

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA  
INFORMACION COMPLEMENTARIA

# **SAN MARTIN DE OSCOS**

(49) (90-05)

ESTRATIGRAFIA Y SEDIMENTOLOGIA  
DE LA FORMACION AGÜEIRA.

1.976

-20049

HOJA 09 - 05

SAN MARTIN DE OSCOS

INFORMACION COMPLEMENTARIA

DE LA FOMENTACION AGRICOLA

ESTADISTICA Y DEMOGRAFIA

-20049





-20049

INDICE

1. INTRODUCCION
2. GEOLOGIA REGIONAL
3. LA FORMACION AGÜEIRA AL E. DEL ANTICLINAL DE SAN MARTIN
  - 3.1. Características litológicas
  - 3.2. Sucesión estratigráfica
  - 3.3. Estructuras sedimentarias
    - 3.3.1. Estructuras sedimentarias internas
    - 3.3.2. Marcas en los muros de las capas
    - 3.3.3. Icnofósiles
  - 3.4. Análisis de facies
    - 3.4.1. Métodos de análisis
    - 3.4.2. Variaciones verticales de facies de la Formación Agüeira en el flanco W. del sinclinal de Pesoz
  - 3.5. Dirección de las paleocorrientes
4. LA FORMACION AGÜEIRA AL W. DEL ANTICLINAL DE SAN MARTIN
5. EL SIGNIFICADO PALEOGEOGRAFICO DE LA FORMACION AGÜEIRA
6. BIBLIOGRAFIA

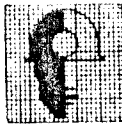


## 1. INTRODUCCION

A todo lo largo de la mitad oriental de la Zona Asturoccidental-leonesa (LOTZE, 1945) (Dominio del Navia y alto Sil de MARCOS, 1973), la sucesión estratigráfica del Paleozoico inferior viene caracterizada por la existencia de una espesa formación detrítica (Formación Agüeira) de edad, al menos en parte, Ordovícico superior.

Las características generales de esta formación fueron descritas por MARCOS (1970) en la región de Los Ocos y JARITZ & WALTER (1970) en diversas localidades a lo largo de la costa Cantábrica. Sus afloramientos y características -- fueron posteriormente establecidos con otras localidades dentro de la Zona Asturoccidental-leonesa (PEREZ-ESTAUN, 1975). Un análisis detallado de sus características sedimentológicas en localidades seleccionadas ha sido realizado por CRIMES, MARCOS & PEREZ-ESTAUN (1974).

El objeto del presente informe es realizar una síntesis de los datos existentes sobre la Formación Agüeira dentro de la Hoja de San Martín de Ocos.



## 2. GEOLOGIA REGIONAL

Dentro de la Hoja de San Martín de Oscos la Formación Agüeira se encuentra preservada en varios afloramientos situados al E. del cabalgamiento basal del manto de Mondoñedo, a ambos flancos del anticlinal de San Martín (fig. 1).

La sucesión estratigráfica presente en este área puede ser resumida en la siguiente (de abajo arriba):

I) Serie de los Cabos: alternancia de areniscas, cuarcitas y pizarras, con un nivel culminante de cuarcitas ( 2000 m).

II) Pizarras de Luarca: pizarras negras lustrosas (500-1000 m).

III) Formación Agüeira: areniscas y pizarras (> 1500 m).

Evidencias paleontológicas, procedentes tanto del ámbito de la hoja como de zonas vecinas, indican una edad Cámbrico medio-superior a Ordovícico inferior para la Serie de los Cabos (establecida con base a Trilobites en sus niveles basales y a Cruziana en el resto), Ordovícico medio para las Pizarras de Luarca (presencia de Didymograptus en sus niveles basales) y Ordovícico superior para la Formación Agüeira (con base a Braquiópodos localizados en su parte alta).

El techo en la Formación Agüeira no es visible en ningun



IMINSA

.6.



Fig. 1. Esquema geológico de la Hoja de San Martín mostrando los afloramientos de la Formación Agüeira, (en negro)



na localidad ya que se encuentra truncada bien por cabalgamientos o por la superficie de erosión. Puede señalarse no obstante, que más al S., en la vertiente leonesa de la Zona que nos ocupa, la formación se encuentra superpuesta por materiales silúricos (Llandovery inferior) (PEREZ-ESTAUN, 1974).

Como se acaba de indicar, la Formación Agüeira ocupa varios afloramientos situados a ambos flancos del anticlinal de San Martín. Al W. de esta estructura, se sitúa a lo largo de un estrecho corredor limitado por el cabalgamiento basal del manto de Mondoñedo, y al E. ocupa los núcleos de dos estructuras sinclinales (sinclinales de Pesoz y San Pedro de Agüeira). Dado que la Formación Agüeira presenta características marcadamente diferentes a uno y otro flanco del anticlinal de San Martín, en la descripción que sigue estos afloramientos serán tratados independientemente.

Todos los materiales paleozoicos existentes en la hoja de San Martín de Ocos, se encuentran afectados por una deformación importante incluyendo el desarrollo de una esquistosidad de flujo generalizada y metamorfismo de bajo grado-zona de los esquistos verdes. No obstante estos hechos no dificultan, en general, el reconocimiento de las características primarias de las rocas que componen la Formación Agüeira.



### 3. LA FORMACION AGÜEIRA AL E. DEL ANTICLINAL DE SAN MARTIN

En este sector de la Hoja, la Formación Agüeira ocupa - los núcleos de los sinclinales de San Pedro de Agüeira y Pe-  
soz. El espesor máximo visible es del orden de los 1.100 m.,  
encontrándose la formación truncada en su parte superior por  
la superficie de erosión.

