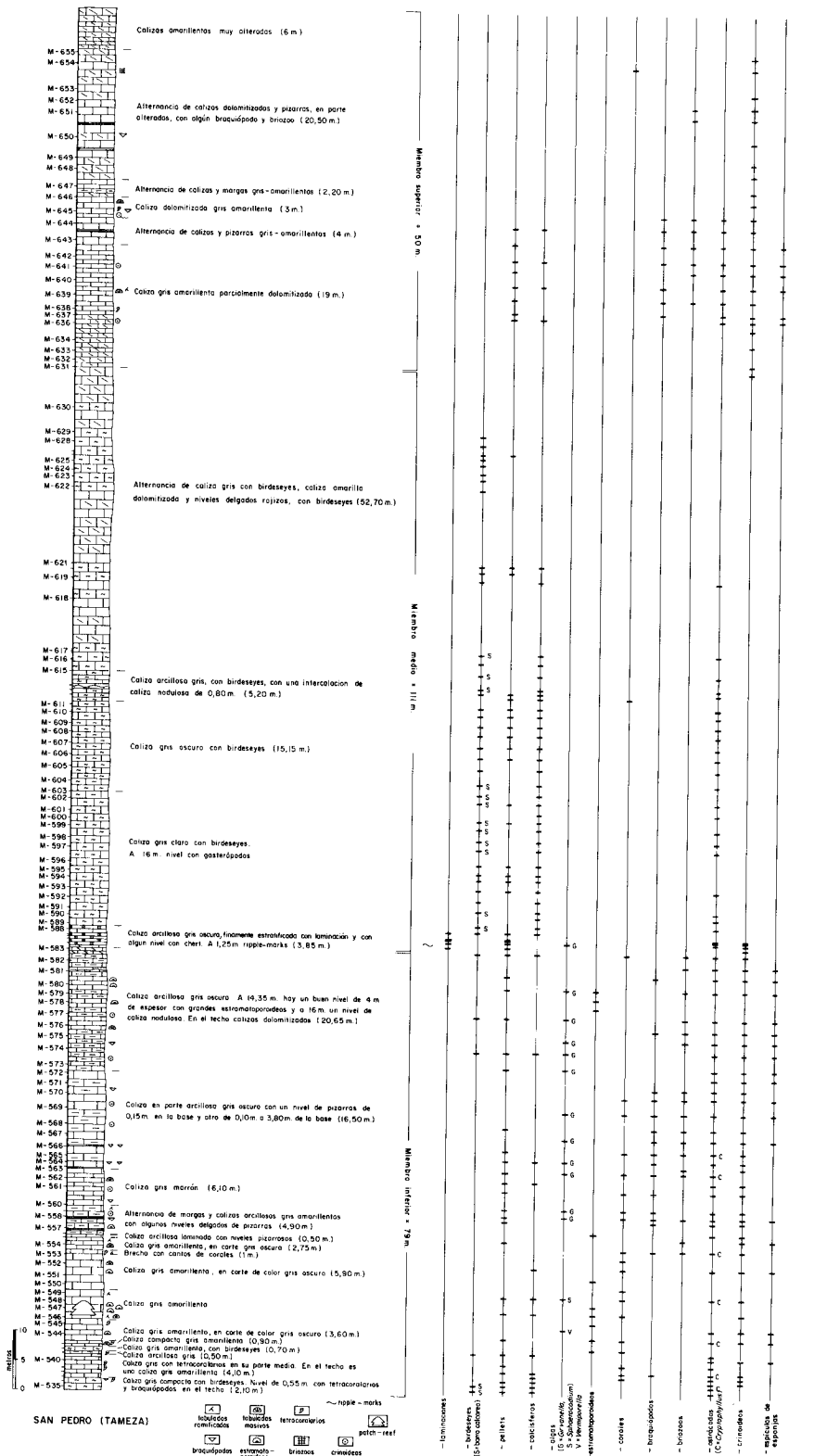


Fig. 10

Calizas fosilíferas.—Microscópicamente presentan una gran variedad de tipos petrográficos dependiendo de los organismos predominantes y del grado de fragmentación de los mismos, siendo similares a algunos de los existentes en las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello. Se pueden enumerar los tipos siguientes:

a) Biomicritas constituidas por fragmentos de tamaño limo de organismos inidentificables (lám. XV, fig. 2).—Este tipo petrográfico, además de restos de organismos de tamaño limo, contiene con cierta frecuencia otros restos de mayor talla tales como crinoideos, briozoos y ostrácodos. Todos estos organismos se hallan englobados en una matriz de micrita con cuarzo detrítico, pellets y pirita. Este tipo presenta una textura semejante al equivalente en las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello.

b) Biomicritas y bioesparitas (a veces con pellets) de crinoideos o de crinoideos y briozoos (lám. XVI, fig. 1; lám. XVII, fig. 1).—Presenta además otros restos en menor proporción tales como braquiópodos, trilobites y en ocasiones algas como *Sphaerocodium* y *Girvanella* (lám. XVII, figs. 2 y 3).

c) Biomicritas y biopelmicritas de crinoideos bastante fragmentados (talla 0,075 mm-0,15 mm).—Dichos restos se hallan acompañados de otros en proporción muy pequeña, tales como braquiópodos, briozoos y ostrácodos (lám. XV, fig. 4). No obstante en unos pocos casos existe un gran contenido en tabulados englobados en la matriz (lám. XVIII, fig. 1). En ocasiones este tipo de microfacies presenta bioturbación.

d) Biomicritas y biopelmicritas constituidas principalmente por crinoideos y espículas de esponjas, asociados a veces a briozoos (lám. XV, fig. 3; lám. XVI, fig. 1).—Es característico de esta microfacies la gran fragmentación de los organismos, hecho también observado en las microfacies análogas de las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello. Además de los restos ya citados, contiene en ocasiones ostrácodos y *Girvanella* (lám. XVI, figs. 2 y 3). Algunas muestras presentan cierto grado de bioturbación. Dentro de este tipo se engloban, por presentar la misma textura, un tipo de calizas semejantes a las calizas de aspecto amigdaloides de la ensenada de Moniello, caracterizadas por un gran contenido en briozoos y espículas, no obstante aquí se presentan con un desarrollo mucho menor.

e) Biopelmicritas y pelmicritas fosilíferas con algas y organismos diversos (lám. XVIII, fig. 2).—Los organismos presentes corresponden a crinoideos, corales, ostrácodos, gasterópodos, calcíferas, espículas de esponjas, *Girvanella* y Aulopóridos. En una muestra se han encontrado algas pertenecientes al género *Vermiporella*. Los restos fosilíferos presentan a veces una envoltura micrítica que pudiera ser debida a algas, así mismo se observan restos indeterminables que es probable se puedan atribuir también a algas. En este tipo petrográfico son frecuentes los procesos de disolución en los restos orgánicos, los cuales se hallan rellenos de esparita.

Calizas con birdeyes.—Microscópicamente se pueden dis-

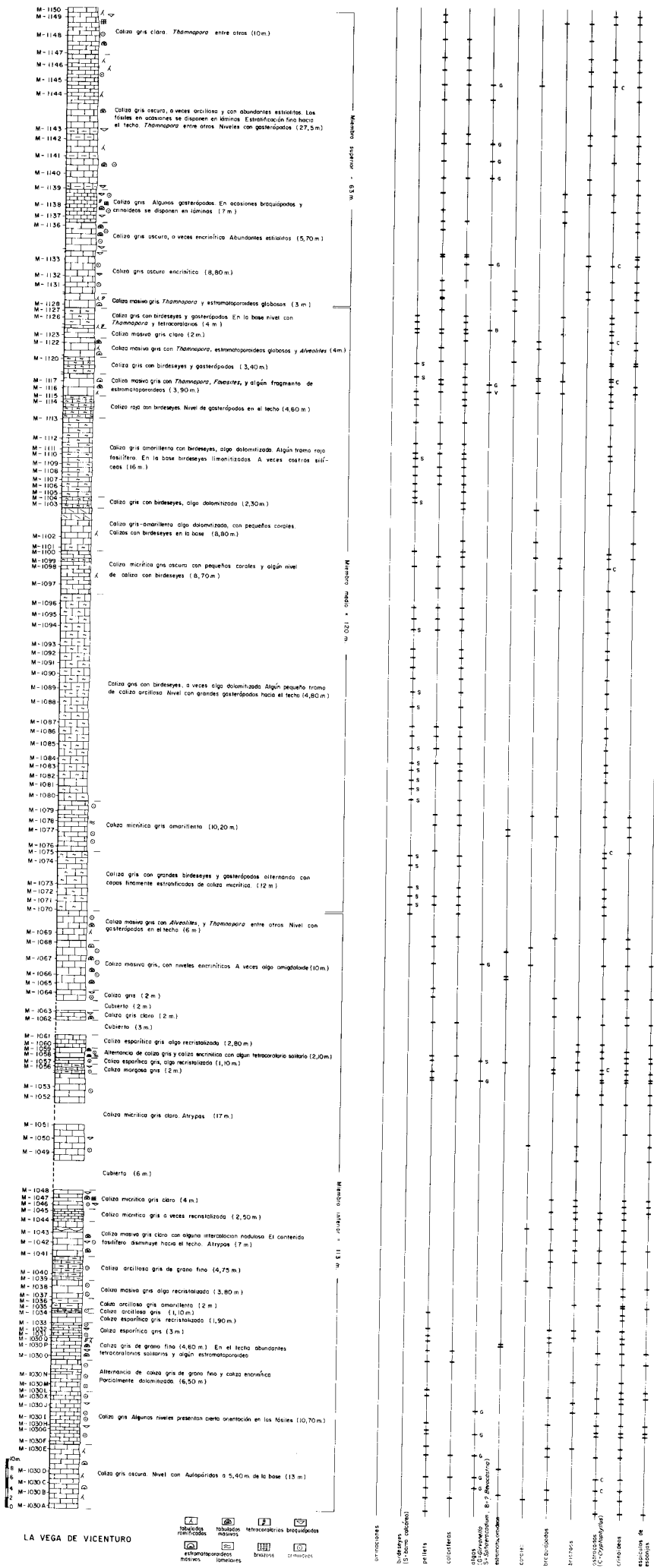


Fig. 11

tinguir según los constituyentes del armazón tres tipos petrográficos similares a los del tipo de Las Ventas.

a) Calizas con birdeseyes cuyo armazón es un micrita fosilífera (lám. XIX, fig. 1).

b) Dispellets (lám. XIX, fig. 3).

c) Dismicritas (sólo presentes en la sucesión de Les Areñes).

Los birdeseyes presentan morfologías, rellenos y relaciones cemento-cavidad idénticos a los ya descritos en el capítulo de Las Ventas, siendo más abundantes las cavidades con esparita que las rellenas total o parcialmente de barro calcáreo (lám. XIX, fig. 1). El armazón está constituido por micrita con pellets (lám. XIX, fig. 3) con las mismas características que en las sucesiones del tipo de Las Ventas, o bien por una micrita con cierto contenido fosilífero (lám. XIX, fig. 1) siendo los fósiles presentes calcíferas, gasterópodos, ostrácodos y foraminíferos. En ocasiones estas calizas presentan una tonalidad rojiza debida a impregnaciones de óxidos de hierro y minerales arcillosos, que se concentran predominantemente en estilolitos. En la sucesión de San Pedro este tipo de roca está dolomitizada en la parte superior del miembro medio, no obstante al microscopio se llegan a observar los birdeseyes por presentar una dolomitización diferencial ya que en las cavidades los rombos de dolomita son de mayor tamaño que en el armazón (lám. XIX, fig. 2).

M i c r i t a s L a m i n a d a s.—Este tipo petrográfico tiene mucho menor desarrollo que en las sucesiones del tipo de Las Ventas y se presenta exclusivamente en la de San Pedro ya que en Les Areñes la escasa laminación observada es debida a la disposición paralela a la estratificación de pequeños birdeseyes. En la sucesión de La Vega de Vicenturo no existe ninguna caliza laminada.

El tipo de micritas laminadas que aquí se observan corresponden a laminaciones debidas a diferencias en el tamaño de grano, ya sea de los carbonatos (lám. XX, fig. 1), ya sea de los restos orgánicos (lám. XX, fig. 2). Ocasionalmente en las láminas con restos orgánicos se presentan pequeños birdeseyes.

2. REPARTICIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS DISTINTOS TIPOS PETROGRÁFICOS.

M i e m b r o i n f e r i o r.—Este miembro está constituido casi exclusivamente por calizas fosilíferas. Macroscópicamente tales tipos corresponden a: calizas con estromatopóridos y corales, calizas con corales o bien a calizas arcillosas con braquiópodos y crinoideos. Los tipos petrográficos existentes representan en su mayor parte la matriz que se encuentra entre los organismos de carácter arrecifal. Dichos tipos se presentan alternando unos con otros y no se observa ninguna distribución rítmica o constante entre ellos en las diversas sucesiones estudiadas, si bien algunos tipos predominan más en unas que en otras. Así, en la sucesión de San Pedro el tipo que predomina es el de biomicritas de crinoideos y espículas de esponjas, mientras que en la Vega de Vicenturo es el de biomicritas y bioesparitas (a veces con pellets) de crinoideos o de crinoideos y

briozoos. No obstante, en esta última sucesión existe también un nivel en el que abundan biomicritas y biopelmicritas de crinoideos y espículas de esponjas.

En general, en los niveles de mayor desarrollo de calizas con estromatopóridos predominan las microfacies de calizas fosilíferas descritas en el apartado c. Así, las microfacies del patch-reef de la sucesión de San Pedro corresponden a dicho tipo, es decir a biopelmicritas y pelmicritas fosilíferas con algas y organismos diversos tales como crinoideos, corales, espículas de esponjas, algas *Girvanella*, gasterópodos, etc. Algunos de los restos fosilíferos muestran una envoltura micrítica que pudiera ser de algas.

En la sucesión de Les Areñes existe en la base del miembro inferior un nivel de calizas con birdeseyes representadas por dispellets y otras cuyo almacén es una micrita fosilífera. En la sucesión de San Pedro también existe este nivel, si bien las calizas con birdeseyes alternan con calizas fosilíferas. En dicha sucesión este tipo de microfacies está constituido por calizas con birdeseyes cuyo almacén es una micrita fosilífera.

M i e m b r o m e d i o.—Este miembro está constituido principalmente por calizas con birdeseyes. En general, no existe una distribución estratigráfica constante de los diferentes tipos petrográficos, sólo en la sucesión de San Pedro hay un nivel de poco espesor de dispellets en la parte inferior de este miembro medio. El tipo más abundante corresponde a calizas con birdeseyes cuyo almacén es una micrita fosilífera. En la sucesión de La Vega de Vicenturo alternan calizas con birdeseyes y niveles delgados de calizas fosilíferas constituidas por biopelmicritas con restos de algas y otros organismos tales como crinoideos, braquiópodos, corales, calcisferas, ostrácodos. Aulopóridos, etc., En una de las muestras se han observado algas pertenecientes a la «sección Spongiostromata», las cuales ya han sido citadas en las sucesiones del tipo Las Ventas.

El tipo correspondiente a micritas laminadas, como ya ha sido indicado, tiene poca importancia. En la sucesión de San Pedro existen los dos tipos anteriormente descritos, presentándose un poco más desarrollado aquél cuyas láminas vienen definidas por diferencias de talla en los organismos o bien por acumulaciones alternantes de restos fosilíferos. Las calizas con laminaciones se localizan en la base del miembro medio. En Les Areñes se observa únicamente una muestra en que la laminación viene marcada por birdeseyes junto con algún resto orgánico.

M i e m b r o s u p e r i o r.—Este miembro está constituido en su totalidad por calizas fosilíferas. En las sucesiones de San Pedro y La Vega de Vicenturo estas calizas corresponden casi exclusivamente a biopelmicritas de crinoideos y espículas de esponjas y a biopelmicritas y biomicritas de crinoideos bastante fragmentados (talla 0,075 mm-0,15 mm) acompañados de otros restos. Existen el tipo petrográfico de bioesparitas de crinoideos y briozoos, pero con poco desarrollo. Todos estos tipos se hallan alternando unos con otros, si bien el que presenta mayor abundancia es el de biopelmicritas de crinoideos y espículas. No obstante, hay que señalar que, en la sucesión de San Pedro, el techo no se observa bien al estar bastante dolomitizado y que, en la de Les Areñes, este

miembro superior no aflora bien por lo que la única microfacies observada es la de bioesparitas de crinoideos y briozoos.

3. PORCENTAJES DE LOS TIPOS PETROGRAFICOS

El método seguido para el cálculo de porcentajes ha sido el mismo que se ha utilizado para las sucesiones del tipo de Las Ventas. Con el fin de comparar, desde el punto de vista de las microfacies, estos dos tipos de sucesiones se han elegido las microfacies análogas en ambas, ya que si bien en las sucesiones del tipo San Pedro existe una mayor variedad de calizas fosilíferas, estas pueden encuadrarse, en general, dentro de la microfacies III (calizas biomicríticas) y por tanto dicha elección no modifica el resultado. El cálculo obtenido se representa gráficamente en la fig. 12.

M i e m b r o i n f e r i o r.—El tipo petrográfico con mayor porcentaje corresponde al de calizas biomicríticas, el cual se mantiene casi invariable en las tres sucesiones estudiadas, no obstante en la sucesión de La Vega de Vicenturo alcanza un porcentaje ligeramente más alto que en los restantes.

Los otros tipos petrográficos existentes se presentan en proporción mucho menor. Hay que destacar que si bien el tipo de calizas con birdeseyes se halla en proporción relativamente baja en la sucesión de Les Areñes y San Pedro, no está representado en la sucesión situada al S de las anteriores (sucesión de La Vega de Vicenturo).

M i e m b r o m e d i o.—A diferencia del miembro inferior, las calizas biomicríticas no son en este miembro predominantes. El mayor porcentaje corresponde a calizas con birdeseyes, las cuales alcanzan los mayores valores en las sucesiones de Les Areñes y San Pedro. En la sucesión situada al S de las anteriores (La Vega de Vicenturo), el porcentaje de las calizas con birdeseyes disminuye bastante, aunque sigue siendo el tipo petrográfico predominante. Los restantes tipos presentan porcentajes muy pequeños, a excepción de las calizas biomicríticas presentes en la sucesión de La Vega de Vicenturo, en la que alcanzan valores relativamente altos, a diferencia de los obtenidos en las otras dos sucesiones.

M i e m b r o s u p e r i o r.—Los datos obtenidos no son muy representativos debido a dificultades de afloramiento (sucesión de Les Areñes) o a la dolomitización epigenética existente (sucesión de San Pedro). No obstante se observa que este miembro al igual que el miembro inferior presenta un gran porcentaje de calizas biomicríticas. Los otros tipos presentes de microfacies, alcanzan valores relativamente bajos.

4. CONTENIDO PALEONTOLOGICO.

En este tipo de sucesiones existe una gran diferencia entre los tres miembros en cuanto al contenido paleontológico. El miembro inferior presenta una abundante macrofauna, frecuentemente de tipo arrecifal: corales, estromatopóri-

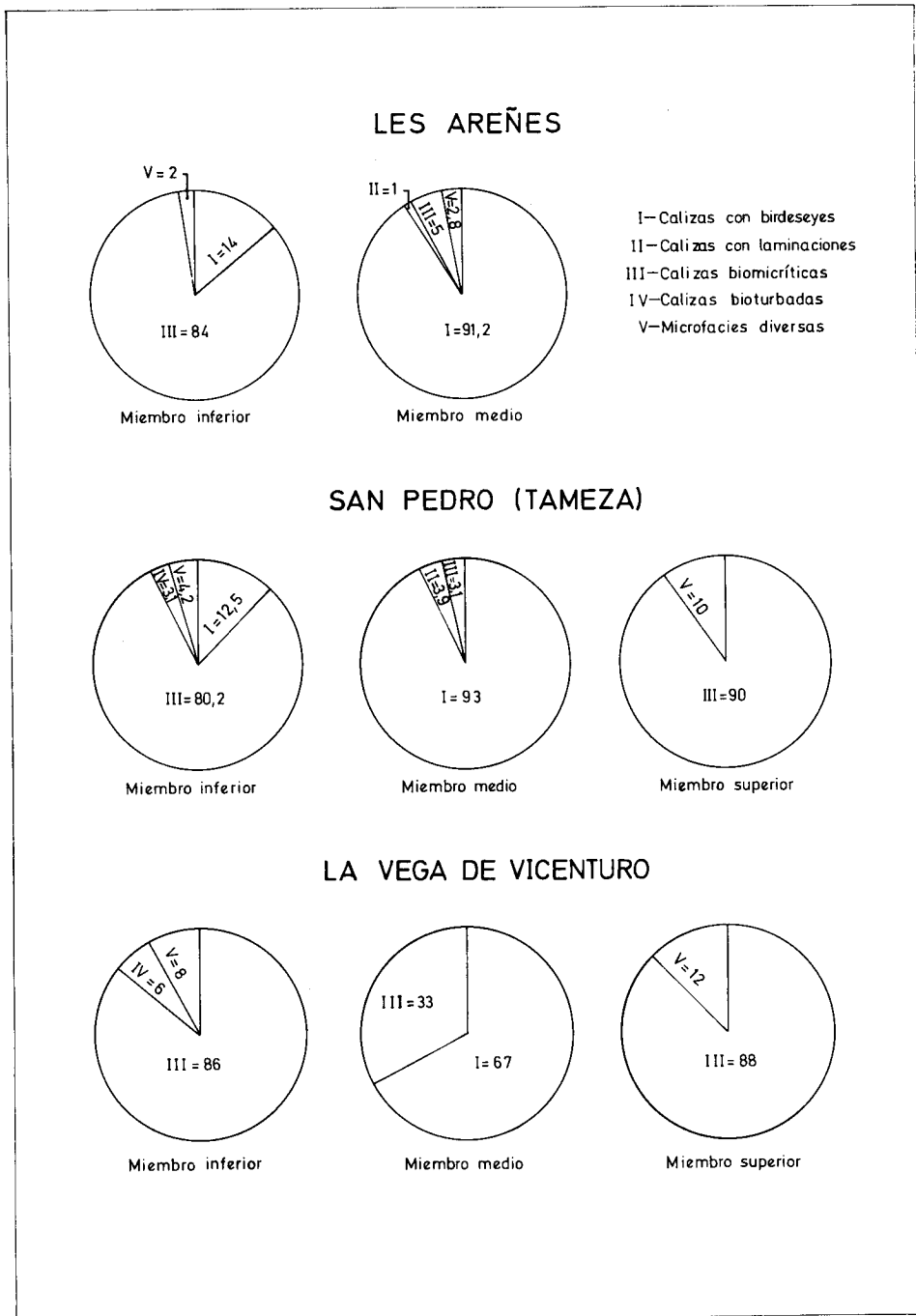


Fig. 12.—Porcentajes de los diferentes tipos petrográficos en las sucesiones del tipo de San Pedro (Tameza).

dos, braquiópodos, crinoideos, algún gasterópodo, etc. Entre los corales se pueden citar tabulados masivos (*Favosites*, *Alveolites*), *Thamnopora*, que en ocasiones constituyen colonias de cierta importancia y tetracoralarios. En la sucesión de San Pedro han sido determinados por H. TSIEN (com. pers.) algunos ejemplares de tetracoralarios como *Cystiphyloides* sp., *Ceratophyllum* sp. y *Bethanyphyllum* sp. Los estromatopóridos, si bien se hallan algunos fragmentados, en general son masivos irregulares presentando a veces tamaños de unos 40 cm aunque hay asimismo formas redondeadas pequeñas tipo «pelota de tenis». En lo referente a los braquiópodos, se han hallado varios niveles en los que J. GARCÍA-ALCALDE (com. pers.) ha determinado diversas especies, así en la sucesión de San Pedro se encuentran: *Iridistrophia hipponyx* (SCHNUR), *Uncinulus orbignyanus* (VERN & ARCH), *Eurysprifer paradoxus* (SCHLOTH), *Oligoptycherhynchus hexatoma* (SCHNUR), *Athyris ferronesensis* (VERN & ARCH.) y *Eoreticularia* sp., en la sucesión de La Vega de Vicenturo: *Atrypa reticularis* (LINN.) e *Iridistrophia hipponyx* (SCHNUR) y en la sucesión de Les Areñes: *Oligoptycherhynchus hexatoma* (SCHNUR). Al conjunto macropaleontológico le acompaña microfauna tal como espículas de esponjas, ostrácodos, algas, alguna calcisfera y foraminíferos. Entre los ostrácodos se encuentran algunas formas atribuibles al grupo *Cryptophyllus*. Entre las algas se han podido determinar los siguientes géneros: *Girvanella*, *Sphaerocodium* y *Vermiporella*. Los foraminíferos presentes en algunos niveles de este miembro corresponden a Moravaminidos, *Earlandia?* y *Uraloporella?*

Por el contrario, el miembro medio presenta un contenido paleontológico escaso y preferentemente microfosilífero: calcisferas y ostrácodos, aunque es también destacable la presencia de niveles de gasterópodos asociados a este conjunto. Asimismo, este miembro presenta, a veces, foraminíferos, como los anteriormente citados, en las calizas con birdeseyes o bien en intercalaciones fosilíferas y en un caso algas que podrían ser atribuibles a *Bevocastria?*. Ocasionalmente existen tramos delgados conteniendo una macrofauna consistente en Aulopóridos, *Thamnopora* y algún fragmento de estromatopórido.

El miembro superior muestra un contenido preferentemente macropaleontológico, aunque por el hecho de estar dicho miembro, en la mayoría de las sucesiones, parcialmente dolomitizado o no aflorar bien, no se aprecia adecuadamente, no obstante presenta corales, crinoideos, braquiópodos, briozoos y algún gasterópodo. En la sucesión de La Vega de Vicenturo hay que señalar también la existencia de estromatopóridos. Entre los braquiópodos se han determinado en la sucesión de San Pedro: *Cyrtina heteroclita* (DEFRANCE) y en la de La Vega de Vicenturo: *Uncinulus orbignyanus* (VERN & ARCH) e *Iridistrophia hipponyx* (SCHNUR). Entre los tetracoralarios clasificados y pertenecientes a la sucesión de San Pedro hay que citar: *Ceratophyllum* sp., y *Tabulophyllum* sp. Existen también en el miembro superior algunas algas tales como *Sphaerocodium* y *Girvanella* pero en menor proporción que en el miembro inferior.

Asimismo hay que indicar que en la sucesión de San Pedro se han separado conodontos (*).

En las figs. 9 a 11 se ha representado la distribución de calcíferas, algas, estromatopóridos, corales, braquiópodos, briozoos, ostrácodos, crinoideos y espículas de esponjas.

5. EL MEDIO SEDIMENTARIO.

La Formación Moniello, en este tipo de sucesiones, está constituida en sus tres miembros, como ya se ha indicado anteriormente, por rocas con unas características que corresponden a condiciones diferentes del medio sedimentario. El miembro inferior, constituido principalmente por calizas fosilíferas con un variado contenido faunístico con cierto carácter arrecifal, representa un medio típicamente sublitoral, tranquilo con ligeros períodos de agitación, como lo atestiguan la presencia de cemento esparítico y el elevado grado de fragmentación de los organismos. No obstante, al iniciarse el depósito de este miembro, existieron, algunas pequeñas oscilaciones en el nivel del mar, que dan lugar a la formación de calizas con birdeseyes, si bien con muy poco desarrollo (San Pedro, y Les Areñas). Localmente existen, también, condiciones favorables para el desarrollo de pequeños lentejones arrecifales (patch-reef) como sucede en la sucesión de San Pedro.

Las calizas del miembro medio se caracterizan fundamentalmente por un gran desarrollo de birdeseyes y laminaciones en algunos casos. Paleontológicamente, en comparación con el miembro inferior, se caracterizan por el escaso contenido fosilífero a excepción de gasterópodos, calcíferas, ostrácodos y a veces foraminíferos. Desde el punto de vista sedimentológico representan un medio análogo al de los miembros inferior y superior de las sucesiones del tipo de Las Ventas, es decir, de tipo peritidal y de lagoon marginal.

El miembro superior con calizas fosilíferas presenta unas características paleontológicas y sedimentológicas que indican de nuevo unas condiciones típicamente marinas propias de un medio sublitoral, aunque con menor desarrollo de elementos faunísticos de tipo arrecifal en comparación con el miembro inferior.

Así pues, este tipo de sucesiones representa un medio sedimentario equivalente, en parte, al de las sucesiones del tipo Las Ventas y en parte equivalente al de las del tipo ensenada de Moniello.

CARACTERISTICAS DE LAS SUCESIONES DEL TIPO DE LA ENSENADA DE MONIELLO FORMADAS POR CALIZAS FOSILIFERAS

Las sucesiones integradas en este tipo están constituidas por calizas fosilíferas. Por tanto, difieren de las del tipo Las Ventas y San Pedro en que no presentan calizas con birdeseyes.

(*) Se han estudiado 15 muestras, de las que sólo en una se han obtenido ejemplares atribuidos por P. BULTYNCK (com. pers.) a *Icriodus corniger* WITTEKINDT y a *Icriodus cf. curvirostratus* BULTYNCK.

En estas sucesiones, la Formación Moniello está constituida litológicamente por calizas y calizas arcillosas, en bancos más o menos potentes, interestratificadas a veces con capas delgadas de pizarras. Desde el punto de vista paleontológico se diferencian tres miembros que a grandes rasgos son: un miembro inferior con predominio de braquiópodos, un miembro medio con abundantes corales y estromatopóridos y un miembro superior en el que predominan braquiópodos y briozoos sin que con ello se quiera indicar que los diferentes tipos de organismos se excluyan totalmente. Asimismo, en cada uno de estos miembros pueden establecerse subdivisiones con características litológicas y paleontológicas propias. Es de destacar que la mayoría de los fósiles se hallan parcialmente silicificados.

Las series estudiadas son las siguientes: la ensenada de Moniello, la Planadera, La Riera y Arnao que es un caso particular, por lo que se tratará separadamente.

La ensenada de Moniello.—Esta sucesión que ha sido elegida como la más representativa, aflora a lo largo de la costa asturiana entre la punta de Aguión y la ensenada de Moniello en las inmediaciones de Luanco. Presenta un excelente corte observándose bien los contactos con la Arenisca del Naranco y el Complejo de Rañeces; se han escogido como base de la sucesión estudiada las primeras capas calcáreas que han perdido la tonalidad rojiza y el carácter encrinítico típicos de la formación superior del Complejo de Rañeces (Formación Arnao). Esta sucesión presenta una potencia de unos 260 m correspondiendo 80 m al miembro inferior, 66 al miembro medio y 100-110 m al miembro superior. El miembro medio presenta un gran desarrollo de corales y estromatopóridos con una grave variedad de formas (fig. 13).

La Planadera.—Esta sucesión ha sido obtenida al N de La Planadera, pueblo situado en la carretera local de Cornellana a Cermeño, observándose bien sus contactos con las formaciones situadas por encima y por debajo de ella. El miembro medio de la formación no es bien visible, presentando afloramientos discontinuos; no obstante se llega a detectar el carácter coralino del mismo. En total se ha calculado para la Formación Moniello, en esta localidad, una potencia de unos 250 m de los cuales 62 corresponden al miembro inferior, 67 m al medio y unos 120 al miembro superior. Es de destacar que un gran espesor del miembro superior se encuentra dolomitizado epigenéticamente; esta dolomitización abarca hasta el techo de la sucesión, hecho no observado en las de La Riera y de la ensenada de Moniello (fig. 14).

La Riera.—En el km 22 de la carretera local de Belmonte al Puerto de Somiedo aflora un buen corte de la Formación Moniello. Su contacto superior con la Arenisca del Naranco se observa bien, no así el contacto inferior con el Complejo de Rañeces, aunque la zona tapada es de poca importancia. El miembro inferior y la mayoría del miembro medio se han obtenido en el lado izquierdo de la carretera (en dirección a Somiedo) mientras que el miembro superior se ha estudiado en el lado derecho, debido a que se halla mejor expuesto. Dicha sucesión presenta un espesor total de unos 240 m correspondiendo 73,50 m al miembro inferior, 70 m al miembro medio y 96,50 m al miembro superior, observándose en el miembro medio bonitos ejemplares de estromatopóridos masivos en posición de crecimiento así como de *Thamnopora* (fig. 15).

1. TIPOS PETROGRÁFICOS.

Debido al hecho de que en las calizas constituidas esencialmente por grandes corales y estromatopóridos las observaciones en láminas delgadas informan sólo sobre las características de la matriz entre los grandes organismos, se van a describir separadamente los tipos petrográficos que corresponden a calizas fosilíferas con bajo porcentaje de corales y sin estromatopóridos y aquellos relativos a calizas fosilíferas constituidas principalmente por grandes corales y estro-

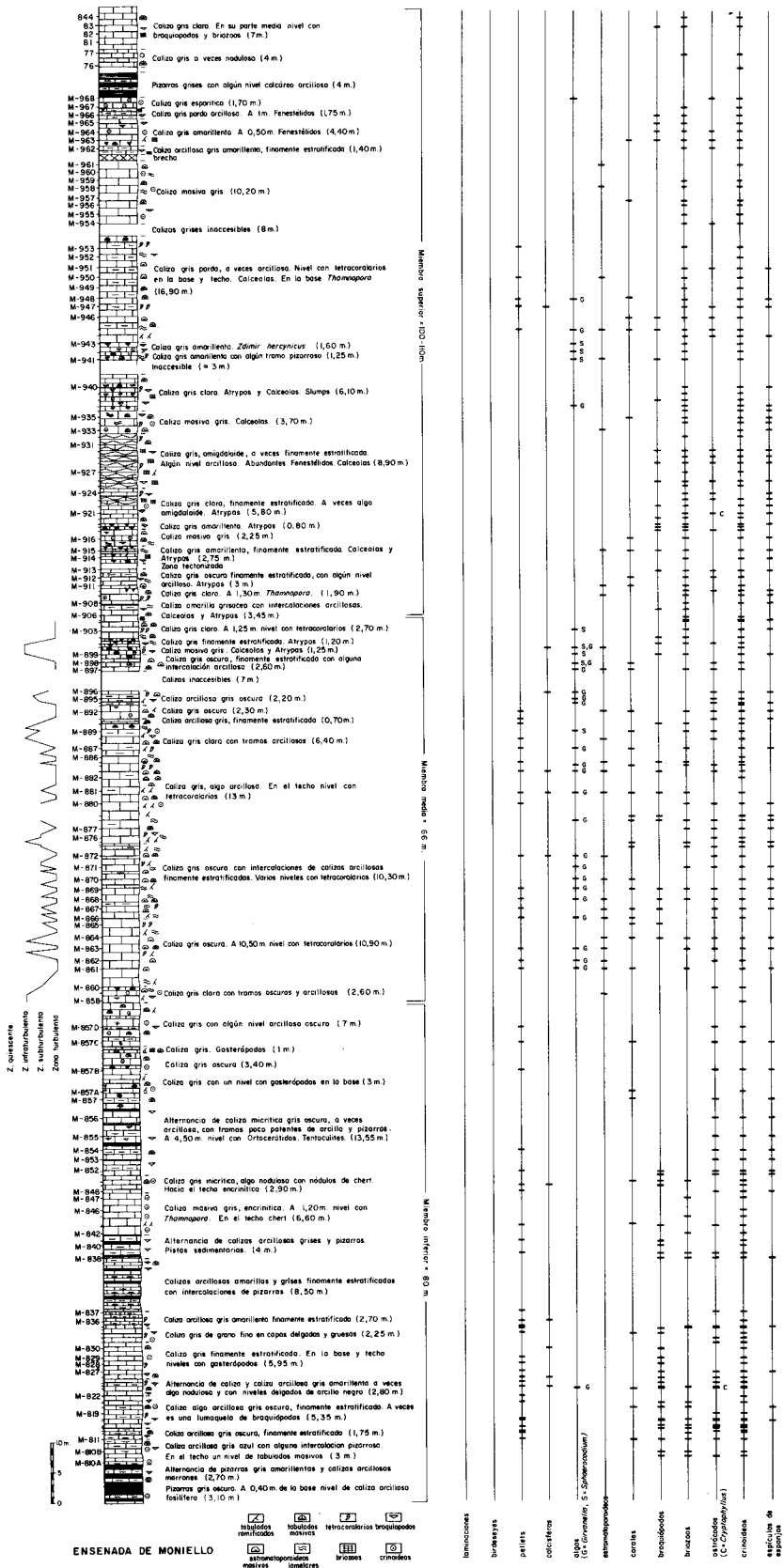


Fig. 13

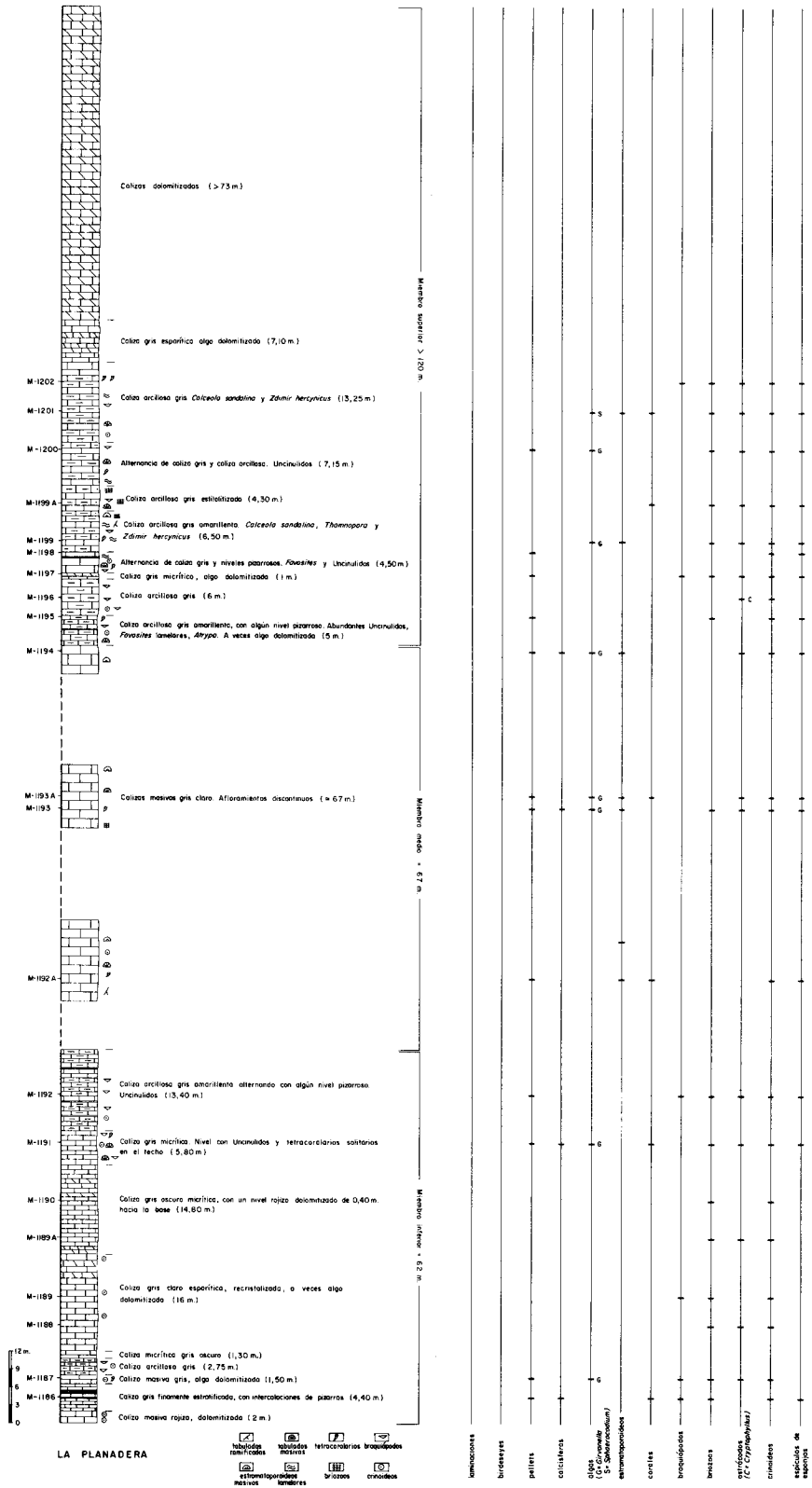


Fig. 14

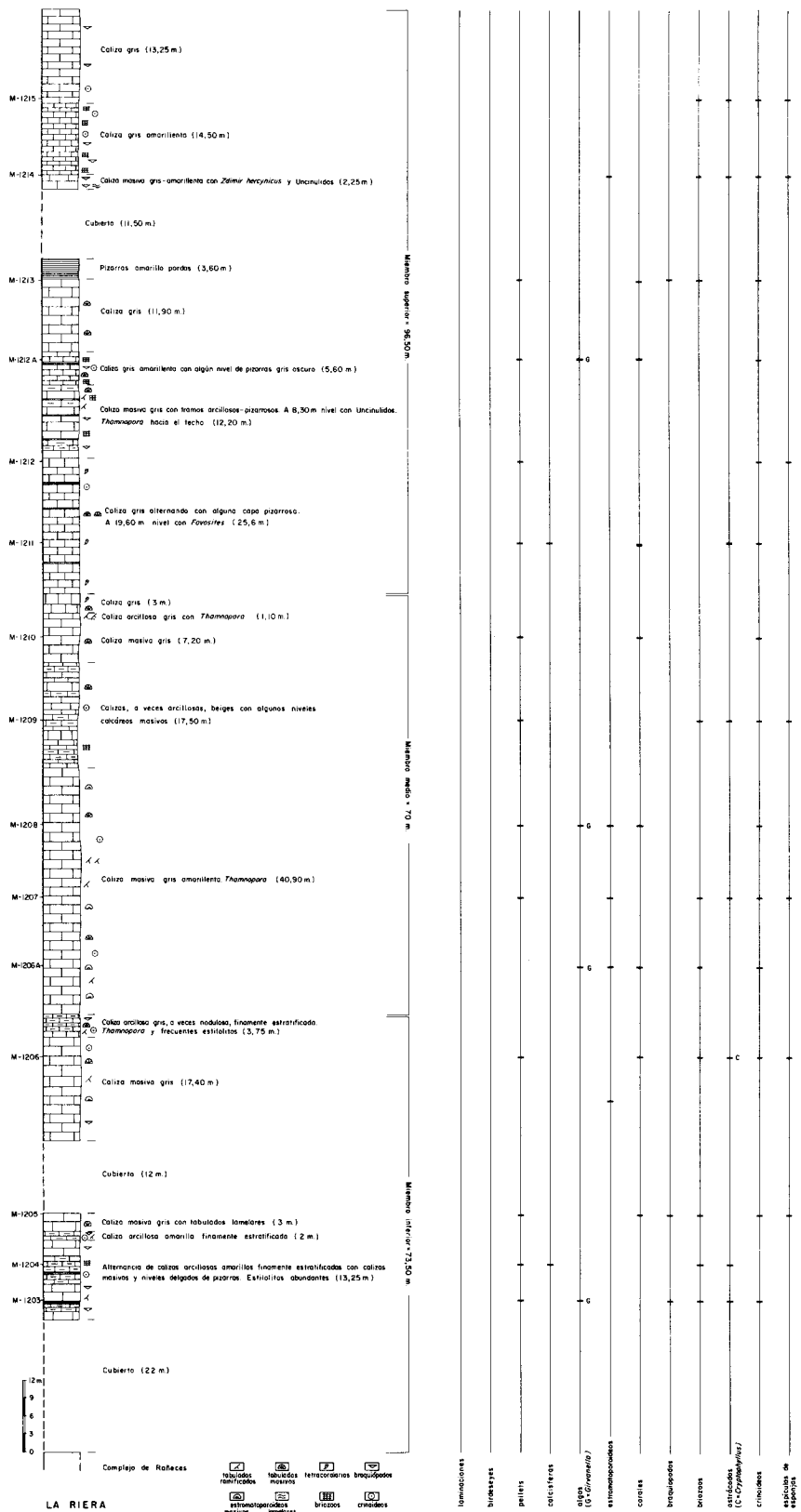


Fig. 15

matopóridos; las observaciones completas de estas últimas sólo se pueden hacer sobre el terreno.

Calizas fosilíferas con bajo porcentaje de corales y sin estromatopóridos.-a) Biomicritas constituidas por fragmentos de tamaño limo de organismos inidentificables (lám. XXI, figs. 1 y 2).-Estas biomicritas, además de restos de organismos de tamaño limo, contienen con cierta frecuencia otros restos de mayor talla tales como crinoideos, briozoos, braquiópodos, trilobites, tentaculites y ocasionalmente algunas espículas de esponjas. Todos estos fragmentos de fósiles se hallan englobados en una matriz de micrita con cuarzo detrítico tamaño limo, pirita, pellets y escasa moscovita, presentándose a veces los tres primeros componentes con relativa abundancia. Estas rocas en ocasiones aparecen algo dolomitizadas y recristalizadas y presentan algunos procesos de silicificación que afectan en la mayoría de los casos a restos de braquiópodos.

b) Biopelmicritas y biopelesparitas (lám. XXII, fig. 1).-Este tipo petrográfico está constituido fundamentalmente por fragmentos de organismos de tamaño comprendido entre 0,075 mm y 0,15 mm junto con otros restos mayores, englobados en una matriz de micrita con pellets o bien cementados por esparita. Los pellets, que presentan una forma más o menos subredondeada, son de pequeña talla y a veces algunos parecen indicar su procedencia de algas. La mayoría de los restos fósiles de menor tamaño consisten principalmente en fragmentos de crinoideos y de otros equinodermos, mientras que los de mayor talla pertenecen a braquiópodos, ostrácodos, briozoos, trilobites, gasterópodos y crinoideos; ocasionalmente hay calcisferas en baja proporción. Todos estos restos, dependiendo de la abundancia en que se presentan, constituyen dos tipos de biopelmicritas-esparitas:

- Biopelmicritas-esparitas principalmente de crinoideos y braquiópodos con otros restos mínimos de ostrácodos, briozoos, etc.

- Biopelmicritas-esparitas principalmente de crinoideos con una proporción mínima de organismos diversos (lám. XXII, fig. 1).

Estas calizas, además de todos los componentes anteriormente citados, presentan en la matriz cuarzo detrítico tamaño limo, pirita y rombos de dolomita. Asimismo, muestran algunos procesos de silicificación que afectan principalmente a restos de braquiópodos.

c) Micritas fosilíferas y biomicritas de espículas de esponjas, briozoos y crinoideos (lám. XXII, figs. 2 y 3).-Macroscópicamente este tipo corresponde a calizas arcillosas con mayor contenido en briozoos que en el resto de la formación; tales calizas con briozoos se localizan en la parte baja del miembro superior y presentan, a veces, textura amigdaloides (lám. XXIII, fig. 1). En este caso el tipo petrográfico que responde a dicha textura es el correspondiente a micritas fosilíferas (lám. XXIII, fig. 2).

Microscópicamente dicho tipo está formado por micritas fosilíferas y biomicritas (a veces con pellets) caracterizadas por la gran abundancia de espículas de esponjas y el elevado grado de fragmentación de los organismos.

Además de espículas de esponjas y briozoos, se presentan crinoideos y otros organismos. En algunos casos también contienen algas pertenecientes al género *Sphaerocodium*, las cuales a veces incrustan organismos. En un solo caso han sido clasificadas por el doctor J. PONCET (com. pers.) como *Sphaerocodium devonicum* (lám. XXIX, fig. 1). La textura, en general, es uniforme pero se presenta a veces bioturbada, mostrándo asimismo procesos de silicificación no sólo en la matriz, sino afectando también a los restos fósiles. A veces se observan algunas cavidades rellenas de esparita y de forma globosa que posiblemente responden a fenómenos de bioturbación.

d) Biomicitas y bioesparitas de crinoideos o bien de crinoideos y briozoos.—En el campo, este tipo petrográfico corresponde a calizas encriníticas (lám. XXIV, fig. 1), más o menos puras o bien con alternancias de calizas arcillosas con crinoideos, briozoos, braquiópodos, corales solitarios y otros organismos. Microscópicamente dicho tipo está formado principalmente por crinoideos o bien por crinoideos y briozoos, junto con otros restos, en menor proporción, de braquiópodos, trilobites, ostrácodos y espículas de esponjas. Estos restos están cementados por esparita (lám. XXIV, fig. 3) o englobados en una micrita (lám. XXIV, fig. 2) que contiene pirita, cuarzo detrítico tamaño limo, cuarzo autógeno corroído y a veces pellets, algunos de los cuales son de *Girvanella*. Parte de estas rocas están parcialmente dolomitizadas y recristalizadas, presentando los restos fósiles, principalmente los crinoideos, crecimientos sintaxiales de calcita en continuidad óptica con el mismo fragmento.

e) Micritas fosilíferas con textura bioturbada (lám. XXI, fig. 3).—Estas calizas están constituidas por organismos inidentificables debido al grado de fragmentación, no obstante se pueden reconocer algunos ostrácodos y crinoideos. Dichos restos están englobados en micrita conteniendo pellets, cuarzo detrítico tamaño limo y pirita. Tal tipo de roca muestra además algún proceso de silicificación.

f) Diversos.—Dentro de este grupo se engloban, como ya se ha indicado, aquellos tipos que tienen una representación mínima en la formación.

—Micritas o calcilitas: Este tipo petrográfico corresponde a rocas de grano muy fino con algún cuarzo detrítico tamaño limo disperso en la matriz.

—Biomicitas de braquiópodos y crinoideos: Están constituidas principalmente por braquiópodos y crinoideos, englobados en micrita con pirita y escaso cuarzo detrítico. Aparte de los fósiles ya citados, también se presentan algunos fragmentos de trilobites y ostrácodos presentando el conjunto una homogeneidad en cuanto al tamaño de las partículas.

Calizas fosilíferas constituidas principalmente por grandes corales y estromatopóridos.—Macroscópicamente estas calizas están constituidas por una alternancia de niveles en los que predominan estromatopóridos masivos (lám. XXV, fig. 2) y / o tabulados masivos, presentando intercalaciones más o menos arcillosas con tabulados ramificados, tetracoralarios (lám. XXV, fig. 1; lám. XXVI, figs. 1 y 2), estromatopóridos lamelares, etc.

Los tipos petrográficos correspondientes, únicamente representan la matriz existente entre los estromatopóridos y corales. Dichos tipos petrográficos son los siguientes:

a) Biopelmicritas y biomicritas (a veces con pellets) constituidas principalmente por espículas de esponjas y crinoideos (lám. XXVII, figs. 1 y 2).—Dicho tipo petrográfico se caracteriza por la gran abundancia de espículas de esponjas calcáreas y crinoideos, junto con otros restos fragmentados de diversos tamaños, por tanto es típico de esta roca el elevado grado de fragmentación de los organismos. Además de espículas de esponjas y crinoideos, presenta briozoos, ostrácodos, algunos corales y a veces calcisferas, *Girvanella* (lám. XXVII, fig. 3) y *Sphaerocodium*. Alguna de estas últimas algas han sido clasificadas por el doctor PONCET (com. pers.) como *Sphaerocodium devonicum* (lám. XXVIII, fig. 3; lám. XXIX, figs. 2 y 3). Todos estos restos se hallan englobados en micrita, recristalizada más o menos, con pellets, cuarzo detrítico de tamaño limo y a veces abundante pirita y óxido de hierro, los cuales en unos pocos casos confieren a la matriz una tonalidad rojiza. Los pellets normalmente son de micrita, de pequeño tamaño, subredondeados; no obstante existen algunos de mayor talla e irregulares observándose unos pocos que pudieran ser de *Girvanella*. Algunas muestras presentan cierto grado de bioturbación, estando la mayoría algo dolomitizadas y asimismo muestran a veces algún proceso de silicificación.

b) Biopelmicritas y biopelosparitas con algas y otros organismos (lám. XXVIII, fig. 1).—Este tipo de roca está formado por restos de fósiles diversos englobados en micrita o cementados por esparita, junto con pellets, cuarzo detrítico tamaño limo y ocasionalmente cuarzo autógeno e intraclastos. Entre los restos fósiles se presentan crinoideos, briozoos, ostrácodos y algunos fragmentos de corales, trilobites, gasterópodos y braquiópodos, mostrando a veces alguno de ellos una envoltura micrítica que podría ser de algas. Dicho tipo petrográfico, aparte de los fósiles ya citados, contiene algas *Girvanella* (lám. XXVII, fig. 4), otros restos de algas indeterminadas y algunas veces calcisferas. Los pellets son subredondeados e irregulares con variabilidad de tamaños observándose dos tipos, unos de micrita y otros formados por *Girvanella*. La mayoría de estas muestras se encuentran algo dolomitizadas y presentan algunos procesos de silicificación.

c) Biomicritas de crinoideos y briozoos (lám. XXVIII, fig. 2).—Microscópicamente tal tipo de roca está constituido, en su mayoría, por restos de crinoideos y briozoos, junto con otros restos, en escasa proporción, de braquiópodos, ostrácodos, trilobites y espículas de esponjas englobados en micrita, presentando a veces cuarzo detrítico, cuarzo autógeno abundante y pellets. La mayoría de las muestras contienen pirita, estando dolomitizadas parcialmente. Asimismo en algunos casos se observan procesos de silicificación y abundantes estilolitos.

2. REPARTICIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS DISTINTOS TIPOS PETROGRÁFICOS.

Teniendo en cuenta que se han diferenciado dos grandes grupos de tipos petrográficos, debido esencialmente a un problema de escala, se indicará separadamente la distribución de dichos grupos.

Calizas fosilíferas con bajo porcentaje de corales y sin estromatopóridos.—El tipo correspondiente a biopelmicritas y biopesparitas, se dispone, en general, en dos niveles y únicamente en el miembro inferior donde constituye el tipo petrográfico dominante. El primer nivel, que es el más potente, se sitúa en la parte media y presenta a veces intercalaciones de biomicritas con organismos de tamaño limo. El segundo nivel se sitúa en la parte alta del miembro, por encima de las biomicritas con organismos de tamaño limo.

Las biomicritas constituidas por fragmentos de organismos de tamaño limo se desarrollan, como el tipo anterior, solamente en el miembro inferior de la sucesión. Dicho tipo no forma un nivel único, sino que se distribuye en tres niveles, los dos primeros, con muy poco desarrollo, localizados en la base y hacia la parte media y el tercero hacia el techo del miembro. Este último nivel, que corresponde en parte a un pequeño tramo con tentaculites y otros organismos, se presenta a veces interstratificado con niveles muy delgados de biomicritas y bioesparitas con crinoideos.

El tipo petrográfico correspondiente a las micritas fosilíferas bioturbadas solamente se encuentra en el miembro inferior de la sucesión, no se distribuye tampoco de modo continuo y se localiza hacia la base y techo de dicho miembro.

Las biomicritas y bioesparitas con crinoideos o bien con crinoideos y briozoos se encuentran distribuidas tanto a lo largo del miembro inferior como del superior e incluso en algunos niveles del miembro medio. Las bioesparitas con crinoideos se encuentran localizadas principalmente en el miembro superior; en dicho miembro todos los tipos incluidos en este apartado se presentan alternando unos con otros.

Las micritas fosilíferas y biomicritas con espículas de esponjas y otros organismos, principalmente briozoos, corresponden a un nivel bastante continuo y espeso existente en la base del miembro superior de la sucesión, en donde es el tipo más abundante.

Finalmente los tipos englobados como diversos únicamente se localizan en el miembro inferior interstratificados con otros tipos petrográficos. Concretamente, el correspondiente a calcilitas forma un nivel muy delgado en su base.

Calizas fosilíferas con grandes corales y estromatopóridos.—Estos tipos se encuentran distribuidos en el miembro medio de la sucesión, el cual presenta un gran desarrollo de calizas con estromatopóridos y corales. No obstante, en el miembro superior existe algún tramo con desarrollo de estromatopóridos y corales, pero junto con una gran variedad de otros organismos.

Las calizas del miembro medio están representadas microscópicamente

por biopelmicritas y biomicritas (a veces con pellets) constituidas principalmente por espículas de esponjas y crinoideos, por biopelmicritas y biopesparitas con algas y otros organismos y por biomicritas con crinoideos y briozoos.

Las biopelmicritas y biomicritas (a veces con pellets) constituidas principalmente por espículas de esponjas y crinoideos es el tipo más abundante en dicho miembro, se presentan discontinuamente, aunque forman en su parte media un nivel continuo bastante potente, que corresponde a un tramo con menor contenido en tabulados masivos y estromatopóridos y está constituido principalmente por tabulados ramificados.

El tipo correspondiente a biopelmicritas y biopesparitas con algas y otros organismos se desarrolla exclusivamente en este miembro medio, de un modo discontinuo y localizado hacia la base, zona media-alta y techo. El tipo correspondiente a biomicritas de crinoideos y briozoos se localiza en el techo, por encima de un nivel de biopelmicritas con algas y otros organismos.

Finalmente aquellos niveles existentes en el miembro superior de la sucesión, con desarrollo de calizas con corales y estromatopóridos, están representados microscópicamente por micritas fosilíferas y biomicritas con espículas y otros organismos, principalmente briozoos, o bien por bioesparitas y biomicritas con briozoos y crinoideos, y se localizan en tramos situados en la parte basal, media y alta.

3. ASOCIACIONES FAUNÍSTICAS Y CONTENIDO PALEONTOLÓGICO.

Las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello, presentan un abundante contenido fosilífero, con grupos paleontológicos que no se distribuyen de un modo uniforme a lo largo de toda la sucesión, sino que existe un predominio de unos sobre otros en diferentes partes de la misma. Este hecho permite la posibilidad de un análisis más detallado del contenido paleontológico del conjunto.

La noción de comunidad en paleontología es de desarrollo moderno, por lo cual parece adecuado hacer algunas consideraciones al respecto. La ecología moderna ha desarrollado la noción de comunidad como unidad real de integración biológica, a pesar de que algunos autores han negado su realidad (MULLER 1958). La aplicación de los principios ecológicos de comunidad a estudios de comunidades marinas antiguas, aporta información con significado geológico y biológico, pero presenta dificultades prácticas y teóricas, tales como el problema del reconocimiento de asociaciones vivientes, limitaciones en el registro fósil y conocimiento inadecuado de comunidades bentónicas actuales. Por otra parte, la definición de comunidad en cuanto a la causa que determina la concurrencia de organismos no es unánime. Existen dos grandes tendencias: para unos autores (PETERSEN 1911) la comunidad está compuesta por especies que muestran relaciones de interdependencia e interacción; para otros (JOHNSON 1964; BRETSKY *et al.* 1969; WALKER & LAPORTE 1970) la comunidad es una asociación de especies independientes que se presentan juntas debido a respuestas similares ante el

medio. Esta última tendencia es la más aceptada actualmente, sin que se haya llegado a un acuerdo en cuanto a los factores ambientales determinantes. ZIEGLER (1965) señala que si dicho control ambiental es real, los diferentes medios existentes en períodos geológicos antiguos quedarían reflejados en mapas de distribución de comunidades fósiles. Así pues, dicho autor en el Silúrico inferior de Gales define cinco comunidades (fundamentalmente a base de braquiópodos), que indican condiciones de medio cada vez más alejadas de la costa y más profundas, es decir, comunidades litorales y sublitorales. Este trabajo ha impulsado el desarrollo de dicho tipo de investigaciones. Así BRETSKY (1968, 1969) indica que los mismos modelos de comunidades persisten durante largos períodos geológicos; según WALKER (1972) la composición taxonómica de las comunidades cambia a través de los tiempos, pero no la estructura funcional de las mismas. En un trabajo de WALKER & LAPORTE (1970) se hace una comparación de comunidades bentónicas entre el Ordovícico y el Devónico.

El tipo de sedimentación en la Formación Moniello sugiere un medio sublitoral somero para el que es adecuado aplicar el modelo de ZIEGLER aunque una aplicación exhaustiva requeriría previamente una investigación autoecológica de las formas representadas y el reconocimiento del carácter no transportado de las asociaciones, tarea que no se ajusta a los objetivos de este trabajo.

En este tipo de sucesiones, se van a analizar los tipos de asociaciones correspondientes a un medio sublitoral y sólo en el caso de asociaciones de faunas con carácter arrecifal se podrá llegar a una mayor precisión en cuanto a las variaciones del medio sedimentario.

Tomando como referencia el corte realizado en la ensenada de Moniello, la formación en este tipo de sucesiones, queda diferenciada, desde un punto de vista paleontológico en tres miembros (ver fig. 13).

1. Un miembro inferior con predominio de braquiópodos.
2. Un miembro medio con abundantes corales y estromatopóridos.
3. Un miembro superior en el que predominan braquiópodos y briozoos.

El miembro inferior de la formación está caracterizado, predominantemente, por la presencia de asociaciones de braquiópodos. Dichas asociaciones parecen ser propias de comunidades correspondientes a zonas algo alejadas de la línea de costa; podrían ser equivalentes, quizás, a la comunidad de *Eocoelia* (ZIEGLER 1965; ZIEGLER *et al.* 1968). Entre los braquiópodos han sido clasificados por J. GARCÍA-ALCALDE (com. pers.): *Iridistrophia hipponyx* (SCHNUR), *Paraspirifer sandbergeri* (ROEMER), *Rhipidomella hamoni* (ROUAULT), *Alatiformia alatiformis* (DREVER.), *Euryspirifer paradoxus* (SCHLOTH.), *Uncinulus orbignyianus* (VERN. & ARCH.), *Glossinulus mimicus* (BARRANDE), *Athyris concentrica* (V. BUCH.), *Plicostropheodonta purchisoni* (VERN. & ARCH.), *Cyrtina heteroclita* DEFRANCE, *Oligoptycherhynchus hexatoma* (SCHNUR), *Leptagonia sp.*, *Schizophoria sp.* e *Isorthys sp.* Con relativa frecuencia y asociados a braquiópodos aparecen niveles con tabulados masivos (la mayoría Favosítidos) algunos en posición de crecimiento, tabulados ramificados y tetracoralarios: *Stereoclasma sp.*, *Cystiphyllodes sp.*, *Breviphyllum sp.* En la segunda mitad de dicho miembro (entre las muestras

M-841 a M-848) existen niveles con crinoideos, a veces muy fragmentados y tabulados ramificados (*Thamnopora*, entre otros), los cuales no están en posición de crecimiento. Hacia la parte alta (entre las muestras M-854 a M-857) se presenta una alternancia de calizas arcillosas y pizarras con tentaculites, no muy abundantes, pero éste es el único nivel en donde alcanzan un cierto desarrollo, junto con otros fósiles tales como braquiópodos, tabulados y Ortocerátidos, los cuales se hallan de modo disperso y siendo estos niveles los menos fosilíferos de la sucesión. Hay que citar, además, la existencia de conodontos en este miembro. (*). Asimismo, en la parte media ha sido encontrado un nivel muy rico en ostrácodos, cuyas asociaciones pueden ser comparadas fundamentalmente con faunas de ornamentación variada presentes en medios de aguas poco profundas. La relación de dichas formas puede encontrarse en la publicación de BECKER *et. al.* (1976).

Así pues, el conjunto de fósiles y asociaciones parecen indicar una zona algo alejada de la línea de la costa.

El miembro medio se caracteriza por la gran abundancia de elementos faunísticos con carácter arrecifal tales como estromatopóridos y corales. Es una zona constituida por la alternancia de niveles en los que predominan estromatopóridos y / o corales tabulados tipo Favosítidos entre otros, presentando intercalaciones arcillosas muy delgadas con tabulados ramificados, solitarios, algunos estromatopóridos lamelares y praderas de corales del género *Synaptophyllum*. Otros tetracoralarios clasificados por el doctor H. TSIEN (com. pers.) han sido: *Cystiphyllodes rosiforme* TSIEN, *Stereolasma asturica* ALTEVOGT y *Stringophyllum* sp. Los estromatopóridos presentes son masivos (a veces de 0,50 m de diámetro) irregulares, globosos y lamelares con variedad de tamaño, existiendo algún caso excepcional en que alcanzan un gran desarrollo, llegando hasta metro y medio de diámetro. Algunos estromatopóridos y tabulados se encuentran en posición de crecimiento, pero otros no y en este caso se hallan fragmentados. En la mitad de este miembro existe un nivel más arcilloso con menor contenido en estromatopóridos y tabulados masivos quedando caracterizado por la existencia de tabulados ramificados; a partir de este nivel se pasa de nuevo a condiciones más arrecifales. Asimismo se presenta alguna capa con *Calceola sandalina* (LINNEO) asociada a *Atrypa reticularis* (LINNEO) preferentemente en los niveles superiores. También existe algún nivel con braquiópodos, pero son de importancia secundaria ante tal desarrollo de organismos coralinos y de estromatopóridos, no obstante se pueden citar las siguientes formas: *Adolfia cabedana cabedana* (VERN. & ARCH.), *Eoteichostrophia tricornuta* (LE MAITRE), *Atrypa reticularis* (LINNEO) y *Zdimir hercynicus* (HALFAR). Es de destacar, asimismo, la presencia de algas tales

(*) Se han tratado unas 15 muestras en la sucesión de la ensenada de Moniello, de las que se han separado las siguientes formas: *Icriodus* cf. *rectirostratus* BULTYNCK, *Icriodus introlevatus* BULTYNCK, *Icriodus corniger* WITTEKINDT, *Icriodus* cf. *corniger* WITTEKINDT, *Icriodus curvirostratus* BULTYNCK, *Icriodus* aff. *angustus* ATEW. & SWEET e *Icriodus* sp. Según determinación de P. BULTYNCK (com. pers.).

como *Girvanella* y en menor proporción *Sphaerocodium*, atribuyéndose alguna forma a *Sphaerocodium devonicum* (MASLOV). Estas algas se encuentran asociadas a organismos típicamente arrecifales, por tanto se distribuyen a lo largo del miembro medio, excepto en su mitad, en donde, tal como se ha indicado anteriormente disminuye el contenido de estromatopóridos y tabulados masivos, predominando los ramificados.

Teniendo en cuenta los componentes, así como las formas que presentan algunos de ellos (estromatopóridos) debe interpretarse que la sedimentación de dicho miembro medio corresponde a un medio de mayor agitación que el inferior.

El miembro superior de la formación se caracteriza, como el inferior, por la existencia de asociaciones de braquiópodos que podrían ser equiparables a la comunidad de *Eocoelia* (ZIEGLER 1965; ZIEGLER *et al.* 1968). Sin embargo, existen diferencias respecto al miembro inferior ya que en el superior aparecen abundantes niveles con *Calceola sandalina* así como otros niveles con estromatopóridos y braquiópodos típicos de zonas arrecifales o próximas a arrecifes tales como Pentameridos (*Zdimir*) Leptaenidos y Atripidos (abundantes *Atrypas*; TSIEN 1971). Entre los braquiópodos se han encontrado según clasificación de J. GARCÍA-ALCALDE, *Atrypa reticularis* (LINNEO), *Paraspirifer sandbergeri* (ROEMER), *Uncinulus orbignyanus*. (VERN. & ARCH.), *Cyrtina heteroclita heteroclita* (DEFRANCE), *Cyrtina heteroclita hispanica* (ORBIGNY). *Eodevonaria dilatata* (ROEMER), *Telaoshaleria subtetragona* (ROEMER), *Euryspirifer intermedius* (SCHLOT.), *Cimicinella cf. loxogonia* BECLARD, *Tetratomia* (?) *cf. parvula* (BECLARD), *Plicostropheodonta murchisoni* (VERN. & ARCH.), *Eoteichostrophia tricornuta* (LE MAITRE). *Bifida lapparenti* (BARROIS), *Delthyris aculeata* (SCHNUR), *Alatiformia alatiformis* (DREVER.), *Zdimir hercynicus* (HALFAR), *Anathyris ezquerrai* (VERN. & ARCH.), *Anathyris alejensis* COMTE y *Leptagonia* sp. También se presentan, al igual que en el miembro medio, tetracoralarios que según clasificación de H. TSIEN corresponden a: *Acantophyllum vermiculare* (GOLDFUSS), *Cystiphyllodes vesiculosum* (GOLDFUSS), *Cystiphyllodes rosiforme* TSIEN, *Cystiphyllodes* sp., *Stereolasma asturica* ALTEVOGT, *Stereolasma* sp., *Aulacophyllum* sp. y *Tabulophyllum* sp. que a veces constituyen praderas, así como algas *Girvanella* sp., *Sphaerocodium devonicum* (MASLOV), pero en menor proporción, especialmente las del género *Girvanella*. Las algas se encuentran siempre en los niveles con abundantes elementos de carácter arrecifal. Hay que citar también que en este miembro superior existe un mayor contenido en briozoos (Fenestellidos) que en los otros miembros, especialmente en la parte basal. Asimismo ha sido hallado un nivel rico en ostrácodos con las mismas características que el del miembro inferior y conodontos.*).

Así pues, por las asociaciones faunísticas que se han citado, se puede indicar que el miembro superior corresponde a una zona más próxima a un medio arrecifal.

(*) Se han analizado unas pocas muestras, clasificándose en dos de ellas las especies *Icriodus corniger* WITTEKINDT e *Icriodus curvirostratus* BULTYNCK, según clasificación de P. BULTYNCK.

4. EL MEDIO SEDIMENTARIO.

Las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello presentan poca variedad de microfácies, consistiendo casi exclusivamente en biomicritas y micritas fosilíferas con pellets; sin embargo presentan un abundante y variado contenido faunístico. La homogeneidad de microfácies y la variedad de organismos contrastan con las características de los tipos de sucesiones ya descritos, e indican un medio con unas condiciones típicamente marinas y más uniformes. Así pues, el depósito de los tres miembros en este tipo de sucesiones tuvo lugar en un medio netamente sublitoral estando ausentes las características de los medios de tipo peritidal tales como calizas con birdeseyes, mud-cracks, laminaciones, escaso contenido faunístico, etc.

Las microfácies del miembro inferior y superior varían de micritas, biomicritas (a veces con pellets) a bioesparitas con fragmentos de organismos diversos, siendo mayor la fragmentación en el miembro inferior. La matriz micrítica es más abundante que el cemento esparítico, correspondiendo, pues, a un medio tranquilo con períodos cortos de agitación. Como contenido macrofaunístico presentan principalmente, como ya se ha indicado, braquiópodos; las asociaciones de los mismos en el miembro superior corresponden a zonas más próximas a ambientes arrecifales que las del miembro inferior, puesto que además presentan una mayor participación de elementos coralinos que no existe en el inferior, tales como Calceolas, praderas de Fasciculados (*Synaptophyllum* sp. entre otros) y estromatopóridos. Asimismo es notable el hecho de un mayor desarrollo de braquiópodos relacionados con zonas arrecifales o próximas a arrecifes tales como Pentaméridos, Leptaenidos y Atrípidos en el miembro superior. Otros macrofósiles presentes en ambos miembros son: tabulados, crinoideos, trilobites, gasterópodos, tetracoralarios solitarios y exclusivamente en el miembro inferior un nivel de tentaculites que según FISHER (1962) son frecuentes en depósitos de aguas someras tranquilas (aunque puedan encontrarse también en formaciones calcáreas correspondientes a otros ámbitos). Como microfósiles aparecen ostrácodos, calcíferas, aunque mucho menos abundantes que en los otros tipos de sucesiones, conodontos, espículas de esponjas y algas, estas últimas preferentemente en el miembro superior.

El miembro medio está constituido por calizas, menos arcillosas que el inferior y superior, con una gran abundancia de corales y estromatopóridos. La matriz de esta facies está constituida por biopelmicritas y biomicritas, lo que indica un medio relativamente tranquilo aunque suficientemente aireado como para permitir la existencia de la gran cantidad de estromatopóridos y corales, especialmente en lo relativo a estromatopóridos masivos; no obstante ocasionalmente habría períodos con cierta agitación, puesto que hay estromatopóridos removidos. Hay una gran variedad en la forma externa de los estromatopóridos que reflejan variaciones locales en las condiciones del medio (LECOMPTÉ 1958; TSIEN 1971; CORNET 1974). Además de estromatopóridos y tabulados existen en esta facies tetracoralarios solitarios, praderas de Fasciculados, Calceolas, Atri-

pas, crinoideos, algas preferentemente *Girvanella* y en menor proporción *Sphaerocodium*, espículas de esponjas, ostrácodos y escasas calcíferas. Aplicando el esquema batimétrico de LECOMPTE (1967), con las limitaciones que supone, se ve que todo el miembro medio oscila entre las zonas turbulenta-subturbulenta, aunque existen episodios de condiciones infraturbulentas, especialmente en la parte inferior y media-alta (ver fig. 13).

MASA CONSTRUIDA («ORGANIC BUILD-UP») DE ARNAO

En la costa asturiana al W de Avilés y en la localidad de Arnao, la Formación Moniello presenta una sucesión que en líneas generales se puede comparar a las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello. Esta sucesión presenta en su parte baja, que podría corresponder al miembro inferior de la sucesión tipo ensenada de Moniello, tramos con una gran abundancia de braquiópodos asociados a otros organismos tales como crinoideos, tetracoralarios, briozoos, etc., y por encima un gran desarrollo de calizas desprovistas de estratificación con predominio de organismos arrecifales («organic build-up»). Superponiéndose a esta masa calcárea se continúa la sucesión con calizas bien estratificadas en las que alternan niveles con abundantes braquiópodos, niveles con crinoideos y briozoos y, a veces, niveles con estromatopóridos y corales. Estos últimos niveles equivaldrían al miembro superior de las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello (fig. 16).

Definición y localización.—Las calizas masivas, que afloran en el túnel de acceso a la Fábrica de Arnao propiedad de la compañía Asturiana de Zinc, constituyen una masa construida («organic build-up») que no presenta prácticamente estratificación, aunque existe aparentemente en algunos casos, ocasionada por determinadas formas de crecimiento de corales y estromatopóridos. El hecho de la casi total ausencia de estratificación en la masa orgánica determina un contraste neto con las calizas en las que se halla englobada.

El término «organic build-up» es aplicado, en el sentido de HECKEL (1974), a cualquier masa carbonatada compuesta primariamente de organismos fósiles sin tener en cuenta la forma o manera de originarse dicha masa y que presenta las siguientes características:

- 1) Difiere en cierto grado de los depósitos equivalentes y rocas que le rodean y se le superponen.
- 2) Es más espesa que los carbonatos que le equivalen.
- 3) Probablemente, durante algún tiempo en su historia de depósito, era topográficamente más alta que los sedimentos que le rodeaban.

Si bien HECKEL considera que la característica más importante es la presencia de un relieve.

En el «build-up» de Arnao únicamente ha podido calcularse el espesor;

una evaluación del relieve no es posible ya que lateralmente no se observa su terminación por estar cubierto discordantemente por conglomerados silíceos y arenas del Jurásico por un lado y terminar en el mar por el otro. El espesor medido es aproximadamente de unos 82 m.

El carácter de «build-up» de la masa calcárea que aquí se describe queda de todos modos manifiesto por las siguientes características:

1) Predominio de estromatopóridos masivos a lamelares con formas intermedias, corales tabulados y tetracoralarios todos ellos en posiciones que corresponden a las de crecimiento, aunque sin que ello suponga la ausencia de formas removidas, constituyendo una masa calcárea desprovista de estratificación.

2) Abundantes incrustaciones entre estromatopóridos y corales.

3) Depósito de detritus arrecifales y componentes fosilíferos en nichos o bolsadas entre los organismos propiamente arrecifales.

Métodos de estudio y nomenclatura.—Se ha realizado un estudio detallado petrográfico y de muestras en superficie pulida, complementado con minuciosas observaciones de campo para determinar las relaciones existentes entre los diversos organismos arrecifales con el sedimento que les rodea y su posible posición de crecimiento. Asimismo se han realizado determinaciones estadísticas del predominio y abundancia de organismos.

En la descripción de los diversos tipos de rocas que se observan se ha utilizado la clasificación propuesta por EMBRY y KLOVAN (1971), especialmente en lo que se refiere al material autóctono puesto que por el momento es la clasificación más adecuada e ilustrativa del tipo de roca existente. Así se aplican los términos de framestone a aquellas calizas que continen in situ fósiles masivos constituyendo un rígido armazón, bindstone si contienen fósiles tabulares o lamelares in situ incrustando y ligando otros sedimentos (en este caso la matriz y los fósiles son los que constituyen el armazón de la roca) y bafflestone para las calizas que presentan fósiles in situ en forma de tallos que captan sedimentos al actuar como filtros («baffles»).

Referente a la clasificación del material carbonatado alóctono EMBRY y KLOVAN (1971) utilizan los términos de mudstone, wackestone, packstone y grainstone en el mismo sentido que los definió DUNHAM (1962) e introducen los nuevos términos de floatstone y rudstone para rocas que continen más de un 10% de componentes con una talla mayor de 2 mm. Estos dos últimos tipos representan conglomerados carbonatados. La diferencia entre los dos tipos estriba en que en un rudstone las partículas mayores de 2 mm forman el armazón mientras que en un floatstone dichas partículas «flotan» en la matriz de grano más fino que es la que constituye el armazón. El floatstone sería el tipo conglomerático análogo al wackestone y el rudstone a los packstone y grainstone.

Tipos de organismos.—Paleontológicamente el «build-up» orgánico de Arnao está constituido por dos categorías de organismos que realizan funciones diferentes:

a) Organismos propiamente constructores o «reef builders», representa-

dos por estromatopóridos y corales (y secundariamente por algas), que juegan el papel predominante en la formación del «build-up».

b) Organismos asociados o «reef dwellers» que rellenan sobre todo los intersticios del armazón. Tales organismos son principalmente crinoideos, braquiópodos, gasterópodos y lamelibranquios; no obstante también pueden presentarse, entre los asociados, fósiles típicamente arrecifales o fragmentos de los mismos, pero en baja proporción. Todo este conjunto de organismos se halla englobado en micrita y en ocasiones junto con cierto contenido en material terrígeno, constituyendo la matriz. Un estudio detallado de la matriz del «build-up» muestra variaciones de composición de un lugar a otro, incluso dentro de una misma zona ecológica, pudiendo existir todas las transiciones posibles.

En general no se han hecho identificaciones genéricas de los diversos organismos, excepto en el caso de corales, en que ha sido posible determinar algún ejemplar; no obstante, en ocasiones se aplican términos tales como *Thamnopora* y *Alveolites* a especímenes que pueden representar formas de géneros muy similares. El establecimiento de los diferentes tipos de estromatopóridos se ha basado únicamente en su morfología; así, se reconocen: estromatopóridos masivos, lamerales, globulares, etc.

DESCRIPCIÓN DE LA MASA CONSTRUIDA («BUILD-UP»).

La masa orgánica de Arnao presenta una cierta zonación faunística en vertical, aunque se observa que hay repeticiones de algunas zonas con igual significado paleoecológico; esta zonación permite distinguir varios niveles dentro de la masa construida. El «build-up» orgánico se desarrolla sobre una sucesión de rocas carbonatadas claramente estratificadas (lám. XXX, fig. 1) representadas por calizas arcillosas, con crinoideos, braquiópodos y briozoos en la base y que hacia el techo van perdiendo el carácter estratificado y van aumentando el contenido en organismos de carácter arrecifal. Igualmente, el «build-up» está recubierto por un conjunto estratificado, formado por calizas arcillosas.

Así pues, de abajo arriba pueden distinguirse los niveles que se describen a continuación. De ellos, los tres primeros corresponden a la parte estratificada anterior al desarrollo del «build-up». El nivel 4 corresponde al inicio de la masa construida y en él la estratificación es ya poco aparente. Los niveles 5 a 16 corresponden al «build-up» propiamente dicho. Finalmente el nivel 17 corresponde a la parte de nuevo estratificada que recubre el «build-up». Los niveles en cuestión tienen las siguientes características.

1) Capas con tabulados ramificados tipo *Thamnopora*, tetracoralarios del género *Synaptophyllum*, estromatopóridos lamelares, en ocasiones bastante desarrollados con algún estromatopórido masivo y *Favosites* de pequeño tamaño. En general se trata de calizas con alto porcentaje de matriz (wackestone a packstone; lám. XLIX, fig. 1) constituidas por organismos en general muy fragmentados entre los que se han podido reconocer crinoideos y *Thamnopora*. Corresponderían a un floatstone (AR-1 a AR-6. fig. 17).

2) Niveles con gran abundancia de tetracoralarios del género *Synaptophyllum* (lám. XXX, fig. 2) pudiendo estar asociados a estromatopóridos lamelares bastante largos o bien a estromatopóridos masivos de poco desarrollo (lám. XXXI, figs. 1 y 2). Secundariamente se encuentran *Favosites*, *Alveolites* y asimismo tabulados ramificados. La matriz es encrinítica aunque presenta también algunos *Thamnopora*, briozoos y *Atrypa*, o bien dicha matriz está compuesta de tallos de crinoideos y fragmentos de *Thamnopora* asociados. Microscópicamente corresponde a un wackestone-packstone, lám. XLIX, fig. 2 (AR-7 a AR-9, fig. 17).

3) Niveles con estromatopóridos masivos irregulares (5-15 cm) y *Alveolites* masivos, algunos de gran tamaño que en ocasiones se observan en posición de crecimiento. En general siempre hay predominio de un tipo de organismos sobre el otro, aunque también pueden encontrarse en porcentajes similares. Todos estos organismos pueden estar acompañados por colonias de tetracoralarios, tabulados masivos y algún estromatopórido tamaño o tipo «pelota de tenis». La matriz está formada por micrita con crinoideos y fragmentos de *Thamnopora* y en ocasiones algún braquiópodo. Aunque el porcentaje de la matriz es variable constituyen un rudstone con mayor porcentaje de grandes organismos que de matriz. El contenido en estromatopóridos masivos y *Alveolites* puede ser del orden del 50 % (AR-10 y AR-11, fig. 17).

4) Por encima de los niveles descritos, se presentan unas calizas que constituyen ya la parte más basal del «build-up» y en las que la estratificación está poco desarrollada, están constituidas por los siguientes elementos: acumulaciones de tetracoralarios, estromatopóridos y *Alveolites* lamelares junto con algunos irregulares, pequeños y de tipo «pelota de tenis» (lám. XXXII, figs. 1 y 2) o bien acumulaciones de estromatopóridos masivos irregulares de tamaño considerable (± 15 cm) y *Alveolites* masivos (± 20 cm), con matriz escasa debida al tamaño de los fósiles. Se ven pocos organismos en posición de crecimiento, presentándose la mayoría fragmentados, si bien es posible que no estén muy desplazados respecto a su posición inicial (AR-12 a AR-15, fig. 17).

5) Zona basal formada por calizas grises masivas sin estratificación, con una gran complejidad de asociaciones faunísticas y totalmente construidas por estromatopóridos masivos, en algunos casos de gran tamaño (5-30 cm) y *Alveolites* también de gran tamaño (lám. XXXIII, fig. 1; lám. XXXIV, fig. 1; lám. XXXV, fig. 1), estos últimos con una meteorización y dolomitización diferencial debido a la estructura en láminas concéntricas, posiblemente de naturaleza distinta cada una de ellas (lám. XXXIV, fig. 2). Dichos organismos están acompañados de una gran variedad de formas tipo *Thamnopora*, *Favosites* y algunos estromatopóridos y tabulados lamelares. Aunque algunos estromatopóridos se hallan en posición de crecimiento, otros están fragmentados y hacia el techo de la zona se observan más ejemplares en la misma posición. La matriz es encrinítica y forma bolsadas de crinoideos y *Thamnopora*. Llama la atención el tamaño y número de estromatopóridos y *Alveolites*. Sería pues un framestone de estromatopóridos y *Alveolites* masivos principalmente con una matriz, en ocasiones floatstone de *Thamnopora*, con wackestone a packstone de grano medio (AR-16 a AR-19, fig. 17).

6) Zona con tabulados lamelares predominantes (lám. XXXV, fig. 2, lám. XXXVI, figs. 1 y 2), junto con algunos *Favosites*, estromatopóridos lamelares, tetracoralarios cerioides masivos y algunos tabulados ramificados tipo *Thamnopora*. La matriz está constituida por crinoideos, gasterópodos y braquiópodos. Se trata de un bindstone de tabulados lamelares con una matriz wackestone (lám. XLIX, fig. 3) de grano medio (AR-20, fig. 17).

7) Zona con gran abundancia de colonias de tabulados ramificados tipo *Thamnopora* (lám. XXXVII, fig. 1), junto con algunos *Favosites* pequeños, tabulados lamelares y estromatopóridos pequeños irregulares. La matriz es encrinítica con braquiópodos. Hacia el techo se observa un mayor desarrollo de tabulados lamelares. Podría constituir un bafflestone de *Thamnopora* con una matriz wackestone a mudstone de grano medio (AR-21, fig. 17).

8) Zona de micrita con gasterópodos, braquiópodos (lám. XXXVIII, fig. 1), crinoideos, *Thamnopora* y alguna colonia de tetracoralarios cerioides y faceoloides (lám. XXXVII, fig. 2). Es un floatstone con una matriz wackestone (lám. L, fig. 1) a mudstone de grano medio (AR-22, fig. 17).

9) Zona de *Thamnopora* de mayor tamaño que la anterior, estromatopóridos lamelares, estromatopóridos masivos, *Favosites* y *Alveolites* (AR-23, fig. 17).

10) Estromatopóridos masivos irregulares (lám. XXXIX, fig. 1) de tamaño variable, desde formas que a veces alcanzan 2 m hasta formas de 25 cm, así como colonias de *Thamnopora* junto con *Alveolites* masivos, tetracoralarios cerioides masivos (lám. XXXVIII, fig. 2), en menor proporción. Secundariamente hay a veces estromatopóridos lamelares y del tipo «pelota de tenis». La matriz es predominantemente de dos tipos: o bien encrinítica y con *Thamnopora*, o bien de crinoideos, braquiópodos y gasterópodos, a menudo en bolsadas. A veces también existen lamelibranquios del género *Conocardium*. No obstante la matriz en esta zona muestra una gran variedad de composición pudiendo estar formada casi exclusivamente por crinoideos o bien por *Thamnopora*, o braquiópodos, o gasterópodos. Sería un framestone de estromatopóridos masivos y otros organismos, a veces con una matriz floatstone de *Thamnopora*, esta última con una matriz wackestone a packstone de grano medio y ocasionalmente con pellets (AR-24 a AR-26, fig. 17).

11) Zona con *Alveolites* y estromatopóridos de tamaños variables a veces de gran tamaño, llegando a alcanzar más de medio metro. En ocasiones los corales son los dominantes y en otras los estromatopóridos, si bien a veces se hallan en proporciones semejantes. En general están en posición de crecimiento aunque en ocasiones se observan fragmentados y removidos; en este caso sin embargo no parece que hayan sido transportados desde zonas muy alejadas del arrecife. Secundariamente existen estromatopóridos lamelares tipo «pelota de tenis» y *Favosites*. También se presentan algunos nichos de *Thamnopora*. La matriz es principalmente encrinítica con algunos restos de *Thamnopora*. A veces existen bolsadas de braquiópodos y gasterópodos (que pueden ser formas grandes) y en ocasiones lamelibranquios. Hacia la parte alta de esta zona los estromatopóridos y *Alveolites* disminuyen de tamaño. Se trata de un framestone de estroma-

topóridos y *Alveolites* masivos en ocasiones junto con rudstones de estromatopóridos y *Alveolites* (lám. XXXIX, figs. 2 y 3), ambos con una matriz floatstone de *Thamnopora*, esta última con una matriz packstone a grainstone de grano medio (AR-27 a AR-31, fig. 17).

12) Zona de estromatopóridos masivos irregulares de tamaño considerable (lám. XL, figs. 1 y 2). Matriz principalmente encrínitica, pero con bolsadas de braquiópodos y *Thamnopora* (lám. XLI, fig. 1). La matriz en general es escasa debido al notable tamaño y cantidad de organismos constructores. Es un framestone de estromatopóridos masivos con una matriz, a veces floatstone de *Thamnopora*, con packstones a grainstones de grano medio (AR-32 a AR-35, fig. 17).

13) Zona de estromatopóridos y *Alveolites* de gran tamaño en la parte baja de dicha zona y menor tamaño hacia el techo. Presenta asimismo algún *Favosites* y tetracoralarios cerioides masivos. En el techo se observan estromatopóridos lamelares y tabulados ramificados. La matriz contiene crinoideos y restos de *Thamnopora* presentando hacia el techo bolsadas con braquiópodos, gasterópodos (algunos de tamaño bastante grande), crinoideos y *Thamnopora*. Consiste en general en un framestone de estromatopóridos y *Alveolites* masivos, a veces mezclados con rudstones de dichos organismos con una matriz floatstone de *Thamnopora*, esta última con packstones (lám. L, fig. 2) y grainstones (lám. XLIX fig. 4) principalmente aunque en el techo se presentan wackestones.

En la parte alta de esta zona existen estromatopóridos masivos irregulares y con digitaciones (lám. XLII, figs. 1 y 2), en posición de crecimiento, interestratificados con estromatopóridos lamelares e incrustaciones de unos organismos por otros (lám. XLI, fig. 2; lám. XLIII, figs. 1 y 2; lám. XLIV, figs. 1 y 2). Asimismo hay abundantes colonias de *Thamnopora* (lám. XLV, fig. 1) siendo la fauna de menor tamaño que en la base (AR-36 a AR-42, fig. 17).

14) Zona con predominio de *Alveolites* masivos (lám. XLV, fig. 2) de gran tamaño, pudiendo alcanzar a veces dimensiones mayores de 1 m asociados a algún estromatopórido masivo, *Favosites* y *Thamnopora*. Matriz encrínitica con algún braquiópodo y fragmentos de *Thamnopora*. Es un framestone de *Alveolites* masivos con matriz packstone a wackestone (AR-43 a AR-46, fig. 17).

15) Zona de estromatopóridos masivos irregulares, junto con algunos estromatopóridos lamelares de tamaños variables, *Alveolites* y *Favosites*. Matriz encrínitica con algún *Thamnopora*. El tamaño de los estromatopóridos disminuye hacia el techo, son framestones de estromatopóridos masivos y otros organismos asociados a rudstones. La matriz es un floatstone de *Thamnopora* en este caso con una matriz packstone a wackestone (AR-47, fig. 17).

16) Zona con *Favosites* masivos (15-20 cm), junto con estromatopóridos también masivos, observándose un número bastante elevado de ellos removidos, estromatopóridos lamelares, estromatopóridos en forma de «pelota de tenis» removidos, y algún *Thamnopora* (lám. XLVI, fig. 1; lám. XLVII, figs. 1 y 2). Dicha zona se caracteriza, en general, por presentar el mayor número de *Favosites* de toda la masa orgánica, estando la fauna fragmentada y removida. Matriz encrínitica con algún *Thamnopora*. En general se trata de rudstones de estromatopóridos

dos, *Favosites* y otros organismos, aunque puede haber algún framestone, con una matriz wackestone a packstone (AR-48 a AR-50, fig. 17). Esta zona constituye el techo de la masa construida y a partir de ella comienza a insinuarse la estratificación, presentándose calizas con un mayor contenido arcilloso.

17) Por encima de la zona 16 continúa una sucesión de calizas bien estratificadas (lám. XLVIII, fig. 3). Se trata de calizas arcillosas en bancos de 15-20 cm con *Favosites* (lám. XLVI, fig. 2). Estromatopóridos lamelares y fragmentos irregulares de estromatopóridos, *Alveolites* globosos, *Thamnopora*, crinoideos, etc. Por encima presenta calizas arcillosas con pasadas lutíticas conteniendo crinoideos (lám. XLVIII, fig. 1), braquiópodos (lám. XLVIII, fig. 2) y algún tabulado masivo y *Thamnopora*. Se trata de rudstones y floatstones con una matriz de wackestone a packstone en la base y wackestones en el techo (lám. L, fig. 3) con organismos fragmentados (AR-51 a AR-54, fig. 17).

2. ANÁLISIS PALEOECOLÓGICO Y PRESENCIA DE ORGANISMOS EN EL «BUILD-UP».

La reconstrucción de un medio sedimentario antiguo comporta tanto el estudio de los materiales presentes en él como el de los organismos fósiles incluidos en dichos sedimentos, los cuales quedarán marcados por las características del medio sedimentario. Se va a hacer, por lo tanto, un análisis de los diversos organismos presentes en el «build-up», así como del papel que han jugado en el desarrollo del mismo. Se observa que los estromatopóridos, corales y crinoideos han tenido un papel volumétrico importante en la formación del «build-up» estudiado, mientras que son secundarios los braquiópodos, gasterópodos, lamelibranquios, briozoos y algas.

E s t r o m a t o p ó r i d o s.—En el «build-up» de Arnao estos organismos están presentes en toda la masa con una gran diversidad de formas de crecimiento; no obstante se observa que la mayor presencia de estromatopóridos lamelares está en la base y techo, si bien alternando o mezclados con estromatopóridos masivos y que éstos últimos predominan en ciertas zonas y con formas de gran tamaño mientras que en otras dominan los corales o bien ambos grupos.

Los estromatopóridos presentan una gran problemática en cuanto a su significación paleoecológica puesto que son un grupo extinguido, de modo que las interrelaciones de estos organismos con el medio pueden deducirse sólo a partir del estudio de las biocenosis antiguas. Dichos organismos fueron los mayores contribuyentes, junto con los corales, en la formación de «build-ups» durante el Silúrico y Devónico a escala mundial constituyendo el armazón de los mismos, bien por aportar su propia rigidez al «build-up» o por ligar sedimentos dando lugar a una masa consistente.

Son numerosos los autores que han realizado estudios sobre la distribución y formas de crecimiento de los estromatopóridos, así como las causas que han determinado dichas formas (batimétricas, sedimentológicas, etc.).

LECOMTE (1958) en su estudio de los arrecifes frasnenses de la cuenca de Dinant (Bélgica) encontró una notable variación faunística en vertical indicando

que la subsidencia progresiva era el factor que controlaba los cambios faunísticos. El más importante de ellos estribaba en la ausencia de estromatopóridos debajo de la zona de turbulencia, es decir, que su disminución en importancia estaría causada por un aumento de la profundidad. No obstante en una de sus primeras publicaciones LECOMPTE (1951) ya indicó que otro factor a tener en cuenta era la tolerancia respecto al barro, apuntando que los estromatopóridos eran abundantes en calizas y que raramente se encontraban en pizarras.

LOWENSTAM (1950, 1957) también señala que los estromatopóridos, en los arrecifes silúricos del Niagaran (Illinois), decrecen en importancia en la dirección de aumento del barro.

Según MANTEN (1971) es más probable que el grado de turbidez y no la profundidad del agua, hubiera sido el factor primario determinante en la presencia de estromatopóridos. Un aumento en la cantidad de barro dando lugar a la disminución de estromatopóridos, podría ser, aunque no necesariamente, correlacionable con un aumento en la profundidad. Así el Wenlock inglés presenta un elevado contenido en barro y no obstante es considerado como un depósito de aguas someras.

Referente a la intolerancia del barro por los estromatopóridos no hay una explicación aparentemente directa. COLTER (1957) presentó dos hipótesis para su explicación: una de ellas se basa en la talla diminuta del pólipo lo cual determinaría una capacidad muy pequeña para remover sedimento. La segunda hipótesis está relacionada con el habitat de alimentación. Se basa en los experimentos de YONGE (1940) sobre corales, el cual ha mostrado que pequeños pólipos con un sistema de tentáculos adaptado para la alimentación presenta mayores dificultades que los que los utilizan para remover sedimento. El habitat alimenticio de los estromatopóridos no es conocido; no obstante si el sistema de tentáculos fuera utilizado para la alimentación presentarían los mismos problemas que los corales.

La forma de crecimiento de los estromatopóridos estaría controlada principalmente por la batimetría tal como ha sido indicado e ilustrado por LECOMPTE (1956, 1960) en los arrecifes de Bélgica y por TSIEN (1971, 1974) y CORNET (1974) basándose en parte en los estudios de LECOMPTE. Los estromatopóridos masivos se encuentran en la zona turbulenta y los estromatopóridos lamelares en la zona subturbulenta durante una fase de transición. En una fase relativamente estable se encuentran estromatopóridos masivos en los arrecifes de la zona turbulenta y estromatopóridos lamelares espesos se hallan en la parte que mira hacia el mar de los arrecifes de la zona subturbulenta mientras que las formas lamelares pequeñas se sitúan en medios restringidos, así como los estromatopóridos ramificados.

TSIEN (1971) también indica que los estromatopóridos eran muy sensibles a la turbidez y salinidad. El aumento de aportes terrígenos ocasiona el paso de masas irregulares a globosas y subesféricas; el aumento de la salinidad y la disminución de la circulación del agua determinan el paso de masas irregulares a nodulares (tipo «pelota de tenis») y finalmente una disminución en la turbulencia y un aumento de la profundidad dan lugar a un tránsito de masas irregulares a lamelares espesas.

Se han realizado numerosos estudios sobre la distribución de formas de los estromatopóridos en el Devónico del W de Canadá (EDIE 1961; KLOVAN 1964; NOBLE 1965; MURRAY 1966; LEAVIT 1968; FISCHBUCH 1969). Existe un acuerdo general en que los estromatopóridos masivos y ramificados crecieron en aguas someras y turbulentas mientras que los tipos tabulares preferían aguas de someras a profundas y tranquilas, pero en la zona de penetración de la luz. No obstante según PERKINS (1963) los estromatopóridos tabulares crecían en aguas turbulentas y someras y JAMIESON (1967) indica que los tipos ramificados (*Stachyodes*) existieron en áreas de plataforma protegida. Según VOPNI *et al.* (1967) este último tipo actuaría como filtro de sedimentos («sediment baffle»).

C o r a l e s.—Volumétricamente los tabulados masivos son los que presentan mayor importancia en el «build-up» orgánico de Arnao, siendo los *Alveolites* los que tienen una máxima representación. Estas colonias se hallan, en unas zonas, asociadas a estromatopóridos y en otras son los organismos preponderantes. Grandes *Favosites* no son abundantes, excepto en el techo del «build-up» y algunos en la base, pero siempre muy por debajo de la abundancia de estromatopóridos y *Alveolites*.

En cuanto a los tabulados lamelares existe una zona delgada hacia la base en donde se presentan con gran abundancia; lo mismo sucede con los tabulados ramificados tipo *Thamnopora*. No obstante, estos últimos se encuentran a través de todo el «build-up» como colonias más o menos en posición de crecimiento o bien fragmentados formando parte de la matriz.

Los corales tetracoralarios tipo *Synaptophyllum* y otros, como ya se ha indicado, se sitúan en niveles de poco espesor en la base del «build-up». Asimismo se encuentran a lo largo del «build-up» formando pequeños nichos ecológicos o bien como los tetracoralarios solitarios, dispersos en la matriz. Los tetracoralarios masivos se presentan asociados a *Alveolites* y estromatopóridos masivos, pero en importancia menor frente a ellos.

De acuerdo con LECOMPTE (1956, 1958) los corales existirían en la zona de turbulencia, pero serían más abundantes al aumentar la profundidad.

a) Tabulados masivos.—TSIEN (1971, 1974) indica que en condiciones relativamente tranquilas las formas masivas son más importantes en biohermos que en biostromos (*Favosites*, *Heliolites*, *Alveolites*). *Favosites* es un importante constructor de arrecifes del Cuviniense belga. En facies arrecifales es grande, irregular o globoso. En facies restringidas es pequeño y de forma dendroide e irregular. *Alveolites* es una de las formas más comunes del Frasniense medio de Bélgica. En la zona turbulenta de biohermos o biostromos es grande y esférico o en masas irregulares mientras que en la zona infraturbulenta es pequeño y generalmente lamelar. En la zona infraturbulenta del medio periarrecifal es delgado, pequeño y generalmente incrustando a otros organismos.

VOPNI & LERBEKMO (1972), al estudiar la formación Horn Plateau del Devónico del Canadá indican que los *Alveolites* asociados a otros corales masivos (*Chaetetes*) crecerían en aguas agitadas, pero debajo de la zona de acción de las rompientes, y que de las colonias de corales, *Favosites* parece haber sido la más

adaptable ya que ha sido encontrada en las tres macrofacies representativas del medio de la formación estudiada.

b) Tabulados ramificados.—TSIEN (1971, 1974) indica que formas ramificadas se encuentran generalmente en medios restringidos. *Thamnopora* se halla en los siguientes tipos de facies: arrecifal, periarrecifal, back-reef y sublagooanal. Cuando en la zona turbulenta el material terrígeno es importante los estromatopóridos masivos son generalmente reemplazados por *Thamnopora* o tetracoralarios coloniales. En este caso *Thamnopora* es grande y numeroso, llegando a construir praderas sobre la plataforma.

Según VOPNI & LERBEKMO (1972) *Thamnopora* es un importante contribuyente arrecifal pudiendo alcanzar hasta más del 60% de la roca. Indica que los diversos autores consideran que *Thamnopora* actuó como filtro de sedimento («sediment baffle») y que era bastante adaptable, existiendo desde aguas someras fuertemente agitadas hasta aguas profundas.

c) Tetracoralarios.—Según TSIEN (1971, 1974) los tetracoralarios se pueden adaptar a diferentes medios. En general los corales pequeños y simples se encuentran en depósitos arcillosos de la zona quiescente o de facies interarrecifales mientras que los corales grandes y simples son abundantes en calizas arcillosas de la zona infraturbulenta. Formas dendroides y masivas son pequeñas en la zona infraturbulenta y grandes en la turbulenta. *Disphyllum* se encuentra en la zona turbulenta, subturbulenta e infraturbulenta de la facies arrecifal a sublagooanal, en la plataforma o en la cuenca. Según LECOMPTE (1965) los corales tipo *Disphyllum* pudieron jugar el papel de estabilizar y unir los sedimentos carbonatados libres. De acuerdo con VOPNI & LERBEKMO (1972) estas formas faceloides de *Disphyllum* podrían existir en todas las facies arrecifales, desde aguas someras moderadamente agitadas a fuertemente agitadas y actuarían como filtros de sedimento («sediment baffles»).

MANTEN (1971) señala que es significativo que los arrecifes en los que abundan más los corales solitarios, tanto en número de especies como individuos, son aquellos con mayor volumen y grado de impureza de la matriz.