#### 3.1. Características litológicas

Desde el punto de vista litológico, la Formación Agüei-  
ra se encuentra constituida por una alternancia de areniscas  
blancas o amarillentas, siltitas con la misma tonalidad y pi-  
zarras negras; en el sinclinal de San Pedro se diferencian -  
además dos gruesos niveles de cuarcitas blancas, incluso a -  
escala cartográfica.

Las areniscas están esencialmente constituidas por gra-  
nos de cuarzo, feldespatos (en menor proporción) y fragmentos  
de rocas, embebidos en una matriz arcillosa. Esta matriz, que  
en ocasiones representa más del 50% del total de la muestra,  
está formada por un agregado microcristalino compuesto por -  
moscovita, clorita y cuarzo. El tamaño medio de los granos -



detríticos es muy fino, oscilando entre la fracción "fine - sand" y "silt" en la escala de WENTWORTH. Desde el punto de vista petrográfico, estas rocas pueden ser consideradas como grauwackas.

Los niveles pizarrosos que alternan con estas areniscas, no ofrecen ninguna particularidad, tratándose de pizarras ne gras comparables a las Pizarras de Luarca.

### 3.2. Sucesión estratigráfica

La figura 2 muestra la sucesión estratigráfica de la - Formación Agüeira en ambos flancos del sinclinal de San Pe-- dro y en el flanco W. del sinclinal de Pesoz. En ellas se di ferencian cuatro términos litológicos, desde grauwackas a pe litas. En estas columnas destacan claramente las variaciones tanto en sentido lateral como vertical que presenta la forma ción, y que dificultan el establecimiento de correlaciones - incluso en medias distancias.

### 3.3. Estructuras sedimentarias

Las areniscas de la Formación Agüeira poseen las carac-





terísticas usuales en una turbidita, incluyendo flute y groove casts y una secuencia ordenada de estructuras sedimentarias internas de acuerdo con el modelo de facies turbidíticas de BOUMA (1962) (MARCOS, 1970, 1973; CRIMES, MARCOS & PEREZ-ESTAUN, 1974). En los apartados que siguen comenzaremos describiendo las principales estructuras sedimentarias internas para referirnos después a las marcas en los muros de las capas.

### 3.3.1. Estructuras sedimentarias internas

Como es habitual en una secuencia turbidítica, diferentes tipos de estructuras sedimentarias internas son frecuentes en las capas de areniscas. Entre las más comunes, destacan la granoclasificación, laminación paralela, laminación entrecruzada, "convolute lamination" y "slumps".

La granoclasificación es particularmente abundante en la parte baja de la formación, donde se sitúan las capas más próximas, aunque puede observarse a lo largo de toda ella. A escala del afloramiento es, a veces, difícilmente apreciable aunque, en algunos casos, se manifiesta por un oscurecimiento