En resumen se observa que existe un acuerdo entre los diversos autores respecto a la siguiente distribución de estromatopóridos y corales en vertical:

– Los estromatopóridos masivos existirían en aguas someras y agitadas propias de la zona turbulenta, los estromatopóridos lamelares crecerían en la zona subturbulenta en aguas ligeramente más profundas que los masivos y los estromatopóridos ramificados (*Amphipora*) y lamelares pequeños, en medios restringidos.

– Los corales crecerían en aguas someras, pero serían más abundantes en aguas ligeramente más profundas y arcillosas. En general, los tabulados masivos grandes crecerían en la zona turbulenta (*Alveolites*, *Favosites*, etc.) mientras que en zonas ligeramente más profundas (zona infraturbulenta) serían pequeños y lamelares. Los tabulados ramificados se hallarían principalmente en medios restringidos o arcillosos aunque *Thamnopora* se puede encontrar desde aguas someras fuertemente agitadas a aguas profundas. Los corales tetracoralarios o rugosos

en cambio pueden adaptarse a diferentes medios alcanzando mayor talla en los medios más someros que en los profundos.

Algas calcáreas.—Las algas calcáreas observadas pertenecen a los Porostromados habiéndose identificado solamente los géneros *Girvanella* (lám. LI, fig. 2) y *Sphaerocodium* (lám. LI, figs. 1, 3 y 4). Estas algas se presentan aisladamente o bien incrustando a otros organismos tales como crinoideos o briozoos. En la masa orgánica estudiada las más abundantes son las pertenecientes al género *Sphaerocodium*, las cuales aparecen en un 28% de las muestras estudiadas, siendo esta localidad dentro de la Formación Moniello donde más algas se han reconocido.

Crinoideos.—Es el grupo más importante dentro de los organismos asociados. Se presentan en gran abundancia en todo el «build-up» orgánico, rellenando huecos que hayan quedado entre los organismos constructores o bien formando niveles, junto con otros organismos, en las calizas estratificadas existentes por encima y debajo de dicho «build-up».

Braquiópodos.—Tales organismos contribuyen a la formación de una parte muy pequeña del sedimento del «build-up». Aparecen localmente en la matriz como organismos asociados junto con crinoideos, *Thamnopora* y a veces gasterópodos. En general se encuentran formando bolsadas.

Gasterópodos.—Aparecen en proporción muy baja en el «build-up» asociados a braquiópodos y fragmentos de crinoideos y *Thamnopora* en zonas muy localizadas dentro de la masa orgánica, principalmente en la parte baja de la misma. Algunos de estos organismos pudieron actuar como depredadores.

Briozoos.—Se encuentran en muy baja proporción y dispersos en la matriz del «build-up» orgánico, observándose principalmente representantes de la familia de los Fenestélidos.

Otros organismos.—En la matriz también se presentan lamelibranquios, trilobites y ostrácodos pero en proporciones ínfimas y siempre acompañando al resto de organismos asociados.

Competencia entre corales y estromatopóridos.—LECOMPTE (1956, 1958, 1959) y MANTEN (1971) realizaron estudios sobre el significado paleoecológico de la proporción relativa de corales y estromatopóridos en los arrecifes fósiles. LECOMPTE consideraba que el aumento de turbulencia sería el causante del cambio de comunidades de corales a estromatopóridos. Conjuntos de estromatopóridos y corales podrían coexistir en la zona de turbulencia, donde los corales alcanzarían gran talla, pero sufrirían mucho la competencia de los estromatopóridos, los cuales dominarían en las partes arrecifales formadas en estas zonas. Un aumento de profundidad determinaría la disminución del número y forma de estromatopóridos mientras que los corales serían más abundantes y capaces de construir arrecifes, no tanto porque pudieran vivir mejor sino porque no tendrían que competir con los estromatopóridos.

Por el contrario MANTEN piensa que el factor más importante que determinaría el dominio de unos u otros organismos sería la turbidez y no la profundidad. En su opinión los estromatopóridos estarían más afectados por el barro; cita como

evidencia el hecho de que se encuentra casi siempre en calizas y no en pizarras y calizas arcillosas.

MOUNTJOY (1967) conjuga ambas teorías y de acuerdo con los datos obtenidos del estudio de los arrecifes devónicos de las Montañas Rocosas (Canadá) sostiene la idea de que los estromatopóridos crecerían en aguas someras y que no tolerarían el barro, mientras que los corales aunque también crecerían en aguas someras, serían sin embargo más abundantes en aguas más arcillosas y ligeramente más profundas.

Como ya se ha indicado, en la descripción de la masa orgánica de Arnao se observa, que en algunas zonas de la misma, coexisten estromatopóridos y tabulados masivos tipo *Alveolites* sin que se manifieste una preponderancia mucho mayor de un tipo sobre otro.

Si bien hay algunas referencias bibliográficas en las que se cita la presencia de *Alveolites* no asociados a estromatopóridos (KLOVAN 1964; VOPNI & LERBEKMO 1972) no obstante se conocen otros datos en los que se cita su presencia conjunta en formaciones arrecifales devónicas (PONCET 1972; DOLPHIN & KLOVAN 1972).

Papel de los organismos en la formación del «build-up».—El crecimiento del «build-up» orgánico de Arnao parece ser primariamente el resultado del desarrollo de estromatopóridos y corales acompañados de acumulaciones de restos de otros organismos, y además la acción de toda una serie de factores tales como sedimentación, destrucción orgánica y mecánica, etc.

Los organismos constructores o «reef-builders» tal como se ha indicado anteriormente son los estromatopóridos, corales y algas, los cuales contribuyen a dar rigidez al «build-up» de modo diferente según el tipo de organismos. Los corales y estromatopóridos masivos aportan su propia consistencia a la formación del armazón rígido, se consideran por tanto como los constructores del armazón o «frame-builders» (lám. XXXIII; lám. XXXIV; lám. XL, figs. 1 y 2).

Los corales y estromatopóridos lamelares jugaron el papel de ligar e incrustar los sedimentos sueltos; se les considera por tanto como enlazadores de sedimentos o «sediment binders» (lám. XXXV, fig. 2; lám. XXXVI, fig. 2). En este caso lo que contribuye a dar rigidez son los organismos acompañados por la matriz.

Finalmente aquellos corales tales como tetracoralarios tipo *Synaptophyllum* y *Thamnopora* atrapan sedimentos al actuar como filtros (atrapadores de sedimentos o «sediment trappers») (Lám. XXXVII, fig. 1); este caso es el menos común y más difícil de reconocer.

La presencia de organismos constructores en combinación con los organismos perforantes y depredadores dan lugar a una estructura que encierra una variedad de cavidades intra, interorgánicas y debidas a perforaciones. Estas cavidades son rellenadas por los organismos asociados, o restos de los mismos e incluso por fragmentos de los propios constructores. Todos estos organismos están representados por crinoideos (los cuales dieron lugar a una gran proporción

de los aloquímicos de la roca), braquiópodos, gasterópodos, lamelibranquios, algunos trilobites, briozoos y fragmentos de *Thamnopora*. Todos estos organismos asociados son pues los productores de restos («debris production»).

En el Cuadro II se han representado todos los organismos que han intervenido en la formación del «build-up» y su papel respectivo en la formación del mismo.

CUADRO II

| PAPEL DE LOS ORGANISMOS EN LA FORMACION DEL "BUILD-UP" ORGANICO | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constructores del armazón ("Frame builders") | Enlazadores de sedimento ("Sediment binders") | Atrapadores de sedimento ("Sediment trappers") | Productores de restos ("Debris production") |
| Estromatoporidos masivos Corales masivos { <i>Alveolites</i> <i>Tetracoralaris</i> coloniales <i>Favosites</i> | Estromatoporidos lamelares Tabulados lamelares Algas { <i>Sphaerocodium</i> sp <i>Girvanella</i> sp | Tetracoralarios { <i>Synaptophyllum</i> y otros Tabulados ramificados { <i>Thamnopora</i> | Crinoideos Tabulados ramificados: <i>Thamnopora</i> Braquiopodos Gasteropodos Lamelibranquios Briozoos Trilobites |








3. DESARROLLO DEL «BUILD-UP» ORGÁNICO Y MEDIO SEDIMENTARIO.











El estudio del «build-up» orgánico de Arnao muestra, como ya se ha indicado, una zonación vertical faunística. Tal zonación representa una serie de etapas en el desarrollo (véase Cuadro III) de acuerdo con el modelo de ALBERS-TADT *et al.* (1974) para las construcciones orgánicas ordovícicas de Tennessee. Dichos autores realizaron un estudio comparativo con otros «build-ups», también ordovícicos, de Nueva York, Canadá y Texas, todos ellos propios de medios de aguas someras y cuyo desarrollo se realizó en cuatro etapas: estabilización, colonización, diversificación y dominación.

En líneas generales, las etapas de desarrollo del «build-up» orgánico de Arnao pueden establecerse del modo siguiente.

La etapa de estabilización (zona 4) estaría representada por las zonas con tetracoralarios tipo *Synaptophyllum* asociados a veces con estromatopóridos y tabulados. En la misma línea se halla la idea de LECOMPTE (1956) según la cual corales equiparables (tipo *Disphyllum*) pudieron jugar un papel en estabilizar y unir los sedimentos carbonatados sueltos.

CUADRO III.- ZONACION VERTICAL FAUNISTICA Y ETAPAS DE DESARROLLO DEL "BUILD-UP"

| | | |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parte estratificada |  | Calizas arcillosas con <i>Favosites</i> , estromatopóridos lamelares, <i>Alveolites</i> , <i>Thamnopora</i> , crinoideos y braquiópodos. (AR- 51 a 54) |
| Etapa de declive |  | <i>Favosites</i> , estromatopóridos masivos y lamelares, fragmentados y removidos. (AR- 48 a 50) |
| Etapa de dominación |  | Zonas con predominio de estromatopóridos masivos y/o <i>Alveolites</i> masivos (AR- 24 a 47) |
| Etapa de diversificación |  | Zonas con estromatopóridos masivos, <i>Alveolites</i> , tabulados lamelares, <i>Thamnopora</i> , tetracoralarios cerioides masivos, tetracoralarios faceloideos, <i>Favosites</i> . (AR- 17 a 23) |
| Etapa de colonización |  | Estromatopóridos y <i>Alveolites</i> masivos. (AR- 15 a 16) |
| Etapa de estabilización |  | Tetracoralarios (<i>Synaptophyllum</i>), estromatopóridos lamelares, tabulados lamelares y algunos estromatopóridos y <i>Alveolites</i> masivos. (AR-12 a 14) |
| Parte estratificada |  | Calizas arcillosas con braquiópodos, crinoideos y briozoos en la base. Tetracoralarios, estromatopóridos lamelares y masivos, <i>Alveolites</i> y algunos <i>Favosites</i> . (AR- 1 a 11) |

-  Estromatopóridos masivos
  *Alveolites* masivos
  Tab. ramificados
  Crinoideos
 Estromatopóridos lamelares
 Tabulados lamelares
 Tetracoralarios
 Braquiópodos
 *Favosites* masivos
 Tetracoralarios coloniales

Esta etapa de estabilización fue seguida por los primeros episodios de verdadero crecimiento del arrecife (colonización; parte basal de la zona 5) llevada a cabo por estromatopóridos y tabulados masivos, si bien estos mismos organismos contribuyeron también en cierto modo a la estabilización inicial de las capas basales, como ya se ha indicado.

En la etapa de diversificación (zonas 5 a 9) del modelo de ALBERSTADT *et*

al. (1974) existe una gran variedad de grupos taxonómicos. En esta masa orgánica dicha etapa de diversificación viene marcada no sólo por una cierta diversidad en cuanto a grupos sino que también hay formas genéricas diferentes dentro de un mismo grupo. Así, existen diversas formas de estromatopóridos, tabulados y otros corales (tales como tetracoralarios solitarios, coloniales, etc.). A estos organismos se presentan asociados braquiópodos y gasterópodos.

La etapa de diversificación dió paso a la de dominación (zonas 10-15) en la que predominan *Alveolites* y estromatopóridos en igual proporción o bien preponderando unos sobre otros. En el modelo de ALBERSTADT *et al.* (1974) la etapa de dominación viene marcada principalmente por un solo género mientras que en Arnao se ve que dominan dos grupos, si bien la variedad de organismos es mucho menor que en la de diversificación.

En una construcción orgánica la forma, composición, fabric, facies y conservación del armazón están determinadas por la proporción relativa de crecimiento y destrucción orgánica, sedimentación, cementación y ruptura mecánica, estando sujetos todos estos procesos a la existencia de micromedios; por tanto pueden existir una gran variedad de historias genéticas dentro de la construcción orgánica. Teniendo presente todos estos factores la interpretación de la historia de depósito de construcciones antiguas está basada en la distribución y secuencia de faunas y litologías y por tanto de microfacies, y en la comparación con modelos arrecifales recientes con todas las reservas que ello supone.

Así LECOMPTE (1956) indica que para resolver cualquier cuestión de tipo ecológico-sedimentológico es indispensable tener en cuenta a la vez el pasado y el presente. Demasiados errores proceden de que en la interpretación de arrecifes antiguos se ha atendido exclusivamente a las condiciones oceanográficas actuales y a la significación ecológica de los corales constructores modernos. Esto no quiere decir, sin embargo, que los modelos actuales no aporten nada sobre la interpretación del pasado, sino que no hay que aplicarlos sin crítica.

La regla general es que los crecimientos orgánicos se inician cuando prevalecen condiciones óptimas para la proliferación de organismos arrecifales y constructores. Tal crecimiento orgánico está controlado por un número de factores ambientales tales como: bajo aporte de material terrígeno, circulación de agua (la cual controla la salinidad y ambas el abastecimiento nutritivo y de oxígeno), temperatura del agua y profundidad de penetración de la luz.

Así pues la interpretación del medio sedimentario del «build-up» orgánico de Arnao se basa en la distribución y sucesión de litologías y faunas y por tanto en las consideraciones paleoecológicas ya descritas basándose especialmente en los modelos de LECOMPTE (1958) y KLOVAN (1964).

Los niveles de calizas arcillosas situados por debajo del «build-up» con crinoideos, braquiópodos y briozoos en la base y que hacia arriba van pasando gradualmente a calizas con tabulados ramificados tipo *Thamnopora*, tetracoralarios tipo *Synaptophyllum*, estromatopóridos lamelares y algunos masivos, *Favosites* y algas *Girvanella*, todos ellos englobados en una matriz de micrita con crinoideos principalmente y *Thamnopora*, indican un depósito en una plataforma

de aguas someras, si bien dicha sucesión en vertical de organismos muestra que gradualmente se van alcanzando aguas cada vez más someras y limpias como muestra la aparición de organismos de carácter arrecifal. Por tanto, antes del inicio de la construcción orgánica las condiciones eran de aguas someras, con cierto contenido arcilloso y en el que habría una relativa agitación de aguas. Podría corresponder a la zona infraturbulenta a subturbulenta con presencia de estromatopóridos lamelares, tabulados ramificados, algún estromatopórido masivo y *Favosites* de pequeño tamaño. Texturalmente tales rocas representan wackestones y packstones de grano muy fino, con fragmentos de organismos muy pequeños. En este medio los tetracoralarios tipo *Synaptophyllum* junto con algún estromatopórido masivo de poco desarrollo estabilizarían los materiales existentes originando un sustrato firme adecuado para el crecimiento de los corales y estromatopóridos, a la vez que pasaría a condiciones ligeramente más someras (zona subturbulenta) con desarrollo de estromatopóridos lamelares, con algunos tabulados lamelares y secundariamente algunos estromatopóridos masivos, *Favosites*, *Alveolites* y *Thamnopora*. El contenido arcilloso se iría reduciendo a la vez que las aguas serían ligeramente más agitadas dando lugar a la aparición de estromatopóridos masivos y *Alveolites*, junto con una gran variedad de formas tipo *Thamnopora*, *Favosites*, etc. Estos organismos se desarrollarían ampliamente en el medio, instalándose de un modo definitivo la construcción orgánica, la cual tendría lugar predominantemente bajo unas condiciones características de la zona turbulenta. Una zonación de organismos propia de una zona de energía intermedia, que en líneas generales puede asimilarse a la indicada, hasta alcanzar una zona de alta energía con estromatopóridos masivos ha sido establecida por EMBRY & KLOVAN (1971) para una formación devónica arrecifal en el NE de la Isla Banks del Canadá. No obstante, debieron existir en este período de instalación, oscilaciones de turbulencia posiblemente ligadas a variaciones de profundidad como atestiguan la existencia en la base del «build-up» de zonas (6, 7, 8 y 9) constituidas por tabulados, estromatopóridos lamelares y *Thamnopora*. Este conjunto de organismos están siempre englobados en una matriz wackestone, es decir, con una mayor proporción de barro que en la matriz existente entre los estromatopóridos masivos y *Alveolites*, lo cual indica una zona de menor energía, propia de la zona infra-subturbulenta. En efecto, de acuerdo con TSIEN (1971, 1974) los tabulados masivos son grandes en las zona turbulenta mientras que en la infraturbulenta son generalmente lamelares. El mismo autor (op. cit.) indica que cuando existe aporte terrígeno los estromatopóridos masivos son reemplazados por *Thamnopora* o tetracoralarios coloniales.

El hecho de que en la mayor parte de la masa construida se presenten zonas con predominio de estromatopóridos masivos y/o *Alveolites* masivos es posible que esté en relación con la turbulencia. Así, VOPNI & LERBEKMO (1972) indican que *Alveolites* asociados a otros corales masivos (*Chaetetes*) crecerían en aguas agitadas, pero por debajo de la acción de las rompientes y que los estromatopóridos masivos se hallarían posiblemente en la zona de rompientes. Para interpretar las zonas con mayor abundancia de *Alveolites* masivos hay que tener

presente los trabajos de LECOMPTE (1956, 1958) en que señala que corales masivos existirían en la zona de turbulencia, pero que serían más abundantes al aumentar ligeramente la profundidad, si bien dentro de la zona turbulenta puesto que, como indica TSIEN (1971, 1974) *Alveolites* masivos de tamaño grande son constructores importantes de masas arrecifales en aguas turbulentas. Por tanto dicha aparición, conjunta o no, de estromatopóridos y *Alveolites* masivos puede estar ligada a variaciones muy pequeñas de la turbulencia. Estas variaciones son más marcadas hacia el techo del «build-up» y quedan reflejadas por una zona con predominio de *Alveolites* masivos que gradualmente pasan a calizas en las que disminuye el contenido en estromatopóridos masivos y *Alveolites*, presentándose *Favosites* masivos en mayor número que en el resto del «build-up» junto con estromatopóridos masivos removidos, fragmentados y estromatopóridos lamelares. De acuerdo con VOPNI y LERBEKMO (1972) los *Favosites* se adaptarían mejor que los *Alveolites* a las variaciones del medio. Según LECOMPTE (1956, 1960) y TSIEN (1971, 1974) una disminución de la turbulencia y aumento de la profundidad determinarían el paso de estromatopóridos masivos irregulares a lamelares. Por tanto el final del crecimiento orgánico vendría determinado por un aporte de material arcilloso terrígeno, debido a una reducción del movimiento del agua ocasionada por un aumento de la profundidad del medio. Así se alcanzarían zonas de más baja energía (subturbulenta a infraturbulenta) en las cuales tendría lugar el depósito de las calizas arcillosas estratificadas que están por encima del «build-up», conteniendo *Favosites* masivos, estromatopóridos lamelares, fragmentos de estromatopóridos masivos, estromatopóridos globosos, *Thamnopora*, crinoideos, braquiópodos, etc., Texturalmente tales rocas están representadas por wackestones y packstones de grano muy fino, con fragmentos de organismos muy pequeños y con algunos pellets.

CORRELACION ENTRE LAS DIFERENTES SUCESIONES

La descripción de las diferentes sucesiones seleccionadas de la Formación Moniello, ha puesto ya de manifiesto la existencia de una variación de facies de E a W. Dicha variación viene marcada por la presencia de facies litorales al E y facies ligeramente más profundas y alejadas de la línea de costa, propias de un medio siempre cubierto por agua, hacia el W. Para poder hacer un análisis más preciso de las relaciones entre estas facies y de este modo poder comprender bien la cuenca de sedimentación, es preciso correlacionar las diferentes sucesiones. Con esta finalidad, se ha tratado de establecer isócronas, que puedan ser trazadas de una a otra sucesión, con base en faunas de braquiópodos principalmente y en algunos casos de conodontos.

Para llevar a cabo esta correlación, se han escogido las sucesiones de Las Ventas, San Pedro, Les Areñes, la ensenada de Moniello y Arnao, con el fin de que la correlación así establecida, represente un corte E-W de la cuenca. Entre las sucesiones situadas más al E se ha seleccionado la de Las Ventas, a pesar de

ser la más meridional, puesto que es la única sucesión en la que aflora el miembro medio y que además es idéntica a las sucesiones situadas más al N, a lo largo de la misma estructura.

Previamente a la descripción de los horizontes faunísticos de referencia establecidos, se ha de indicar que la escala cronoestratigráfica seguida para la correlación ha sido la belga, por razones de conveniencia, ya que las faunas de braquiópodos del Devónico cantábrico parecen más estrechamente comparables a las de la sección tipo del Cuviniense que a las de la sección tipo del Eifeliense.

De acuerdo con la correlación realizada por BULTYNCK (1970) entre las Ardenas y el Eifel, una parte del Cuviniense (Co1a; parte baja de la Assise de Bure) correspondería a las Heisdorf-Schichten, consideradas por los autores alemanes como todavía parte alta del Emsiense superior, mientras que la parte media de la misma Assise de Bure (Co1b) representaría en el Eifel, la base de las Lauch-Schichten, consideradas por los alemanes como el principio del Eifeliense. Una equivalencia entre las escalas belga y alemana por lo que se refiere a las unidades en las que la Formación Moniello queda incluida, puede verse en el cuadro IV.

El establecimiento de isócronas presenta ciertas dificultades. Dicho establecimiento se basa fundamentalmente en fenómenos como la primera aparición

CUADRO IV
Equivalencia entre las escalas belga y alemana, para el límite Devónico inferior - Devónico medio.

| E I F E L | | A R D E N A S | |
|---------------------|------------|----------------|---------------------|
| E I F E L I E N S E | | | |
| | LAUCH | ASSISE DE BURE | Co1c Co1b |
| E M S I E N S E | HEISDORF | | Co1a |
| | WETTELDORF | ASSISE HIERGES | Em3 |
| | | | C U V I N I E N S E |
| | | | E M S I E N S E |

de un taxón determinado o su extinción. Pero estos hechos están en relación con el factor azar de los hallazgos y por ello la correlación entre dos puntos de dos sucesiones, en los que aparezca una especie determinada, no es rigurosa. Por otra parte, la mayoría de los taxones están controlados por las facies y su primera aparición o desaparición no posee necesariamente una significación cronológica. De este modo, las posibles correlaciones tienen sólo un valor provisional. Aún así, se señalan a continuación diversos horizontes que corresponden a momentos de aparición de distintas especies como tentativa aproximada de correlación. En la fig. 18 pueden verse los diversos horizontes de referencia, base para el establecimiento de las isócronas. Aquellos horizontes de significado menos seguro quedan marcados por líneas de trazos.

La sucesión tomada como punto de partida para correlacionarla con las demás ha sido la de la ensenada de Moniello por su gran riqueza faunística, especialmente por su contenido en braquiópodos, los cuales han sido utilizados, como se ha dicho anteriormente, para el establecimiento de horizontes de referencia.

El primer horizonte, que coincide con el inicio del Cola, se ha establecido muy próximo a la base de dicha sucesión (a unos 7 m), por la primera aparición de la asociación de conodontos: *Icriodus* cf. *corniger* WITTEKINDT, *Icriodus curvirostratus* BULTYNCK, *Icriodus introlevatus* BULTYNCK, acompañada por *Alatiformia alatiformis* (DREVER), *Paraspirifer sandbergeri* SOLLE, *Subcuspidella subcuspidata* (SCHNUR), *Euryspirifer paradoxus* (SCHLOTHEIM), *Iridistrophia hipponyx* (SCHNUR), *Eodevonaria* gr. *dilatata* y *Plebejochonetes* sp. El segundo horizonte de referencia viene marcado por la aparición abundante de *Paraspirifer sandbergeri*, que correspondería aún al Cola. La primera aparición masiva de *Uncinulus orbignyanus* tiene lugar a unos 27 m por debajo, en la base del miembro medio con participación arrecifal. Dicha aparición masiva puede interpretarse como el inicio del Colb. La aparición abundante de *Oligoptycherhynchus hexatoma* determina el cuarto horizonte, que se sitúa justo por debajo del miembro medio y corresponde al Colb.

Estos cuatro horizontes de referencia se hallan localizados en el miembro inferior de la sucesión tratada.

El quinto horizonte faunístico viene determinado por la aparición de *Euryspirifer intermedius*. Dicha aparición se produce aparentemente bien alta dentro del Colb, ya que a unos 14 m por encima, aparece el sexto y último horizonte de referencia constituido por la asociación *Cimicinella* cf. *loxogonia* y *Tetratomia* (?) cf. *parvula* que por comparación con las series belgas se interpreta como el inicio del Colc.

Estos dos últimos horizontes de referencia se sitúan en el miembro superior de la sucesión.

Una vez así establecidos los horizontes faunísticos en la ensenada de Moniello, puede procederse a compararla con las demás sucesiones.

En la sucesión de Arnao pueden trazarse con facilidad los dos primeros horizontes. El primero de ellos, que marca el inicio del Cola, se sitúa un poco por

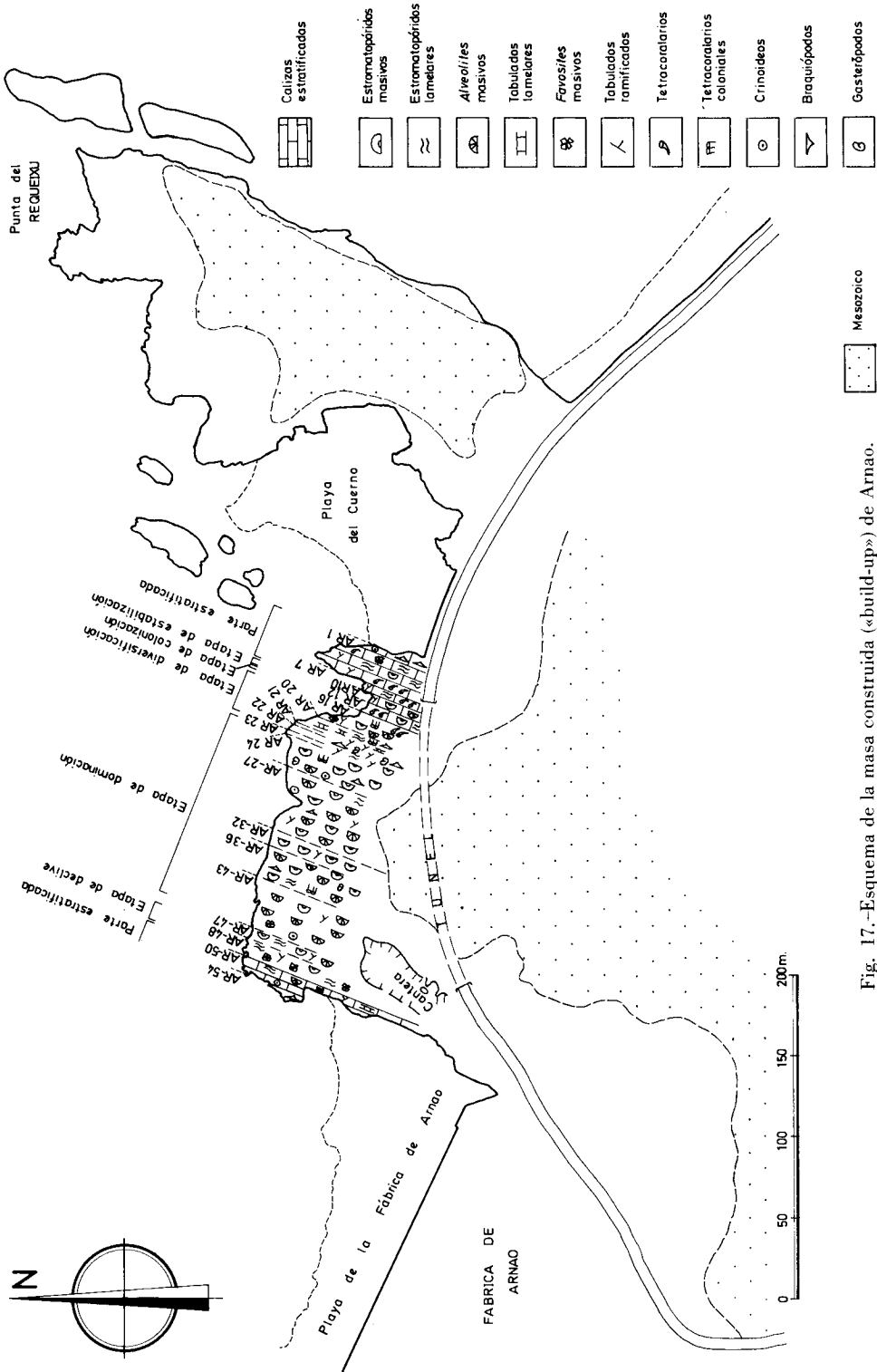
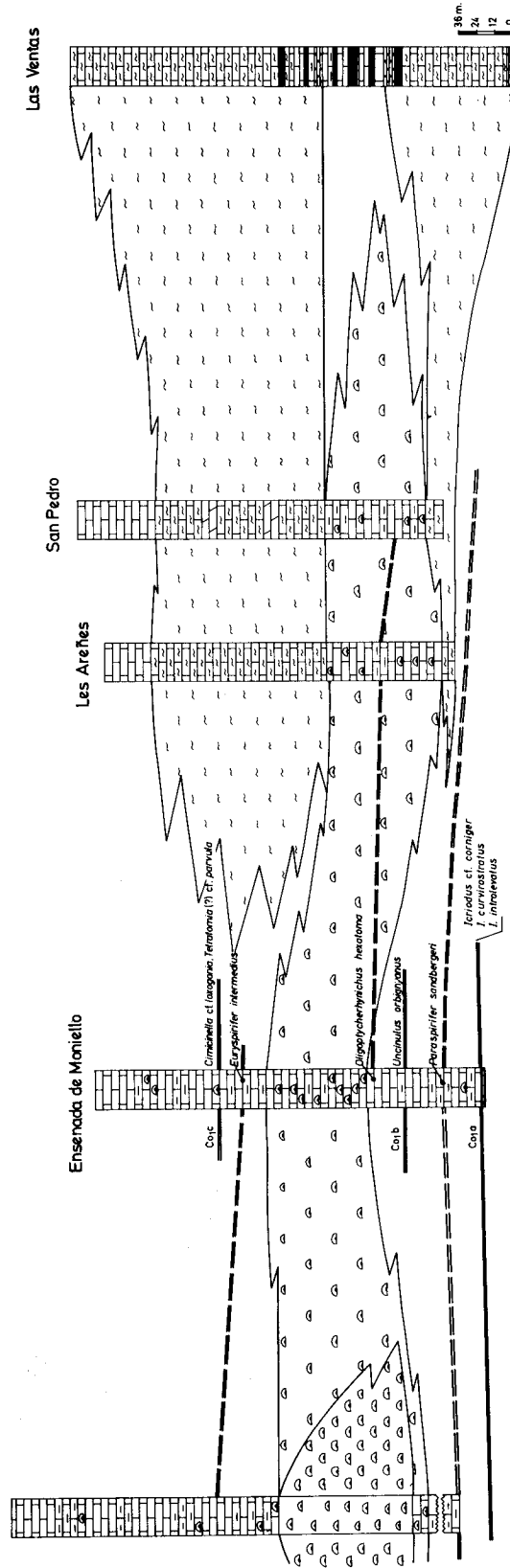









Fig. 17.—Esquema de la masa construida («build-up») de Arnao.

Arnoo



-  CALIZAS CON BIRDESEYES
-  CALIZAS CON LAMINACIONES
-  CALIZAS DOLOMITIZADAS
-  MARGAS Y CALIZAS ARCILLOSAS
-  PIZARRAS
-  FAUNA ARRECIFAL
-  CALIZAS FOSILIFERAS

debajo de la base de la sucesión obtenida en esta localidad y aflora al W de la punta del Requeixu (ver figura 17). El segundo horizonte, marcado por la abundancia de *Paraspirifer sandbergeri*, coincide con la base de la sucesión muestreada. Los siguientes horizontes que corresponden a los de *Uncinulus orbignyana* y a *Oligoptycherhynchus hexatoma* parecen haber sido suprimidos por una falla. Más arriba los horizontes quinto y sexto son también localizables, aunque en el sexto no se ha podido poner de manifiesto la existencia de *Tetratomia* (?) cf. *párvula*, debido quizá a que por su pequeño tamaño pasa fácilmente desapercibido.

Así pues, a partir de la correlación establecida entre las sucesiones de Arnao y de la ensenada de Moniello se puede establecer por lo menos que el episodio arrecifal de Arnao se halla comprendido entre la aparición abundante de *Paraspirifer sandbergeri* y la primera aparición de *Euryspirifer intermedius*, habiéndose desarrollado posiblemente dentro del Colb y que en parte corresponde al miembro medio con participación arrecifal de la ensenada de Moniello. Los miembros superiores de las dos sucesiones, que son prácticamente semejantes desde el punto de vista de facies, se corresponden también aproximadamente en el tiempo, aunque la potencia en Arnao de la sucesión depositada a partir de la primera aparición de *Euryspirifer intermedius* y hasta el inicio del Colc parece superior que la de la ensenada de Moniello.

Por lo que se refiere a las sucesiones de Les Areñes y San Pedro localizadas al E de la ensenada de Moniello, la correlación está basada en los dos niveles caracterizados por la presencia abundante de *Paraspirifer sandbergeri* y de *Oligoptycherhynchus hexatoma*. El primero se localiza un poco por debajo de la sucesión levantada en Les Areñes y el segundo a unos 40 m por debajo de la base del miembro medio, tanto en la sucesión de Les Areñes como en la de San Pedro. En el resto de la sucesión no se ha podido establecer ninguna correlación, puesto que, por una parte, en el miembro medio se desarrollan calizas con birdeseyes, lo que lleva aparejado una casi ausencia de fauna y por otra parte, en las calizas fosilíferas del miembro superior no se ha hallado ningún nivel faunístico adecuado para la correlación.

Finalmente, por lo que respecta a las sucesiones situadas aún más al E (sucesiones del tipo de Las Ventas) no ha sido posible trazar hasta ellas ninguno de los horizontes faunísticos antes citados, puesto que estas sucesiones se caracterizan por el gran desarrollo de calizas con birdeseyes y, como ya se indicaba en el apartado correspondiente al medio sedimentario, este tipo de facies se caracteriza por ser muy pobres en fauna. Sólo en el miembro medio se ha encontrado alguna fauna incluyendo braquiópodos, pero que no aportan ningún dato sobre la edad de dicho miembro. No obstante se puede asumir en general, que la base de la Formación Moniello, en las sucesiones del tipo de Las Ventas, tenga la misma edad que en el resto de las sucesiones, puesto que existe una buena coincidencia



Fig. 18.—Correlación entre algunas sucesiones de la Formación Moniello según un corte E-W de la cuenca.

en la edad de la base de la formación en todos los casos en que ha podido ser controlada con precisión. Así mismo, se puede pensar, como correlación más lógica, que las calizas con birdeseyes del miembro medio de San Pedro y Les Areñes se correspondan exclusivamente con las del miembro superior de las sucesiones del tipo de Las Ventas, tal como muestra la fig. 18. Así pues, aunque la equivalencia paleontológica no ha podido extenderse hasta las sucesiones del tipo de Las Ventas, puede establecerse con suficiente grado de seguridad una correlación mínima con estas sucesiones, correlación que permite obtener la distribución de los diferentes tipos de facies en un corte E-W del litosoma que constituye la formación Moniello (fig. 18).

DISTRIBUCION DE FACIES Y PALEOGEOGRAFIA DE LA FORMACION MONIELLO

En los capítulos anteriores ya se ponía de manifiesto que la Formación Moniello, en la zona cantábrica, presentaba una cierta variedad de facies.

En líneas generales se pueden distinguir tres tipos de facies:

1) Facies de calizas con birdeseyes y laminaciones asociadas, presentes en las sucesiones del tipo de Las Ventas y San Pedro.

2) Facies caracterizadas por presentar abundantes elementos de tipo arrecifal. En este tipo de facies queda englobado como caso particular el «build-up» o masa construida de Arnao. Dicho tipo se manifiesta en las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello, de San Pedro y como ya se ha indicado en Arnao.

3) Facies definidas por calizas arcillosas con un diverso contenido en fauna bentónica tal como braquiópodos, briozoos, Aulopóridos y otros tipos de corales, etc. Este tipo de facies no es, pues, homogéneo en cuanto a su contenido faunístico: comprende facies principalmente conchíferas, facies fundamentalmente con briozoos, con Aulopóridos y otros corales, y ostrácodos etc., así como facies con faunas mixtas. Dichos tipos de facies no se considerarán aquí por separado, quedando todos ellos englobados dentro de un mismo tipo. Estas facies se hallan representadas en todos los tipos de sucesiones establecidas.

DISTRIBUCION DE LITOSOMAS EN UN CORTE E-W ENTRE LA CUENCA CARBONIFERA CENTRAL Y EL ANTIFORME DEL NARCEA

Con base en los tres tipos de facies definidos se ha hecho una correlación litológica entre las diversas sucesiones seleccionadas, quedando así definidos varios litosomas (fig. 18). A partir de esta correlación puede interpretarse la distribución de ambientes sedimentarios en la cuenca. Así mismo, a partir de la relación que guardan los distintos litosomas con los horizontes faunísticos establecidos, pueden verse las variaciones que han sufrido en el tiempo la distribución de facies en dicha cuenca.

En la fig. 18, en la que se hallan expresadas gráficamente tanto la correlación por faunas, como la correlación de facies, y por tanto la relación que guardan ambas, quedan de manifiesto dos grandes litosomas formados por calizas con birdeseyes y laminaciones asociadas, un litosoma con facies de tipo arrecifal, el cual se relaciona al W con el «build-up» o masa construida de Arnao y finalmente tres litosomas correspondientes a facies con un diverso contenido en fauna bentónica.

Los litosomas de calizas con birdeseyes y laminaciones asociadas presentan un desarrollo diferente, adquiriendo más importancia el litosoma superior que el inferior. Ambos desaparecen por acuñamiento hacia el W dando paso a facies sublitorales. El litosoma inferior se acuña más rápidamente hacia el W, pues en el miembro inferior (parte basal) de la sucesión de San Pedro-Les Areñas la facies de calizas con birdeseyes presenta sólo unos pocos metros de espesor.

Separando los dos litosomas con facies de birdeseyes existen materiales propios de un medio sublitoral, los cuales muestran diferencias de E a W. Al E vienen representados por facies con Aulopóridos y otros corales, ostrácodos (entre ellos ejemplares pertenecientes al grupo *Cryptophyllus*) y otros organismos. Dichas facies se localizan en parte del miembro medio de las sucesiones del tipo de Las Ventas y representan un medio de depósito próximo a la costa. Al W, son facies de tipo arrecifal culminando con el desarrollo de un «build-up» o masa construida de cierta importancia en la sucesión más occidental. Esta evolución de facies hacia el W, igual que el acuñamiento en la misma dirección de los litosomas de birdeseyes, pone de manifiesto que de E a W se pasa a condiciones menos litorales.

Existen, pues, dos áreas extremas, una claramente litoral representada por las sucesiones más orientales tipo Las Ventas y la segunda en posición más alejada de la línea de costa, que corresponde a las sucesiones más occidentales tipo ensenada de Moniello y Arnao.

En el sector litoral la evolución del medio sedimentario durante el tiempo de depósito de la Formación Moniello viene determinada por condiciones en buena parte de tipo peritidal (miembros inferior y superior). No obstante, existen interrupciones en estas condiciones, dado que una parte del miembro medio presenta características sublitorales, por lo que el período de máxima transgresión coincide con dicho miembro medio. La escasez de fauna en las sucesiones de tipo Las Ventas dificulta la posibilidad de establecer el momento de la máxima transgresión indicada.

El sector occidental, más alejado de la línea de costa, presenta un contenido muy abundante en fauna bentónica, hecho ya señalado, lo cual indica unas condiciones sublitorales para el medio de depósito, distintas a las del sector oriental en casi su totalidad. En la parte media o media baja de las sucesiones aquí representadas, existe un máximo desarrollo de facies arrecifales que sucede y precede al desarrollo de facies con un diverso contenido en fauna bentónica (braquiópodos, briozoos, ostrácodos, corales etc.) con un nulo o escaso carácter arrecifal.

El intentar paralelizar la evolución de las dos áreas tropieza con la dificultad de no poder trazar los horizontes faunísticos hacia el E debido a la existencia de facies con birdeseyes, que como ya se ha hecho hincapié se caracteriza por su escaso contenido faunístico.

No obstante, el esquema de correlaciones obtenido permite pensar que el depósito de la facies arrecifal de las sucesiones más occidentales fué contemporáneo, por lo menos en parte, con el del miembro medio de las sucesiones del tipo de Las Ventas y coincide con el momento transgresivo que dió lugar al depósito de las capas sublitorales del citado miembro. De todos modos, la facies arrecifal occidental equivale, también en parte, al nivel inferior de birdeseyes, (miembro inferior) de las sucesiones del tipo de Las Ventas y en parte al nivel superior de birdeseyes (miembro superior) de dicho tipo de sucesiones.

Finalmente, en la figura de correlación de facies (fig. 18) se observa que el litosoma superior de calizas con birdeseyes y laminaciones asociadas pasa esencialmente a facies con un diverso contenido en fauna bentónica a diferencia del litosoma inferior que pasa en buena parte a facies de tipo arrecifal y sólo muy parcialmente a facies de braquiópodos y otros organismos.

DISTRIBUCION DE ORGANISMOS Y LITOFACIES

Durante todo el tiempo en que tuvo lugar el depósito de la Formación Moniello, se observa que esencialmente se mantienen las mismas condiciones propias de áreas muy litorales al E y menos litorales al W. Únicamente en el momento de máxima transgresión, que coincide con el depósito del miembro medio de las sucesiones del tipo de Las Ventas, se presentan, en todo el área ocupado por la formación, depósitos sublitorales.

Al haber existido, pues, períodos transgresivos y regresivos es imposible construir un mapa global de distribución de facies y organismos, a lo sumo, se puede obtener un mapa de distribución de tipos de sucesiones, tal como ya se ha hecho en las figs. 3 y 18.

Basándonos en la existencia de dos momentos de avance de las facies más litorales (facies con birdeseyes) hacia el W y un momento de máxima transgresión hacia el E, durante el cual se depositaron facies sublitorales en todo el dominio, se puede intentar la construcción de mapas de distribución de facies y organismos que reflejen estos tres momentos. El primer mapa corresponde a un momento que podría coincidir aproximadamente con el límite Co1a-Co1b, durante el cual se habría producido un avance de las facies de birdeseyes (litosoma inferior) hacia el W. El segundo mapa corresponde a un momento algo posterior a la aparición abundante de *Oligoptycherhynchus hexatoma*, aún dentro del Co1b y durante el cual tuvo lugar posiblemente el depósito de facies sublitorales en todo el dominio. Finalmente, el tercer mapa coincide con un momento algo posterior al de aparición de *Euryspirifer intermedius* y correspondería al de máxima expansión de las facies con birdeseyes hacia el W.

A. DISTRIBUCIÓN DE FACIES Y ORGANISMOS EN EL LÍMITE Cola-Colb.

En el mapa de facies y organismos correspondientes a este primer momento (fig. 19) se observa la siguiente repartición:

En el área más oriental las facies se caracterizan por la gran abundancia de calizas con birdeseyes junto con laminaciones, si bien estas últimas con una importancia secundaria. Este tipo de facies presenta como estructuras sedimentarias mud-cracks, que han sido localizados en las sucesiones de Las Ventas y Caranga de Arriba. Paleontológicamente queda caracterizada por la casi ausencia de fauna bentónica a excepción de crinoideos y tetracoralarios, no representados en el mapa puesto que se hallan en todos los tipos de sucesiones; no obstante, hay que indicar que en esta facies los tetracoralarios se encuentran en una proporción muy baja. Dichos organismos bentónicos se hallan localizados en niveles específicos muy poco potentes e intercalados en las calizas con birdeseyes. Es de destacar asimismo la existencia de gasterópodos, con cierta abundancia, asociados a calizas con birdeseyes; debido a que los gasterópodos se presentan en otros tipos de facies y no se ha hecho un estudio sistemático de los mismos se ha preferido no representarlos en la fig. 19, aunque se considera que la abundancia de gasterópodos en estas facies es significativa. Como elementos faunísticos comunes en estas facies se hallan calcisferas y ostrácodos, aunque estos últimos no se han representado debido a que se presentan en todas las facies. Las calcisferas alcanzan el mayor porcentaje obtenido (presentes en más del 50% de las muestras estudiadas); así, en la sucesión de Las Ventas se han encontrado calcisferas en un 70% de las muestras. Hay que señalar también la presencia de algas del género *Ortonella* ocasionalmente en la sucesión de Las Ventas y ligadas a microfacies constituidas por calizas con birdeseyes incipientes y cuyo armazón es una micrita fosilífera con abundantes pellets e intraclastos.

El área que ocupan estas facies coincide con el que ocupan las sucesiones del tipo de Las Ventas como es lógico puesto que por definición dicho tipo se caracteriza, entre otros rasgos, por presentar calizas con birdeseyes en el miembro inferior.

Al W de esta zona las facies existentes están constituidas por biomicritas, biopelmicritas principalmente junto con algunas micritas fosilíferas bioturbadas y bioesparitas, a veces con pellets y se caracterizan por su abundante contenido en fauna bentónica. Estas facies presentan caracteres diferentes según se localicen al E o al W.

En el área más oriental es de destacar el abundante contenido en estromatopóridos y tabulados, pero no llegan a construir ninguna masa arrecifal importante, sólo en la sucesión de San Pedro forman un pequeño patch-reef. En comparación con las facies orientales de calizas con birdeseyes se observa que las calcisferas son menos abundantes, se hallan, entre un 10 y 20% de las muestras estudiadas, en microfacies correspondientes a biopelmicritas - esparitas de crinoideos o de crinoideos y espículas o bien a biopelmicritas con organismos diversos y restos de algas. Hay que destacar también la presencia de algas *Girvanella* en

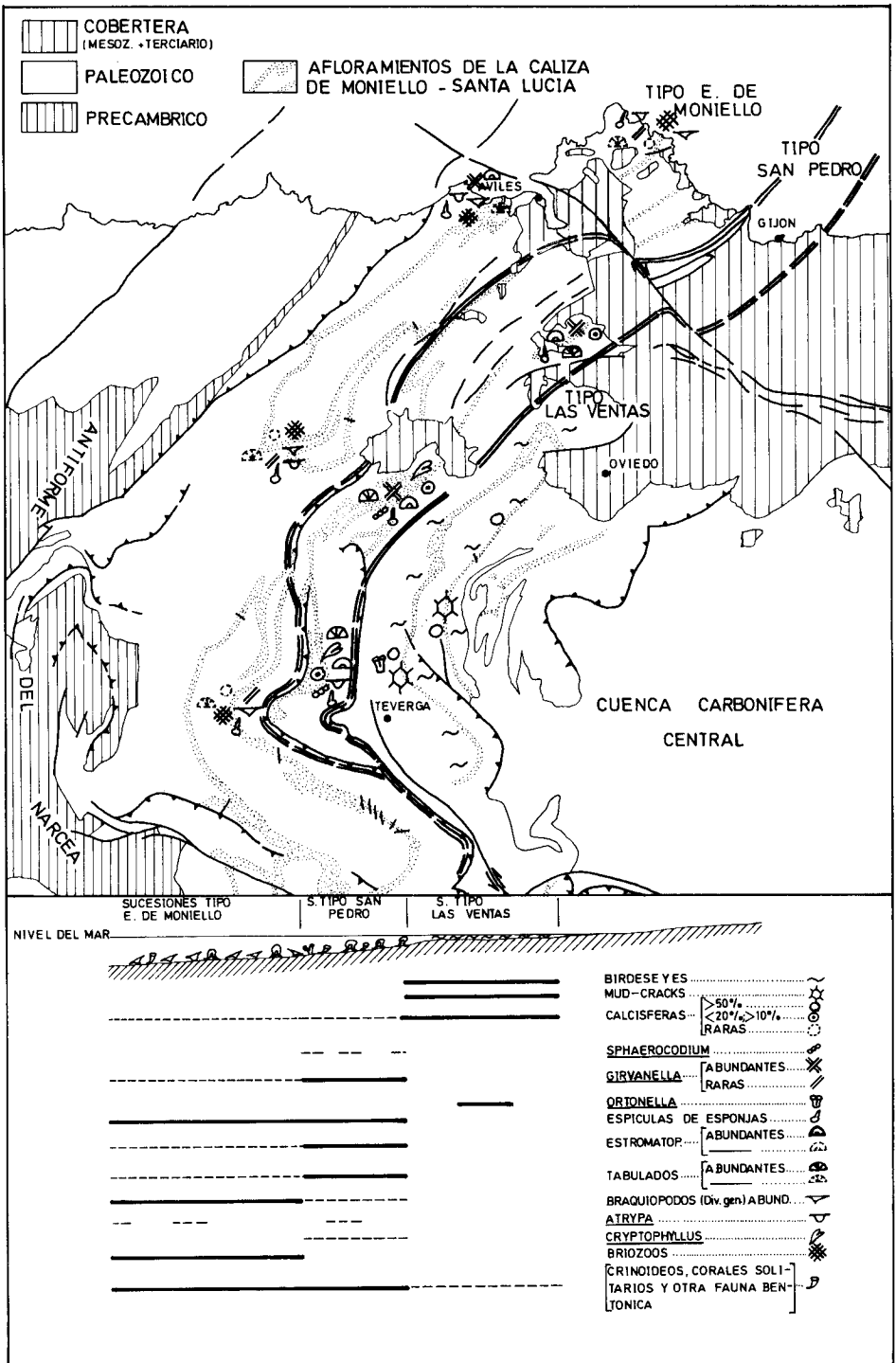


Fig. 19.-Mapa de distribución de facies y organismos en el límite Cola-Colb.

proporciones abundantes y *Sphaerocodium* en baja proporción. Así en la sucesión de San Pedro, *Girvanella* se halla en un 23% de las muestras. Así mismo es de señalar la existencia de espículas de esponjas y ostrácodos pertenecientes al grupo *Cryptophyllus* en las sucesiones de La Vega de Vicenturo y San Pedro en las que se encuentran en el 5,2% y el 14% de las muestras respectivamente.

La extensión que abarcan estas facies coincide con el área ocupada por las sucesiones del tipo de San Pedro.

En el área más occidental se presentan facies con abundante fauna bentónica, tal como se ha indicado, pero con menor contenido en organismos arrecifales y un aumento de fauna de tipo conchífero. En comparación con las del tipo San Pedro se observan la presencia de briozoos, la disminución en el contenido en *Girvanella* y calcisferas las cuales son raras.

Este tipo de facies ocupa la misma área que las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello.

B. DISTRIBUCIÓN DE FACIES Y ORGANISMOS EN LA PARTE MEDIA DEL Colb.

La distribución de litofacies y organismos durante un momento algo posterior a la primera aparición abundante de *Oligoptycherhynchus hexatoma* que coincide con el período de máxima transgresión viene representada gráficamente en la fig. 20. Existen, pues depósitos sublitorales en todo el dominio de la Formación Moniello, si bien con unas características distintas en la parte oriental y occidental del mismo.

El área más oriental se caracteriza por la presencia de calizas biomicríticas de colores oscuros y por una fauna bentónica no muy abundante (tabulados, tetracoralaris, crinoideos y algún braquiópodo) junto con ostrácodos, calcisferas y algas. Entre los tabulados se encuentran principalmente Aulopóridos, si bien existe algún tabulado masivo (tipo *Favosites*), pero con una importancia menor. Los ostrácodos se presentan con una cierta abundancia; así, han sido hallados ejemplares pertenecientes al grupo *Cryptophyllus* en un 38% de las muestras estudiadas. Es de destacar la presencia de algas del género *Bevoacstria* ?, que se encuentra en un 18% de las muestras, así como *Ortonella*, pero estas últimas son raras. Así mismo las calcisferas adquieren valores que aún son relevantes; encontrándose en un 40% de las muestras. El área ocupada por las facies descritas coincide con el de las sucesiones del tipo de Las Ventas.

Al W de este área existe una facies caracterizada por biomicritas y biopelmicritas junto con bioesparitas y biopelmasparitas asociadas a un gran contenido en fauna bentónica con carácter arrecifal, hecho que la diferencia grandemente de la facies anterior. Dicha fauna consiste principalmente en estromatopóridos y tabulados, con una gran variedad morfológica. Así, los estromatopóridos presentan formas masivas irregulares, frecuentemente con digitaciones, globosas, lamelares y tipo «pelota de tenis»; los tabulados son masivos, lamelares o bien ramificados. Asociados a los estromatopóridos y tabulados existen asimismo tetracoralaris solitarios o bien agregados. Todos estos organismos llegan a construir una masa

(«organic build-up») de cierta importancia en la localidad de Arnao. Como ya se ha descrito en el apartado correspondiente, dicha masa orgánica presenta una cierta variación faunística en vertical, si bien los *Alveolites* y estromatopóridos son los principales contribuyentes. Hay que hacer resaltar que este «build-up» es la única masa construida de importancia presente en el área estudiada. Asimismo, las diferencias vienen marcadas por presentar abundantes algas *Girvanella* ya que en la sucesión de la ensenada de Moniello se hallan en un 39.5% de las muestras estudiadas y en la de San Pedro en un 22,9%; en la sucesión de Arnao este porcentaje desciende un poco, pero viene contrarrestado por el mayor contenido en algas *Sphaerocodium* hallado en relación con el resto de las sucesiones. Estas últimas algas se encuentran en proporciones diferentes; así en las sucesiones de San Pedro y La Vega de Vicenturo el porcentaje es bajo, mientras que en las de la ensenada de Moniello y de Arnao se encuentran en un 12% y 28,75%, respectivamente, de las muestras estudiadas. En esta facies el porcentaje de calcisferas desciende en relación con el de las sucesiones del tipo de Las Ventas, pues se hallan entre un 10 y un 20% de las muestras; incluso en algunas sucesiones como las de Arnao y La Riera, no se han encontrado. Las calcisferas se hallan asociadas a microfacies constituidas por biomicritas (a veces con pellets) de crinoideos y espículas de esponjas o bien a biopelmicritas con organismos diversos y otros restos de algas. Hay que destacar, también, la presencia de espículas de esponjas en todas las sucesiones, elemento faunístico no presente en la facies más oriental, así como algunas *Atrypas* en varias sucesiones. Aparte de la desigual proporción de *Sphaerocodium* entre las diferentes sucesiones, hay que citar la existencia de *Cryptophyllus* en la sucesión de La Vega de Vicenturo y en la de San Pedro, pero en proporciones menores que en la facies oriental. Así, en la Vega de Vicenturo se han hallado en un 5,2% y en San Pedro en un 14% de las muestras estudiadas. Tan sólo se han observado praderas de tetracoralarios, con cierta frecuencia, en las sucesiones de la ensenada de Moniello y Arnao.

Esta facies se localiza en el área ocupada por las sucesiones del tipo de San Pedro y de la ensenada de Moniello.

C. DISTRIBUCIÓN DE FACIES Y ORGANISMOS AL FINAL DEL Colb.

Durante un lapso de tiempo, algo posterior a la aparición de *Euryspirifer intermedius* tiene lugar la máxima expansión de facies de calizas con birdeseyes hacia el W. Así pues, la distribución de litofacies y organismos en este momento (fig. 21), presenta marcadas diferencias entre el sector oriental y el occidental, en los que aflora la Formación Moniello.

El sector más oriental se caracteriza por la presencia de facies de calizas con birdeseyes, asociadas a veces a mud-cracks (sucesiones de La Carrera de Abajo y San Andrés) y por el escaso o nulo contenido en fauna bentónica, no obstante hay que indicar la presencia, aunque en baja proporción, de tetracoralarios, crinoideos, Aulopóridos y algunos braquiópodos esporádicamente, concentrados en capas biomicríticas que con una importancia secundaria se presentan

intercaladas en las calizas con birdeseyes. En las sucesiones de La Vega de Vicenturo y Les Areñes se encuentran, entre las calizas con birdeseyes, niveles delgados con pequeños estromatopóridos, a veces fragmentados, *Thamnopora* y otros corales, pero no son frecuentes. Asimismo existen gasterópodos con cierta abundancia, pero tal como se ha indicado con anterioridad no se han representado gráficamente. Como elementos faunísticos importantes en esta facies, aparte de gasterópodos, existen calcíferas y ostrácodos, aunque estos últimos tampoco se han representado ya que no se ha hecho un estudio sistemático de los mismos. Únicamente ha podido ser determinado en lámina delgada el grupo *Cryptophyllus*, formas que se han tenido en cuenta en este mapa de distribución. Las calcíferas se hallan en más de un 50% de las muestras estudiadas y en proporciones mayores que las correspondientes a la facies anterior de calizas con birdeseyes; así, en la sucesión de Caranga de Arriba se hallan en un 93% y en La Vega de Vicenturo en un 86% de las muestras. Ostrácodos pertenecientes al grupo *Cryptophyllus* han sido localizados generalmente en intercalaciones fosilíferas en las sucesiones de La Carrera de Abajo en un 27% y en Caranga de Arriba y San Andrés en un 8% de las muestras estudiadas. Hay que destacar, también, la existencia de algas pertenecientes al género *Bevoastria?*, en las sucesiones de La Carrera de Abajo y Caranga de Arriba, Las Ventas y Les Areñes, pero muy escasas y asociadas a pelmicritas fosilíferas en La Carrera de Abajo, a calizas con birdeseyes incipientes en Caranga de Arriba y a calizas biomicríticas con Aulopóridos en las dos últimas sucesiones. Asimismo ha sido hallada *Girvanella*, si bien escasa, en la sucesión de La Vega de Vicenturo asociada a biopelmicritas con corales y otros organismos. Este tipo de facies coincide con el área ocupada por las sucesiones de los tipos de Las Ventas y San Pedro.

Al W del área anterior, las facies existentes se caracterizan por presentar biomicritas, bioesparitas y micritas fosilíferas y un abundante contenido en fauna bentónica. Esta fauna consiste principalmente en braquiópodos de diversos géneros y briozoos, si bien existen también organismos coralinos como son, entre otros, estromatopóridos, tabulados y praderas de tetracoralarios pero en menor abundancia y claramente subordinados. Aparte de estos elementos faunísticos y petrográficos generales, que diferencian a esta facies de la anterior, puede señalarse a nivel específico o genérico la presencia en todas las sucesiones de *Zdimir hercynicus*, así como *Atrypa* abundante y formas de tetracoralarios solitarios correspondientes a *Calceola sandalina*: estas dos últimas formas se han localizado en todas las sucesiones excepto en la de La Riera. Cabe citar también la presencia de algas *Girvanella* y *Sphaerocodium*, escasas, y espículas de esponja, estas últimas abundantes. No obstante hay que indicar que si *Girvanella* es más bien escasa, la proporción en que se se halla es un poco superior a la que existe en facies bastante similares situadas más bajas en la formación (ver fig. 19, mapa de distribución de facies y organismos correspondiente al principio del Colb).

D. CONCLUSIONES GENERALES SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LITOFACIES Y ORGANISMOS.

Basándose en los mapas que se han realizado sobre distribución de litofacies y organismos, se pueden generalizar los siguientes hechos:

1) Existe una clara relación entre los tipos de facies y el contenido en organismos que se puede esquematizar del modo siguiente:

Facies constituida por calizas con birdeseyes, a veces con laminaciones asociadas, frecuentes mud-cracks y con un contenido abundante de calcisferas y ostrácodos, así como gasterópodos con cierta frecuencia. A excepción de estos últimos el contenido en fauna bentónica es escaso o nulo; la presencia de tetracoralarios, crinoideos y Aulopóridos, poco abundantes, está ligada a la existencia de niveles delgados que representan ligeras oscilaciones del nivel del mar con aparición de facies de tipo sublitoral.

Facies constituida por calizas fosilíferas (biomicritas, bioesparitas, biopelmicritas y biopelesparitas), con un abundante contenido en fauna bentónica de carácter arrecifal (estromatopóridos, tabulados, praderas de tetracoralarios), que en ocasiones forman masas construidas («build-up»). Dicha facies se halla asociada, además, a espículas de esponjas, algas *Girvanella* abundantes y *Sphaerocodium*, este último género particularmente abundante en la construcción arrecifal de Arnao.

Facies con fauna bentónica diversa. Dentro de esta facies existe un primer tipo caracterizado por biomicritas-bioesparitas (frecuentemente con pellets) asociadas a braquiópodos abundantes de diversos géneros, tabulados, briozoos (en ocasiones en gran abundancia) y a veces *Atrypa*, *Calceola sandalina*, *Zdimir hercynicus*, praderas de tetracoralarios y algunos estromatopóridos. Es de destacar también la asociación con espículas de esponjas en cierta abundancia. El segundo tipo se halla caracterizado por biomicritas asociadas a tabulados, principalmente Aulopóridos, así como a calcisferas en cierta proporción, a ostrácodos del grupo *Cryptophyllus* y a algas atribuidas al género *Bevoastria?*, las cuales son bastante abundantes; existen asimismo *Ortonella*, si bien se presentan esporádicamente y en muy baja proporción.

2) Del análisis de los diversos tipos de facies existentes en la Formación Moniello así como de la distribución tanto de organismos como de litofacies en el área estudiada puede deducirse que el depósito de esta formación tuvo lugar en un amplio medio back-reef.

La distribución de los tipos de facies y sus características coinciden en líneas generales con las de la mayoría de formaciones devónicas de carácter arrecifal (KREBS 1968; PLAYFORD 1969; ROCHE & CAROZZI 1970; DOLPHIN & KLOVAN 1970; NEUMANN *et al.* 1975).

La distribución general de facies es en zonas paralelas entre si y a la línea de costa.

La zona más cercana a la línea de costa representa un medio en el que las condiciones eran más o menos restringidas y con frecuentes períodos de emergencia. Todas las facies existentes indican un medio de lagoon con abundantes

características de tipo peritidal tales como birdeseyes, laminaciones, mud-cracks y escasez de fauna.

Dentro de esta zona se depositaron las calizas de los miembros inferior y superior de las sucesiones del tipo de Las Ventas así como las del miembro medio de las sucesiones del tipo de San Pedro, las cuales muestran todas las características anteriormente citadas.

La zona más alejada de la línea de costa representa un medio con condiciones típicamente sublitorales, en el cual se desarrollan facies con abundante contenido en fauna bentónica diversa (braquiópodos, briozoos, corales, ostrácos) o bien facies con fauna bentónica de carácter arrecifal (corales y estromatóporidos) con formación de pequeños patch-reefs, como ocurre en la sucesión de San Pedro, o construcciones orgánicas («build-up») de cierta importancia como el existente en Arnao (sucesiones tipo ensenada de Moniello). El desarrollo de estas construcciones arrecifales o bien acumulaciones de organismos en masas estratificadas (miembro medio de las sucesiones tipo ensenada de Moniello y miembro inferior de las del tipo San Pedro) condicionan la restricción del medio. Bajo estas condiciones típicas de zonas restringidas tuvo lugar en parte el depósito del miembro medio de las sucesiones del tipo Las Ventas, con características tales como presencia de barros oscuros con abundante contenido en materia orgánica, fauna bentónica coralina poco abundante (a excepción de Aulopóridos y tetracoralarios). En dicho miembro se hallan ausentes todas las características propias de zonas de agitación como grainstones o cementos esparíticos.

Las facies con fauna bentónica diversa (braquiópodos, briozoos, corales), que se encuentran sobre todo en las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello por encima y por debajo del miembro medio con fauna arrecifal, indicarían pequeñas oscilaciones en el nivel del mar. Este hecho viene también corroborado por la repetición en el espacio y en el tiempo de asociaciones faunísticas y facies; esta repetición es el resultado de las oscilaciones de un amplio medio de back-reef.

3) En general la distribución de litofacies y organismos indica condiciones litorales al E y condiciones menos litorales al W. Estos hechos indican, por un lado, que la ausencia del Devónico en la región del manto del Ponga (área situada al E) puede interpretarse como debida a emersión en dicha área y no como un simple hecho erosivo del Devónico superior. No obstante la línea de costa debió oscilar, avanzando en determinados momentos sobre esta zona emergida o retrocediendo en otros momentos. Por otra parte, como de hecho existió una fase erosiva durante el Devónico superior, anterior al Fameniense superior o al Carbónífero, los actuales límites de afloramiento de las diferentes formaciones y concretamente de la Formación Moniello, no coinciden con las antiguas líneas de costa. Dichas líneas de costa han sido modificadas por la etapa erosiva antes citada, aunque esta modificación probablemente no haya sido a gran escala. En el caso concreto de la Formación Moniello, este hecho conduce a una pequeña duda con respecto al verdadero borde de la cuenca durante el depósito del miembro medio de las sucesiones del tipo de Las Ventas. En la reconstrucción de

la cuenca durante el momento de depósito de dicho miembro (fig. 18), se observa que a diferencia de lo que sucede con anterioridad y posterioridad, no existe una zona de facies con birdeseyes más próxima a la tierra emergida, es decir, más al E. Para interpretar este hecho existen dos posibilidades, la primera de ellas es que la facies con birdeseyes haya existido más al E y haya sido destruida por la erosión intradevónica o precarbonífera. La segunda posibilidad es que durante este período de tiempo no se hubieran depositado calizas con birdeseyes debido a que la pendiente en la zona litoral fuera más fuerte y no existiera una amplia zona de tipo peritidal adecuada para la formación de tal tipo de facies.

Por otro lado el hecho de que las facies sean cada vez menos litorales al W, indica que el límite occidental de afloramientos, a diferencia de lo que sucede con el oriental, no coincide con ningún borde de cuenca. Por el contrario hay que suponer que la cuenca devónica se extendería mucho más al W, al otro lado del antiforme del Narcea.

RECONSTRUCCION DE LA CUENCA

Una vez hecho el estudio de distribución de facies en la vertiente N de la Cordillera Cantábrica según un corte transversal a la cuenca se puede intentar establecer una comparación con la vertiente S, es decir con la rama S del arco asturiano. Para ello se utilizarán los datos que sobre este sector han aportado los autores anteriores, principalmente MANJÓN (1973) y DE COO (1974), complementados con observaciones propias realizadas sobre dicho sector.

El primer hecho a señalar es que en la vertiente S se reconocen los mismos tipos de sucesiones de la zona estudiada. Las sucesiones del tipo de Las Ventas se prolongan, con sus tres miembros característicos, por la zona de los puertos de Cubilla y de Caldas de Luna, al otro lado de la falla de León. Su distribución coincide pues, con la unidad de la Sobia-Bodón en su sector occidental. Más al E la Formación Moniello-Santa Lucía desaparece, ya que el Carbonífero va cortando en bisel a las formaciones inferiores; de este modo, el extremo E de esta unidad se caracteriza por carecer de Silúrico y de Devónico, presentando, por tanto, el mismo tipo de sucesión estratigráfica que la región del Manto del Ponga.

Las sucesiones del tipo de San Pedro están limitadas en la vertiente N de la Cordillera, a la escama de Tameza de tal modo que este tipo de sucesión desaparece hacia el S a partir del punto en que esta escama es cortada por el cuerpo principal del manto de Somiedo. Este tipo de sucesiones vuelve a aparecer en la región del manto del Esla, en el autóctono de dicho manto (localidad de Adrados y Corniero por ejemplo).

Las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello se prolongan también por la rama S del arco en posición más meridional que los otros tipos citados. Responden a este tipo de sucesión, principalmente las de las localidades de Cabornera, Geras, Beberino, La Vid, Santa Lucía y El Milar. (MANJÓN 1973; DE COO 1974).

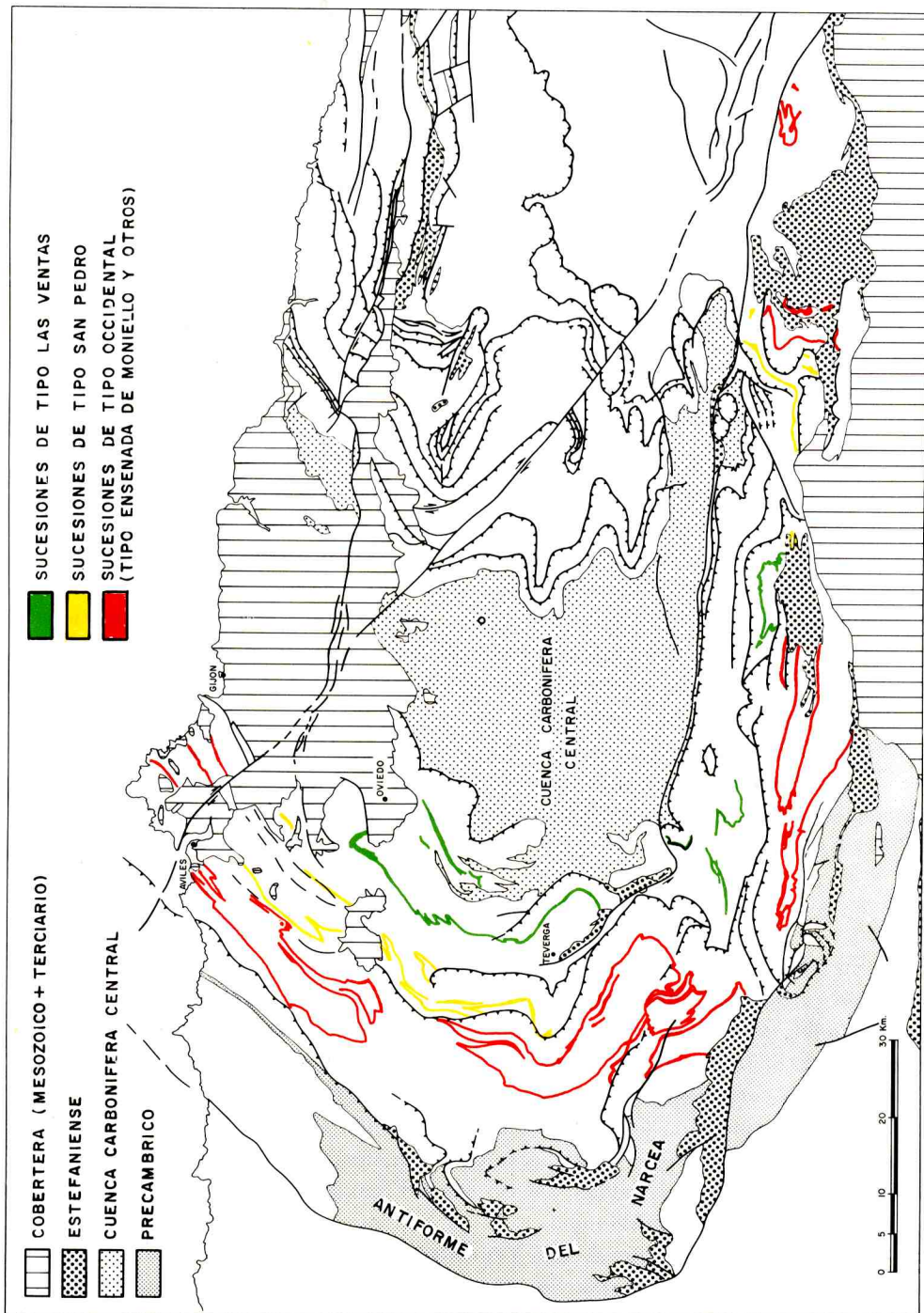


Fig. 22.—Distribución de los diferentes tipos de sucesiones en la Formación Moniello-Santa Lucía. 1: Sucesiones de tipo Las Ventas. 2: Sucesiones de tipo San Pedro. 3: Sucesiones de tipo occidental (tipo ensenada de Moniello y otros). Afloramientos de la Formación Moniello-Santa Lucía, según el Mapa Geológico de España E. 1: 200.000 (Hojas n.º 2, 3, 9 y 10). Trazado de las estructuras según JULIVERT (1971).

Más al S en cambio, en el flanco S del sinclinal de Olleros, que es el afloramiento más meridional de la formación Santa Lucía, existen facies de mar más abierto (facies grainstone de DE COO 1974). Así pues, podría establecerse tal vez un cuarto tipo de sucesiones que bordearían por el S y probablemente por el W a las de tipo de la ensenada de Moniello.

La fig. 22 muestra la distribución de facies y sintetiza lo anteriormente expuesto; en esta figura, para simplificar, se han reunido las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello con las de predominio de grainstones, de la vertiente S (es decir todas aquellas con facies exclusivamente sublitorales) bajo el nombre de sucesiones de tipo occidental.

En conclusión pues, existen una serie de facies en fajas paralelas, dibujando el arco asturiano y bordeando la región del manto del Ponga en que no existen materiales devónicos. Esta distribución en fajas paralelas es muy perfecta para la vertiente N de la Cordillera y lo es menos para la vertiente S.

A este respecto, algunos hechos pueden tener una interpretación fácil. Así por ejemplo, la desaparición hacia el E de las sucesiones del tipo Las Ventas debe ser debido a la erosión pre-Fameniense superior (o pre-Carbonífero). La interrupción de la faja de sucesiones del tipo San Pedro puede interpretarse como debida al cabalgamiento de la unidad de Somiedo-Correcilla. Finalmente el hecho de que el tipo de sucesiones con predominio de grainstones, citado en la vertiente S, no se prolongue hacia el N se debe con toda probabilidad a que su prolongación debería buscarse en el área del antiforme del Narcea donde el Devónico ha sido erosionado. No obstante al margen de que diversos hechos, considerados por separado, encuentren su explicación, no debe pasar desapercibido el hecho general de que en la rama S del arco tanto las unidades paleogeográficas como tectónicas sufren un estrechamiento (JULIVERT 1971) y que este hecho debe ser una consecuencia de la evolución estructural del arco asturiano (JULIVERT, MARCOS & PÉREZ ESTAUN *in litt.*).

CONCLUSIONES

En este trabajo se lleva a cabo un estudio de biofacies y litofacies de una formación carbonatada del Devónico en la zona cantábrica, denominada Formación Moniello, de edad Emsiense-Cuviniense, así como de su distribución paleogeográfica. Esta formación, al igual que las restantes formaciones del Devónico de este sector, corresponde a un depósito de aguas someras.

En la Formación Moniello se han distinguido de E a W tres tipos de sucesiones, con facies total o parcialmente diferentes, que se han denominado: sucesiones del tipo de Las Ventas, sucesiones del tipo de San Pedro, y sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello.

Las sucesiones del tipo de Las Ventas se caracterizan por presentar, en su mayor parte facies de tipo litoral. Sus características litológicas permiten dividir las en tres miembros, de los cuales los miembros inferior y superior son calcáreos y el medio margoso calcáreo. Los miembros inferior y superior están constituidos

por un gran desarrollo de calizas con birdeseyes de varios tipos; así mismo presentan laminaciones asociadas, pero con una importancia secundaria, frecuentes mud-cracks y un contenido paleontológico escaso. El miembro medio se diferencia por presentar en parte depósitos sublitorales (calizas biomicríticas y micritas fosilíferas).

Las sucesiones del tipo de San Pedro se caracterizan por presentar en parte depósitos de tipo litoral, con birdeseyes, y en parte depósitos sublitorales con abundantes organismos de carácter arrecifal. En este tipo de sucesiones se distinguen tres miembros que no son equivalentes a los de las sucesiones del tipo de Las Ventas. Los miembros inferior y superior presentan facies sublitorales (calizas fosilíferas); de ellos, el inferior contiene abundante fauna de tipo coralino, en algún caso, como en la sucesión de San Pedro, con desarrollo de un pequeño patch-reef. El miembro medio está constituido predominantemente por calizas con birdeseyes y equivale esencialmente al miembro superior de las sucesiones del tipo de Las Ventas.

Las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello se caracterizan por presentar en su totalidad depósitos típicamente sublitorales (calizas fosilíferas). En ellas se distinguen, por su contenido paleontológico, tres miembros. Los miembros inferior y superior presentan un abundante contenido en fauna bentónica diversa (braquiópodos especialmente, briozoos, corales) y el miembro medio un gran desarrollo de estromatopóridos y corales. Localmente en el miembro medio de este tipo de sucesiones el crecimiento masivo de estos organismos determina la construcción de una masa orgánica («build-up») tal como sucede en la localidad de Arnao. Esta masa construida presenta una gran variedad faunística con una cierta zonación en vertical, si bien los contribuyentes más importantes son los estromatopóridos y *Alveolites* masivos. Esta zonación representa una serie de etapas de desarrollo de acuerdo con el modelo de ALBERSTADT *et al.* (1974): estabilización, colonización, diversificación y dominación. La construcción orgánica de Arnao habría tenido lugar predominantemente bajo unas condiciones de turbulencia, existiendo no obstante pequeñas oscilaciones ligadas a variaciones de profundidad.

La relativa abundancia de fósiles, excepto en las sucesiones del tipo de Las Ventas, ha permitido establecer con bastante precisión unas correlaciones entre las diferentes sucesiones. Como consecuencia de ello, se ha podido llegar a obtener una reconstrucción de la cuenca en diversos momentos del depósito de la Formación Moniello.

En esencia, pueden diferenciarse dos áreas extremas, una claramente representada por las sucesiones más orientales (tipo Las Ventas) y otra situada en una posición más alejada de la costa y que corresponde a las sucesiones más occidentales (tipo ensenada de Moniello). En el sector oriental la evolución del medio sedimentario durante el depósito de la Formación Moniello viene determinada por condiciones en buena parte de tipo peritidal (miembros inferior y superior). No obstante existen interrupciones en estas condiciones dado que una parte del miembro medio presenta características sublitorales muy someras; esto

pone de manifiesto la existencia de un momento de máxima transgresión coincidiendo con el depósito del miembro medio. La máxima expansión hacia el W de facies litorales coincide con el depósito de las calizas con birdeseyes del miembro superior.

El sector occidental con desarrollo de calizas fosilíferas y abundante fauna bentónica indica un medio de depósito con condiciones típicamente sublitorales. En este sector existe un máximo desarrollo de facies arrecifales, en la parte media o media-baja de las sucesiones; por encima y por debajo, se presentan facies con un diverso contenido en fauna bentónica de predominio no arrecifal (esencialmente braquiópodos, briozoos, ostrácodos, corales etc.)

El intentar paralelizar la evolución de las dos áreas presenta dificultades debido a la escasez de fauna en el área más oriental. No obstante el esquema de correlaciones establecido permite pensar que el depósito de las facies arrecifales más occidentales fue contemporáneo, por lo menos en parte, con el del miembro medio de las sucesiones del tipo de Las Ventas y en parte con los niveles inferior y superior de birdeseyes (miembros inferior y superior) de dicho tipo de sucesiones. Por otro lado, se observa que el litosoma superior de calizas con birdeseyes pasa esencialmente hacia el W a facies con un diverso contenido en fauna bentónica, a diferencia del litosoma inferior que pasa en buena parte a facies de tipo arrecifal y sólo muy parcialmente a facies de braquiópodos y otros organismos.

Basándose en los mapas que se han realizado sobre distribución de litofacies y organismos, se observa que existe una clara relación entre los tipos de facies y el contenido fosilífero. La facies constituida por calizas con birdeseyes, a veces con laminaciones y frecuentes mud-cracks, se halla asociada a un contenido abundante de calcisferas y ostrácodos, así como a frecuentes gasterópodos; esta facies es propia de los miembros inferior y superior de las sucesiones del tipo de Las Ventas y del miembro medio del tipo de San Pedro. La facies constituida por calizas fosilíferas (biomicritas, biosparitas, biopelmicritas y biopelasparitas) con un gran contenido en fauna bentónica de carácter arrecifal (estromatopóridos, tabulados, etc.) se halla asociada, además, a espículas de esponjas, algas *Girvanella* y *Sphaerocodium*; este último género es especialmente abundante en la construcción orgánica de Arnao. Dicha facies es propia del miembro inferior de las sucesiones del tipo de San Pedro y del miembro medio de las del tipo de la ensenada de Moniello.

Las facies constituidas por biomicritas y biosparitas, con frecuentes pellets y con fauna bentónica, mayoritariamente no arrecifal, contienen abundantes braquiópodos de diversos géneros, así como tabulados, briozoos (en ocasiones muy numerosos) y espículas de esponjas; este tipo de facies es propia de los miembros inferior y superior de las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello. En determinados casos, las facies de biomicritas poseen gran cantidad de individuos pertenecientes a especies y géneros tales como *Atrypa*, *Calceola sandalina* y *Zdimir hercynicus*, que están ligados a medios arrecifales; tal sucede en el miembro superior de las sucesiones del tipo de la ensenada de Moniello.

Finalmente un tipo particular de facies con biomicritas está ligado a la presencia de tabulados, principalmente Aulopóridos, junto con calcisferas en cierta proporción, ostrácodos del grupo *Cryptophyllus*, así como algas atribuibles al género *Bevocastria?*, estas facies se presentan en el miembro medio de las sucesiones del tipo de Las Ventas.

En general, la distribución de litofacies y organismos indica condiciones litorales al E y condiciones menos litorales al W. A partir de este hecho y teniendo en cuenta la distribución de afloramientos del Devónico, puede concluirse que la desaparición de los materiales devónicos hacia el E se debe a la existencia de una zona emergida coincidiendo, en líneas generales, con la región del manto del Ponga. Por el contrario, la falta de afloramientos devónicos equivalentes al W del antiformal del Narcea, debe interpretarse como debida a la erosión subsecuente a la orogénesis herciniana, ya que la distribución de facies establecida no indica ningún borde de cuenca próximo hacia el W. La cuenca devónica debió extenderse, pues, mucho más al W del actual límite de afloramientos.

Finalmente si se tiene también en cuenta la vertiente S de la Cordillera Cantábrica, se ve que las facies descritas se disponen en fajas paralelas dibujando el arco asturiano y rodeando al área sin materiales devónicos del manto del Ponga.

AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer constar mi agradecimiento a todas aquellas personas que de un modo u otro han contribuido a la realización de este trabajo. En primer lugar al Profesor J. Truyols, director de esta tesis, por el estímulo y ayuda recibidas, tanto en la supervisión del trabajo como en la conexión con paleontólogos de otras Universidades extranjeras.

De un modo especial expreso mi agradecimiento a la Dra. I. Zamarreño perteneciente al C. S. I. C. que me introdujo en el estudio de las calizas y me ha ayudado continuamente en la realización de este trabajo.

Al Profesor M. Julivert del Dpto. de Geotectónica de la Universidad de Oviedo por el apoyo en el trabajo de campo y discusiones sobre diversos aspectos del tema estudiado.

Al Dr. García-Alcalde del Dpto. de Paleontología de la Universidad de Oviedo por la determinación de braquiópodos y demás datos que han permitido el establecimiento de isócronas en la Formación Moniello, así como a todos los miembros del Dpto. de Paleontología que con sus diferentes especialidades de un modo u otro han aportado datos a este trabajo.

Al Dr. Tsien de la Universidad de Louvain-La-Neuve por la clasificación de corales, al Dr. Poncet de la Universidad de Caen y al Dr. Riding de la Universidad de Cardiff que me ayudaron en la determinación de algas, y al Dr. Bultynck del Institut Royal des Sciences Naturelles de Bruselas por la clasificación de conodontos.

Finalmente agradezco a mis compañeras Susana García y M.^a Luisa Arboleya del Dpto. de Geología de la Universidad de Oviedo por su ayuda en las salidas de campo.

BIBLIOGRAFIA

- ADARO, L. DE & JUNQUERA, G. (1916).—Criaderos de Asturias. *Mem. Inst. Geol. España*. Criaderos de hierro de España, t. II.
- ALBERSTADT, L., WALKER, K. & ZURAWSKI, R. (1974).—Patch reefs in the Carters limestone (Middle Ordovician) in Tennessee, and vertical zonation in Ordovician reefs. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 85, pp. 1171-1182.
- ALMELA, A. & REVILLA, J. (1950).—Especies fósiles nuevas del Devoniano de León. *Not. Com. Inst. Geol. Min. España.*, n.º 20, pp. 45-60.

- ALMELA, A., GARCÍA FUENTE, S. & RÍOS, J. M. (1956).—Mapa geológico de España E. 1:50.000. Hoja n.º 52. Proaza. *Inst. Geol. Min. España*, 77 pp., 1 Mapa.
- ALTEVOGT, G. (1963).—Die oberdevonischen rugosen Korallen von der asturischen Küste (Cabo Peñas, Nordspanien). *N. Jb. Geol. Abh.*, (Festband Lotze), vol. 117, pp. 9-38.
- ARBIZU, M., GARCÍA-ALCALDE, J. L., SOTO, F. & TRUYOLS, J. (1974).—Nota sobre la fauna ictiológica del Devónico cantábrico. *Breviora Geol. Asturica*. Año 18, n.º 2; pp. 28-32.
- BARROIS, Ch. (1882).—Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de Galice. *Mém. Soc. Géol. Nord*. t. II, n.º 1, 630 pp.
- BECKER, G., MÉNDEZ-BEDIA, I. & SÁNCHEZ DE POSADA, L. C. (1976).—Una fauna de ostrácodos de la Formación Moniello (Devónico, Asturias, NW de España). *Trabajos de Geología*, n.º 7.
- BOSCH, W. J. Van den (1969).—Geology of the Luna-Sil región, Cantabrian Mountains (NW Spain). *Leidse Geol. Meded.*, v. 44, pp. 137-225.
- BREIMER, A. (1962).—A monograph of Spanish Crinoidea. *Leidse Geol. Meded.*, v. 27, pp. 1-90.
- (1971).—Nota previa sobre los Blastoideos del Devoniano de la Cordillera cantábrica (España). *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 82, fasc. 2, pp. 157-171.
- BRETSKY, P. (1968).—Evolution of Paleozoic marine invertebrate communities. *Science*, n.º 159, pp. 1231-1233; N.º 161, p. 491.
- (1969).—Central Appalachian Late Ordovician communities. *Soc. Amer. Bull.*, v. 80, pp. 198-212.
- BRETSKY, P., FLESA, K. & BRETSKY, S. (1969).—Brachiopod ecology in the Ordovician of eastern Pennsylvania. *Journ. Paleont.*, v. 43, pp. 312-321.
- BROUWER, A. (1964).—Deux facies dans le Dévonien des Montagnes cantabriques méridionales. *Breviora Geol. Asturica*, Año 8, n.º 1-4, pp. 2-10.
- BULTYNCK, P. (1970).—Révision stratigraphique et paléontologique de la coupe type du Couvinien. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, v. 26, pp. 1-152.
- COLTER, V. S. (1957).—The palaeoecology of the Wenlock limestone. Tesis Doctoral Univ. Cambridge, 315 p.
- COMTE, P. (1936).—La Série Dévonienne du Leon (Espagne). *C. R. Ac. Sci.*, t. 202, pp. 337-339.
- (1938).—Brachiopodes dévoniens des gisements de Ferroñes (Asturies) et de Sabero (León). *Ann. Paléont.*, t. XXVII, pp. 41-87.
- (1959).—Recherches sur les terrains anciens de la Cordillera cantabrique. *Mem. Inst. Geol. Min. España*, t. 60, pp. 1-440.
- COO, J. M. C. De (1974).—Lithostratigraphy of the Devonian Santa Lucía limestones in León, Spain. Tesis Doctoral Univ. Estatal de Leiden.
- COO, J. M. C. DE, DEELMAN, J. C. & VAN DER BAAN, V. (1971).—Carbonate facies of the Santa Lucía Formation (Emsian-Couvinian) in León and Asturias, Spain. *Geol. en Mijnb.*, v. 50, n.º 3, pp. 359-366.
- CORNET, P. (1974).—Morphogenèse et caractères écologiques des stromatoporoides du bassin de Dinant (Belgique). *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 279, pp. 393-396.
- DELEPINE, G. (1928).—Sur l'âge des grès du Naranco (Asturies). *C. R. Acad. Sci. Paris*. t. 187, pp. 239-241.
- (1932).—Sur l'extension des mers paléozoïques en Asturies. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 195, pp. 1401-1402.
- DOLPHIN, D. R. & KLOVAN, J. E. (1970).—Stratigraphy and paleoecology of an Upper Devonian carbonate bank, Saskatchewan, River Crossing, Alberta. *Bull. Can. Petr. Geol.*, v. 18, n.º 3, pp. 289-331.
- DROT, J. & MATTE, Ph. (1967).—Sobre la presencia de capas del Devoniano en el límite de Galicia y León (NW de España). *Not. Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 93, pp. 87-92.
- DUNHAM, R. J. (1962).—Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In HAM, W. E. (Edit.): Classification of carbonate rocks - A Symposium. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, n.º 1, pp. 108-121.
- (1969).—Early vadose silt in Townsend Mound (reef), New México. In FRIEDMAN, G. M. (Edit.): Depositional Environments in carbonate rocks. *Soc. Econ. Pal. Mineral. Spec. Publ.*, n.º 14, pp. 139-181.
- EDIE, R. W. (1961).—Devonian limestone reef reservoir, Swan Hills Oil Field, Alberta. *Trans. Can. Inst. Min. Met.*, v. 64, pp. 278-285.
- EMBRY, A. F. & KLOVAN, (1971).—A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, N. W. T. *Bull. Canad. Petr. Geol.*, v. 19, n.º 4, pp. 730-781.
- EVERS, H. J. (1967).—Geology of the Leonides between the Bernesga and Porma Rivers, Cantabrian Mountains, NW Spain. *Leidse Geol. Meded.*, v. 41, pp. 83-151.

- FISCHBUCH, N. R. (1969).—Devonian stromatoporoids from central Alberta, Canada. *Canad. Journ. Earth Sci.*, v. 6, n.º 1, pp. 167-185.
- FISHER, S. W. (1962).—Small conoidal shells of uncertain affinities. In MOORE, R. C. (Edit.): *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part W: Miscellanea*, pp. 98-143.
- FOLK, R. L. (1959).—Practical petrographic classification of limestones. *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 43, n.º 1, pp. 1-38.
- GARCÍA-ALCALDE, J. L. (1973).—Braquiópodos devónicos de la Cordillera Cantábrica. (6) Familia Lep-tostrophiidae CASTER, 1939 (STROPHOMENIDINA). Parte 1 (De 2). *Breviora Geol. Asturica*, Año 17, n.º 2; pp. 17-24.
- GARCÍA FUENTE, S. (1959).—Mapa geológico de España E. 1: 50.000. Explicación de la Hoja n.º 77. La Plaza (Tevera) Asturias. *Inst. Geol. Min. España*, 68 p., 1 Mapa.
- GÓMEZ DE LLARENA, J. & RODRÍGUEZ ARANGO, C. (1948).—Datos para el estudio geológico de la Babia Baja (León). *Bol. Inst. Geol. Min. España*. t. 61, pp. 79-206.
- GROSCH, P. (1912).—Zur Kenntnis des Paläozoikums und des Gebirgsbaues der westlichen Cantabrischen Ketten in Asturien (Nord-Spanien). *N. Jahrb. f. Min.*, v. 22, pp. 714-753.
- HECKEL, P. H. (1974).—Carbonate build-ups in the geologic record: A review. In LAPORTE, L. F. (Edit.): *Reefs in time and space. Soc. Econ. Paleont. Mineral., Special Publ.*, n.º 18, pp. 90-154.
- JAMIESON E. R. (1967).—The Alexandra Reef-complex (Frasnian). Hay River area, N. W. T., Canada: Stratigraphy, sedimentology and paleoecology. Tesis Doctoral Univ. Reading.
- JOHNSON, R. G. (1964).—The community approach to paleoecology. In IMBRIE J. & NEWELL, N. (Edit.): *Approaches to paleoecology*, John Wiley & Sons, pp. 1-432.
- JULIVERT M. (1965).—Sur la tectonique hercynienne à nappes de la chaîne cantabrique (étude géologique à l'Est du bassin central, Espagne). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 7º, n.º 4, pp. 644-651.
- (1971).—L'Evolution structurale de l'arc asturien. In: *Histoire structurale du Golfe de Gascogne. Publ. Inst. Fr. Pétrol.*, Edit. Technip, t. 1, pp. I. 2-1 a I. 2-28.
- JULIVERT, M., MARCOS, A. & PÉREZ-ESTAUN, A. (In litt.).—La structure de la chaîne hercynienne dans le secteur ibérique et l'arc ibéro-armoricain. In: *Colloque International du C. N.R.S. sur la chaîne varisque*, Rennes 1974.
- JULIVERT M., PELLO J. & FERNÁNDEZ, L. (1968).—La estructura del Manto de Somiedo (Cordillera Cantábrica). *Trabajos de Geol.*, Univ. Oviedo, n.º 2, pp. 1-43.
- JULIVERT, M., TRUYOLS, J., RAMÍREZ DEL POZO, J. & GIANNINI, G. (1973).—Mapa geológico de España. E. 1:50.000. Memoria explicativa de la Hoja 14 (13-03) (Gijón), Segunda serie. Mapa por BEROIZ, C., RAMÍREZ DEL POZO, J., GIANNINI, G., BARÓN, A. JULIVERT, M. & TRUYOLS, J., 1972. *Inst. Geol. Min. España*, pp. 1-48, 1 Mapa.
- KINDLE, E. M. (1926).—Contrasted types of mud cracks. *Royal Soc. Canada Proc. and Trans.*, v. 20, n.º 4, pp. 71-75.
- KLOVAN, J. E. (1964).—Facies analysis of Redwater reef complex, Alberta, Canada. *Bull. Canad. Petrol. Geol.*, v. 12, n.º 1, pp. 1-100.
- KOOPMANS, B. N. (1962).—The sedimentary and Structural History of the Valsurvio dome, Cantabrian Mountains, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, t. 26, pp. 121-232.
- KREBS, W. (1968).—Facies types in Devonian back-reef limestones in Eastern Rhenish Schiefergebirge. In MULLER, G. & FRIEDMAN, G. M. (Edit.): *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Europe*, Springer Verlag, pp. 186-195.
- KREBS, W. & MOUNTJOY, E. W. (1972).—Comparison of Central European and Western Canadian Devonian Reef Complexes. *XXIV Internat. Geol. Congress Montreal Sess.*, Sec. 6, Stratigraphy and Sedimentology, pp. 294-309.
- LAPORTE, L. F. (1967).—Carbonate deposition near mean sea-level, and resultant Facies mosaic: Manlius Formation (L. Dev.) of New York State. *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 51, n.º 1, pp. 73-101.
- LEAVITT, E. M. (1968).—Petrology, paleontology, Carson Creek North Reef Complex, Alberta. *Bull. Canad. Petrol. Geol.*, v. 16, pp. 244-317.
- LECOMPTE, M. (1951).—Les stromatoporoides du Dévonien moyen et supérieur du Bassin de Dinant. Première partie. *Mém. Inst. Sci. Nat. Belgique*, v. 116-117, 215 pp.
- (1956).—Quelques précisions sur le phénomène récifal dans le Dévonien de l'Ardenne, et sur le rythme sédimentaire dans lequel il s'intègre. *Bull. Inst. Sci. Nat. Belgique*, v. 32, n.º 21, pp. 1-39.
- (1958).—Les récifs paléozoïques en Belgique. *Geol. Rundschau* v. 147, pp. 384-401.
- (1959).—Certain data on the genesis and ecology and character of Frasnian reefs of the Ardennes. *Internat. Geol. Rev.*, v. 1, n.º 7, pp. 1-23.

- (1960).—Compte Rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique et de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hidrogéologie du 25 au 28 Septembre 1959. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 83, 134 p.
- (1967).—Le Dévonien de la Belgique et du Nord de la France. In OSWALD, D. H. (Edit.): Internat. Symposium on the Devonian System, Calgary 1967, v. 1, pp. 15-52.
- LOTZE, F. (1945).—Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.*, n.º 6, pp. 78-92 (Traducción por J. M.ª RÍOS: Observaciones respecto a la división de los variscidas de la Meseta Ibérica. *Publ. Extr. Geol. España*, t. 5, pp. 149-166, Madrid 1950).
- LOWESTAM, H. A. (1950).—Niagaran reefs of the Great Lakes area. *Journ. Geol.*, v. 58, pp. 430-487.
- (1957).—Niagaran reefs in the Great Lakes area. In LADD, H. S. (Edit.): Treatise on Marine Ecology and Paleoecology, v. 2, Paleoecology. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, v. 67, n.º 2, pp. 215-248.
- LLOPIS LIADÓ, N. (1957).—Sobre la estratigrafía del Devónico entre Avilés, Gijón y Oviedo. *Breviora Geol. Asturica*, Año 1, n.º 1-2, pp. 5-8.
- (1958).—Las bases estratigráficas del Devónico de Asturias. *Breviora Geol. Asturica*, Año 2, n.º 1-2, pp. 13-21.
- (1960).—Estudio geológico de las sierras de la Coruxera, Mostayal y Monsacro. *Breviora Geol. Asturica*, Año 4, n.º 3-4, pp. 3-132.
- (1961).—Estudio geológico de la región de Cabo de Peñas (Asturias). *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 72, pp. 233-348.
- (1964).—Sur la paléotectonique des Asturies et ses rapports avec la moitié occidentale de la Péninsule Ibérique. *Breviora Geol. Asturica*, Año 8, n.º 1-4, pp. 91-140.
- (1965).—Sur la paléographie du Dévonien du Nord de l'Espagne. *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 9, pp. 290-292.
- MALLADA, L. (1898).—Explicación del Mapa geológico de España. t. III, sistemas Devoniano y Carbonífero. *Mem. Com. Mapa Geol. España*, 415 p.
- MANJÓN, M. (1973).—Sedimentología de la Formación Santa Lucía. Cordillera Cantábrica, España. Tesis Doctoral Univ. Oviedo.
- MANTEN, A. A. (1971).—Silurian Reefs of Gotland. *Developments in Sedimentology*, n.º 13, pp. 1-539, Elsevier Publ.
- MÉNDEZ-BEDIA, I. (1971).—Nota sobre las microfácies de la Formación Moniello (Devónico) en la zona de Teverga (Asturias, NW de España). *Breviora Geol. Asturica*, Año 15, n.º 2, pp. 17-32.
- MICHEL, M. Ph. (1972).—*Polyzgia* GURICH (Ostracoda) in the Devonian of Asturias and León (Spain). *Leidse Geol. Meded.*, v. 48, pp. 207-273.
- MOUNTJOY, E. (1975).—Intertidal and supratidal Deposits within isolated Upper Devonian build-ups, Alberta. In GINSBURG, R. N. (Edit.): Tidal Deposits. A casebook of Recent examples and Fossil counterparts, pp. 387-395, Springer Verlag.
- MULLER, C. H. (1958).—Science and philosophy of the community concept. *Amer. Sci.*, v. 46, pp. 294-308.
- MURRAY, J. W. (1966).—An oil producing reef-fringed carbonate bank in the Upper Devonian Swann Hills Member, Judy Creek, Alberta. *Canad. Petrol. Geol. Bull.*, v. 54, pp. 1-103.
- NEUMANN, M., POZARYSKA, K. & VACHARD, D. (1975).—Remarques sur les microfácies du Dévonien de Lublin (Pologne). *Rev. Micropal.*, v. 18, n.º 1, pp. 38-52.
- NOBLE, J. T. A. (1965).—Paleoecology and paleontological study of the Upper Devonian Reefs of the Miette area, Jasper National Park, Alberta. Tesis Doctoral Western Reserve Univ.
- OEHLERT, D. P. (1897).—Fossiles dévoniens de Sta. Lucía (Espagne). (Prém. part.). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), t. 24, 1896, pp. 814-875.
- OEKENTORP, K. L. (1975).—Beschreibung und Systematik devonischen Favositidae Asturiens und Betrachtungen zur Biogeographie Nordspanischer Korallenfaunen. *Munster Forsch. Geol. Paläont.*, v. 37, pp. 1-130.
- PERKINS, R. D. (1963).—Petrology of the Jeffersonville limestone (Middle Devonian) of southeastern Indiana. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 74, pp. 1135-1354.
- PETERSEN, C. G. J. (1911).—Valuation of the sea; I. Animal life of the sea botton, its food and quantity. *Danish Biol. Station Rept.*, v. 20, 81 p.
- PLAYFORD, P. E. (1969).—Devonian carbonate complexes of Alberta and Western Australia: A comparative study. *Geol. Surv. Western Australia, Rep.* 1, 43 p.
- PONCET, J. (1972).—Les biohermes éodévoniens de l'horizon récifal de Baubigny (Manche). Etude d'un paléomilieu. *Bull. B. R. G. M.*, (2º sér.), Sec. IV, n.º 3, pp. 43-65.
- RADIG, F. (1962).—Zur Stratigraphie des Devons in Asturien (Nord-Sapnien). *Geol. Rundschau*, v. 51, n.º 1, pp. 249-267.