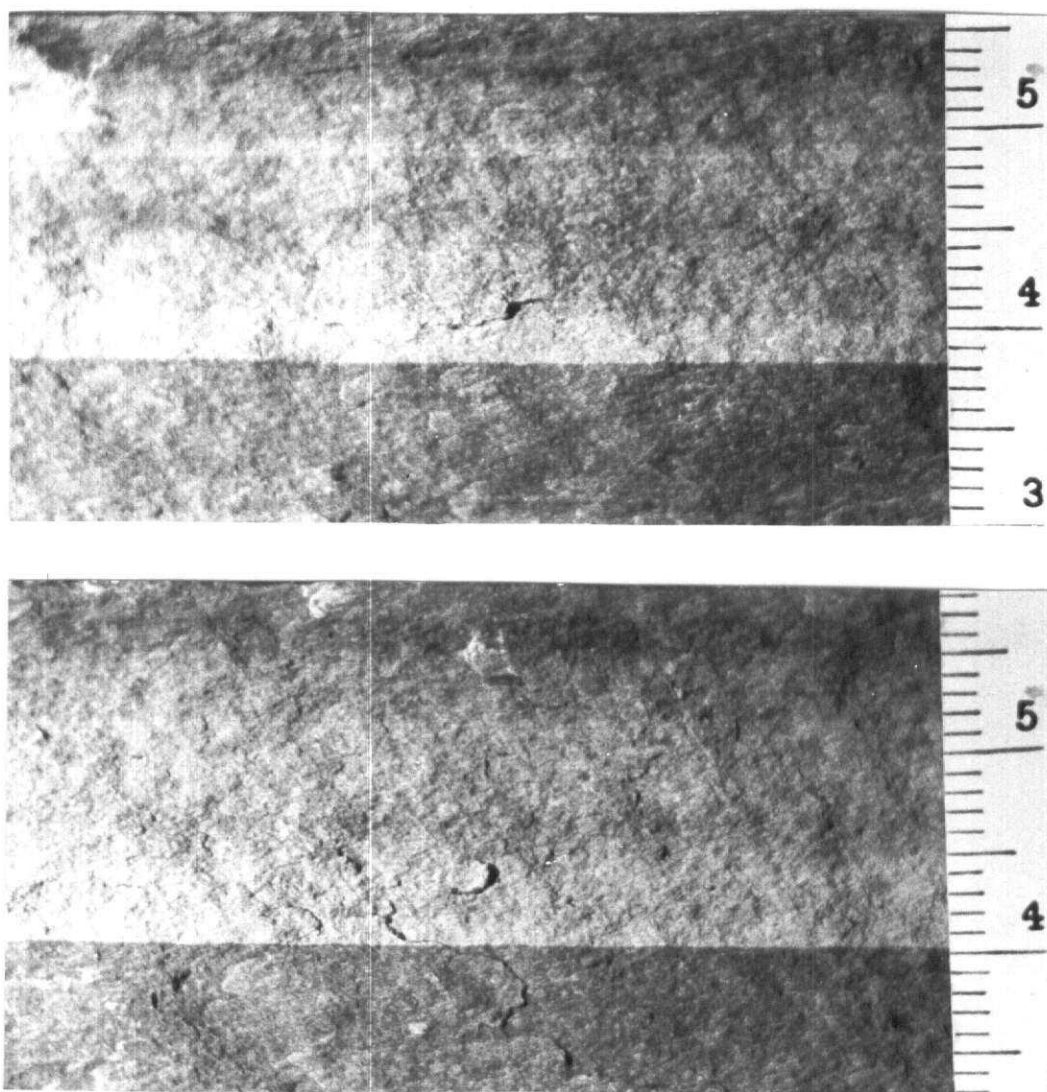


progresivo de la capa hacia la parte superior (lámina I). A escala microscópica, es, sin embargo, claramente visible (lámina II). La laminación paralela viene dada por una fina alternancia de niveles más o menos pelíticos, y es mucho más abundante que la anterior estructura. Resulta evidente en la observación de las rocas en el campo (lámina III), al igual que en las láminas delgadas (lámina IV).

La laminación entrecruzada es siempre del tipo "ripple drift" (lámina V), no existiendo nunca laminaciones cruzadas a gran escala. "Convolute lamination" y "slumps" son estructuras presentes en la Formación Agüeira (láminas VI y VII), si bien no son muy frecuentes y se presentan solamente a escala muy pequeña, no siendo apreciables en el campo.

Otras estructuras sedimentarias internas presentes en las areniscas son "mud clast" (lámina VIII) y bioturbación (lámina IX). En general, se observa que la bioturbación es más frecuente en los niveles más distales, siendo prácticamente nula en los proximales.

Como es habitual en toda secuencia turbidítica, estas estructuras se encuentran ordenadas, de acuerdo con el modelo siguiente, según el clásico modelo de BOUMA (1962) (de arriba abajo):

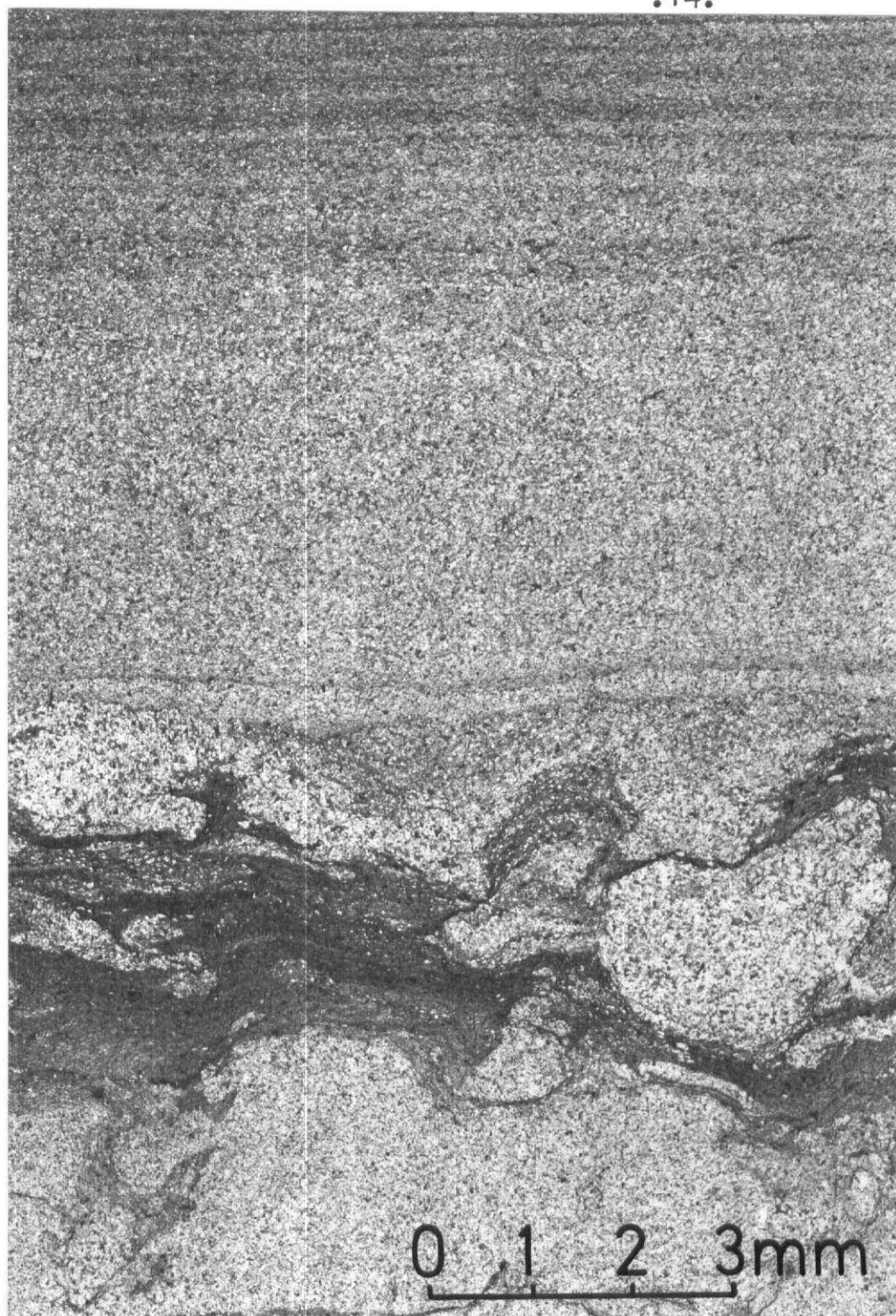


Lám. I. Niveles con granoclasificación. Carretera de Grandas de Salime a Pesoz, entre los Km 66 y 68. Parte alta de la Formación. Según MARCOS (1970).