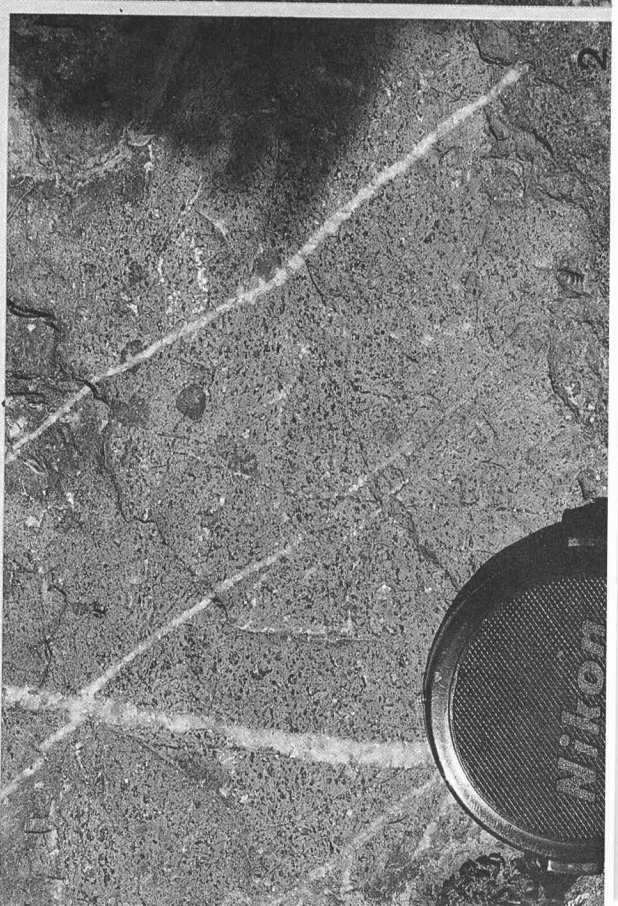
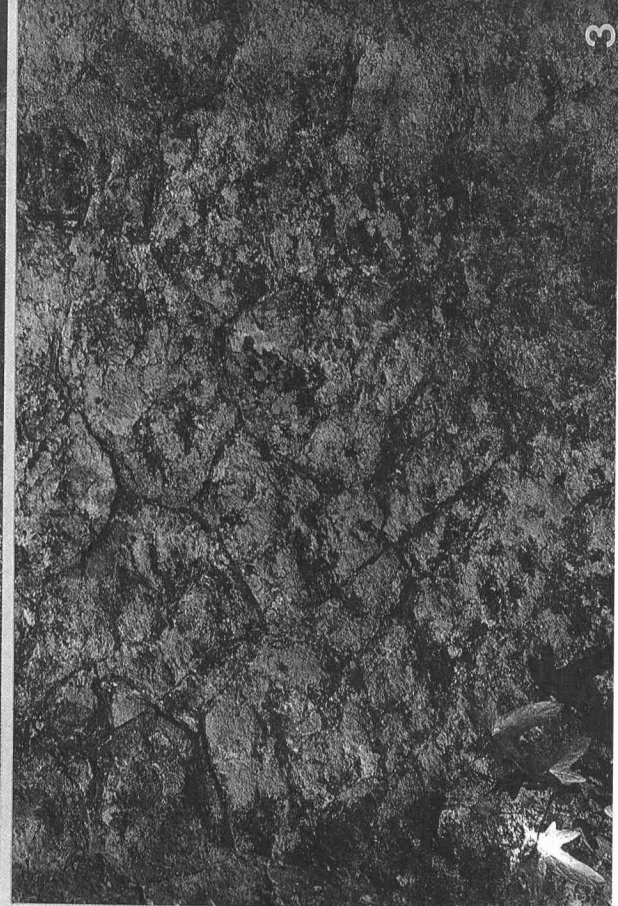
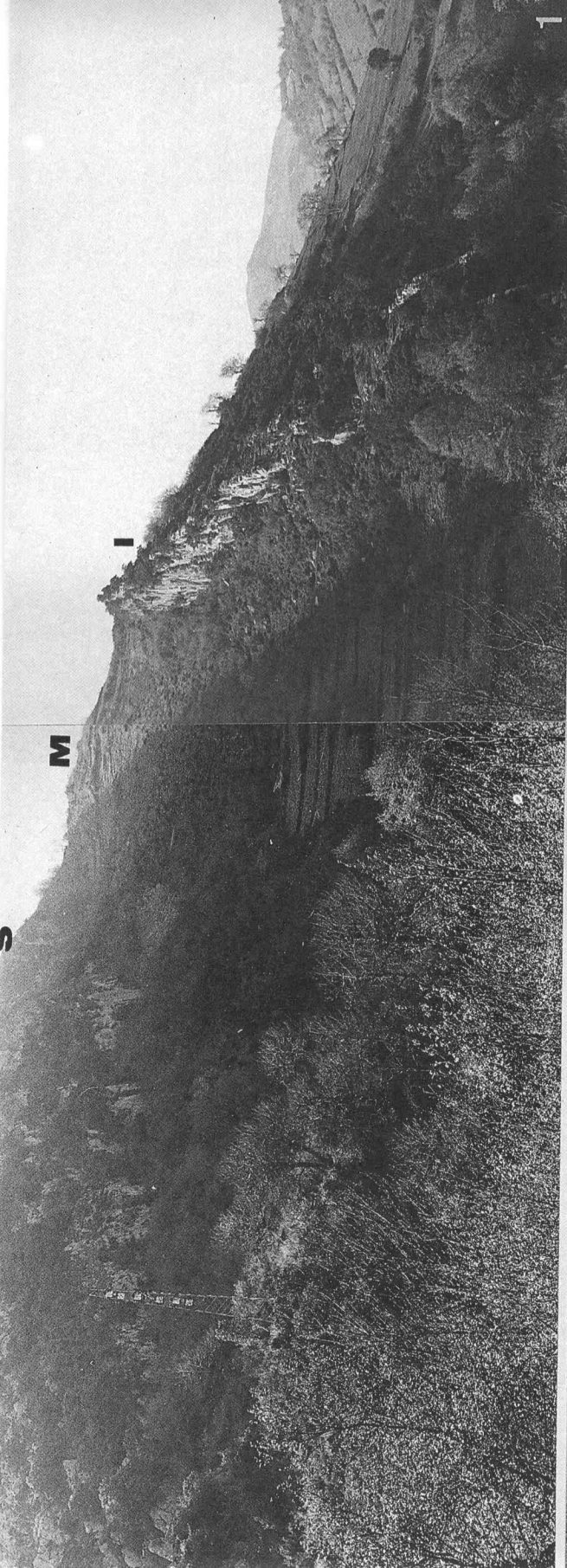
- READ, J. F. (1975).—Tidal-flat facies in Carbonate cycles, Pillara Formation (Devonian), Canning Basin, West. Australia. In GINSBURG, R. N. (Edit.): Tidal Deposits. A casebook of Recent examples and Fossil counterparts, pp. 251-256, Springer Verlag.
- RIDING, R. & JANSÁ, L. F. (1974).—*Uraloporella* KORDE in the Devonian of Alberta. *Journ. Canad. Sci. de la Terre*, v. 11, n.º 10, pp. 1414-1426.
- ROCHE, J. E. & CAROZZI, A. (1970).—Petrography of back-reef carbonates: Traverse Group (Givet.) of the northern part of the Southern Peninsula of Michigan. *Bull. Centre Rech. Pau SNPA*, v. 4, n.º 1, pp. 137-189.
- RODRÍGUEZ MELLADO, T. (1949).—Crinoídes del Devónico de Sta. Lucía (León). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 47, pp. 657-662.
- RUPKE, J. (1965).—The Esla Nappe, Cantabrian Mountains (Spain). *Leidse Geol. Meded.*, v. 32, pp. 1-74.
- RUPP, A. W. (1966).—Origin, structure and environmental significance of Recent and Fossil calcispheres (Abs.). *Geol. Soc. Amer. 1966 Ann. Mtg.* San Francisco, California, Programm, p. 186.
- SCHMIDT, E. (1931).—Crinoídeen und Blastoídeen aus dem jüngsten Unterdevon Spaniens. *Palaeontographica*, v. 76, pp. 1-34.
- SLEUMER, B. H. G. (1969).—Devonian Stromatoporoids of the Cantabrian Mountains (Spain). *Leidse Geol. Meded.*, v. 44, pp. 1-136.
- TSIEN, H. H. (1971).—The Middle and Upper Devonian Reef-Complexes of Belgium. *Petrol. Geol. Taiwan*, n.º 8, pp. 119-173.
- (1974).—Paleoecology of Middle Devonian and Frasnian in Belgium. *Internat. Symposium on belgian micropal. limits*, Namur, Publ. n.º 12, 53 p.
- VERNEUIL, E. De (1850).—Note sur les fossiles dévoniens du district de Sabero (León). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 7 (2º Sér.), pp. 20-30.
- VOPNI, L. K. & LERBEKMO, J. F. (1972).—Sedimentology and Ecology of the Horn Plateau Formation: A Middle Devonian coral reef, Northwest Territories, Canada. *Geol. Rundschau*, v. 61, n.º 2, pp. 626-646.
- WALKER, K. R. (1972).—Community Ecology of the Middle Ordovician Black River Group of New York State. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 38, pp. 2499-2524.
- WALKER, K. R. & LAPORTE, L. (1970).—Congruent fossil communities from Ordovician and Devonian carbonates of New York. *Journ. Paleont.*, v. 44, n.º 5, pp. 928-944.
- WRAY, J. L. (1972).—Environmental Distribution of Calcareous Algae in Upper Devonian Reef Complexes. *Geol. Rundschau*, v. 61, n.º 2, pp. 578-584.
- YONGE, C. M. (1940).—The biology of reef-building corals. Great Barrier Reef Exp. *Sci. Repts., Brit. Mus. Nat. Hist.*, v. 1, n.º 13, pp. 353-391.
- ZAMARREÑO, I. (1972).—Las litofacies carbonatadas del Cámbrico de la zona cantábrica (NW. de España) y su distribución paleogeográfica. *Trabajos de Geol.*, Univ. Oviedo, n.º 5, 118 p.
- (1975).—Peritidal origin of Cambrian Carbonates in Northwest Spain. In GINSBURG, R. N. (Edit.): Tidal Deposits. A casebook of Recent examples and Fossil counterparts, pp. 289-298, Springer Verlag.
- (1976).—Depósitos carbonatados de tipo «tidal flat» en el Devónico inferior del NW de España: las Dolomías de Bañugues. *Trabajos de Geol.*, Univ. Oviedo, n.º 7, pp. 59-85.
- ZIEGLER, A. M. (1965).—Silurian marine communities and their environmental significance. *Nature*, v. 207, pp. 270-272.
- ZIEGLER, A. M., COCKS, M. R. & BAMBACH, R. K. (1968).—The composition and structure of Lower Silurian marine communities. *Lethaia*, v. 1, pp. 1-27.

LAMINA I

Fig. 1.—Vista panorámica de la sucesión de Las Ventas en la que se distinguen claramente tres miembros: inferior (I), medio (M) y superior (S).

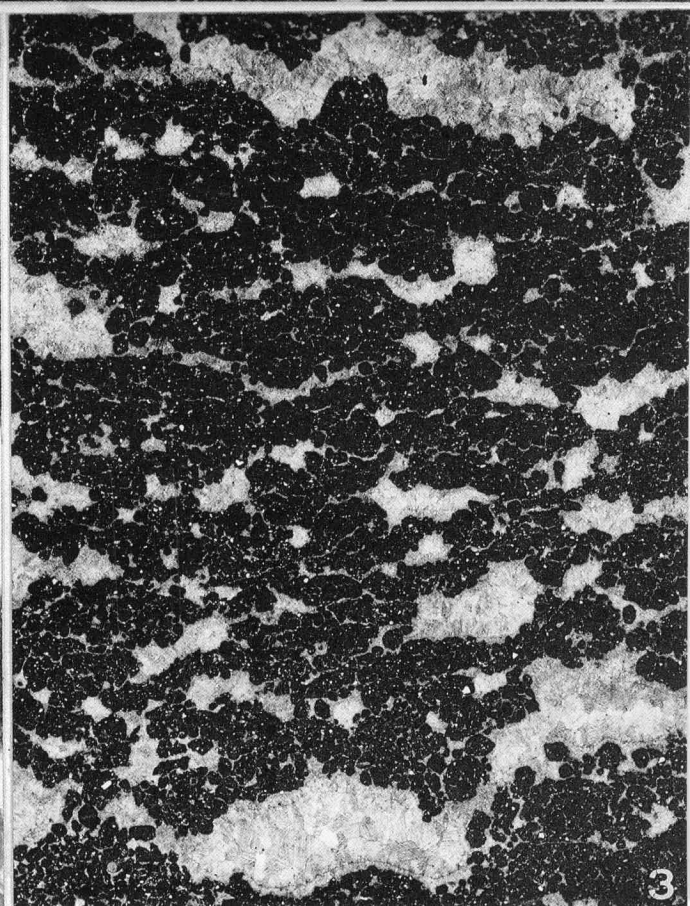
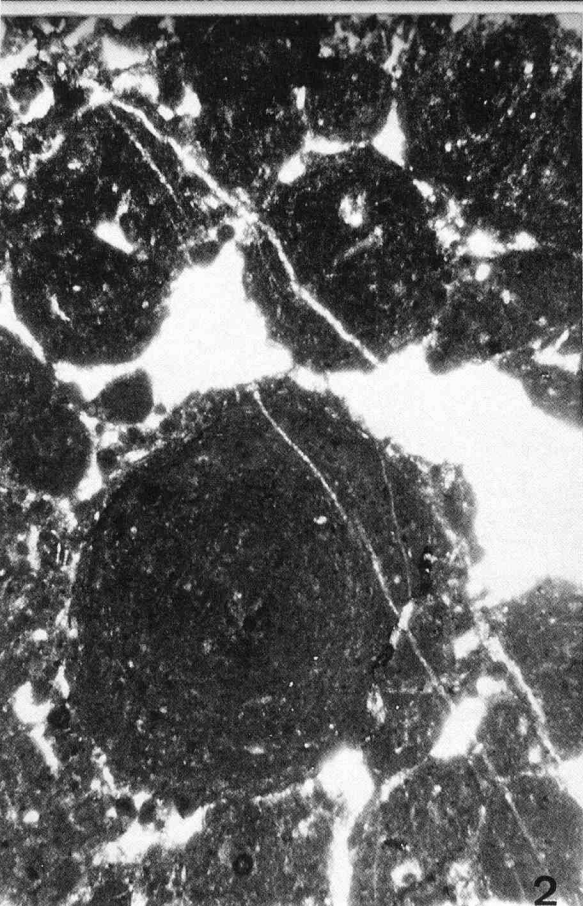
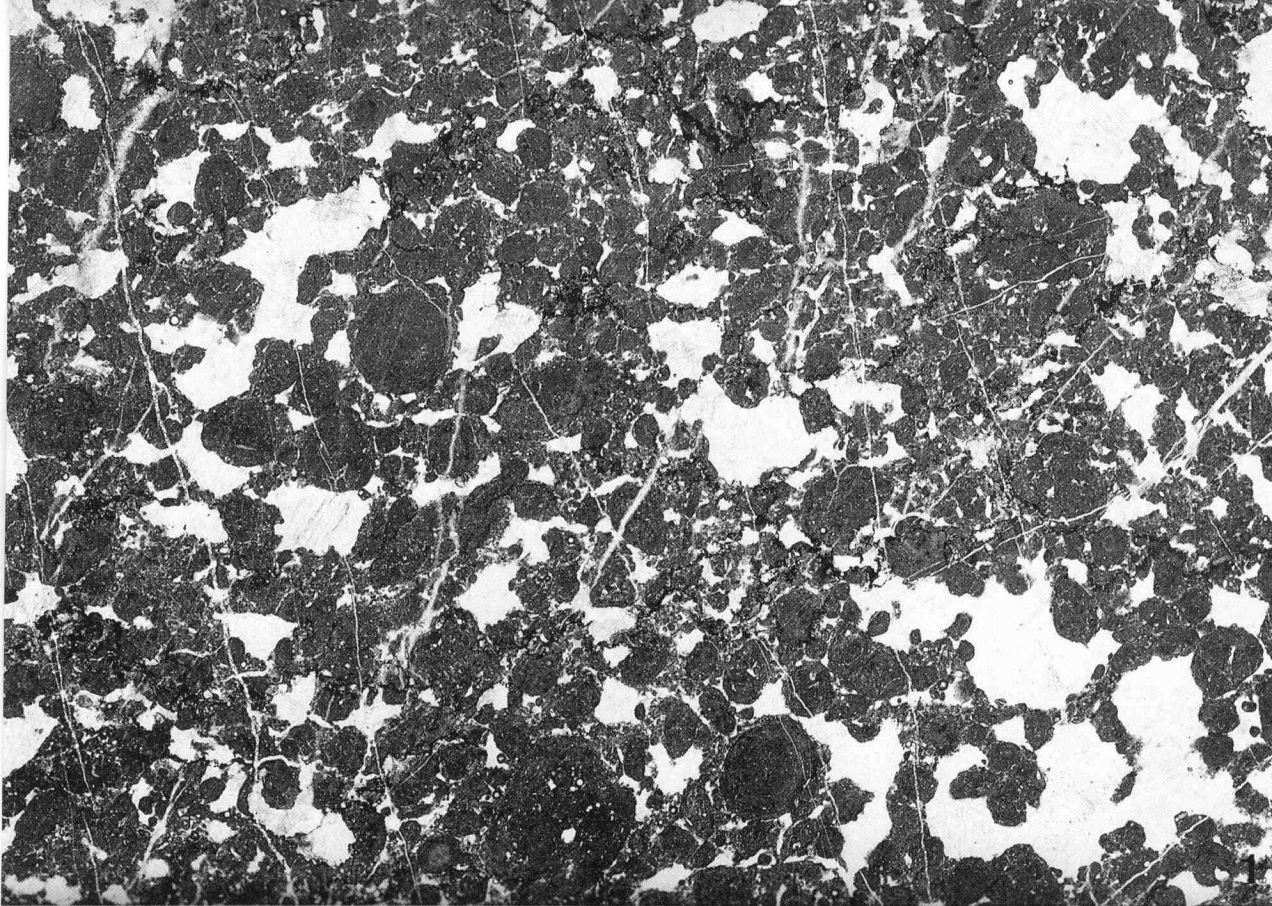
Fig. 2.—Calizas con birdeseyes del miembro inferior de la sucesión de Las Ventas.

Fig. 3.—Mud-cracks en la parte alta de las calizas con birdeseyes del miembro inferior. Sucesión de Las Ventas.



LAMINA II

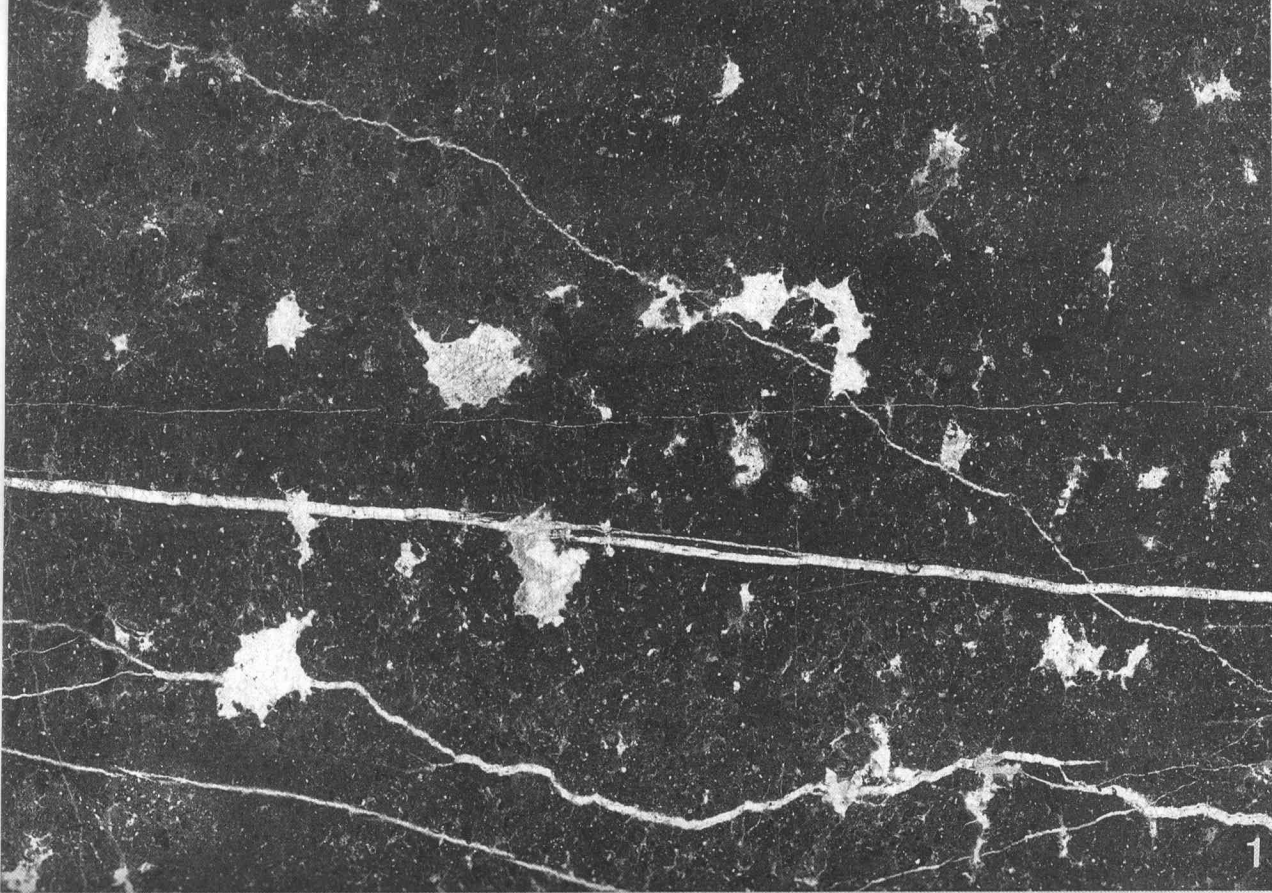
- Fig. 1.*—Dispellet en el que se observan pellets de diferentes tamaños. Miembro inferior de la sucesión de Las Ventas (M-59). X 10.
- Fig. 2.*—Detalle de la fig. 1 mostrando un tipo especial de pellet de talla mayor a la habitual y con cierta laminación concéntrica difusa. X 40.
- Fig. 3.*—Dispellet con pellets de talla pequeña y tamaño uniforme. En los birdseyes se observan dos tipos de calcita: calcita fibrosa en sus bordes y calcita granular en la zona central. Miembro inferior de la sucesión de Las Ventas (M-16). X 10.



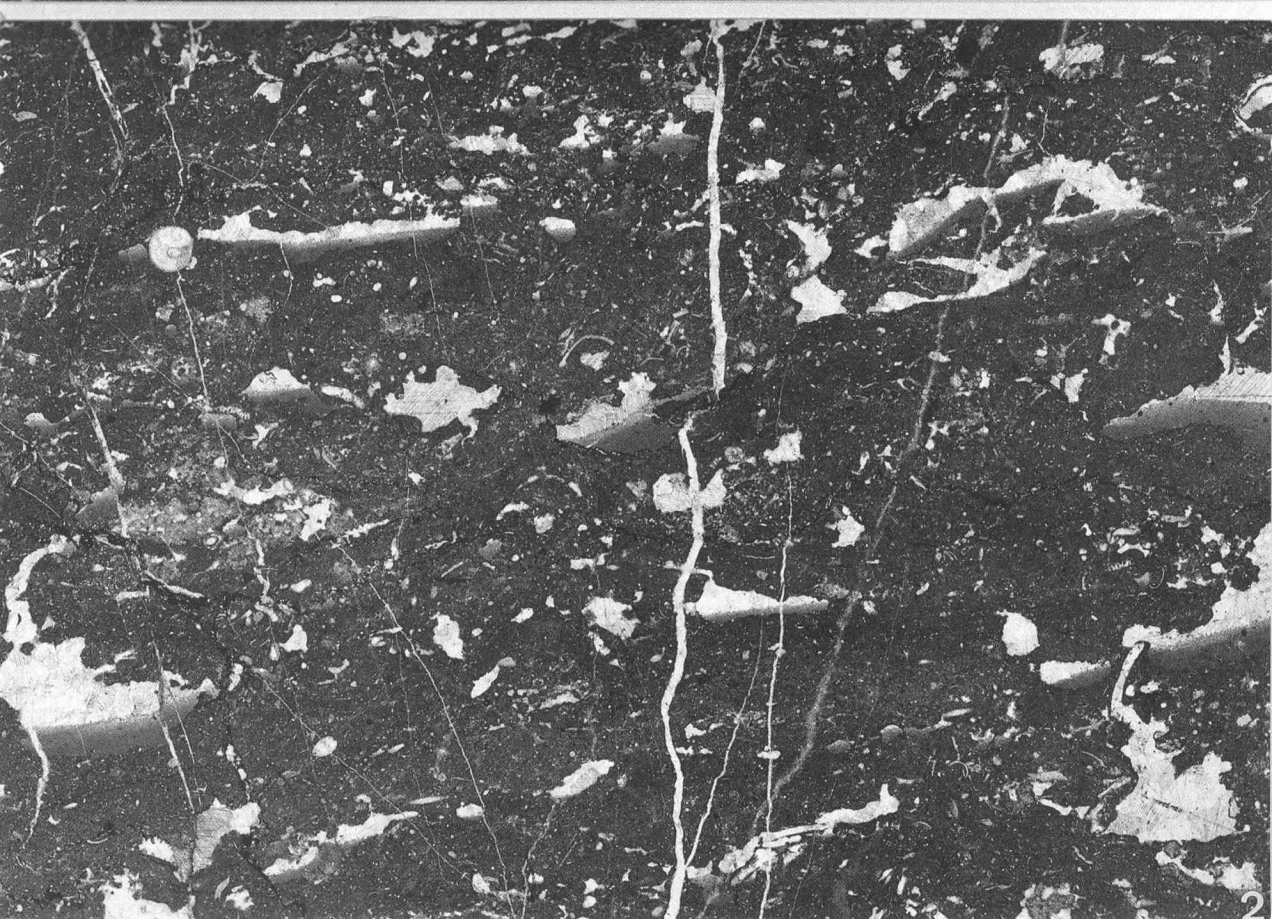
LAMINA III

Fig. 1.—Dismicrita correspondiente al miembro inferior de la sucesión de Las Ventas (M-4). X 10.

Fig. 2.—Microfacies de una caliza con birseseyes en que el armazón es una micrita fosilífera constituida por calcisferas, gasterópodos, crinoideos y otros restos. Las cavidades están rellenas totalmente de calcita o bien parcialmente de esparita y barro calcáreo (relleno geopetal). Miembro inferior de la sucesión de Las Ventas (M-11). X 10.



1



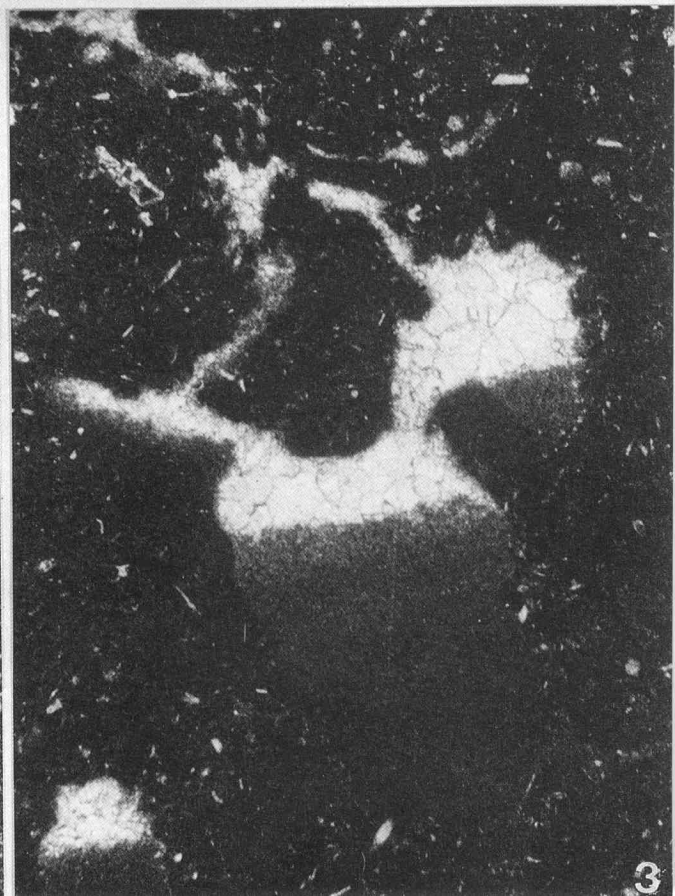
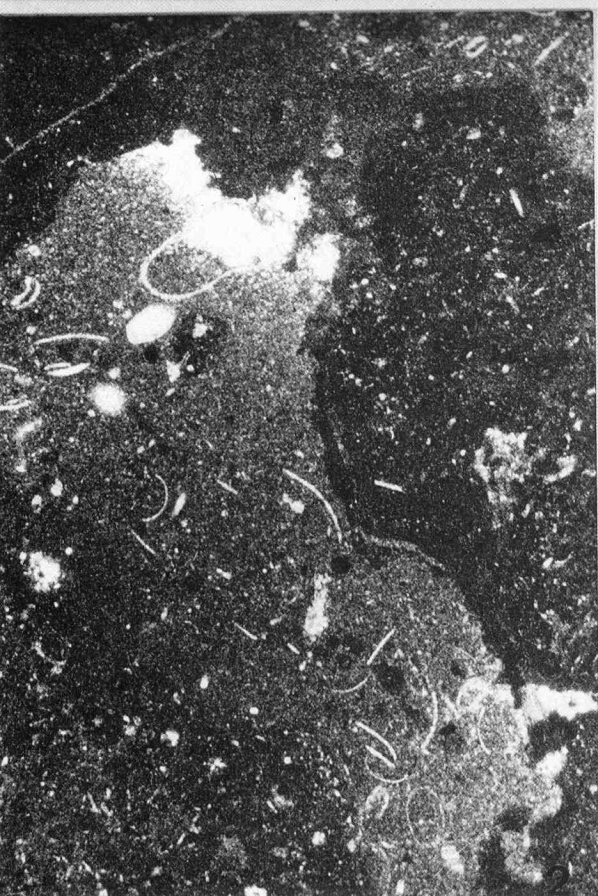
2

LAMINA IV

- Fig. 1.*—Microfacies de una caliza con birdeseyes rellenos parcialmente de esparita y barro calcáreo o totalmente de barro calcáreo. El armazón es una micrita fosilífera con calcíferas y otros restos indeterminados. Miembro superior de la sucesión de Las Ventas (M-131), X 10.
- Fig. 2.*—Microfacies perteneciente a una caliza con birdeseyes en la que se observa una cavidad rellena de esparita y barro calcáreo con ostrácodos. Miembro superior de la sucesión de Las Ventas (M-118), X 40.
- Fig. 3.*—Microfacies correspondiente a una caliza con birdeseyes rellenos parcialmente de esparita y barro calcáreo. El armazón es una micrita fosilífera. Miembro superior de la sucesión de Caranga de Arriba (M-282), X 40.



1



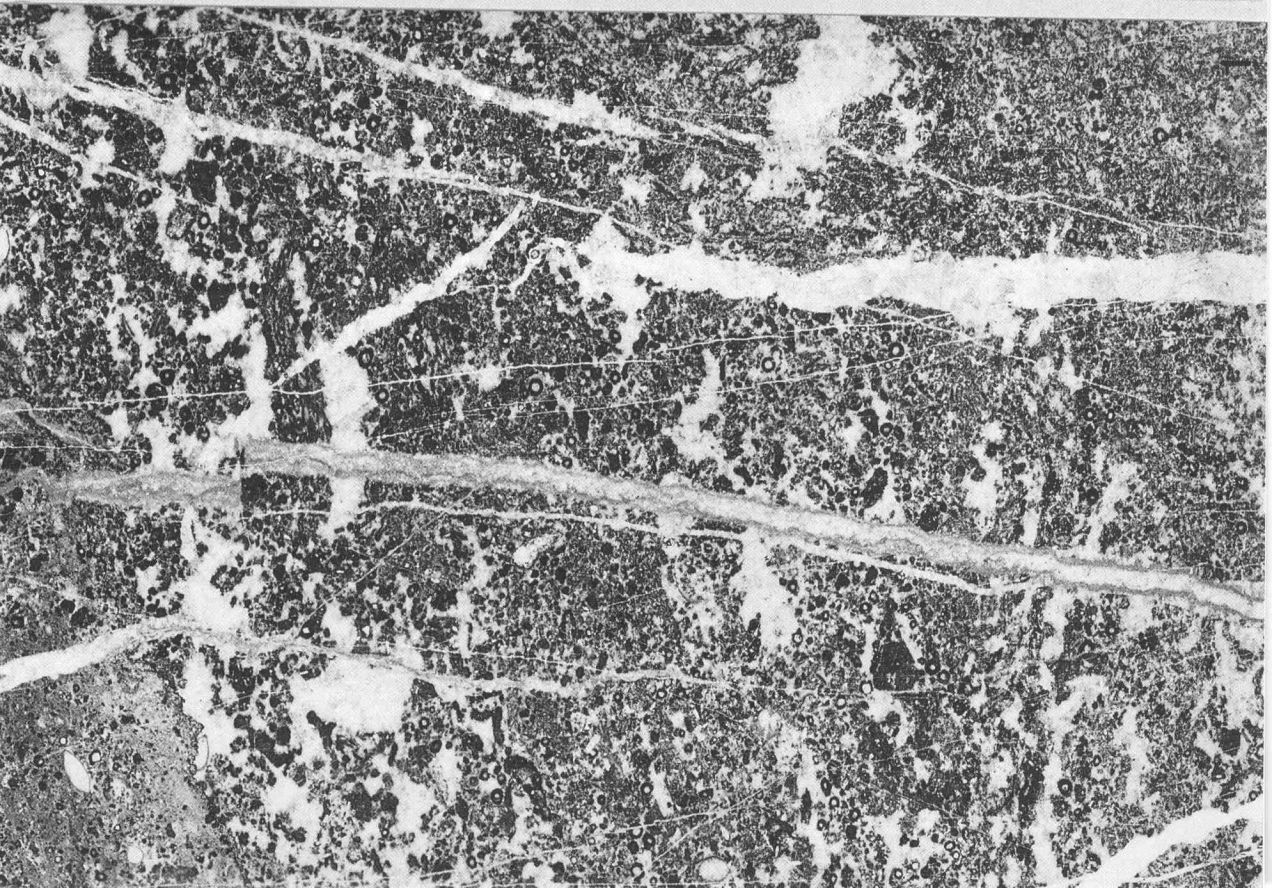
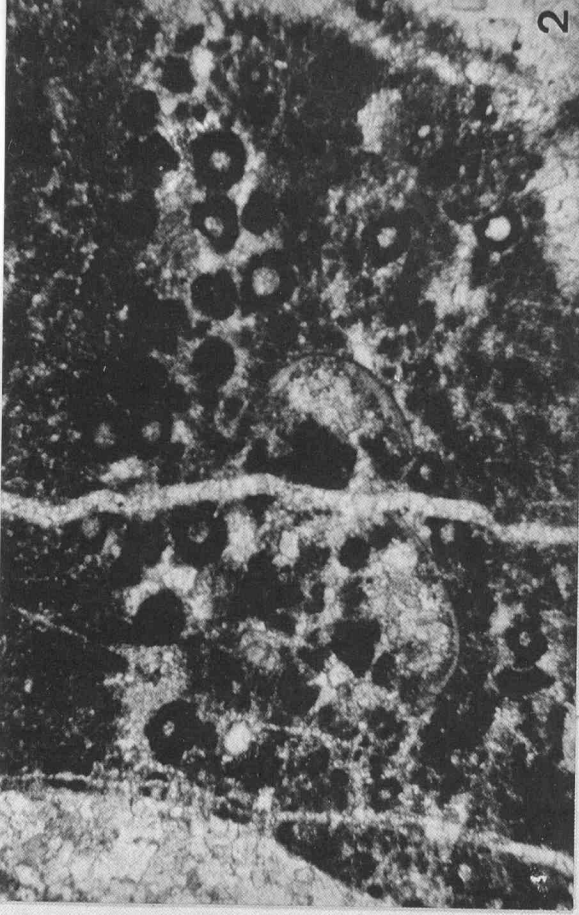
3

LAMINA V

Fig. 1.—Microfacies de una caliza con birdeseyes rellenos totalmente de esparita. El armazón es una micrita fosilífera con calcíferas y ostrácodos. Miembro inferior de la sucesión de Las Ventas (M-7). X 10.

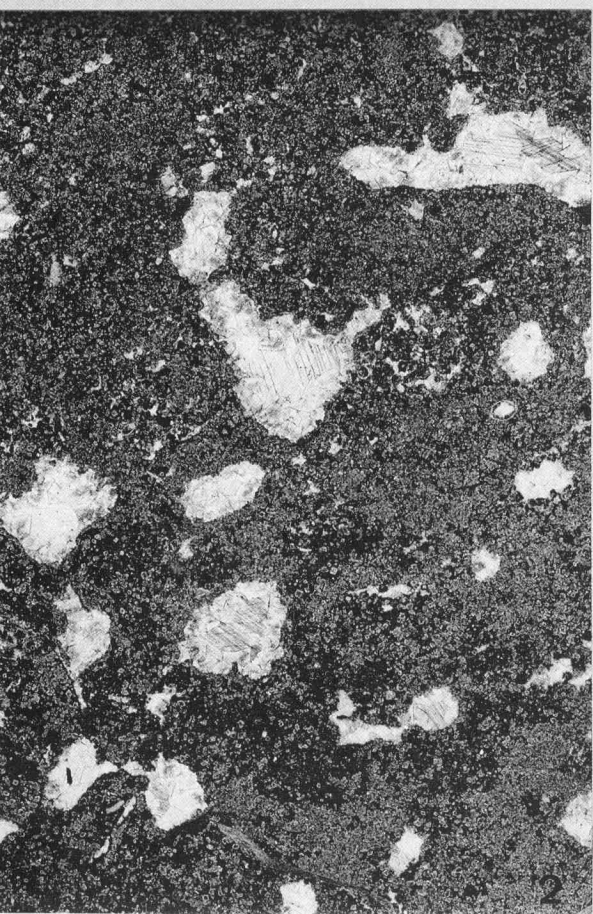
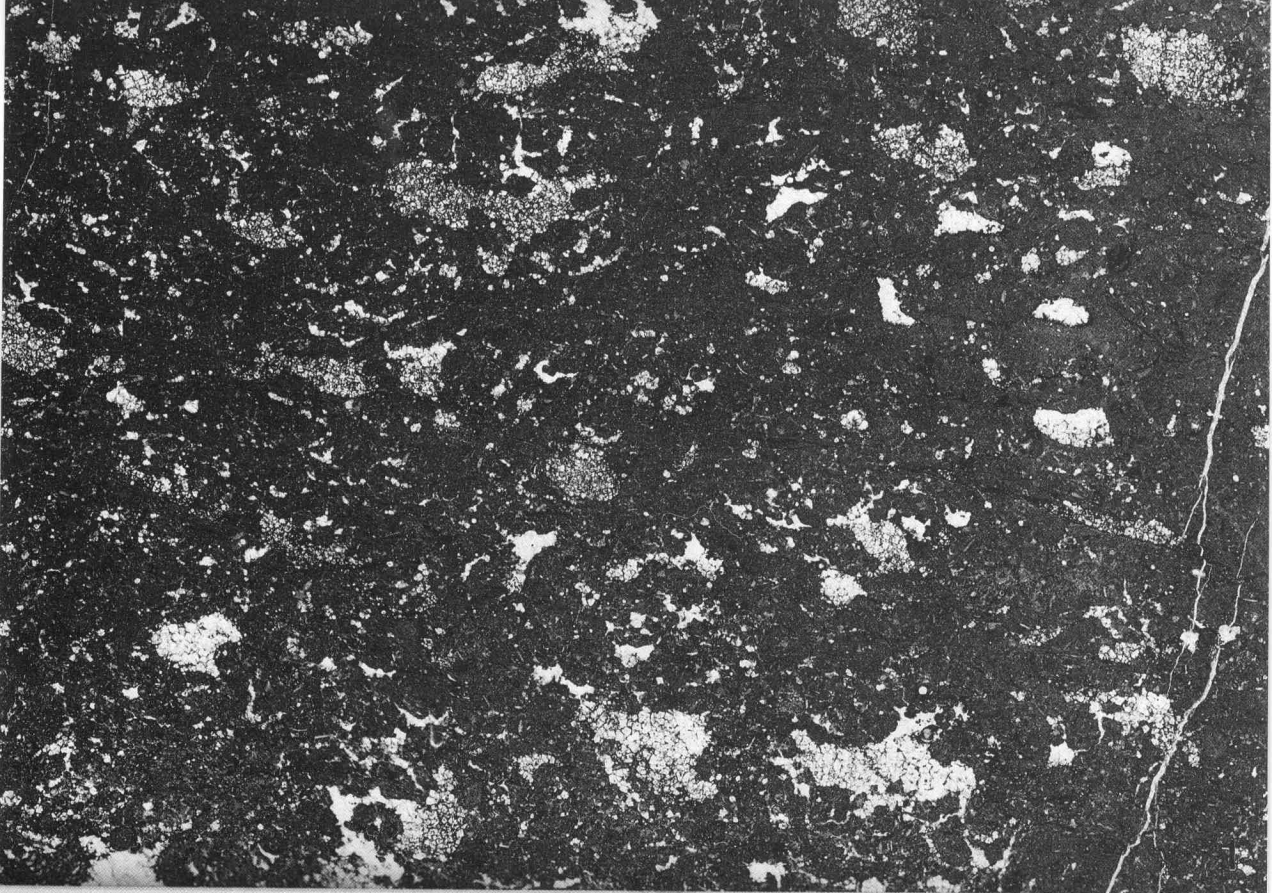
Fig. 2.—Detalle de la fig. 1 en el que se muestran calcíferas y un fragmento de ostrácodo. X 40.

Fig. 3.—Presencia de calcíferas y otros restos en una microfacies de calizas con birdeseyes. Miembro superior de la sucesión de Las Ventas (M-136). X 40.



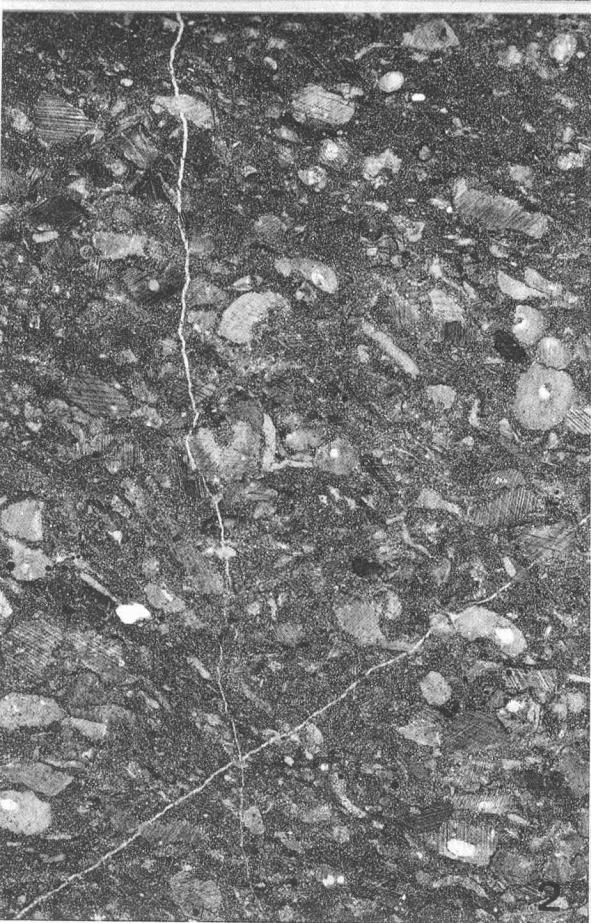
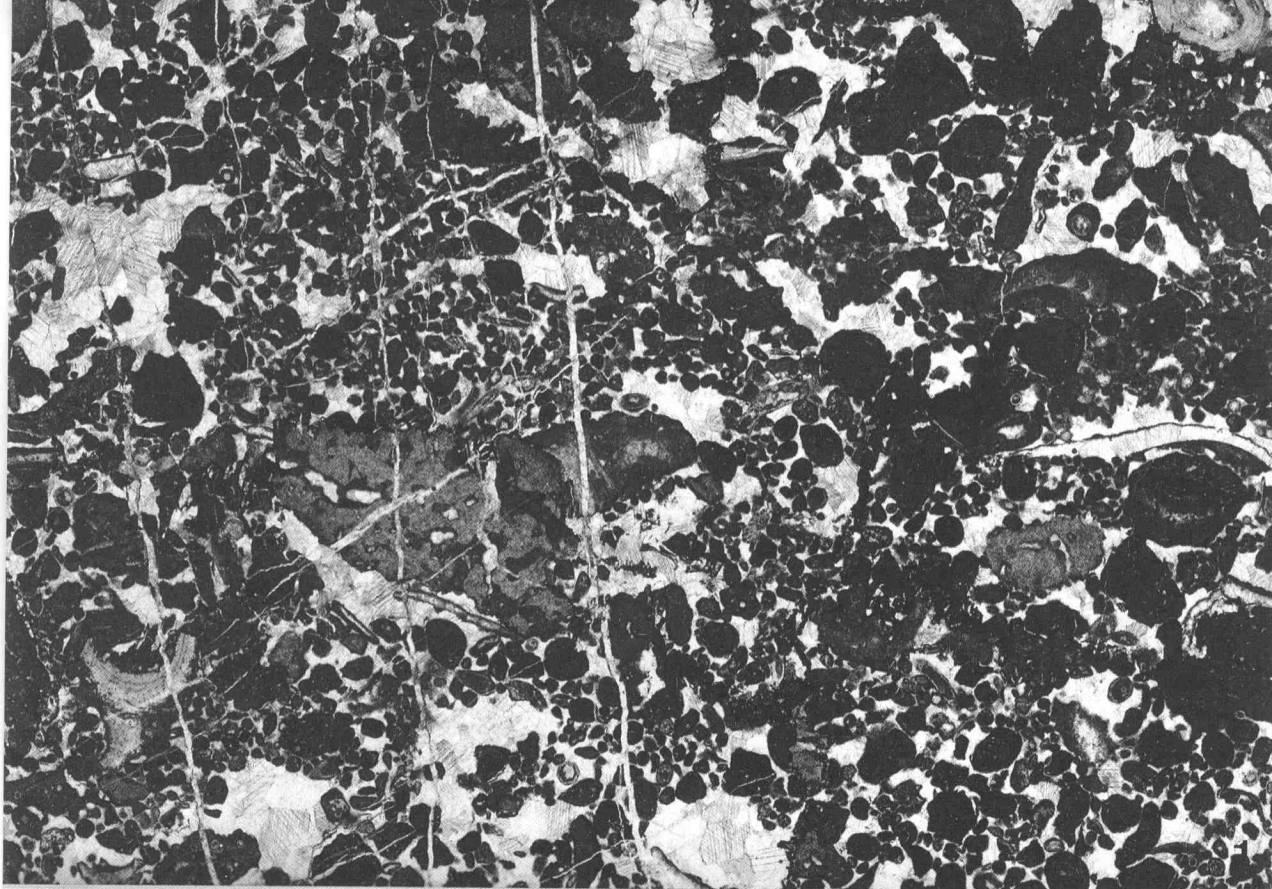
LAMINA VI

- Fig. 1.*—Microfacies de una caliza con birdeseyes dolomitizada cuyo armazón es una micrita con calcisferas. Los rombos de dolomita se observan preferentemente en las cavidades. Miembro superior de la sucesión de Caranga de Arriba (M-275). X 10.
- Fig. 2.*—Microfacies de una caliza con birdeseyes de esparita dolomitizada. El armazón es una micrita con ostrácodos, calcisferas, crinoideos y abundantes rombos de dolomita. Miembro superior de la sucesión de Las Ventas (M-162). X 10.
- Fig. 3.*—Microfacies de una caliza con birdeseyes dolomitizada en la que se observan rombos de dolomita con crecimiento secundario en el interior de los birdeseyes. El armazón es una micrita fosilífera. Miembro superior de la sucesión de Las Ventas (M-156). X 40.



LAMINA VII

- Fig. 1.*—Intraplesparita fosilífera. Los restos fósiles corresponden a ostrácodos, calcíferas y Aulopóridos. Miembro superior de la sucesión de Caranga de Arriba (M-264), X 10.
- Fig. 2.*—Biomícrita constituida principalmente por restos de crinoideos. Miembro inferior de la sucesión de Las Ventas (M-18), X 10.
- Fig. 3.*—Biomícrita de crinoideos presentando algunas calcíferas. Abundan los rombos de dolomita en toda la muestra. Miembro inferior de la sucesión de San Andrés (M-288), X 10.



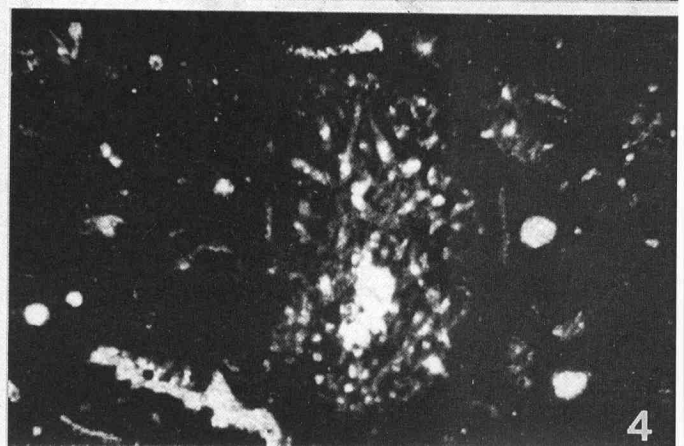
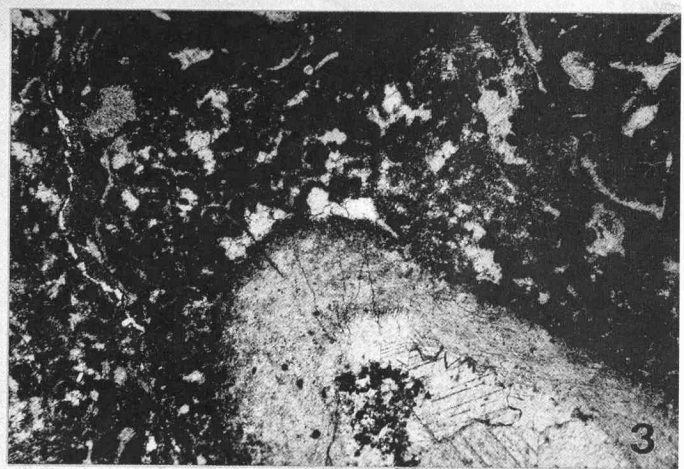
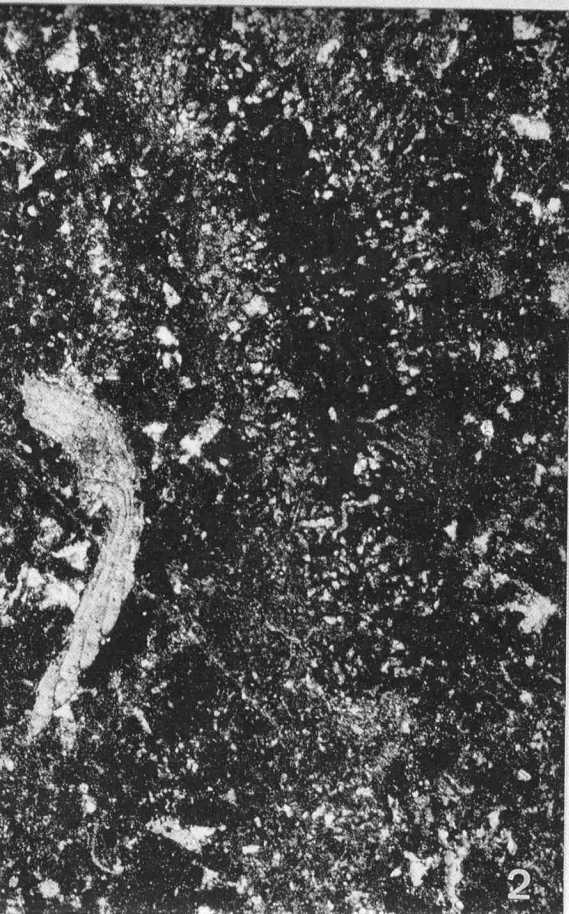
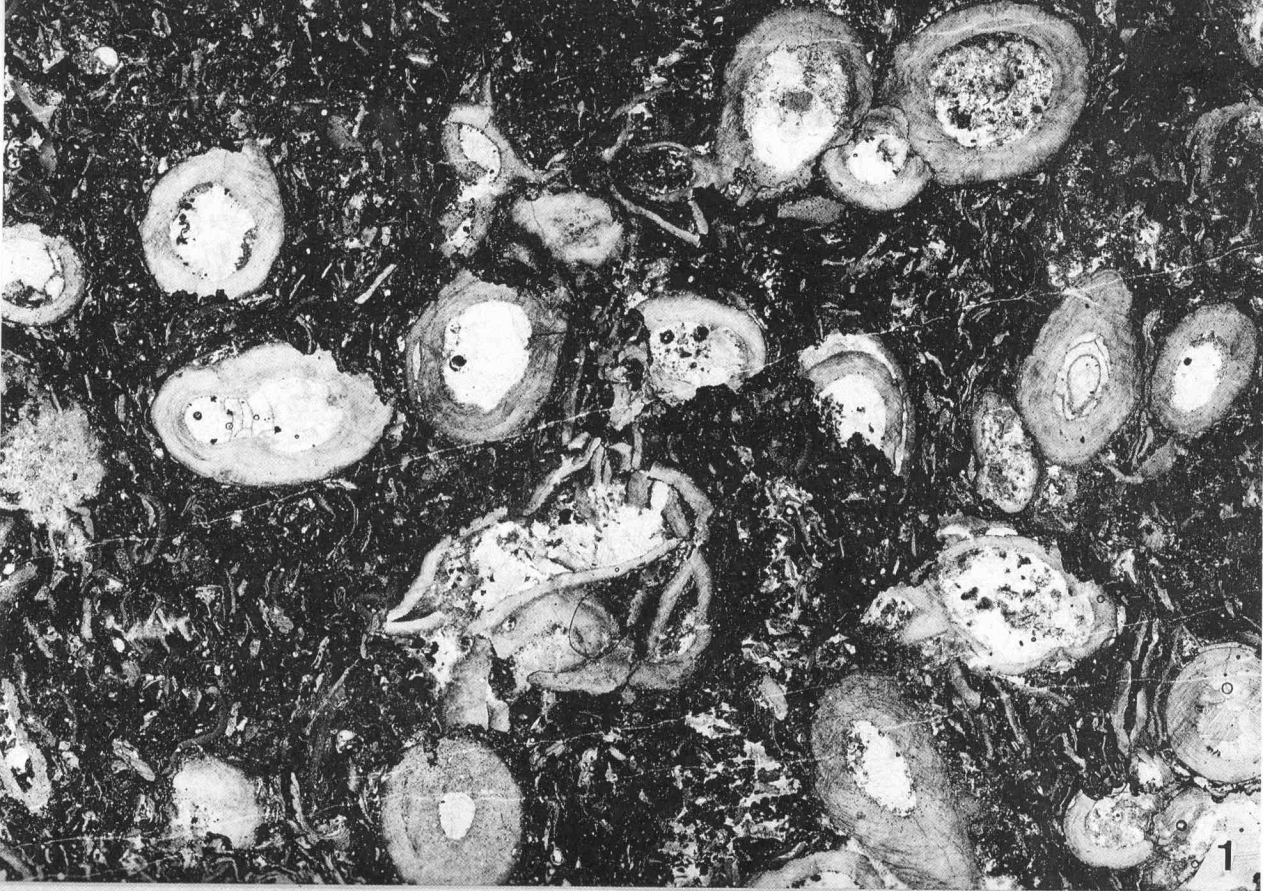
LAMINA VIII

Fig. 1.—Biomicrita constituida en su mayor parte por tabulados (Aulopóridos), contiene también ostrácodos, crinoideos y alguna calcisfera. Asimismo se observan algas pertenecientes a la «sección Spongiostromata» incrustando a Aulopóridos. Miembro medio de la sucesión de Las Ventas (M-165). X 10.

Fig. 2.—Microfacies correspondiente a una biomicrita de tabulados (Aulopóridos) en la que se observa una sección de un ostrácodo del grupo *Cryptophyllus* y algas pertenecientes al género *Bevoastria?* (Codiáceas). Miembro medio de la sucesión de Las Ventas (M-85). X 40.

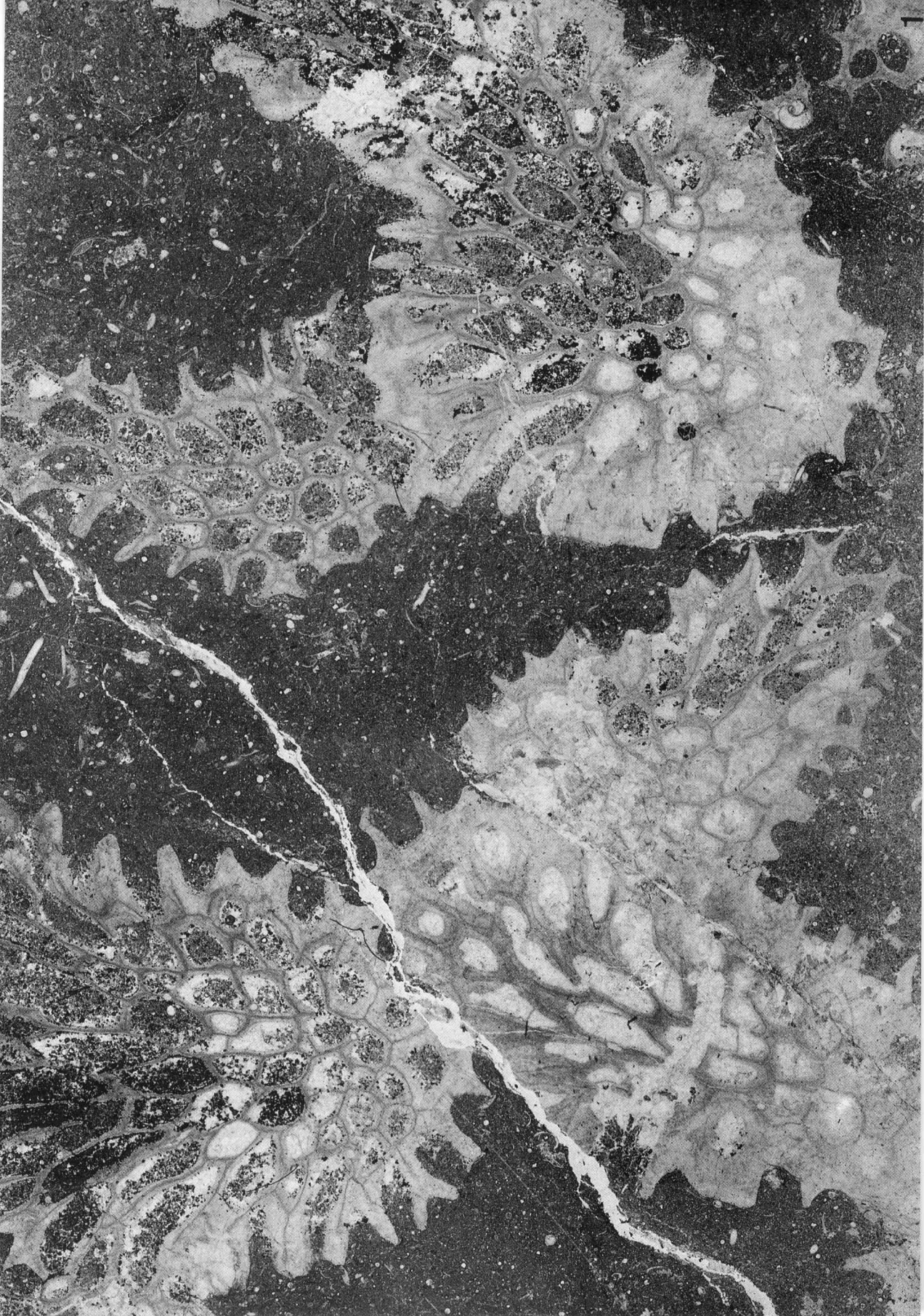
Fig. 3.—Algas pertenecientes a la «sección Spongiostromata» incrustando a un Aulopórido. Miembro medio de la sucesión de Las Ventas (M-79). X 30.

Fig. 4.—Algas pertenecientes al género *Ortonella* en una biomicrita de Aulopóridos y otros fósiles. Miembro medio de la sucesión de Las Ventas (M-88). X 40.



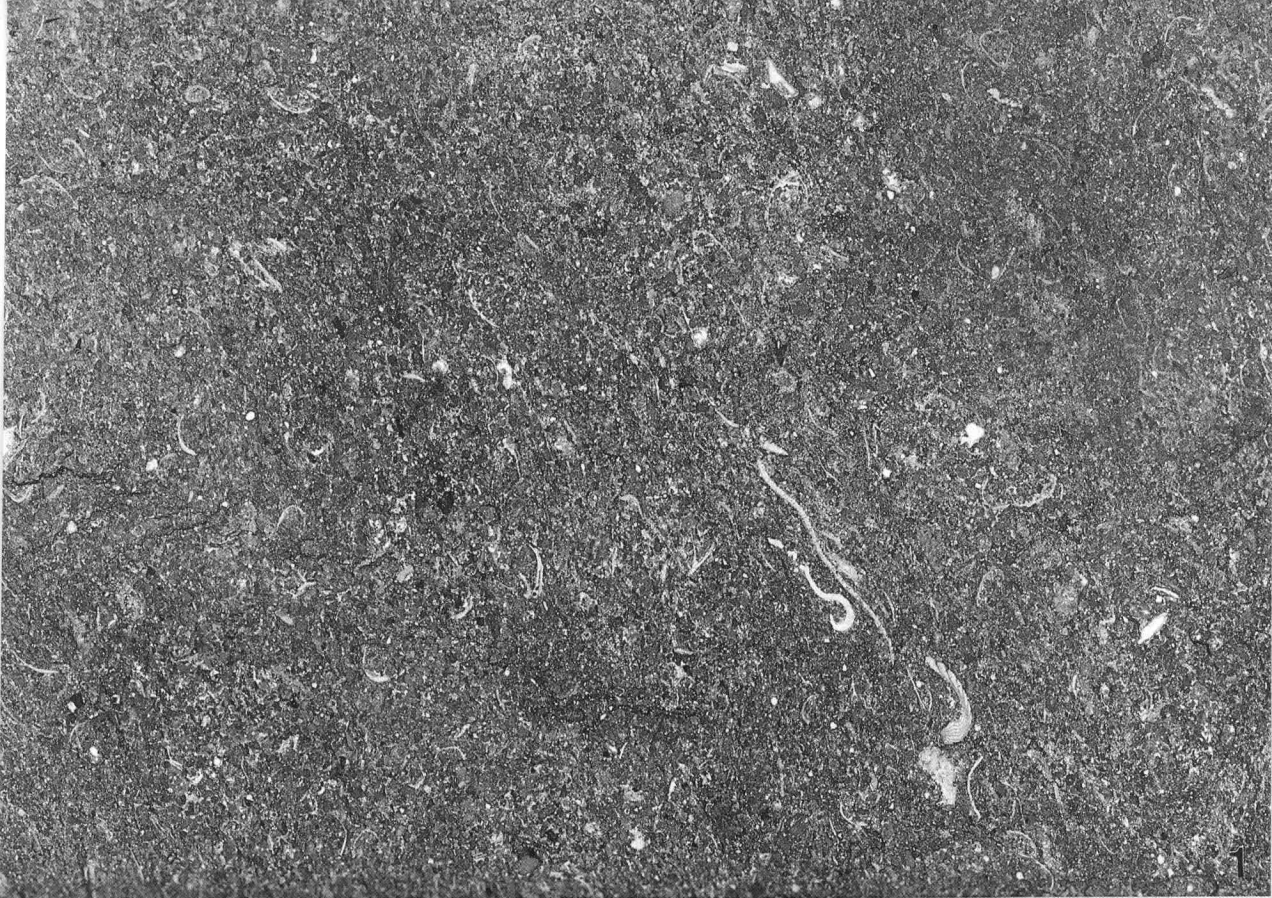
LAMINA IX

Fig. 1.—Microfacies correspondiente a una caliza con *Thamnopora*, la matriz está constituida por micrita con restos de ostrácodos y calcíferas. Miembro superior de la sucesión de Caranga de Arriba (M-232 b). X 10.



LAMINA X

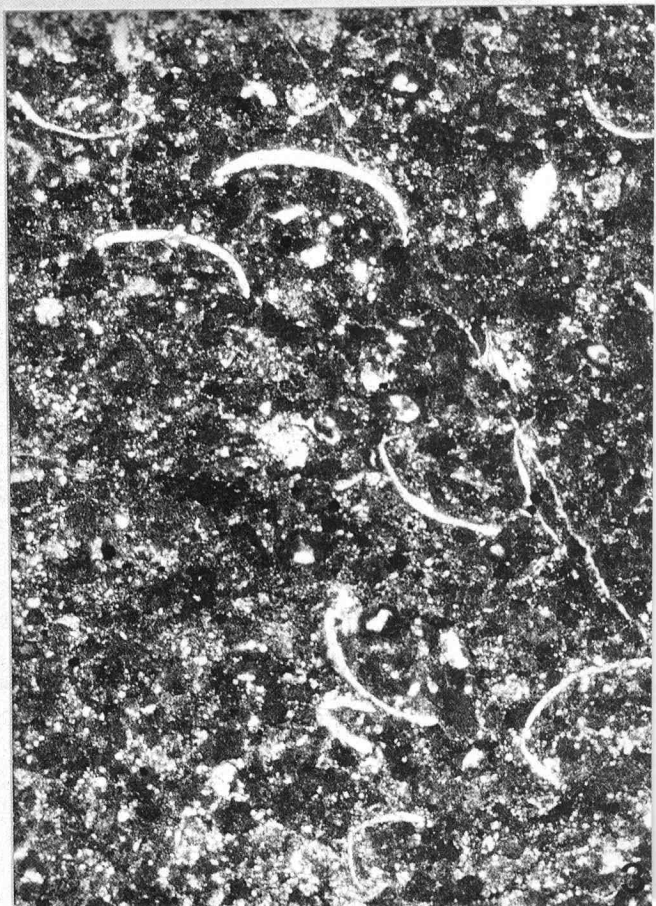
- Fig. 1.*—Biomicrita constituida principalmente por ostrácodos, con escasos fragmentos de trilobites. Miembro inferior de la sucesión de Caranga de Arriba (M-194). X 10.
- Fig. 2.*—Detalle de la fig. 1 mostrando una sección característica de un ostrácodo correspondiente al grupo *Cryptophyllus*. X 40.
- Fig. 3.*—Detalle de la fig. 1 mostrando valvas sueltas de ostrácodos. X 40.



1

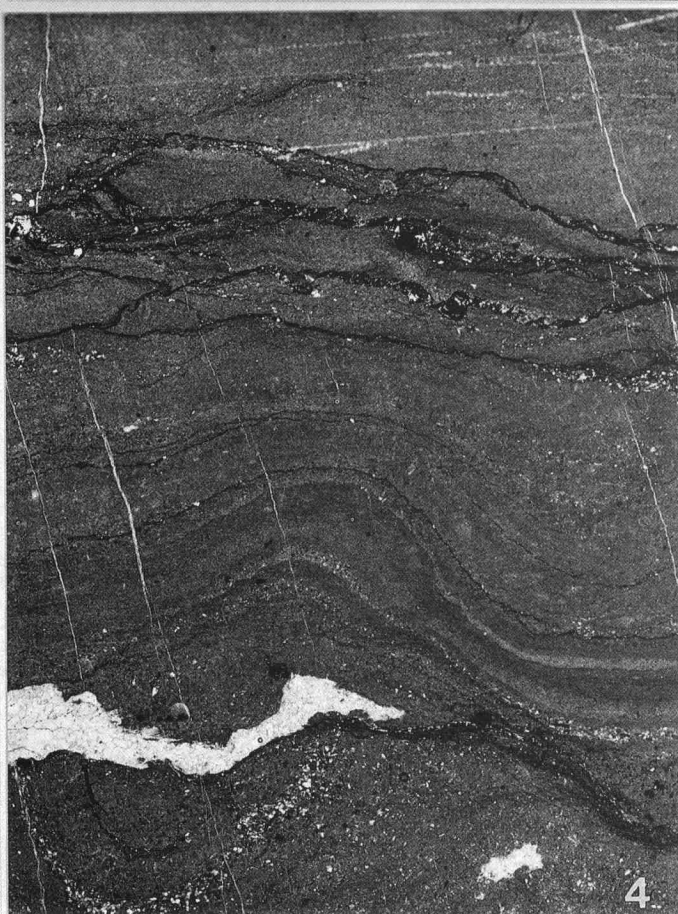
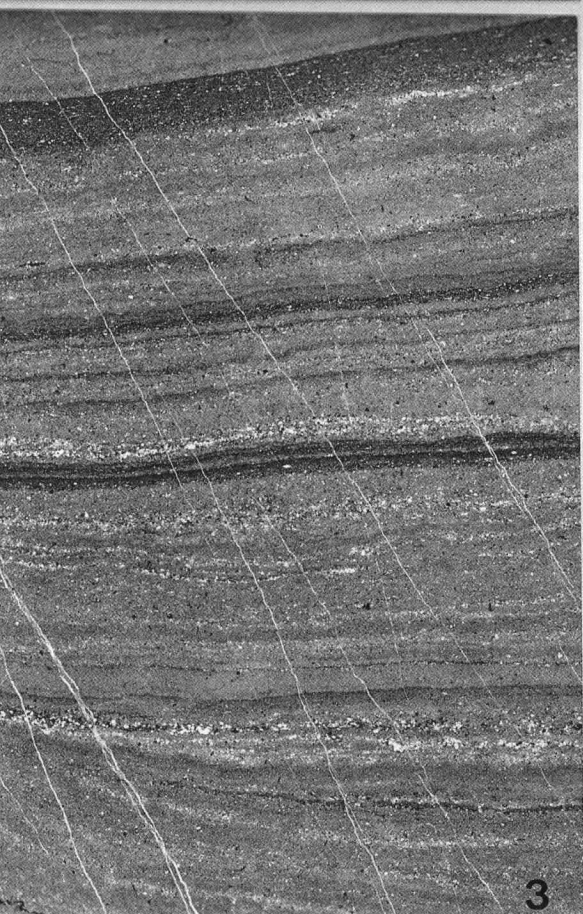


2



LAMINA XI

- Fig. 1.*—Microfacies de una caliza con laminaciones formadas por láminas de micrita con abundantes pellets y cuarzo detrítico alternando con otras láminas desprovistas de ellos. Miembro inferior de la sucesión de Las Ventas (M-35). X 10.
- Fig. 2.*—Caliza con laminaciones constituidas por alternancia de láminas en las que se acumula abundante cuarzo detrítico con otras desprovistas de él. Miembro inferior de la sucesión de Caranga de Arriba (M-196). X 10.
- Fig. 3.*—Microfacies de una caliza con laminaciones formadas por láminas de micrita con cuarzo detrítico alternando con otras láminas desprovistas de él. Miembro medio de la sucesión de Las Ventas (M-181). X 10.
- Fig. 4.*—Caliza con laminaciones formadas por alternancia de láminas de carbonato de grano fino con otras de grano más grueso. Miembro medio de la sucesión de Las Ventas (M-67). X 10.



LAMINA XII

Fig. 1.—Microfacies típicamente interlitoral mostrando niveles de micrita fosilífera con intraclastos y cuarzo, truncados por niveles micríticos. Los fósiles presentes en las micritas fosilíferas consisten principalmente en ostrácodos. Miembro medio de la sucesión de Las Ventas (M-175). X 10.

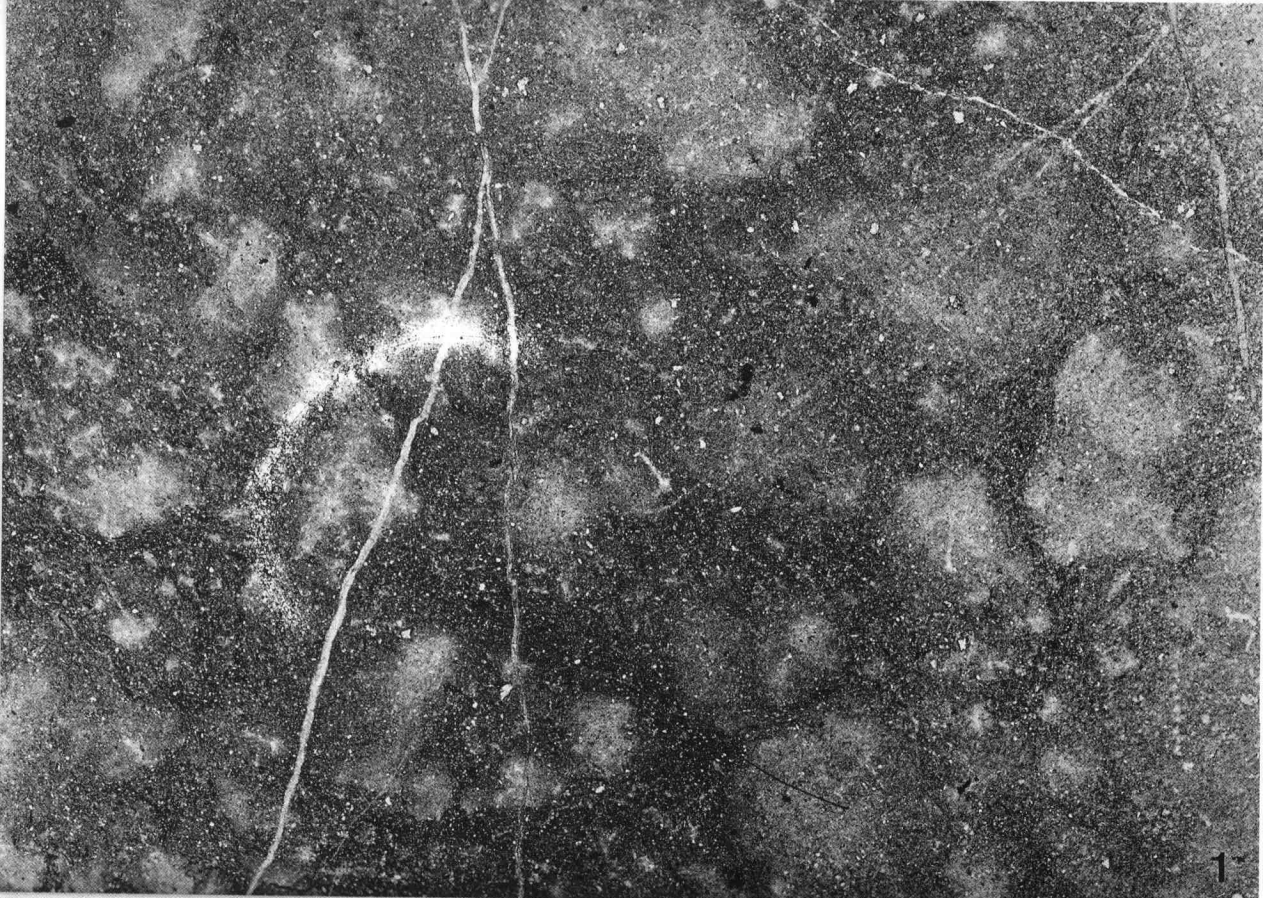
Fig. 2.—Microfacies correspondiente a una caliza con laminaciones marcadas por carbonatos de distinto tamaño de grano y por acumulaciones de restos orgánicos (ostrácodos y foraminíferos). Miembro superior de la sucesión de La Carrera de Abajo (M-1022). X 10.



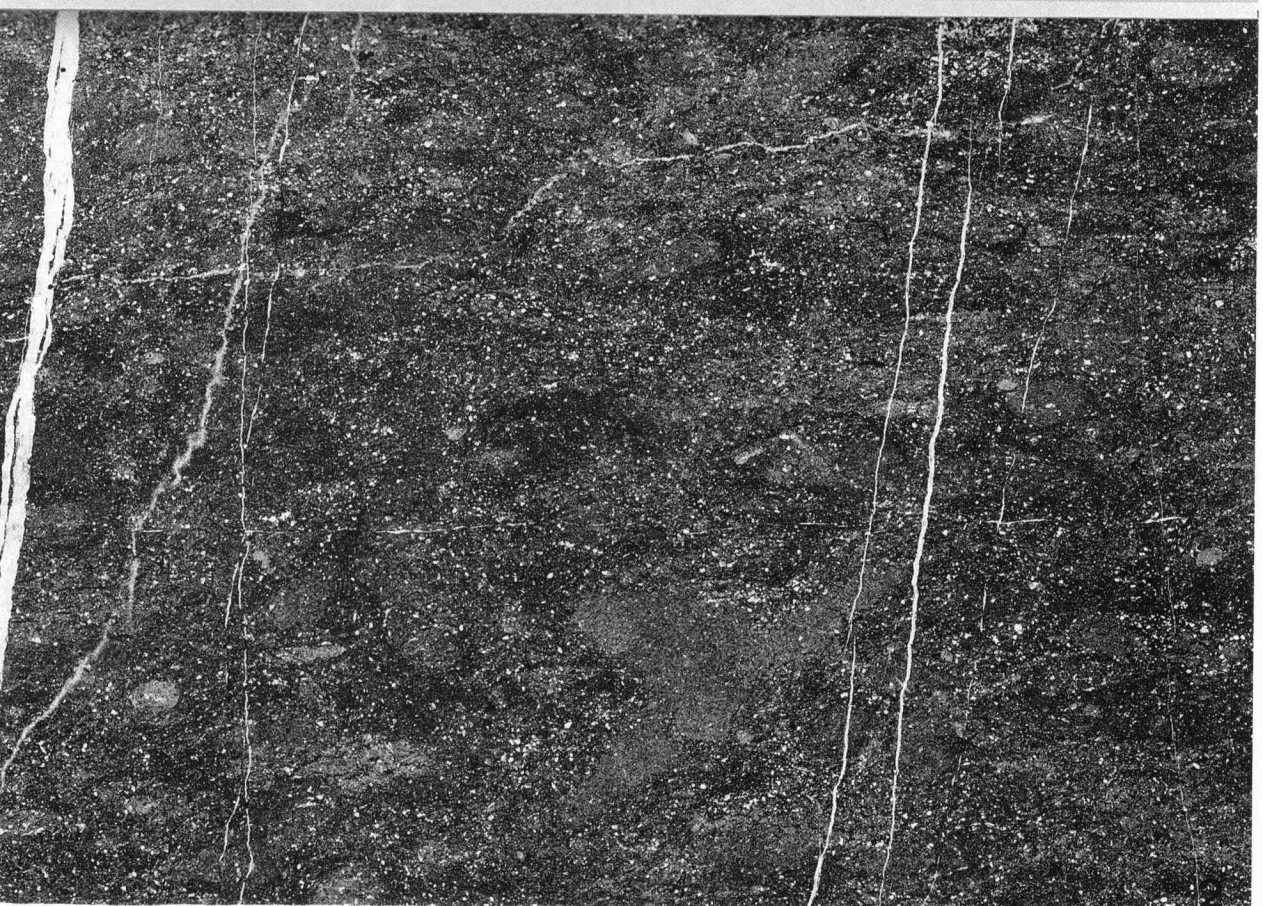
LAMINA XIII

Fig. 1.—Microfacies correspondiente a una caliza con textura bioturbada (= «burrowed»). Miembro inferior de la sucesión de San Andrés (M-290 b), X 10.

Fig. 2.—Caliza micrítica con textura bioturbada (= «burrowed»). Miembro medio de la sucesión de Las Ventas (M-180), X 10.



1



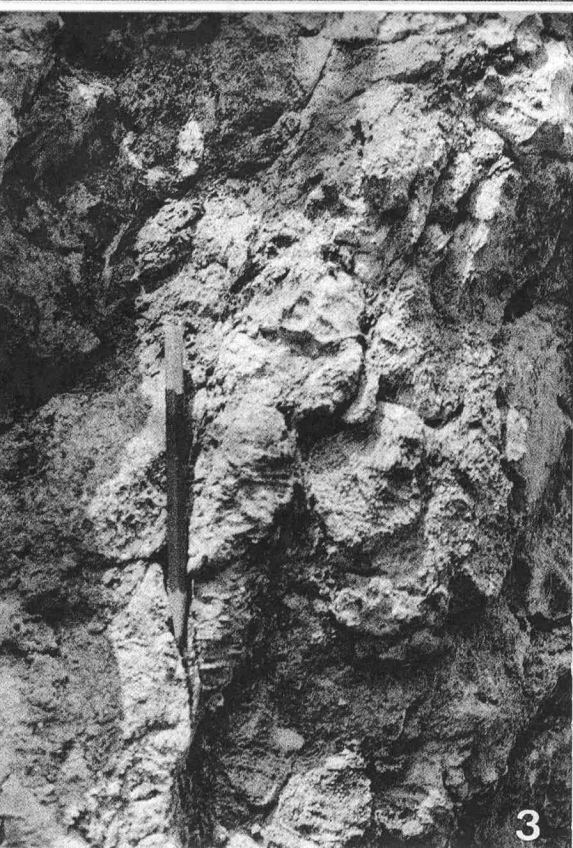
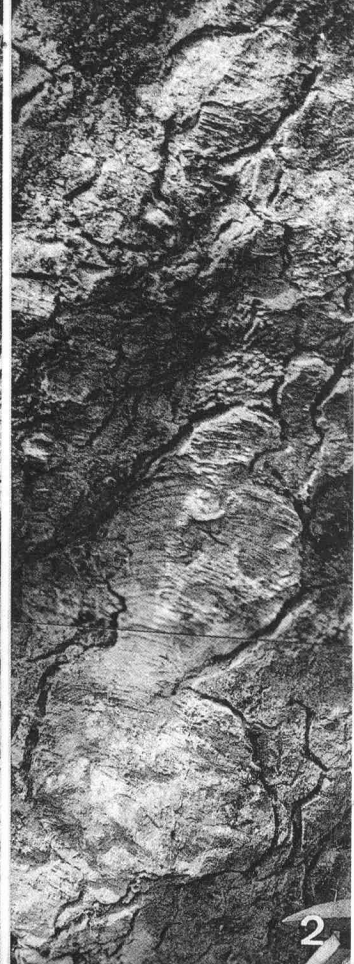
LAMINA XIV

Fig. 1.—Construcción arrecifal de pequeñas dimensiones y forma más o menos circular (patch-reef) existente en el miembro inferior de la sucesión de San Pedro. Obsérvese el crecimiento irregular de los organismos constructores: tabulados dominando en los bordes y estromatopóridos en el centro. Estratos verticales, techo a la derecha.

Fig. 2.—Detalle de la fig. anterior mostrando la forma irregular de un estromatopórido masivo.

Fig. 3.—Detalle de la fig. 1 mostrando tabulados tipo *Favosites* localizados en el borde de la construcción arrecifal.

Fig. 4.—Detalle de la fig. 1 mostrando el crecimiento irregular de los estromatopóridos masivos.



3

4

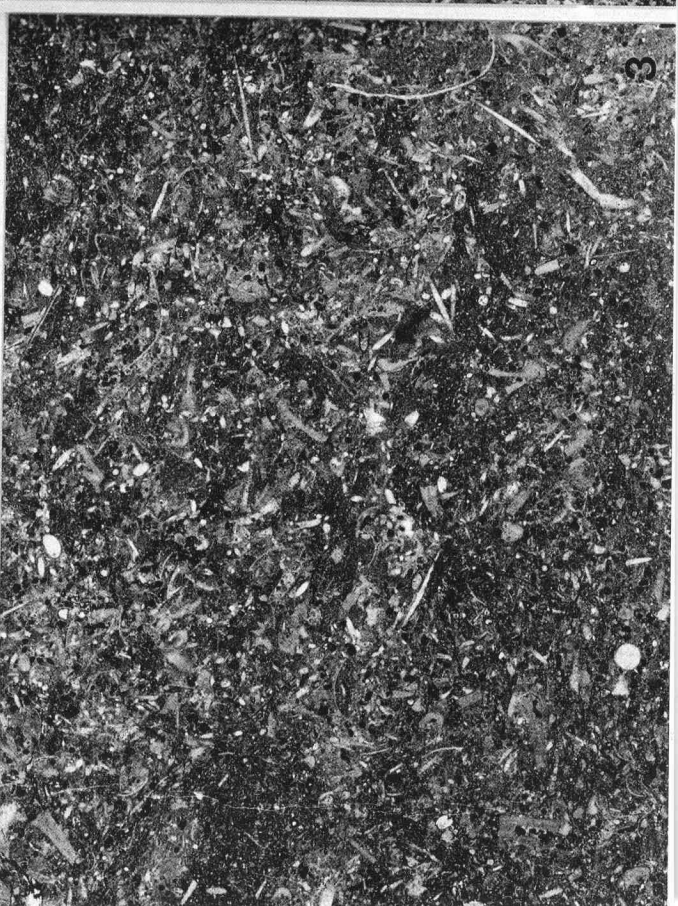
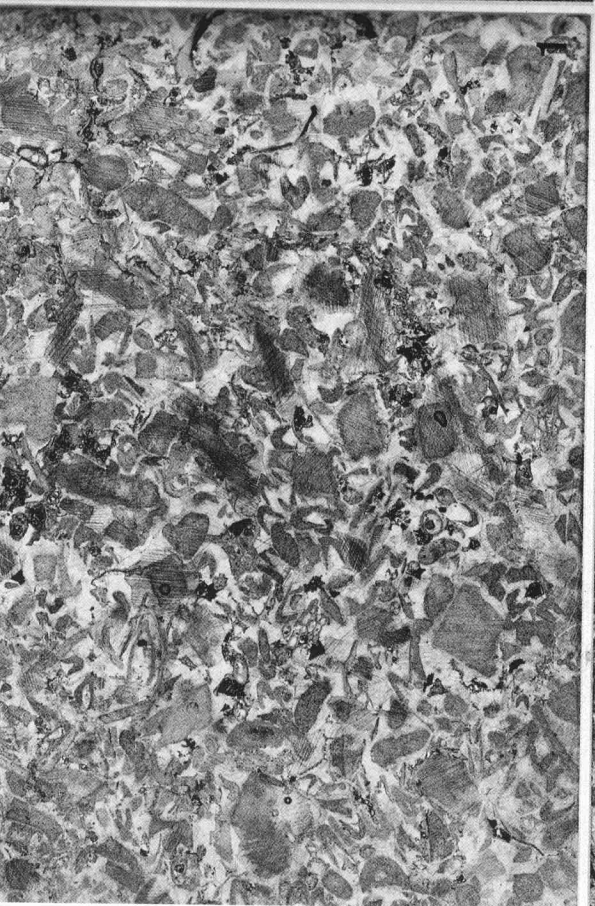
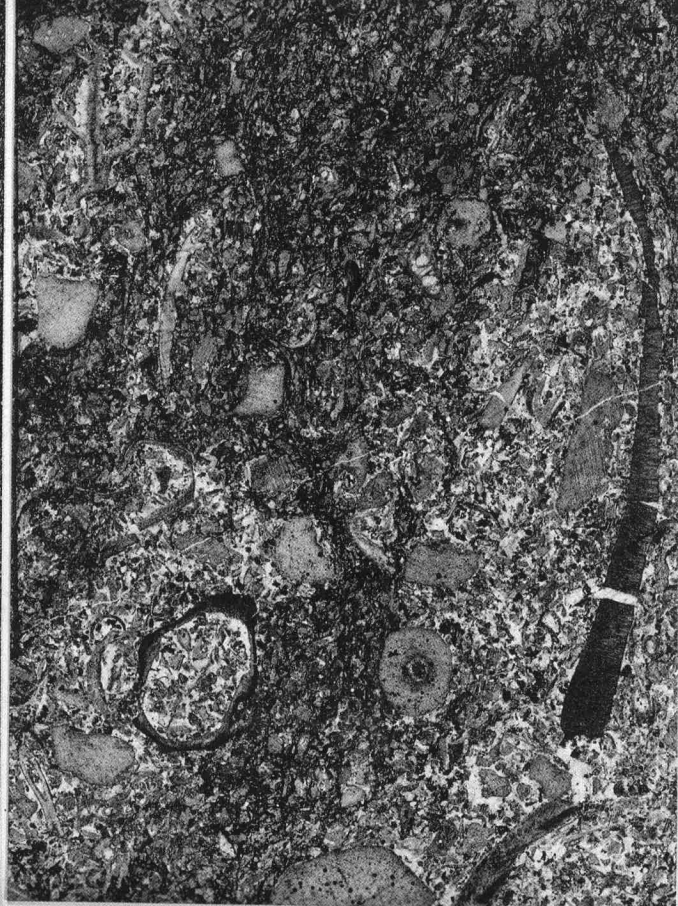
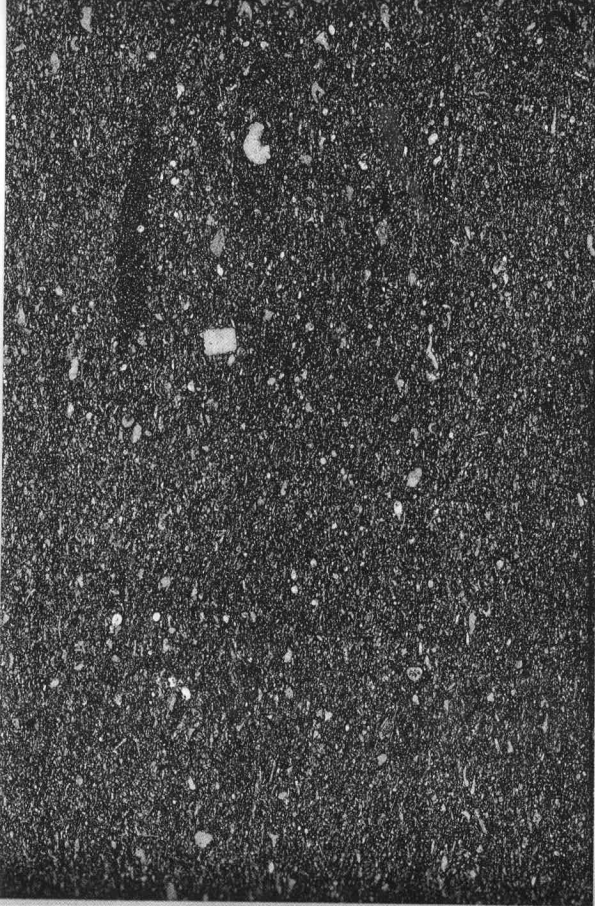
LAMINA XV

Fig. 1.—Bioesparita con predominio de crinoideos y algunos briozoos. Miembro inferior de la sucesión de La Vega de Vicenturo (M-1060). X 10.

Fig. 2.—Biomicrita constituida por fragmentos de tamaño limo de organismos inidentificables, junto con algunos restos mayores de crinoideos y ostrácodos. Miembro inferior de la sucesión de San Pedro (M-557). X 10.

Fig. 3.—Biopelmicrita constituida principalmente por crinoideos y espículas de esponjas y otros restos como calcíferas y ostrácodos. Miembro inferior de la sucesión de La Vega de Vicenturo (M-1062). X 10.

Fig. 4.—Biomicrita con pellets constituida por crinoideos, en general bastante fragmentados y acompañados de otros restos de mayor tamaño tales como braquiópodos, ostrácodos, briozoos, etc. Presenta zonas en que los organismos se hallan cementados por esparita. Miembro inferior de la sucesión de San Pedro (M-561). X 10.

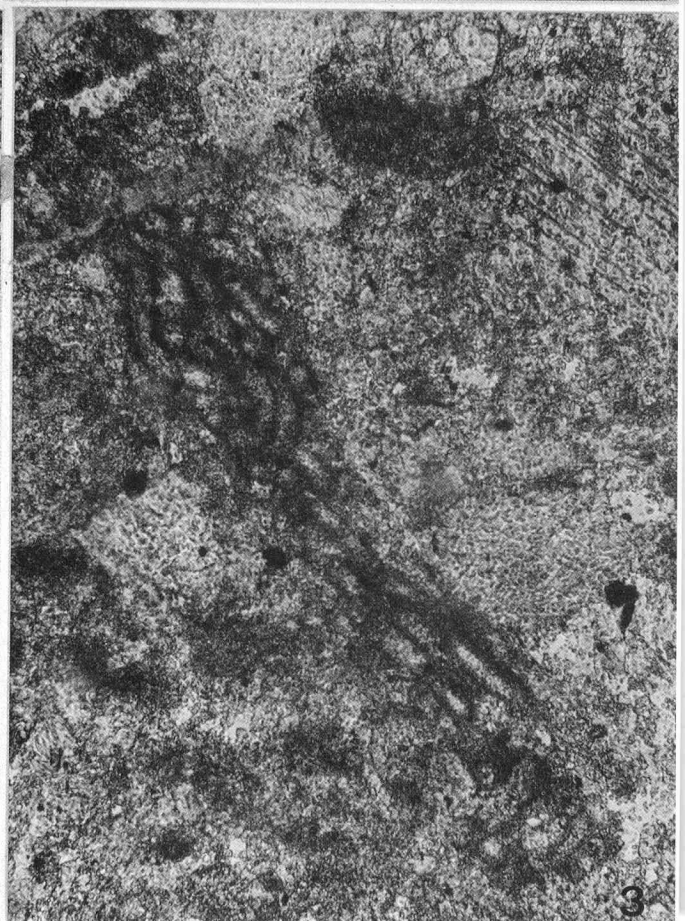
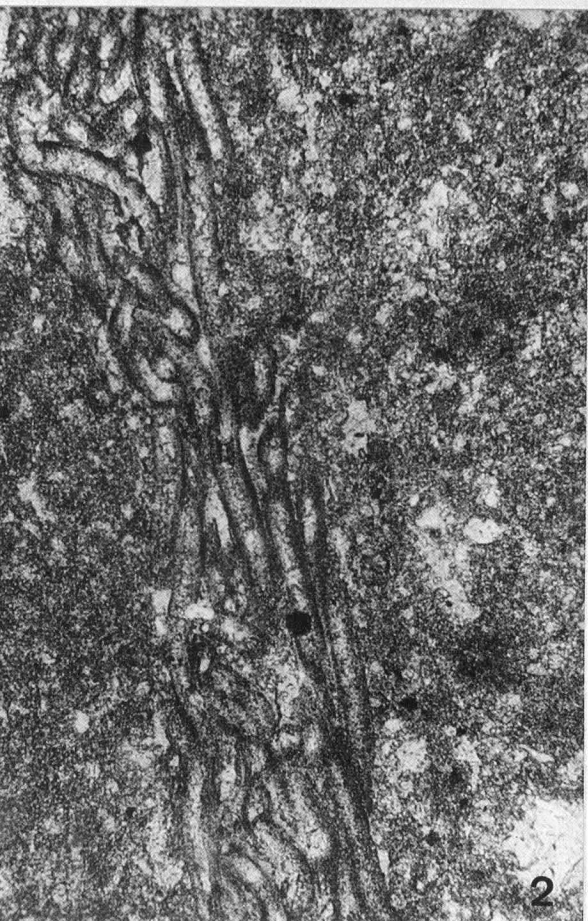


LAMINA XVI

Fig. 1.—Biopelmicrita de crinoideos y espículas de esponjas principalmente con otros restos tales como briozoos, ostrácodos y algas del género *Girvanella*. Miembro inferior de la sucesión de San Pedro (M-580). X 10.

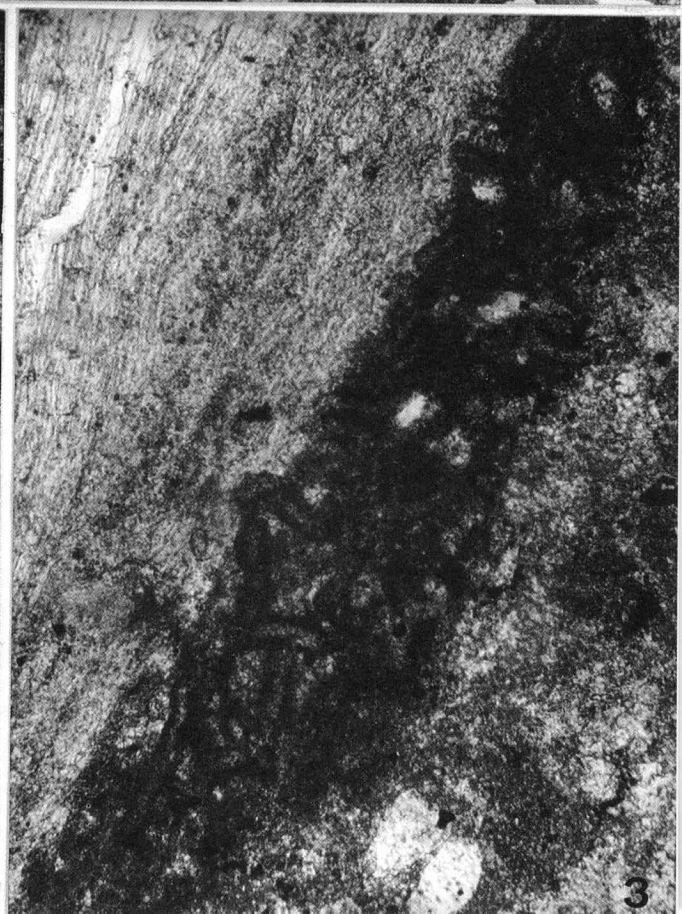
Fig. 2.—Algas *Girvanella* en una micrita con crinoideos y espículas de esponjas. Miembro inferior de la sucesión de San Pedro. (M-574). X 125.

Fig. 3.—Detalle de la fig. 1 mostrando los fragmentos tubulares sinuosos de *Girvanella*. X 125.



LAMINA XVII

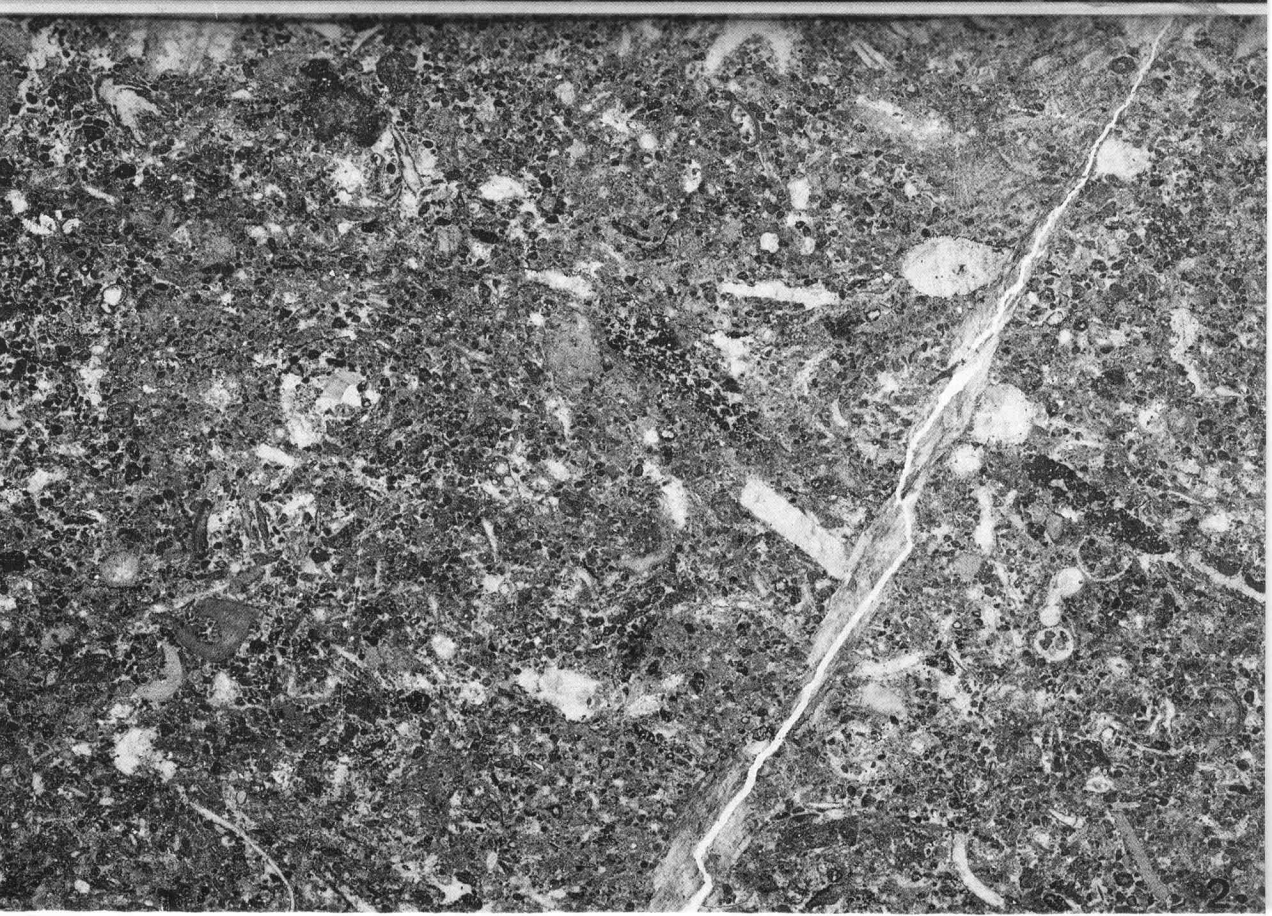
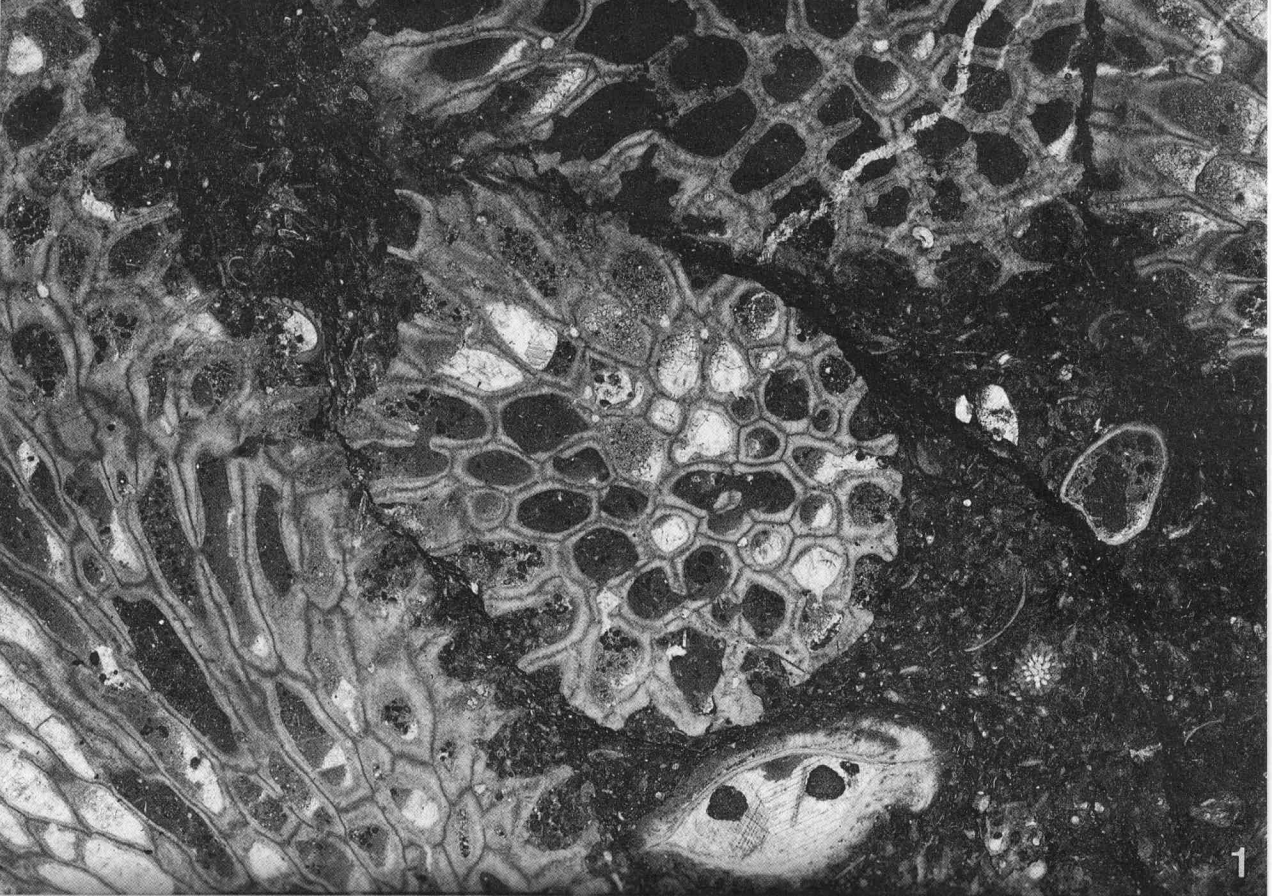
- Fig. 1.*—Biomicrografía de crinoideos con algunos crecimientos sintaxiales de calcita; asimismo se presentan otros organismos tales como braquiópodos, ostrácodos, briozoos y algas *Girvanella*. Miembro inferior de la sucesión de San Pedro (M-566). X 10.
- Fig. 2.*—Detalle de la fig. anterior mostrando una envoltura de algas *Girvanella* sobre un braquiópodo. X 40.
- Fig. 3.*—Detalle de la fig. anterior en la que se observan los filamentos tubulares de *Girvanella*. X 125.