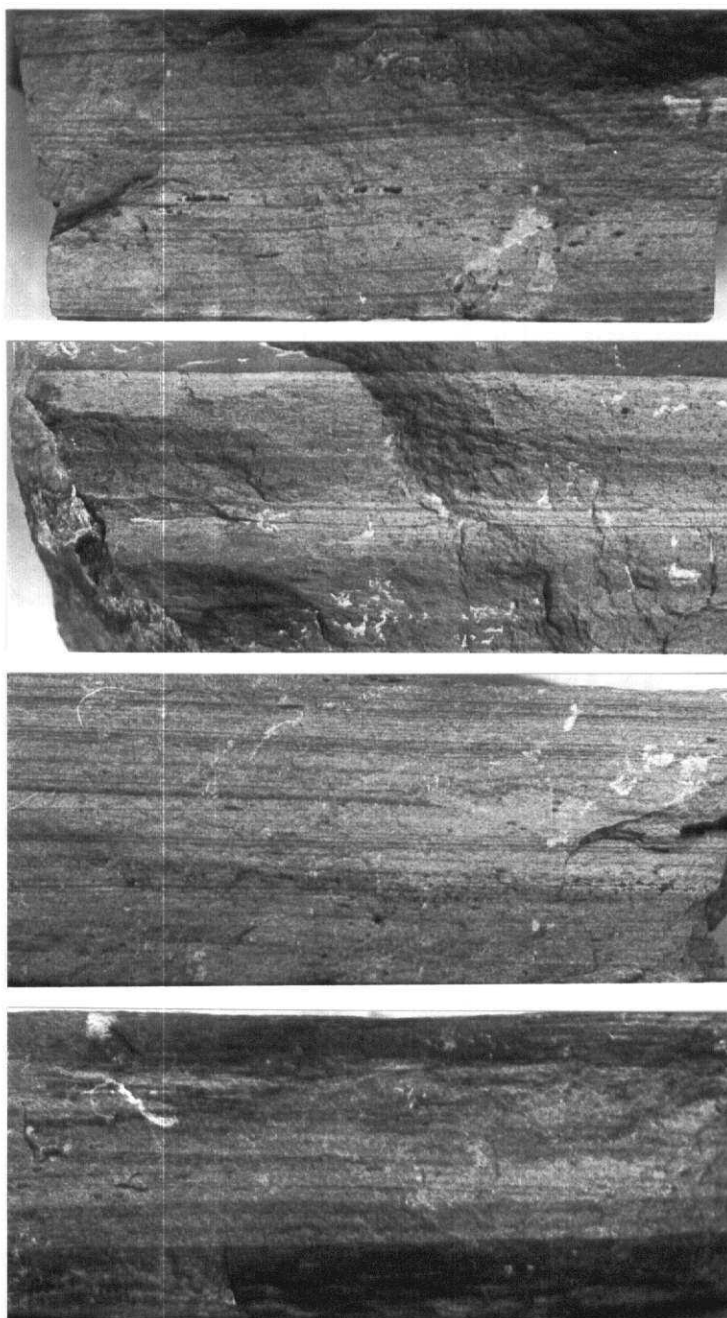
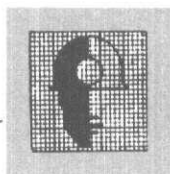


IMINSA

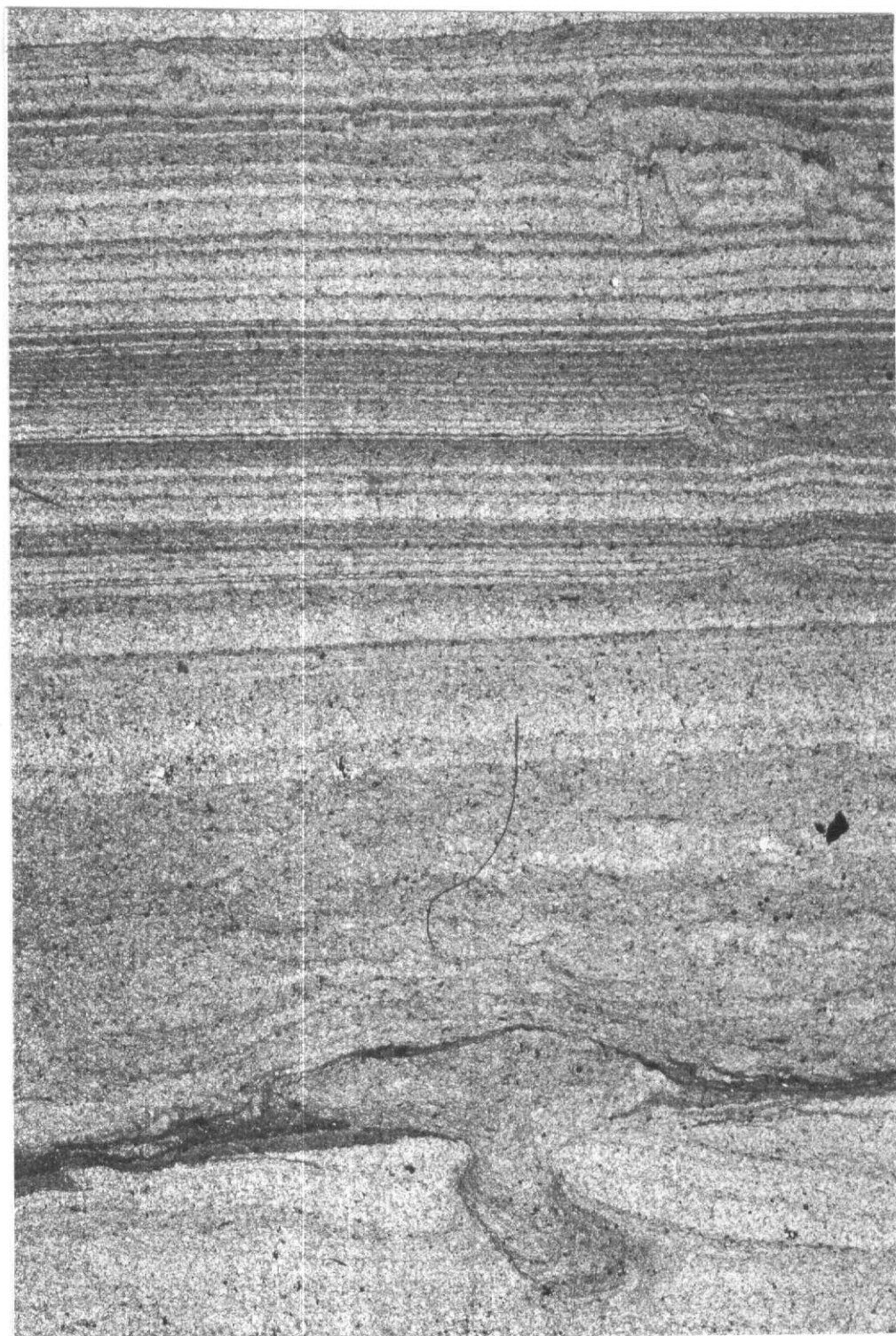
.14.



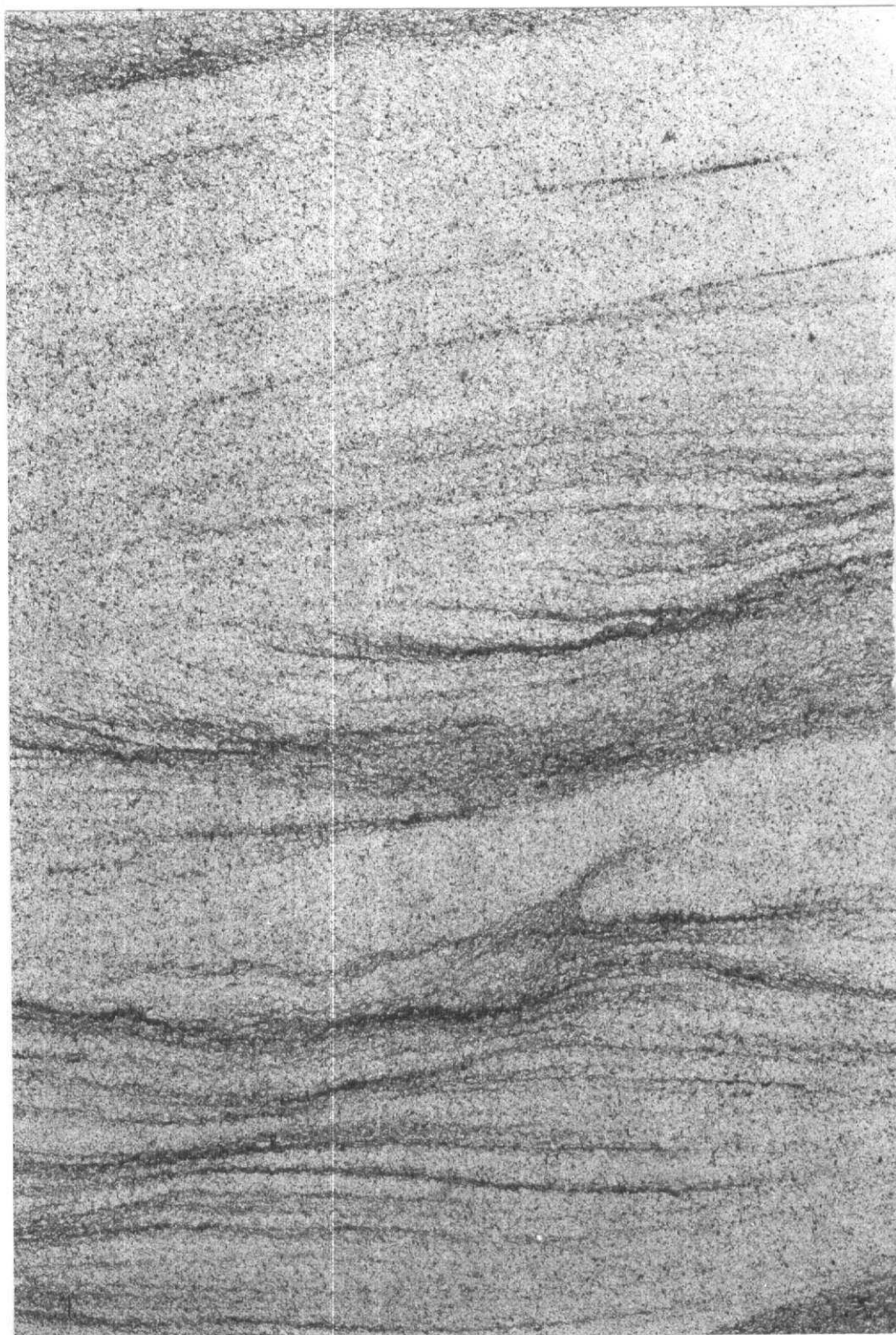
Lám. II. Divisiones de granoclasificación y laminación paralela sobre "slumps". Parte media de la Formación. Km 65 (aprox.) de la carretera de Grandas de Salime a Pesoz. Según MARCOS (1970).