LAMINA XVIII

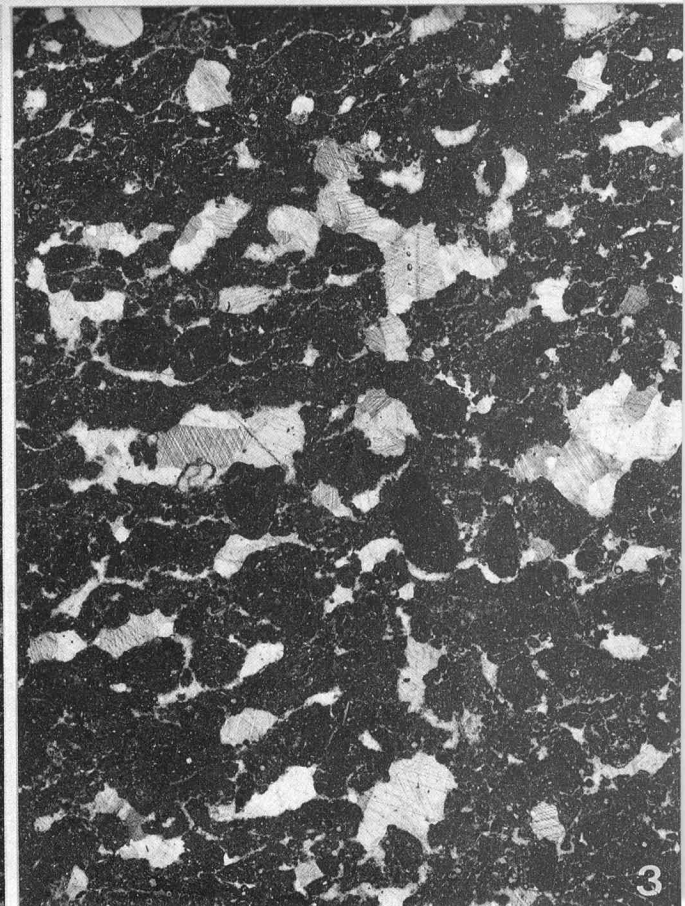
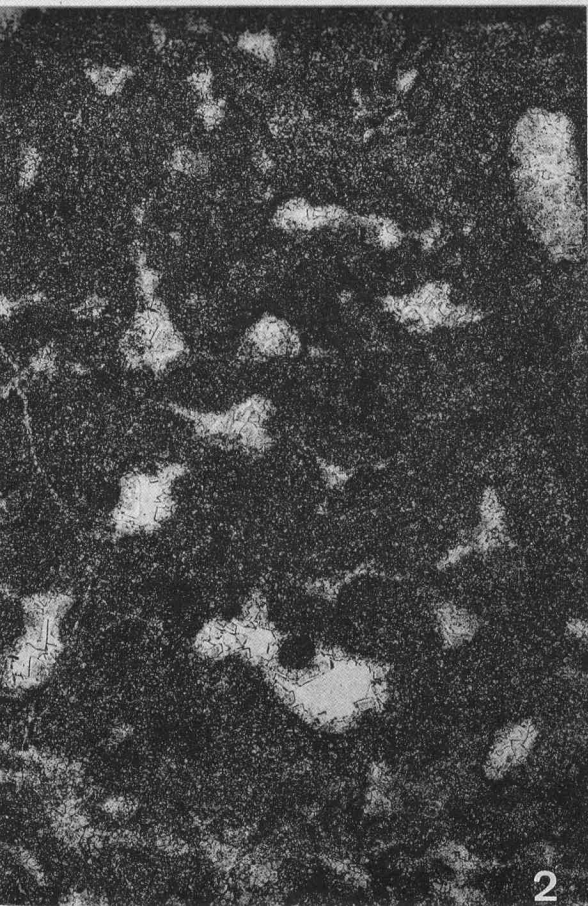
Fig. 1.—Biomicrita formada principalmente por tabulados, crinoideos, algunas espículas de esponjas y otros fragmentos de organismos (*Uraloporella?*). Miembro inferior de la sucesión de San Pedro (M-539). X 10.

Fig. 2.—Biopelmicrita constituida por organismos diversos tales como crinoideos, ostrácodos, algunas espículas de esponjas, etc., así como estructuras que pudieran corresponder a algas. Miembro inferior de la sucesión de La Vega de Vicenturo (M-1068). X 10.



LAMINA XIX

- Fig. 1.*—Microfacies correspondiente a una caliza con birdeseyes rellenos totalmente de esparita o parcialmente de barro calcáreo y esparita. El armazón es una micrita fosilífera con ostrá-codos y calcíferas. Miembro medio de la sucesión de San Pedro (M-589). X 10.
- Fig. 2.*—Caliza con birdeseyes totalmente dolomitizada, no obstante se observan bien las cavidades. Los rombos de dolomita del interior de los birdeseyes son de mayor tamaño que los del armazón. Miembro medio de la sucesión de San Pedro (M-624). X 10.
- Fig. 3.*—Dispellet, observándose pellets de tamaños diferentes. Miembro medio de la sucesión de San Pedro (M-593). X 10.



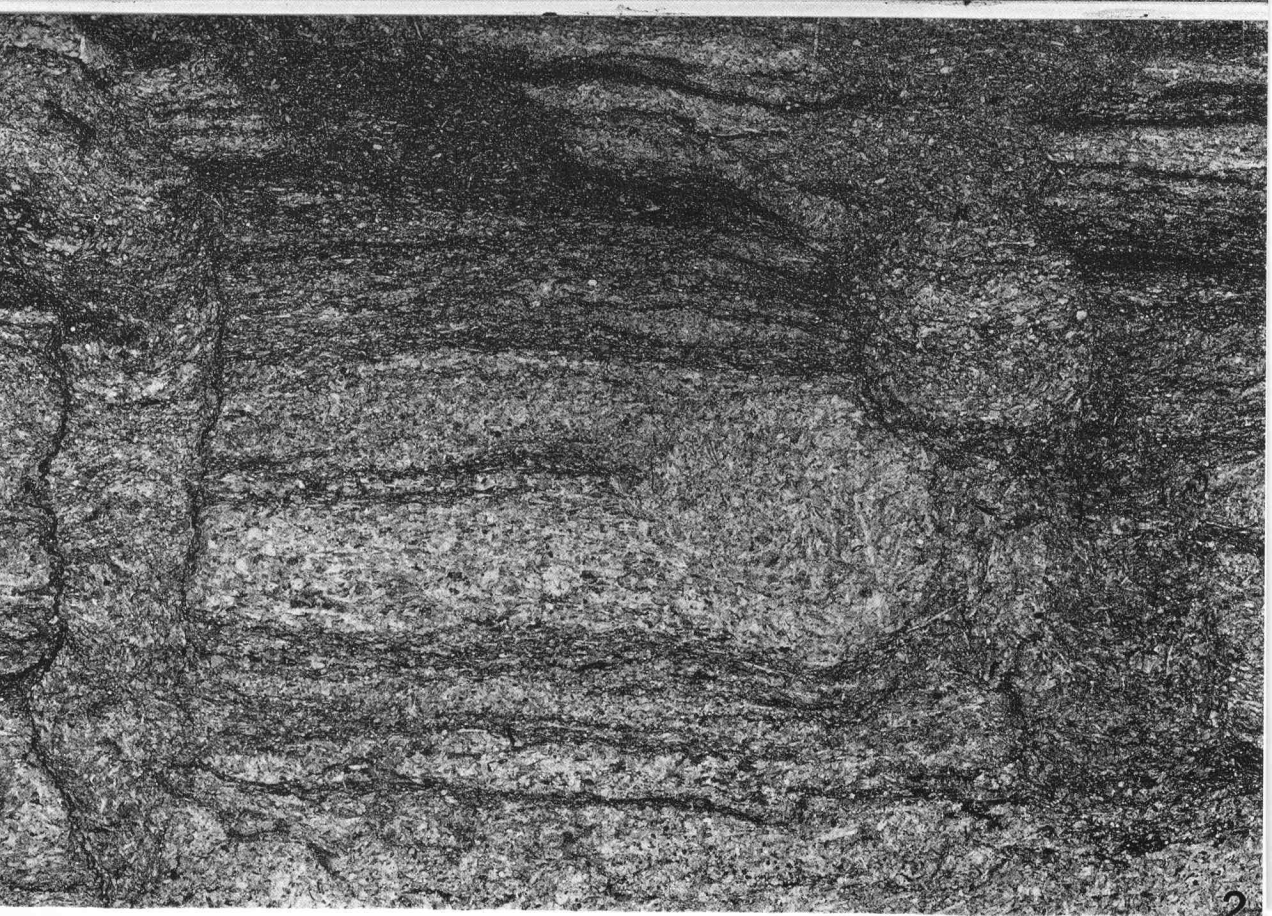
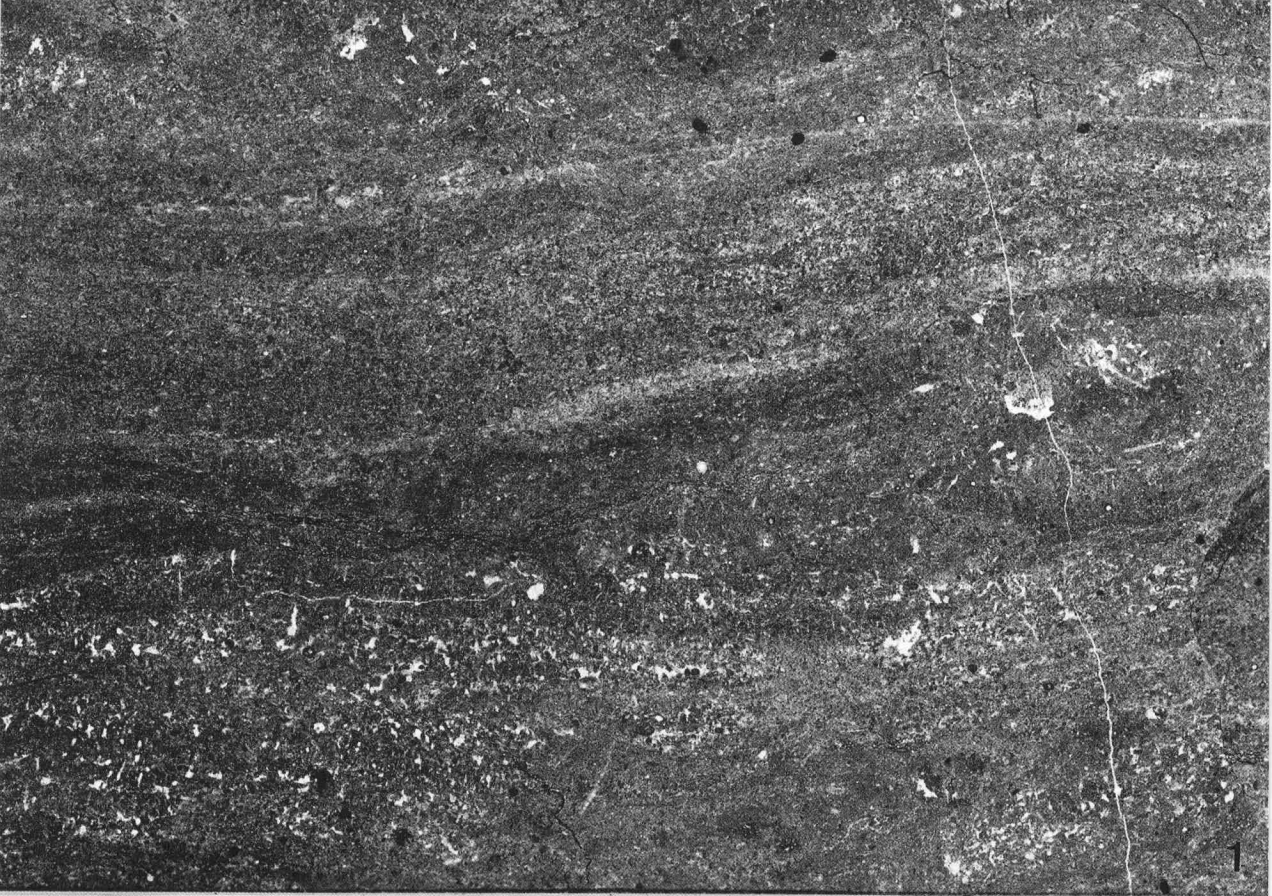
1

2

3

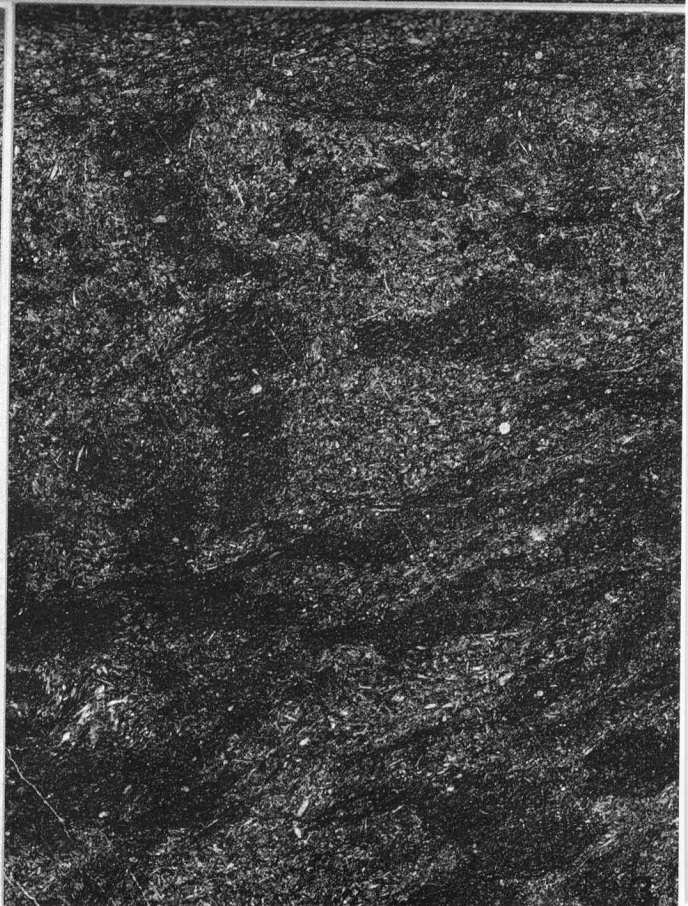
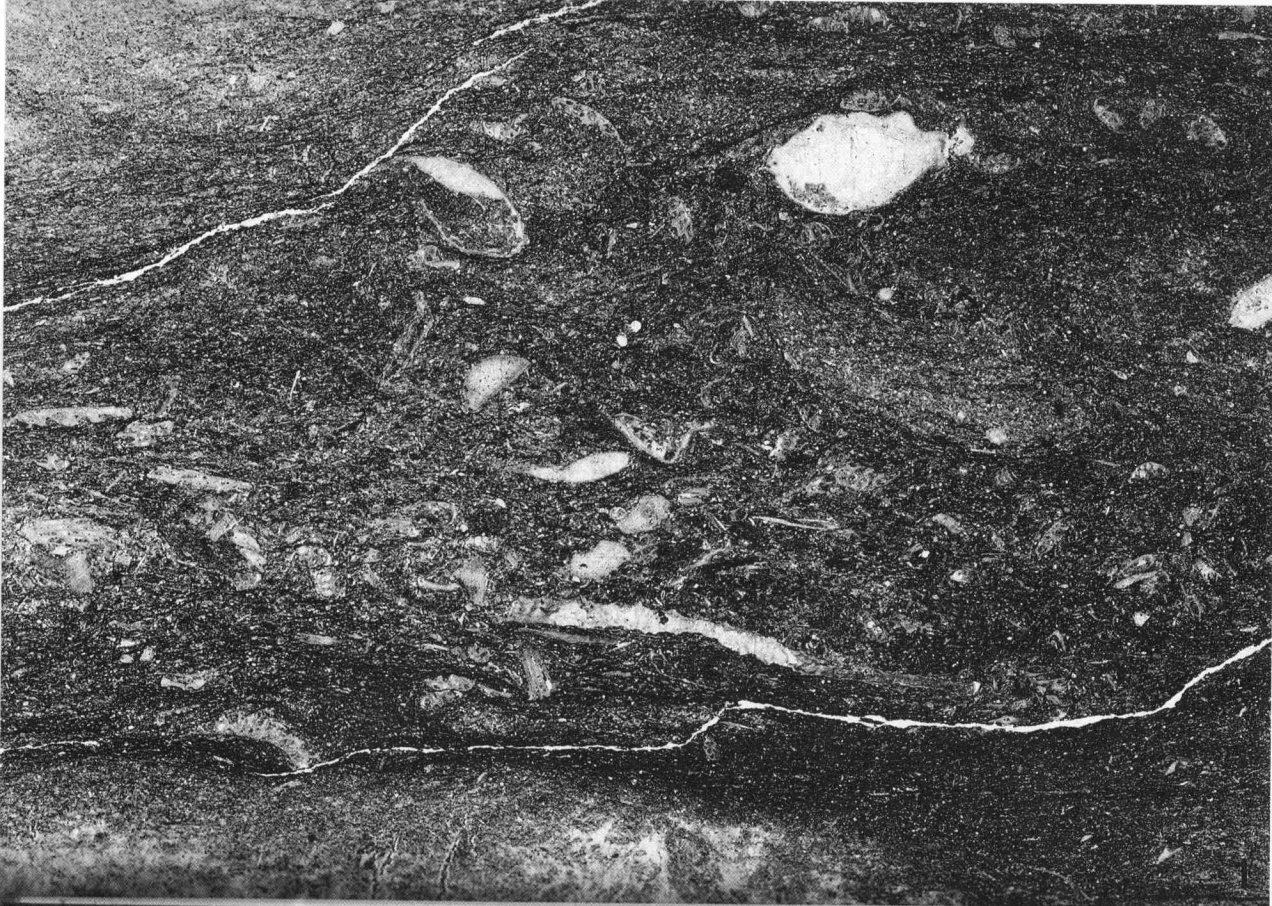
LAMINA XX

- Fig. 1.*—Caliza con laminaciones formadas por alternancia de láminas con carbonatos de tamaños diferentes, con acumulaciones de restos fosilíferos en las láminas de grano más grueso. Ocasionalmente se presentan pequeños birdeseyes. Miembro medio de la sucesión de San Pedro (M-588). X 10.
- Fig. 2.*—Microfacies correspondiente a una biomicrita con laminaciones que son destruidas por bioturbación. Miembro medio de la sucesión de San Pedro (M-584). X 10.



LAMINA XXI

- Fig. 1.*—Biomicrota constituida por fragmentos de tamaño limo de organismos inidentificables junto con otros restos mayores de braquiópodos y crinoideos. Miembro inferior de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-814). X 10.
- Fig. 2.*—Biomicrota con fragmentos de tamaño limo de organismos inidentificables. Miembro inferior de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-813). X 10.
- Fig. 3.*—Microfacies correspondiente a una biomicrota con textura bioturbada. Miembro inferior de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-853). X 10.

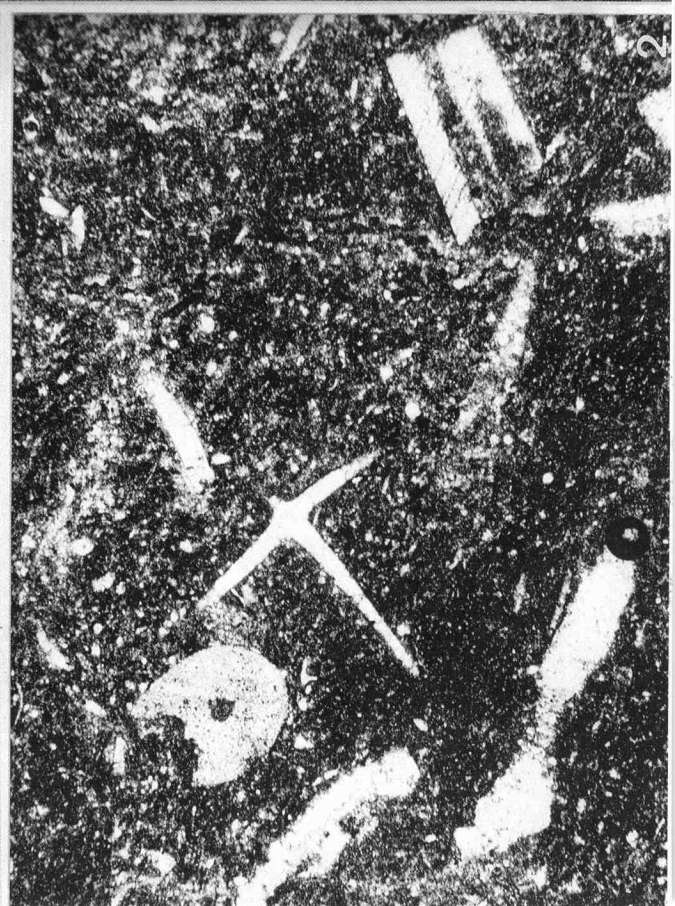
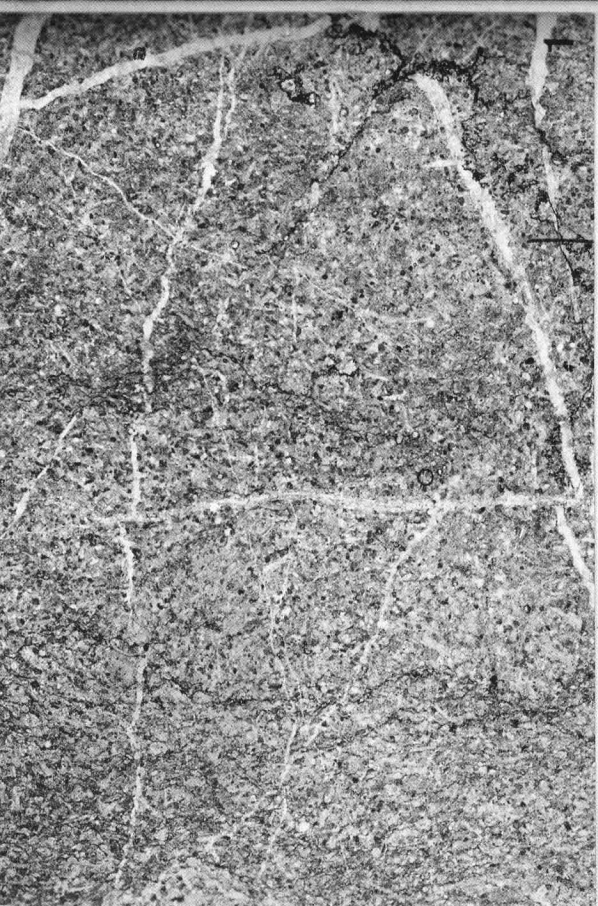
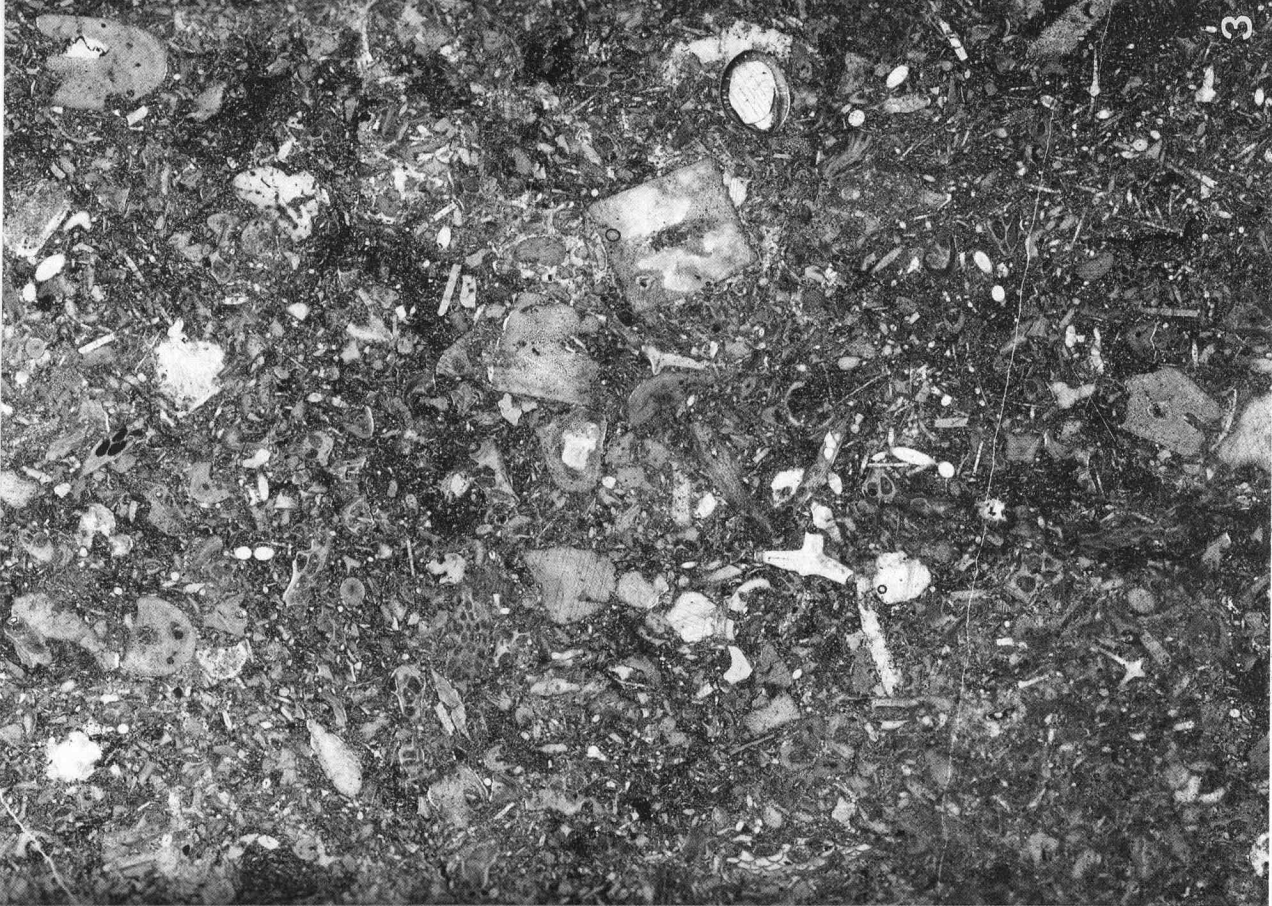


LAMINA XXII

Fig. 1.—Biopelmicrita constituida principalmente por fragmentos pequeños (0,075 mm-0,15 mm) de crinoideos. Miembro inferior de la sucesión de La Planadera (M-1192). X 10.

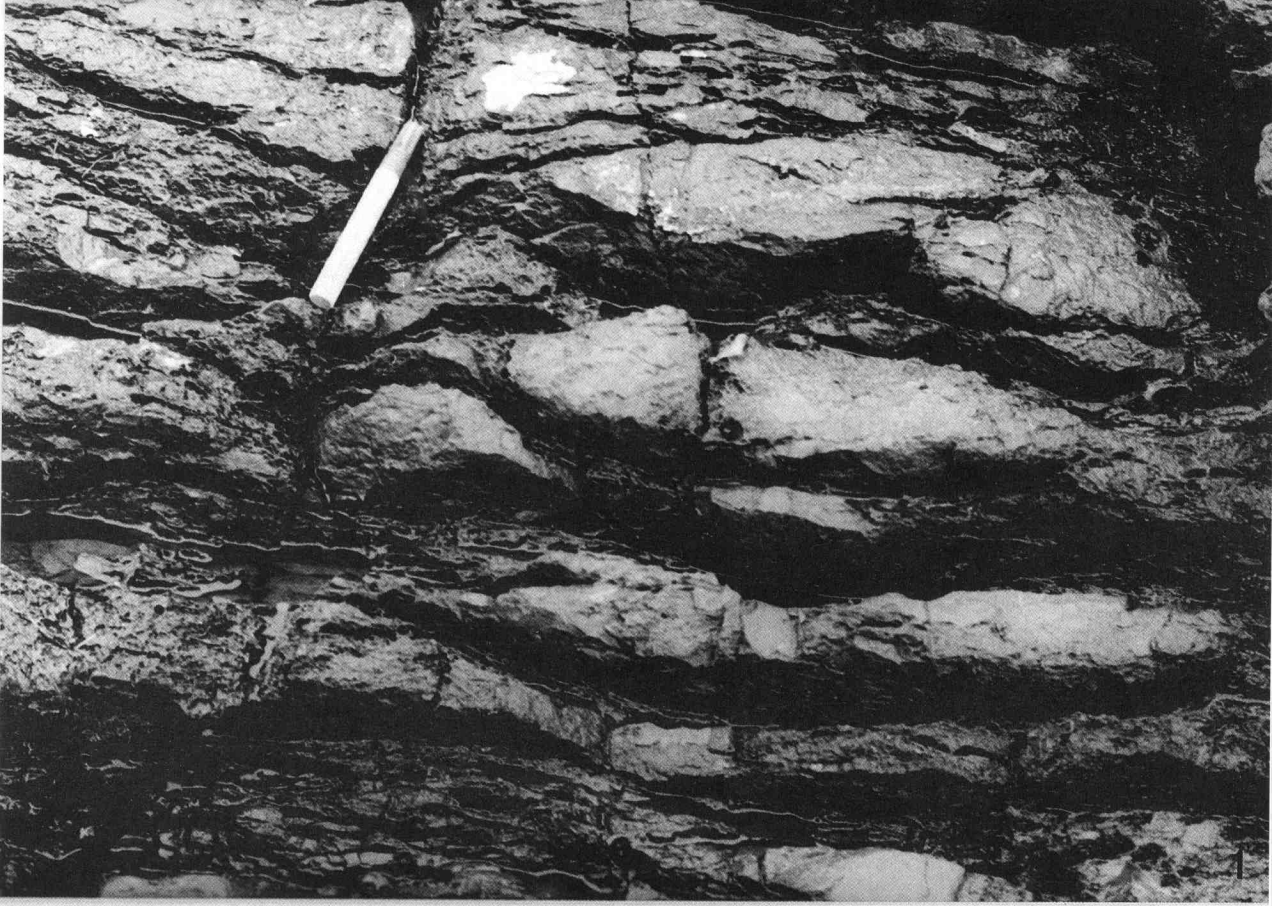
Fig. 2.—Micrita fosilífera constituida principalmente por espículas de esponjas, crinoideos y briozoos junto con otros restos. Miembro superior de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-930). X 40.

Fig. 3.—Biomicrita constituida principalmente por crinoideos, espículas de esponjas y briozoos junto con otros restos tales como trilobites y ostrácodos. Miembro superior de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-908). X 10.



LAMINA XXIII

- Fig. 1.*—Calizas amigdaloides con briozoos, corales y braquiópodos en el miembro superior de la ensenada de Moniello.
- Fig. 2.*—Microfacies correspondiente a las calizas de la fig. 1. Consiste en una micrita fosilífera formada principalmente por briozoos (M-925). X 10.



- Fig. 1.*—Aspecto de una caliza encrinítica perteneciente al miembro inferior de la sucesión de la ensenada de Moniello.
- Fig. 2.*—Biomicrota de crinoideos con briozoos y algún ostrácodo. Algunos crinoideos presentan crecimientos syntaxiales de calcita. Miembro inferior de la sucesión de La Planadera (M-1188). X 10.
- Fig. 3.*—Biosparita de crinoideos con briozoos. Miembro inferior de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-847). X 10.



2



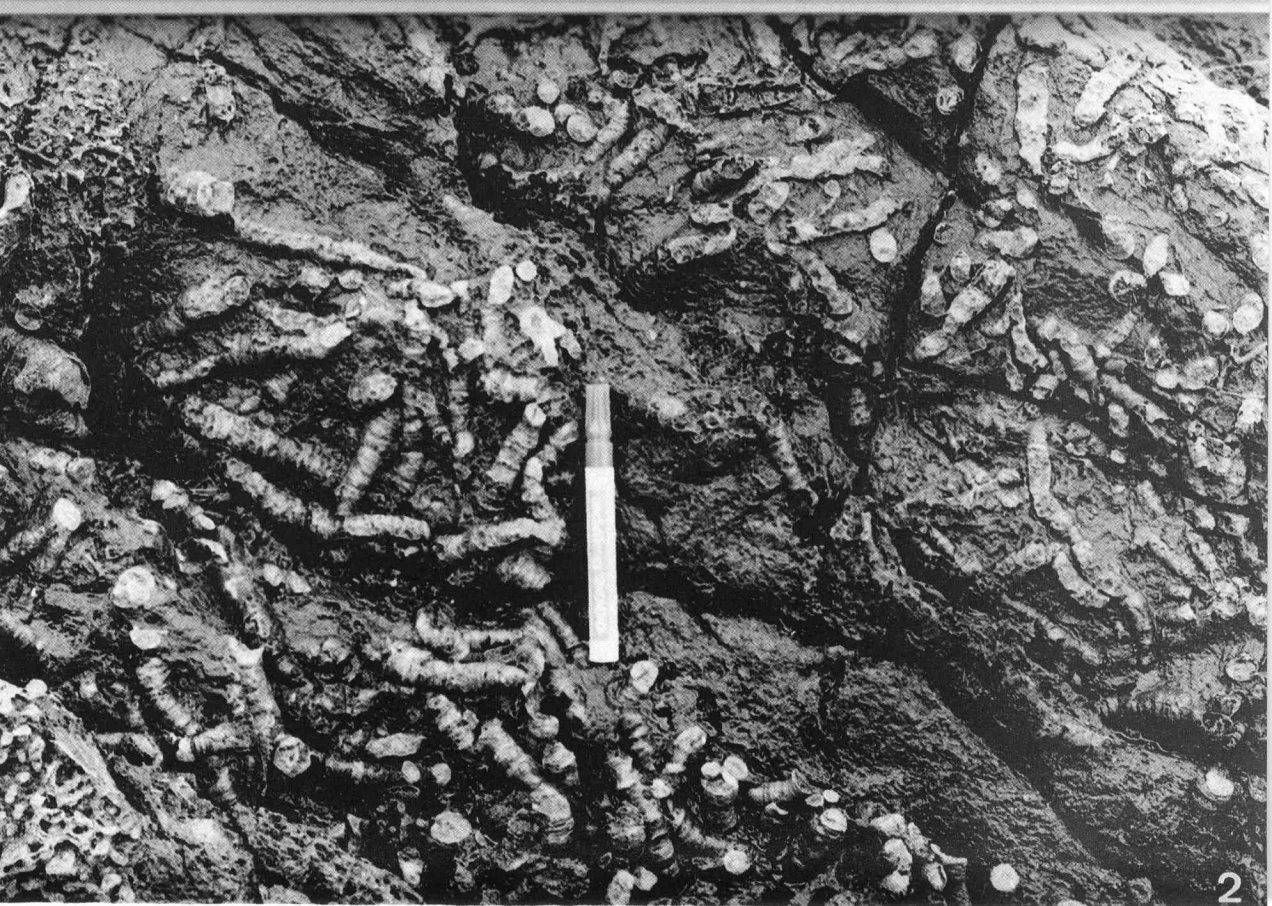
3

- Fig. 1.*—Agregados de tetracoralarios de la especie *Cystiphylloides rosiforme* TSIEN en las calizas del miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello.
- Fig. 2.*—Estromatopórido masivo en las calizas del miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello. Obsérvese las digitaciones laterales que indican retracciones debido a condiciones desfavorables en el crecimiento del estromatopórido.



LAMINA XXVI

- Fig. 1.*—Niveles con tetracoralarios del género *Synaptophyllum* en el miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello.
- Fig. 2.*—Detalle de la fig. 1 mostrando colonias de tetracoralarios faceloides.



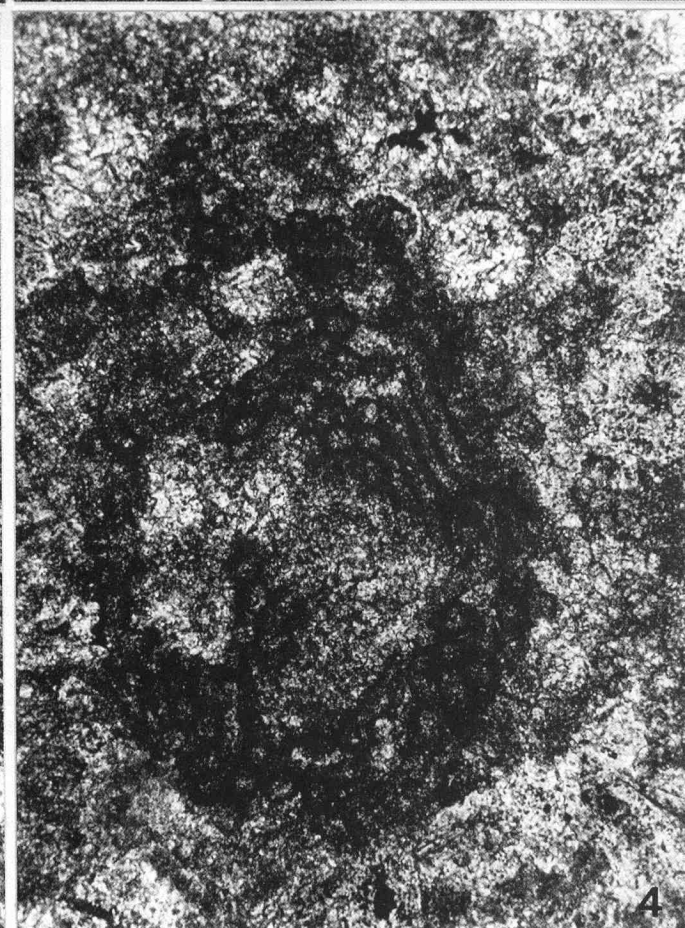
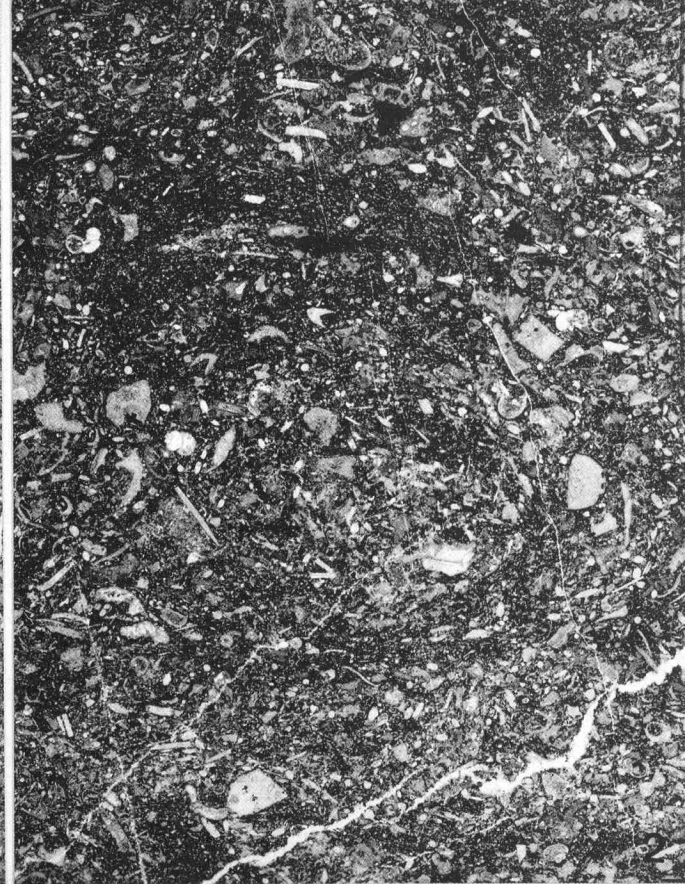
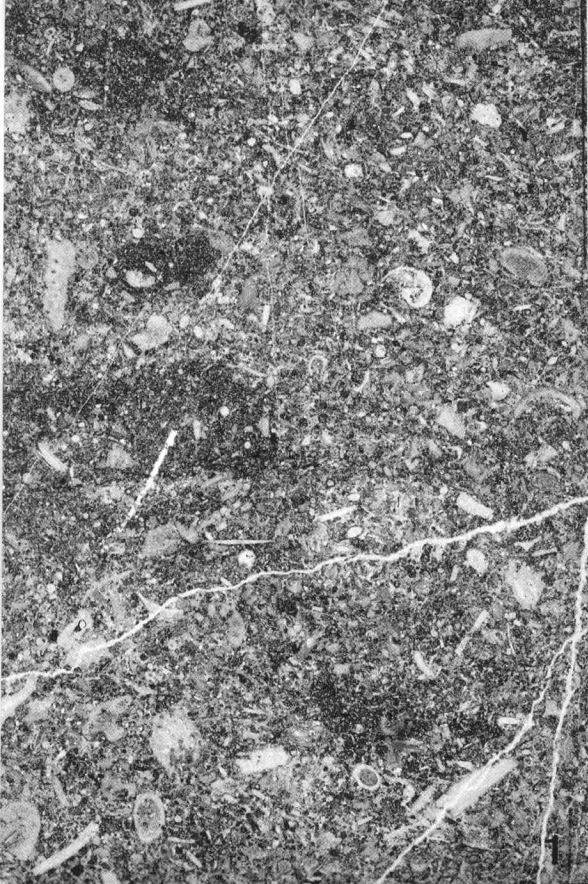
LAMINA XXVII

Fig. 1.—Biopelmicrita constituida esencialmente por crinoideos y espículas de esponjas junto con ostrácodos y algas del género *Girvanella*. Miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-872). X 10.

Fig. 2.—Biomicrita de crinoideos y espículas de esponjas, se observan además restos de briozoos, ostrácodos, entre otros. Miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-870). X 10.

Fig. 3.—Detalle de la fig. 1 mostrando filamentos tubulares sinuosos de *Girvanella*. X 125.

Fig. 4.—*Girvanella* en una biopelmicrita con algas y otros organismos del miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-900). X 125.

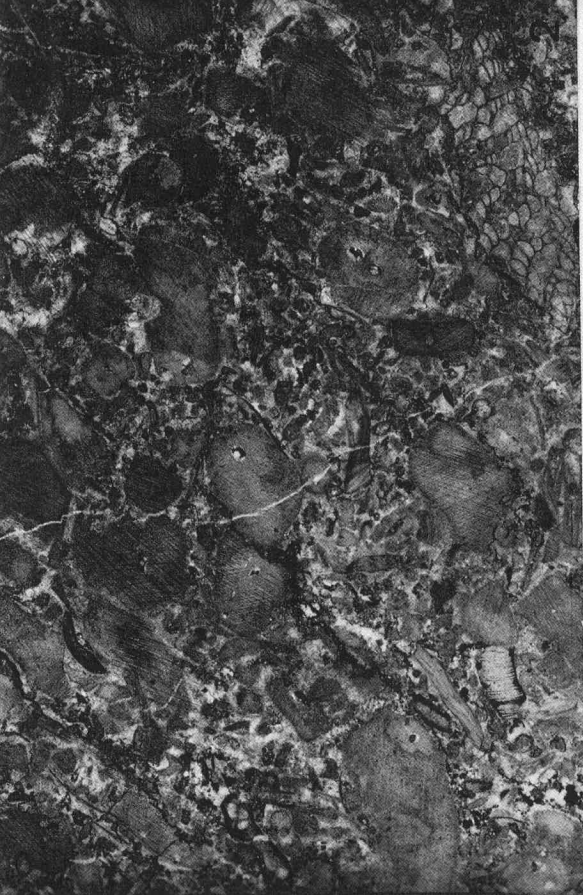


3

4

LAMINA XXVIII

- Fig. 1.*—Biopelmicrita de crinoideos con ostrácodos, trilobites, algas *Girvanella* y otras estructuras de algas indeterminables. Miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-862). X 10.
- Fig. 2.*—Biomícrita constituida por crinoideos, con crecimientos sintaxiales de calcita y briozoos. Miembro medio de la sucesión de La Riera (M-1207). X 10.
- Fig. 3.*—Algas pertenecientes a la especie *Sphaerocodium devonicum* (MASLOV) 1956 en un briozoo. Miembro medio de la sucesión de Quejo (M-724). X 125.



LAMINA XXIX

- Fig. 1.*—*Sphaerocodium devonicum* (MASLOV) 1956 incrustando a un briozoo Fenestéllido. Miembro superior de la sucesión en la ensenada de Moniello (M-948). X 40.
- Fig. 2.*—*Sphaerocodium devonicum* (MASLOV) 1956. Miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-903). X 125.
- Fig. 3.*—*Sphaerocodium* sp. asociado a un posible foraminífero incrustante *Wetheredella* sp. El conjunto se halla incrustando a un fragmento de crinoideo, y posiblemente a un briozoo ramificado. Miembro medio de la sucesión de la ensenada de Moniello (M-889). X 40.



LAMINA XXX

Fig. 1.—Aspecto de las calizas estratificadas sobre las que se asienta el «build-up» orgánico. Sucesión de Arnao.

Fig. 2.—Niveles de calizas con acumulaciones de tetracoralarios (*Synaptophyllum* sp.), junto con algún tabulado. Parte estratificada por debajo del «buil-up» orgánico. Sucesión de Arnao (AR-7).



LAMINA XXXI

Fig. 1.—Calizas con estromatopóridos, *Favosites* y *Alveolites* masivos de poco desarrollo, intercaladas con algún nivel de tetracoralarios. Parte estratificada por debajo del «build-up» orgánico. Sucesión de Arnao (AR-8).

Fig. 2.—Detalle de la fig. anterior mostrando estromatopóridos, *Alveolites* masivos y algún tabulado lamelar junto con tetracoralarios.



LAMINA XXXII

- Fig. 1.*—Calizas con estromatopóridos irregulares pequeños junto con otros, tipo «pelota de tenis», y *Alveolites* lamelares. En la matriz se presentan *Thamnopora* y crinoideos. Parte estratificada por debajo del «build-up» orgánico. Sucesión de Arnao (AR-12).
- Fig. 2.*—Calizas con estromatopóridos lamelares en la parte estratificada por debajo del «build-up» orgánico. Sucesión de Arnao (AR-12).



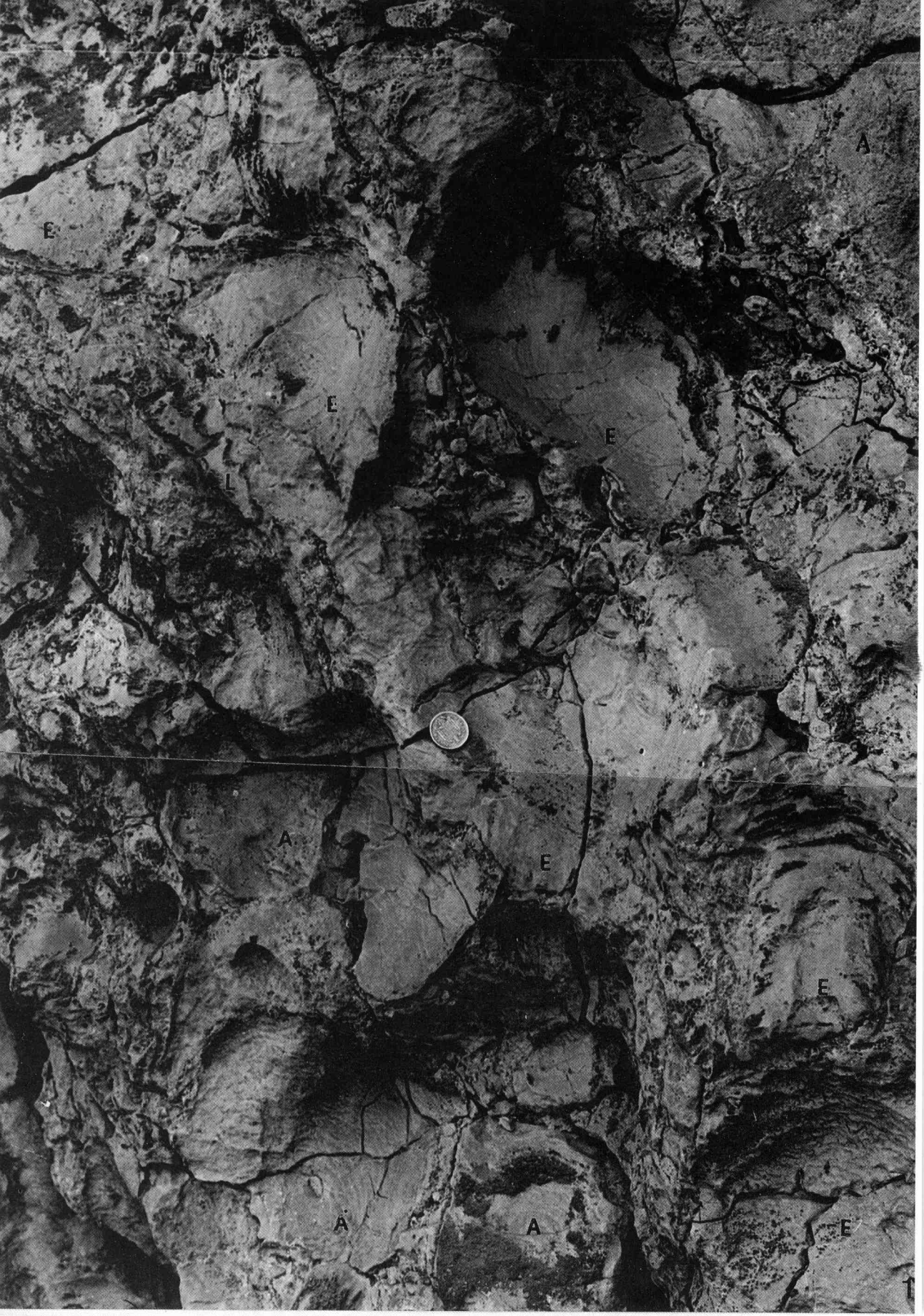
1



2

LAMINA XXXIII

Fig. 1.—Calizas con estromatopóridos (E) y *Alveolites* (A) masivos, en posición de crecimiento, junto con algún estromatopórido lamelar (L). Matriz de crinoideos, *Thamnopora* y algún *Favosites* de pequeño tamaño. Masa construida o «build-up» orgánico. Sucesión de Arnao (AR-16).



E

A

E

E

L



A

E

E

A

A

E

T

LAMINA XXXIV

Fig. 1.—Caliza con estromatopóridos masivos en posición de crecimiento en la masa construida de la sucesión de Arnao (AR-16).

Fig. 2.—Caliza con *Alveolites* masivos en la masa construida. Sucesión de Arnao (AR-16).



1



2

- Fig. 1.*—Aspecto de las calizas con estromatopóridos y *Alveolites* masivos en la masa construida de la sucesión de Arnao (AR-15 - AR-16).
- Fig. 2.*—Tramo de calizas con tabulados lamelares. Matriz predominantemente encrinítica. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-20).



LAMINA XXXVI

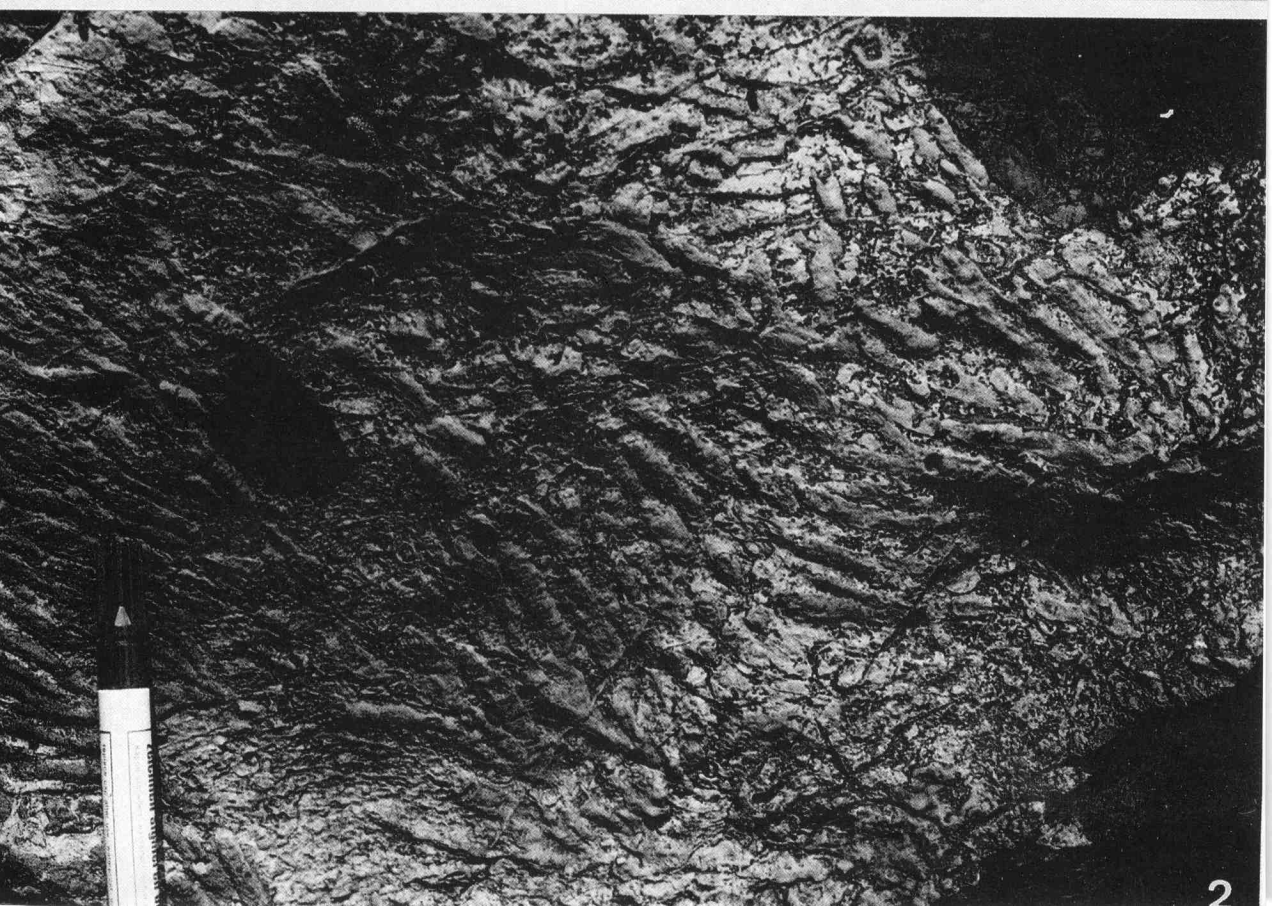
Fig. 1.—Detalle de la fig. 2 de la lámina anterior.

Fig. 2.—Tramo de calizas constituido principalmente por tabulados lamelares. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-20).



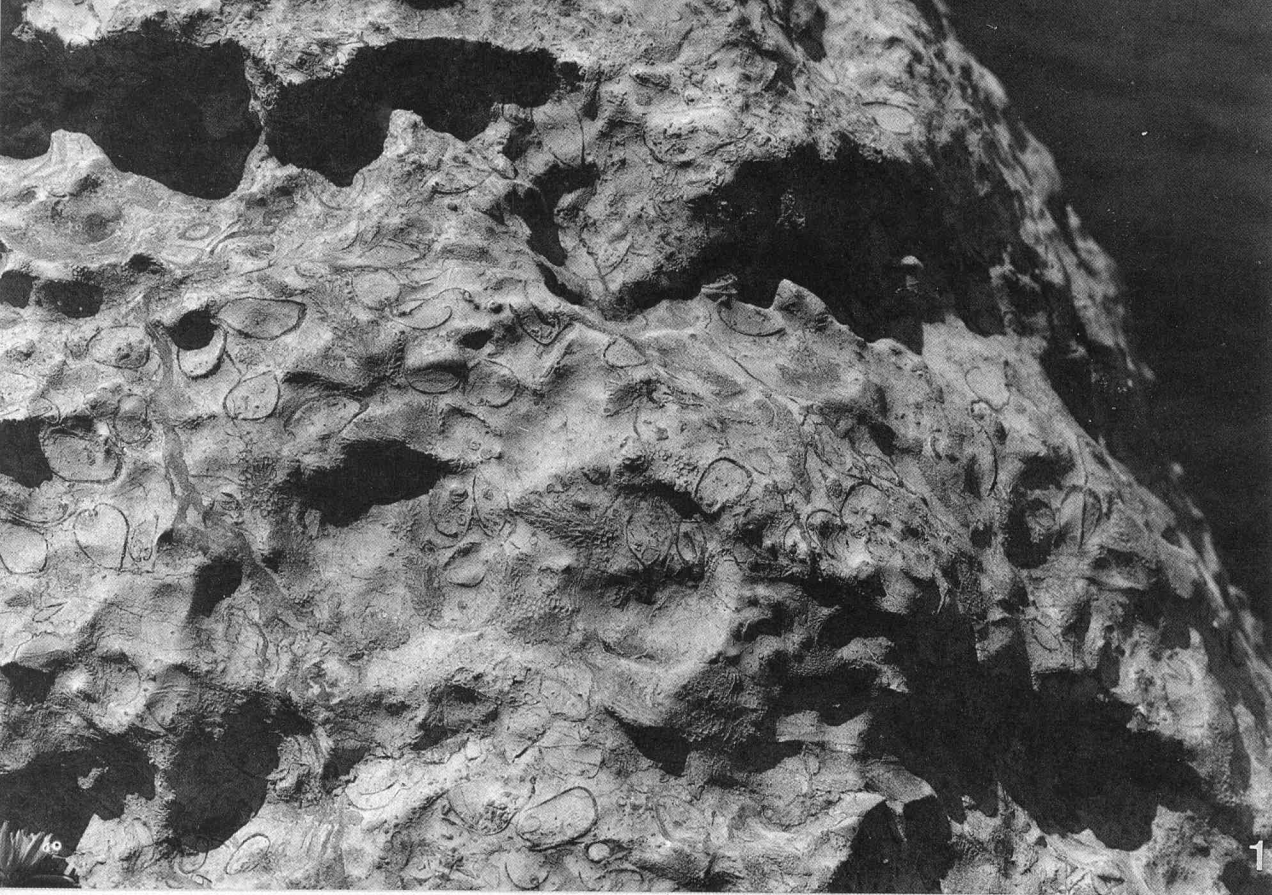
LAMINA XXXVII

- Fig. 1.*—Tramo de calizas constituidas principalmente por *Thamnopora*. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-21).
- Fig. 2.*—Colonia de tetracoralarios faceloides en la masa construida de la sucesión de Arnao (AR-22).



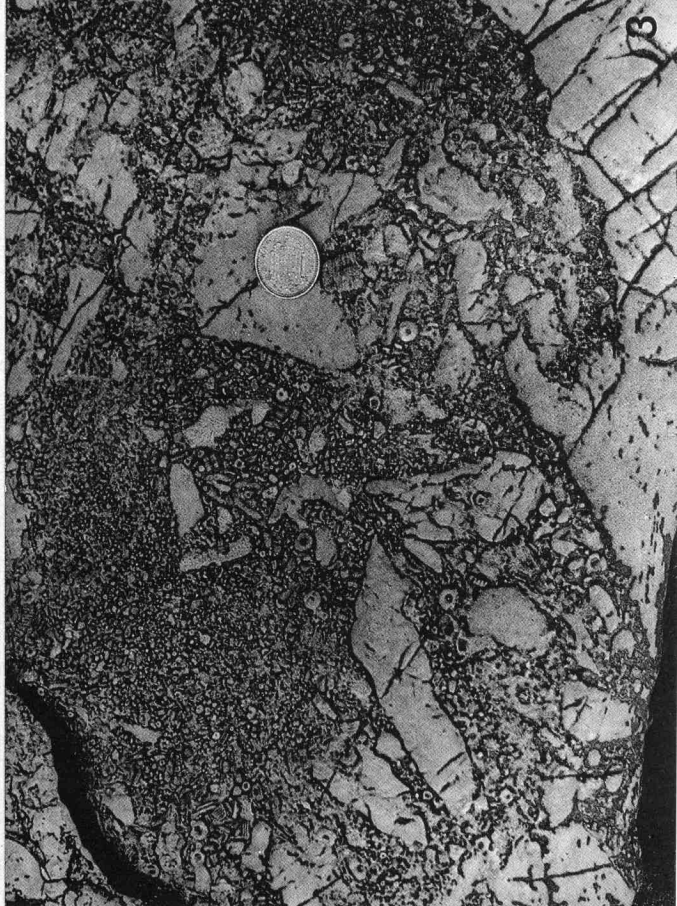
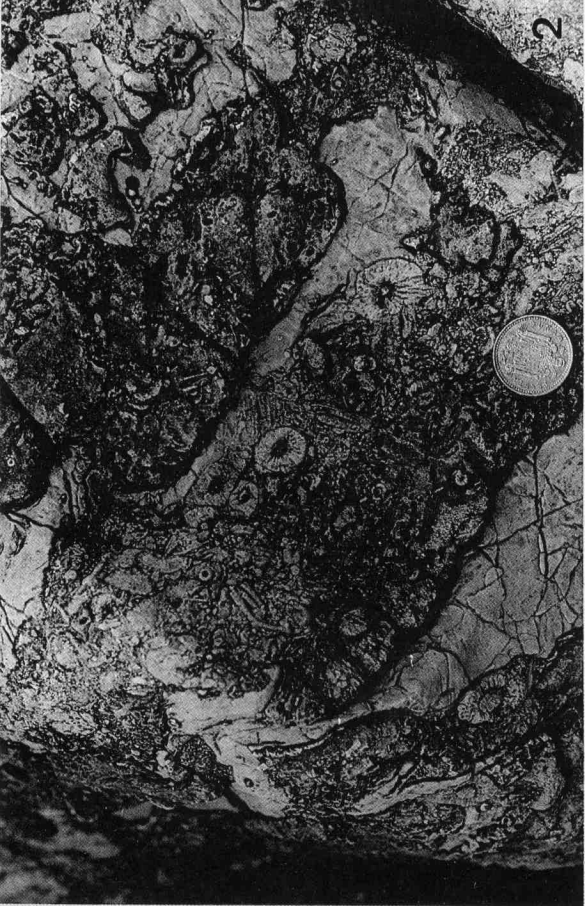
LAMINA XXXVIII

- Fig. 1.*—Tramo de calizas con braquiópodos, *Thamnopora* y gasterópodos. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-22).
- Fig. 2.*—Caliza con tetracoralarios masivos. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-24).



LAMINA XXXIX

- Fig. 1.*—Caliza con estromatopóridos masivos irregulares, con matriz encrinítica junto con algún *Thamnopora* y tabulado. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-24).
- Fig. 2.*—Relleno entre los organismos constructores, constituido principalmente por crinoideos junto con algunos fragmentos de estromatopóridos. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-29).
- Fig. 3.*—Relleno entre los organismos constructores constituido por crinoideos junto con fragmentos de *Alveolites* y estromatopóridos. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-29-30).

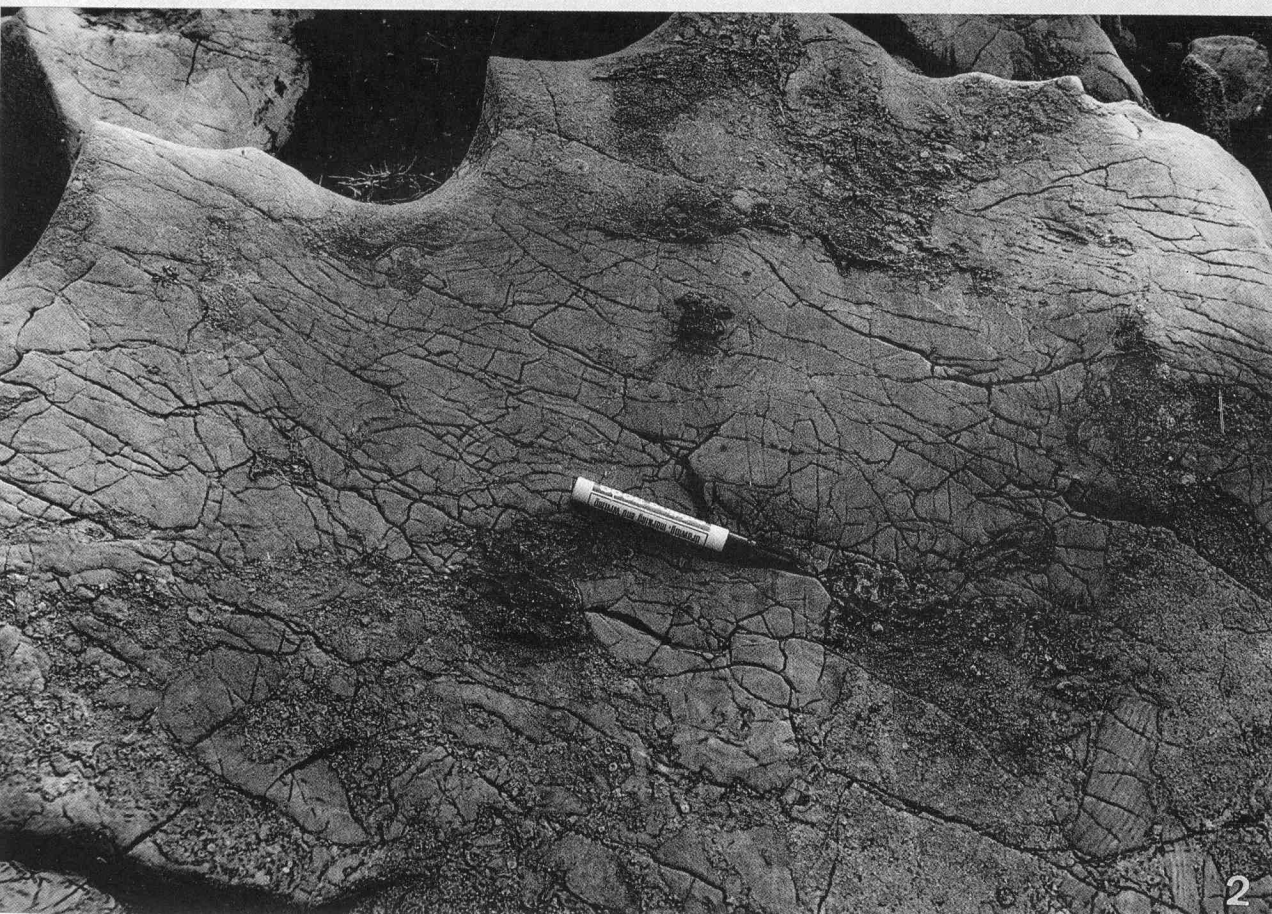


LAMINA XL

- Fig. 1.*—Caliza con estromatopóridos masivos que se encuentran en una matriz encrinítica. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-35).
- Fig. 2.*—Caliza con estromatopóridos masivos irregulares con matriz encrinítica y algún fragmento de *Alveolites* y estromatopóridos. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-34).



1



2

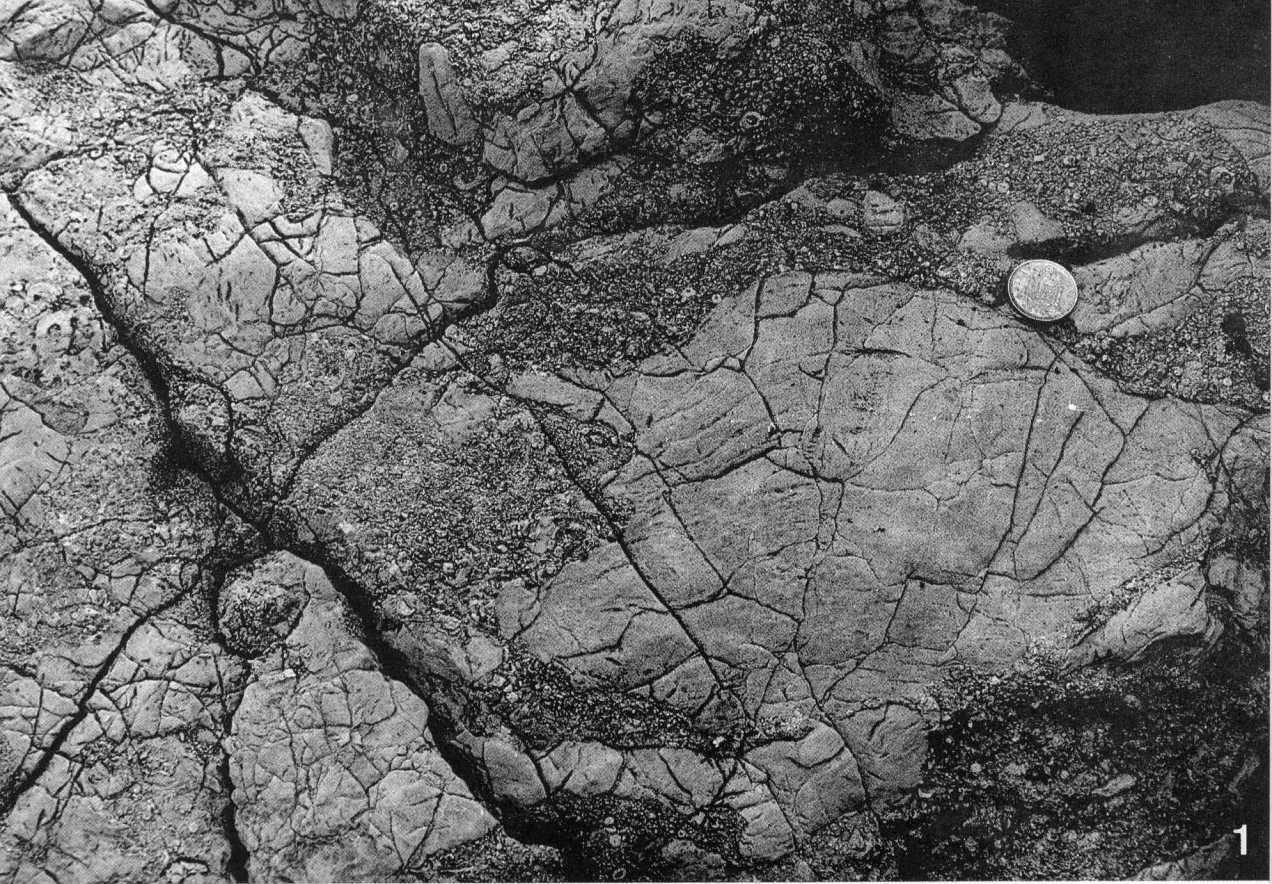
LAMINA XLI

- Fig. 1.*—Relleno entre los organismos constructores, constituido principalmente por braquiópodos, junto con crinoideos y *Thamnopora*. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-32).
- Fig. 2.*—Ejemplo de un *Alveolites* masivo (A) incrustado por un estromatopórido lamelar (E). Matriz de crinoideos y *Thamnopora*. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-39, AR-40).

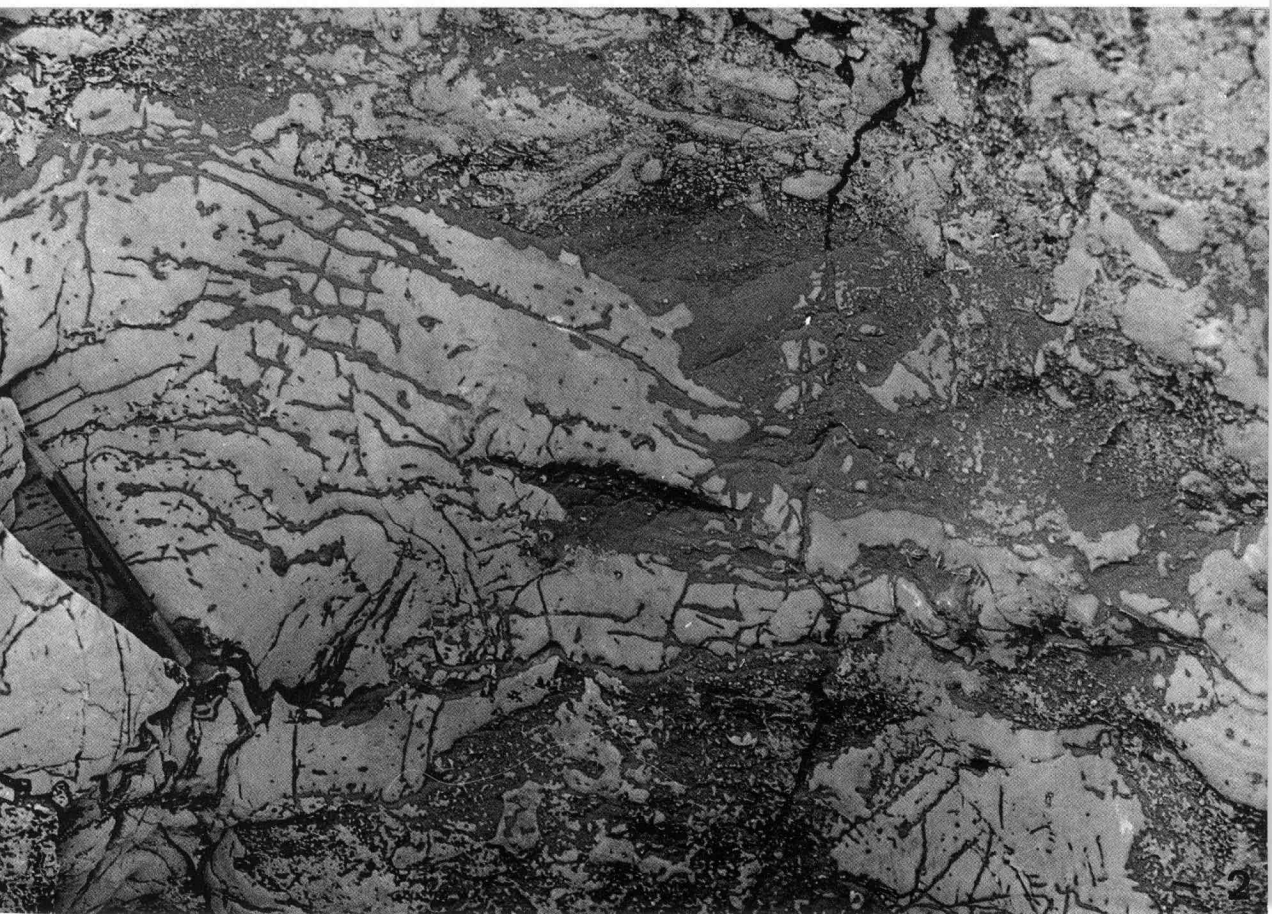


LAMINA XLII

- Fig. 1.*—Caliza con estromatopóridos masivos. Uno de los ejemplares presenta digitaciones debidas a la irregularidad en su crecimiento. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-38).
- Fig. 2.*—Caliza con estromatopóridos masivos. Obsérvese el estromatopórido en posición de crecimiento con digitaciones. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-41, AR-42).



1



LAMINA XLIII

Fig. 1.—Caliza con estromatopóridos (E) y algún tabulado (T). Matriz constituida por crinoideos y *Thamnopora*. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-41, AR-42).

Fig. 2.—Detalle de la fig. anterior en la que se muestra un estromatopórido (E) incrustado por un tabulado masivo (T).



LAMINA XLIV

- Fig. 1.*—Ejemplo de un estromatopórido masivo (E) incrustado por tetracoralarios (T) coloniales y solitarios y por *Favosites* (F). Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-41).
- Fig. 2.*—Ejemplo de incrustaciones de diversos organismos: estromatopóridos (E) incrustados por colonias de *Thamnopora* (Th) y tetracoralarios (T) coloniales. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-41).



LAMINA XLV

Fig. 1.—Colonias de *Thamnopora* en posición de crecimiento. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-40).

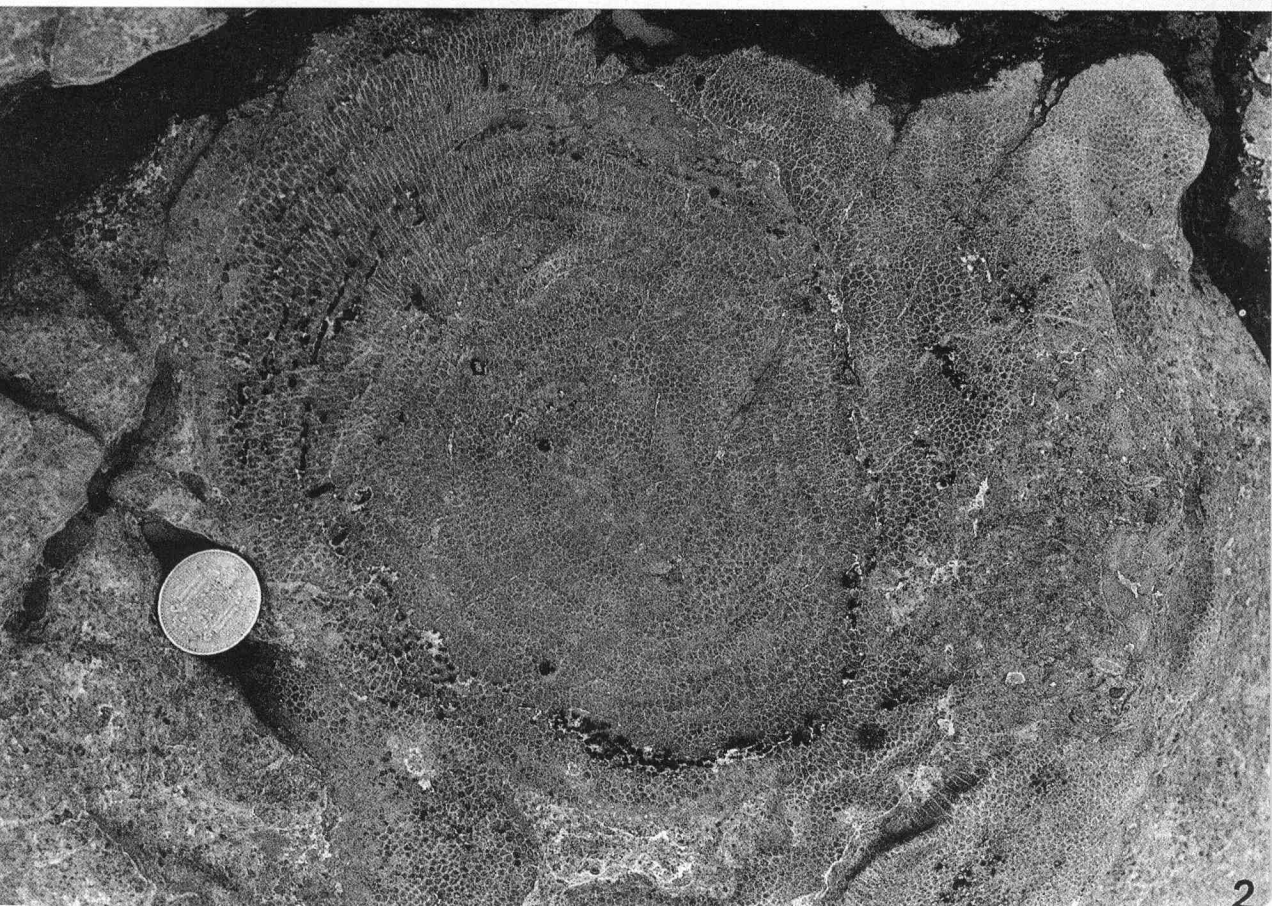
Fig. 2.—Caliza con *Alveolites* masivos. Matriz principalmente encrinítica con algún *Thamnopora*. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-45).



LAMINA XLVI

Fig. 1.—Caliza con *Favosites* (F) y algún *Alveolites* (A). Tránsito de la parte construida a las calizas estratificadas situadas por encima del «build-up» orgánico. Sucesión de Arnao (AR-50).

Fig. 2.—Caliza con *Favosites* masivos, correspondientes a las calizas estratificadas localizadas por encima de la masa construida. Sucesión de Arnao (AR-51).



1

2

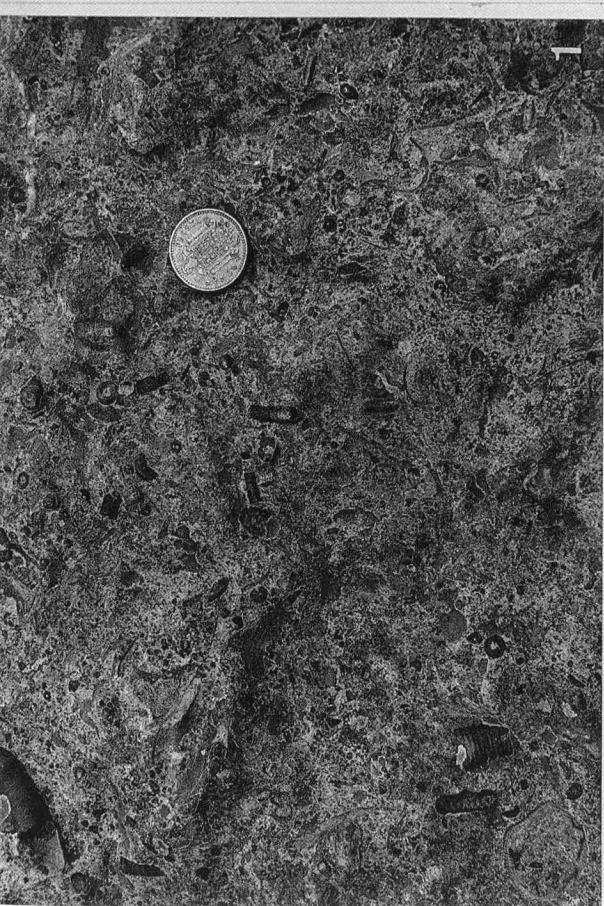
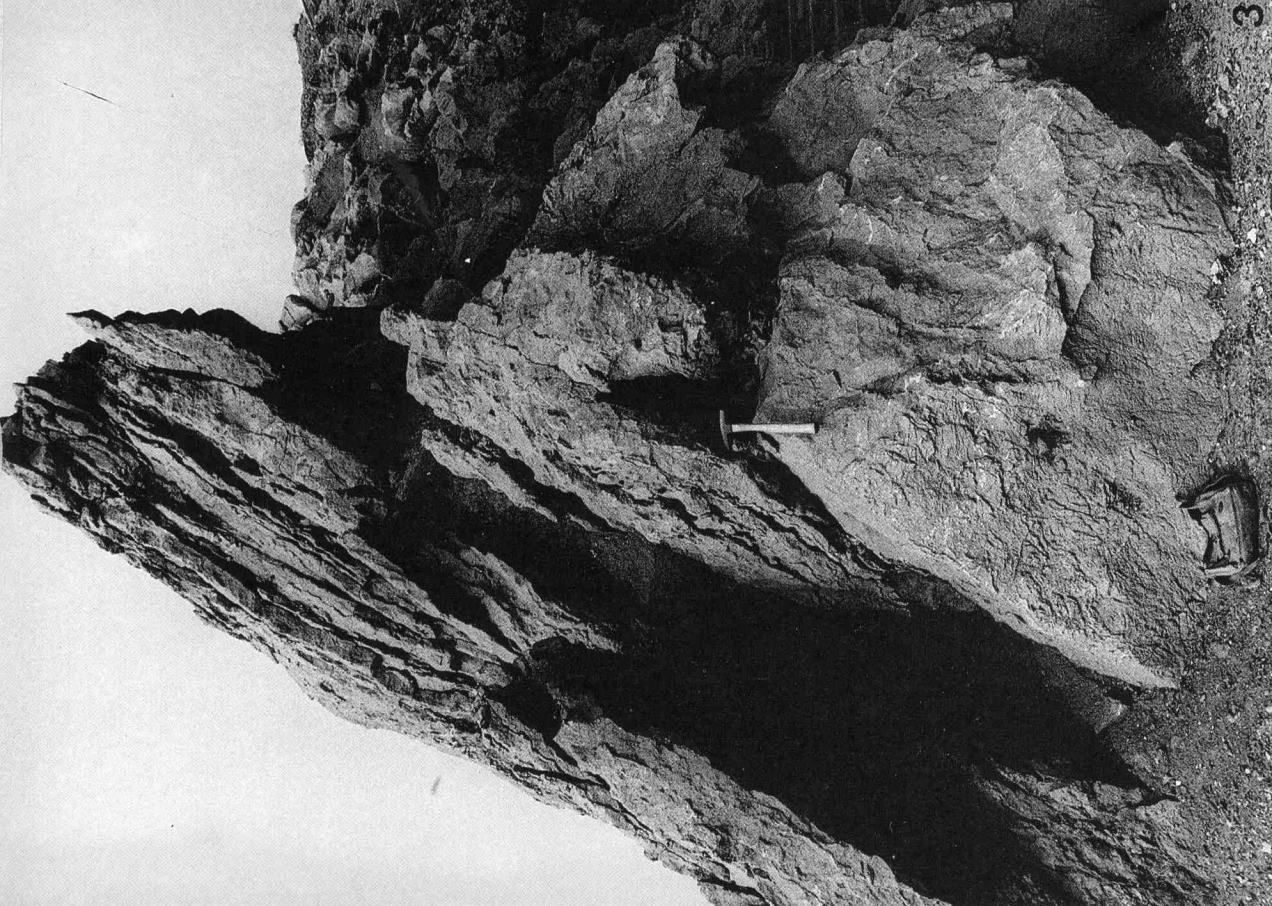
LAMINA XLVII

- Fig. 1.*—Caliza con estromatopóridos (E) y *Alveolites* (A) lamelares fragmentados. Tránsito de la masa construida a las calizas estratificadas situadas por encima del «build-up» orgánico. Sucesión de Arnao (AR-50).
- Fig. 2.*—Caliza con fragmentos de estromatopóridos (E) y *Favosites* (F). Tránsito de la masa construida a las calizas estratificadas superiores. Sucesión de Arnao (AR-50).



LAMINA XLVIII

- Fig. 1.*—Niveles con crinoideos en las calizas situadas por encima de la masa construida. Sucesión de Arnao (AR-51).
- Fig. 2.*—Caliza con braquiópodos y crinoideos. Calizas estratificadas superiores a la masa construida. Sucesión de Arnao (AR-51-52).
- Fig. 3.*—Zona de tránsito entre la masa construida y las calizas estratificadas situadas por encima de dicha masa. Sucesión de Arnao.



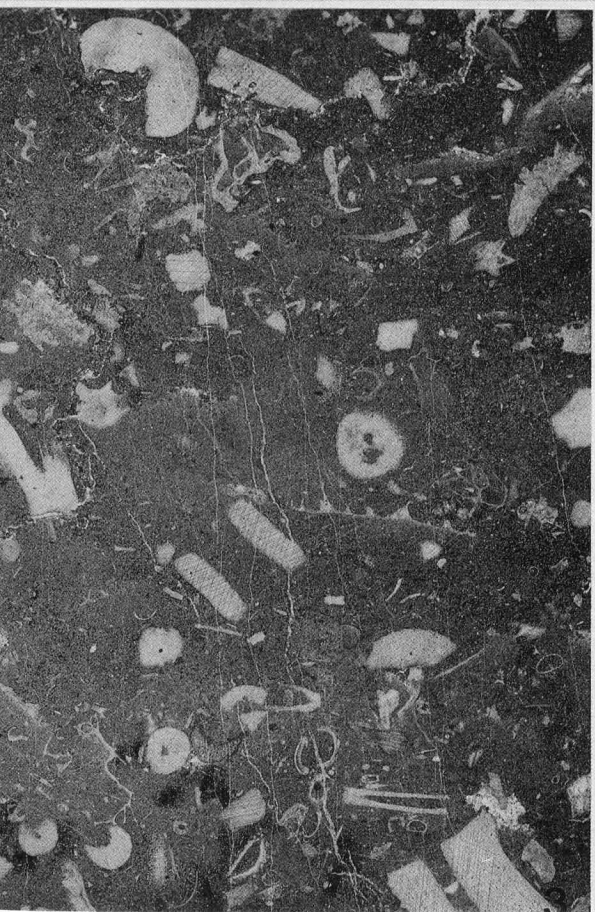
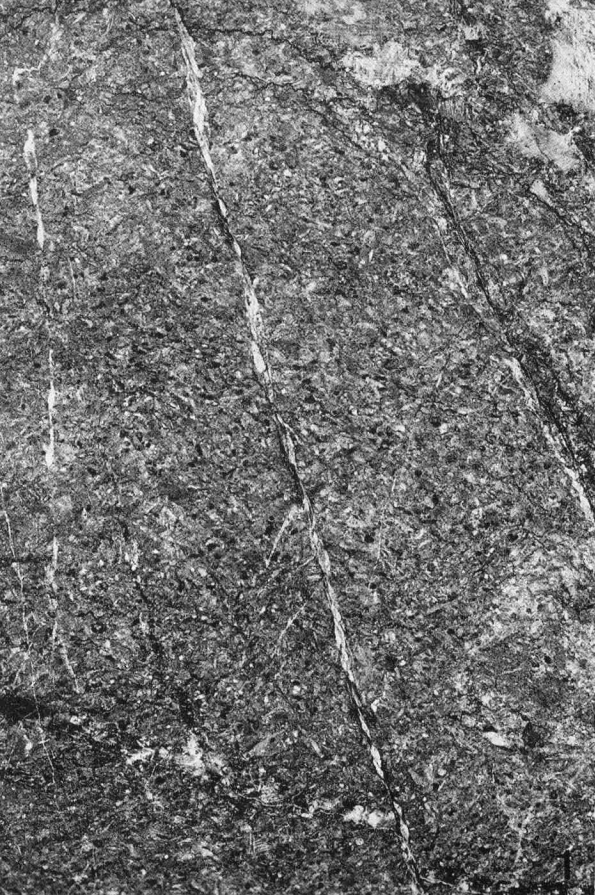
3

1

2

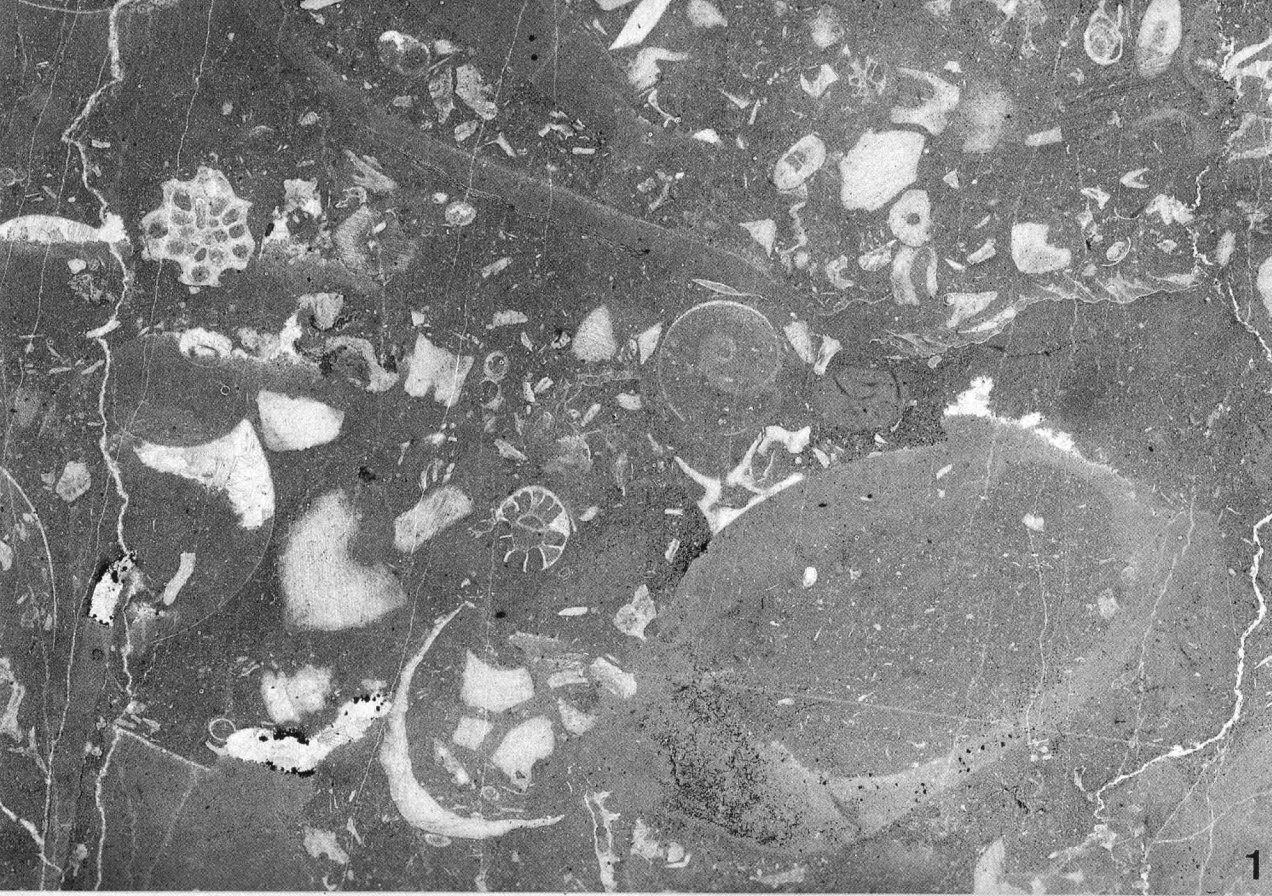
LAMINA XLIX

- Fig. 1.*—Microfacies de una caliza packstone de grano fino con restos fósiles, principalmente de crinoideos muy fragmentados. Parte estratificada por debajo del «build-up» orgánico de la sucesión de Arnao (AR-1). X 10.
- Fig. 2.*—Packstone con fragmentos de organismos de tamaño pequeño junto con otros de mayor talla. Entre los restos fósiles se pueden identificar crinoideos, braquiópodos, briozoos y algunos corales. Parte estratificada por debajo del «build-up» orgánico (AR-7). X 10.
- Fig. 3.*—Microfacies de una caliza wackestone de crinoideos principalmente y briozoos. Parte construida de la sucesión de Arnao (AR-20). X 10.
- Fig. 4.*—Grainstone constituido principalmente por crinoideos. Masa construida de la sucesión de Arnao (AR-38). X 10.

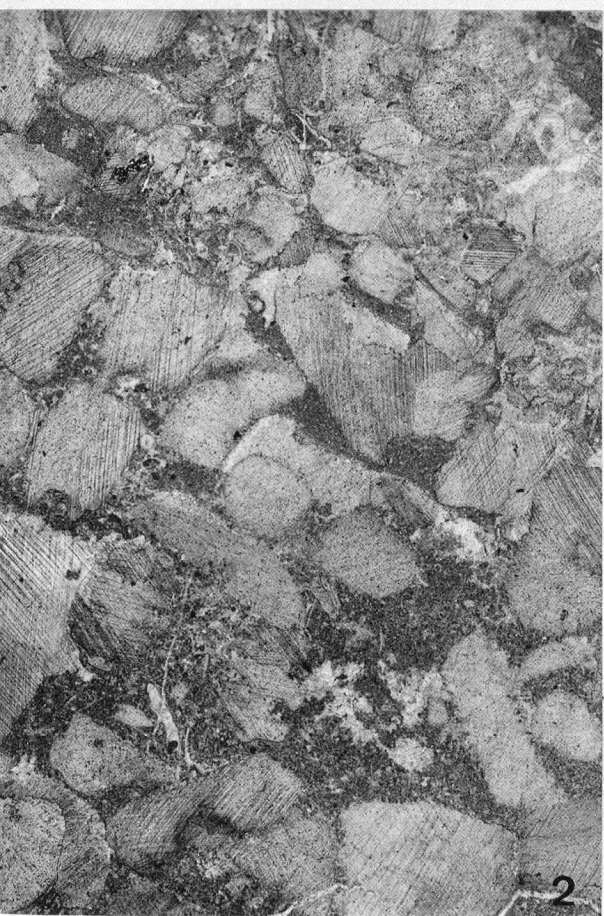


LAMINA L

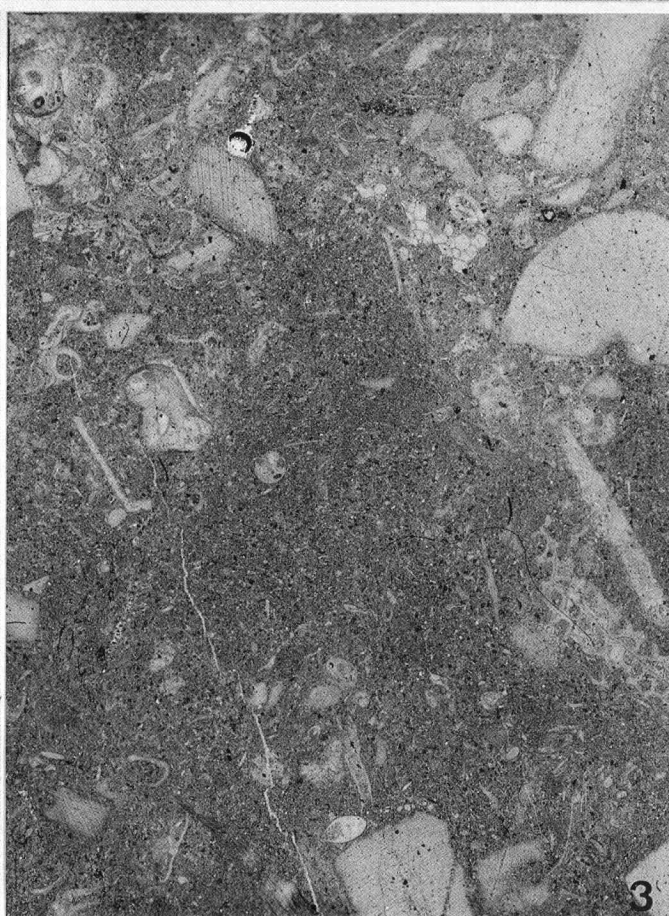
- Fig. 1.*—Microfacies de una caliza wackestone constituida por crinoideos, gasterópodos, briozoos, algunos braquiópodos, corales y algas (*Sphaerocodium*). Existen disoluciones de los caparazones de algunos organismos con posterior relleno por barro calcáreo fino. Masa construida (AR-22). X 10.
- Fig. 2.*—Packstone de grano grueso, constituido principalmente por crinoideos, algún ostrácodo y briozoos. Masa construida de la sucesión de Arnao (AR-39). X 10.
- Fig. 3.*—Wackestone de organismos fragmentados junto con otros mayores. Existen restos fósiles de crinoideos y briozoos junto con algún braquiópodo y ostrácodo. Calizas estratificadas situadas por encima de la masa construida de Arnao (AR-52). X 10.



1



2



3

LAMINA LI

- Fig. 1.*—Alga incrustante perteneciente al género *Sphaerocodium* en la masa construida de la sucesión de Arnao (AR-20). X 50.
- Fig. 2.*—*Girvanella* sp. en las calizas de la masa construida (AR-22). X 70.
- Fig. 3.*—Detalle de la lám. L, fig. 1. Se observa *Sphaerocodium* sp. incrustando un fragmento fosilífero. Masa construida de la sucesión de Arnao (AR-22). X 70.
- Fig. 4.*—*Sphaerocodium* sp. incrustando un fragmento fósil. Masa construida de Arnao (AR-32). X 50.