Lám. III. Laminación paralela en las areniscas. Diversas localidades a lo largo de la carretera de Pesoz a San Martín de Oscos. Fotografías de campo a tamaño natural.



Lám. IV. Secuencia formada por las divisiones A y B. Parte superior de la Formación Agüeira, en el sinclinal de Pesoz (X 9). Según MARCOS (1973).



Lám. V. División C en areniscas de la Formación Agüeira. Parte media de la sucesión, en el sinclinal de Pesoz - (X 8).



Lám. VI. Convolute lamination en el techo de una capa de arenisca. Carretera de Pesoz a San Martín de Oscos, cerca del puente sobre el río Agüeira. Según MARCOS (1973).

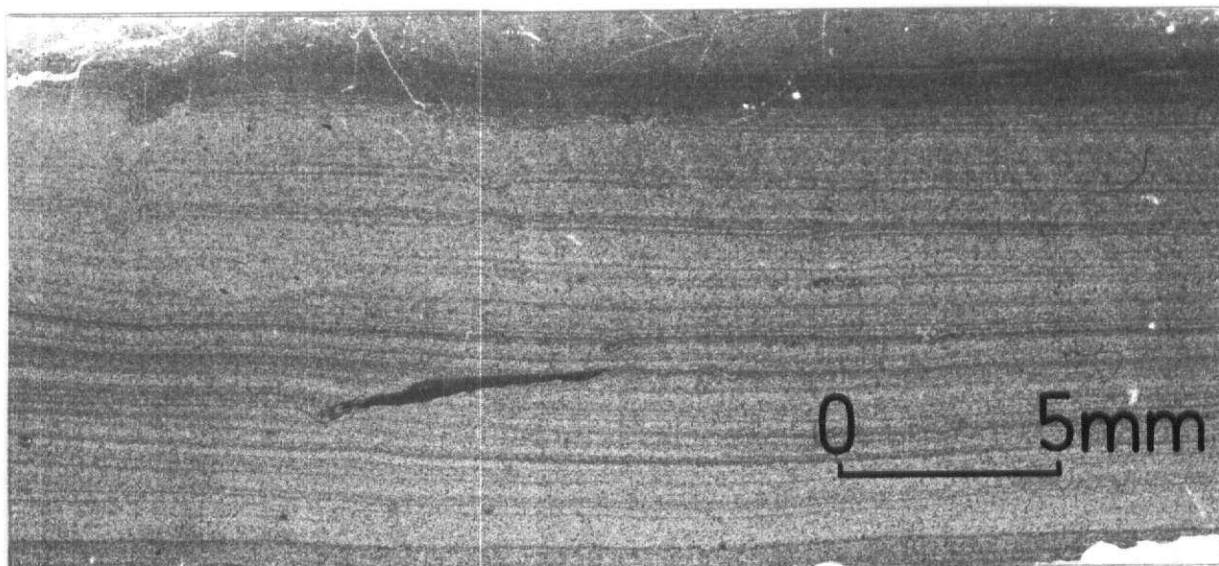


IMINSA

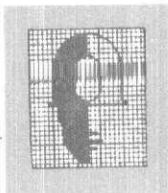
.19.



Lám. VII. "Slump structures" en la parte alta de la Formación Agüeira en el sinclinal de Pesoz. Según MARCOS (1973).

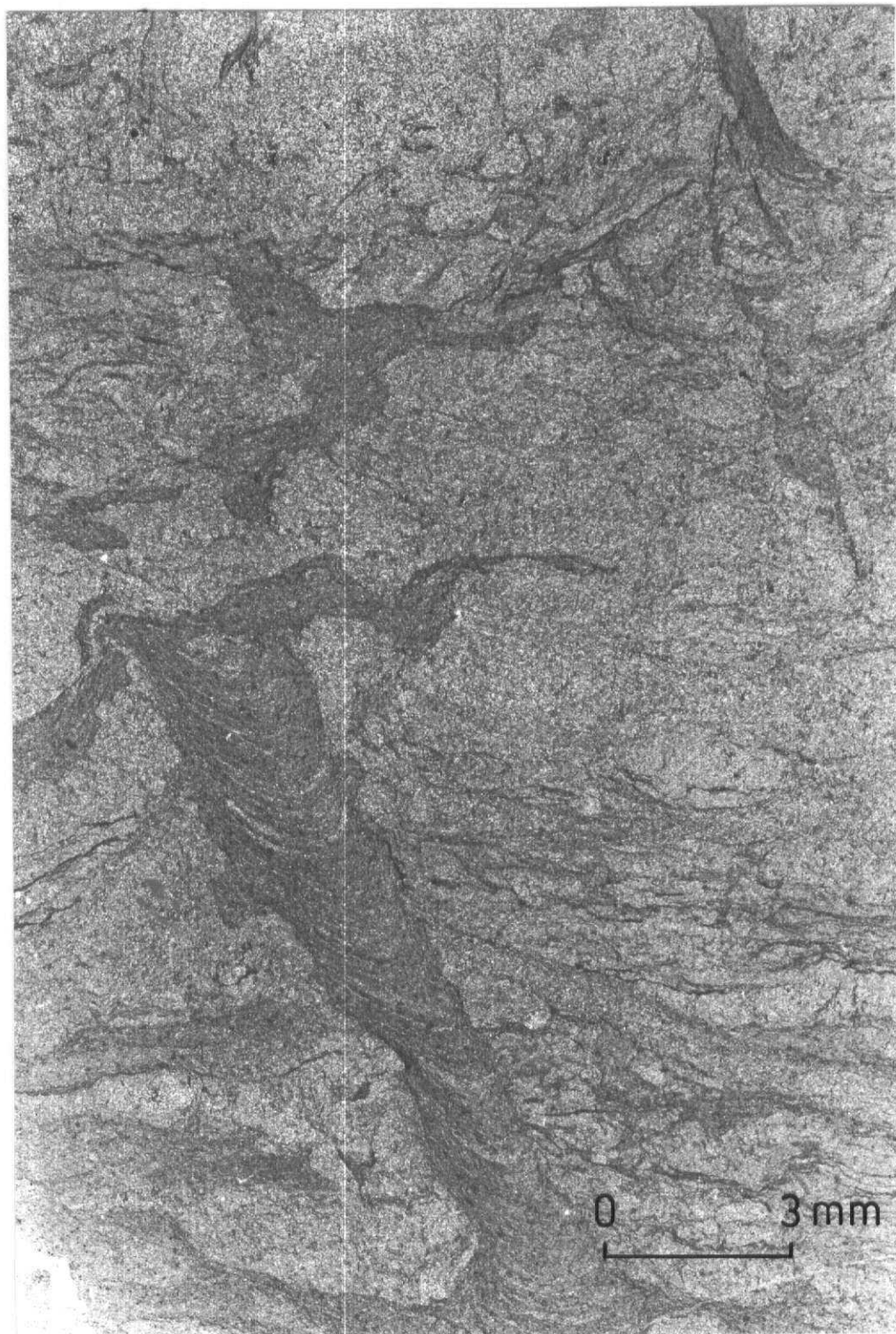


Lám. VIII. Laminación paralela y fragmento de pelita (mud clast) incluido en las areniscas. Parte alta - de la Formación. Km. 67 de la carretera de Gran das de Salime a Pesoz. Según MARCOS (1970).



IMINSA

.21.



Lám. IX. Niveles con bioturbación. Parte alta de la Formación Agüeira, en el sinclinal de Pesoz. Según MARCOS (1973).



- E - División interturbidítica (en su mayor parte originada por sedimentación pelágica normal).
- D - División superior de laminación paralela.
- C - División de laminación entrecruzada.
- B - División inferior de laminación paralela.
- A - División gradada.

Esta ordenación de estructuras sedimentarias (fig. 3) resulta evidente en alguna de las láminas antes citadas (p.e. láminas II y IV) y en la figura 4. Un esquema de la distribución vertical a través de la sucesión de estas estructuras, puede observarse en la figura 2, para el flanco W. del sinclinal de Pesoz. En términos generales, la granoclasificación es la estructura sedimentaria más frecuente en los 400 m inferiores de la sucesión, mientras que en los últimos 200-300 m predomina la laminación paralela.

### 3.2.2. Marcas en los muros de las capas

Marcas originadas por objetos arrastrados por la corriente ("tool marks") o por la propia acción de la misma ("scour marks") son frecuentes en los muros de las capas de arenisca

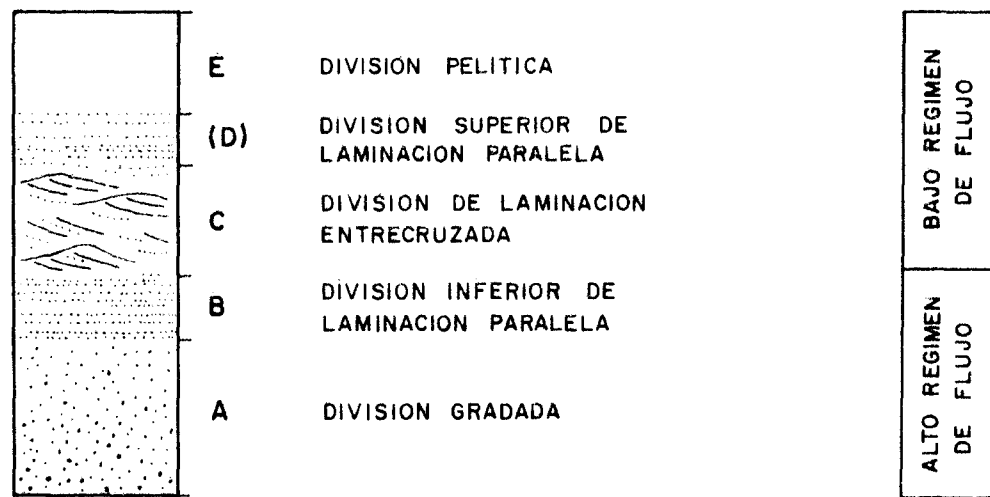


Fig. 3. Ciclo completo de una turbidita, según BOUMA (1962), modificado e interpretado en relación con regímenes de flujo (según WALKER 1967, simplificado).

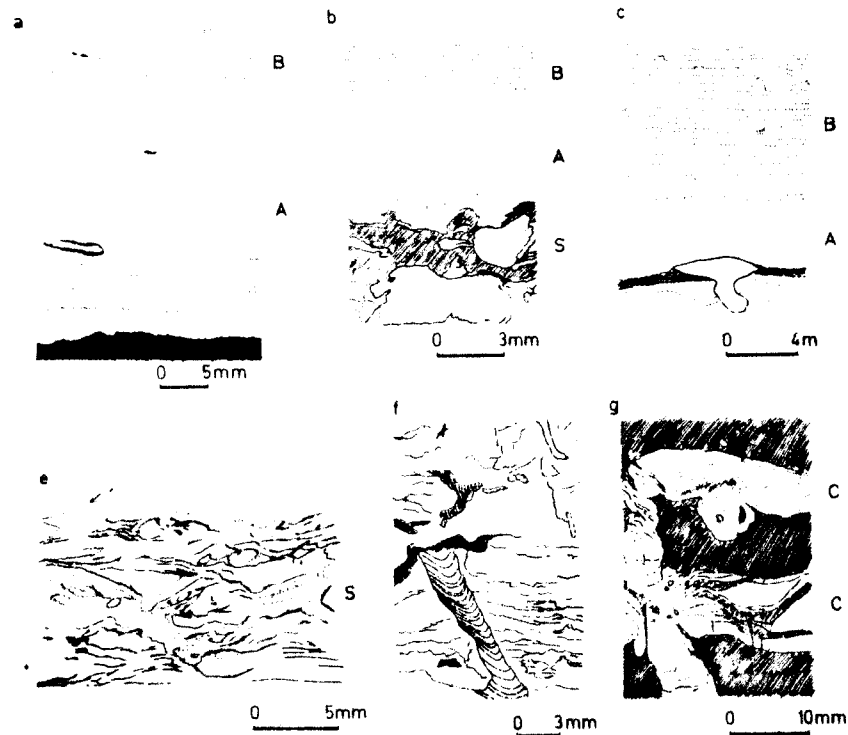


Fig. 4. Estructuras sedimentarias en capas de turbidita en la Formación Agüeira. A, B y C, divisiones de grano clasificación, laminación paralela y entrecruzada, respectivamente, S, slumps. Nótese en a) la existencia de laminación paralela en la división inferior A; f) y g) niveles con bioturbación. Diversas localidades a lo largo del corte del río Agüeira, entre Pesoz y San Martín de Ocos. Esquemas tomados de láminas delgadas.



de la Formación Agüeira, donde aparecen conservadas como moldes ("casts").

Los "tool casts" son las estructuras más abundantes en la formación; dentro de ellas, predominan los "groove casts" (lámina X). "Prod casts" existen también en diferentes niveles, pero su importancia es mucho menor (lámina XI)(fig.5).

Las estructuras del grupo de los "scour casts" se encuentran principalmente representadas en la parte baja de la sucesión, en los niveles más proximales. Así, pueden observarse "crescent casts", "gutter casts", "dendritic casts" (lámina XI) y sobre todo "flute casts" (lámina XII)(fig.5).

Hacia la parte alta de la sucesión, en el flanco W. del sinclinal de Pesoz, son frecuentes "ripple marks" simétricos, con sus crestas orientadas paralelamente a la dirección de las paleocorrientes.

Por último, existen también "load casts", si bien su importancia es reducida, debido probablemente al pequeño contraste de competencia que existe entre las capas como consecuencia de la granulometría fina que presentan.

### 3.3.3. Icnofósiles

A diferencia de lo que sucede en turbiditas más recién-

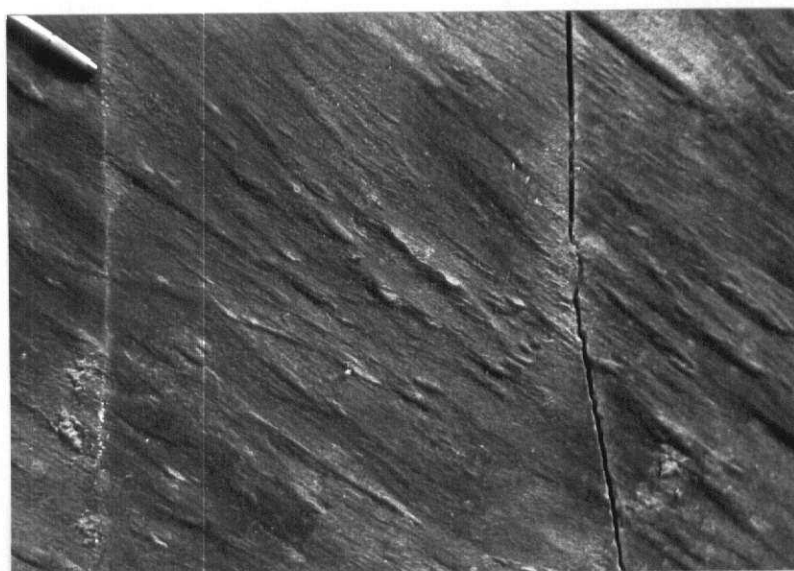


**IMINSA**

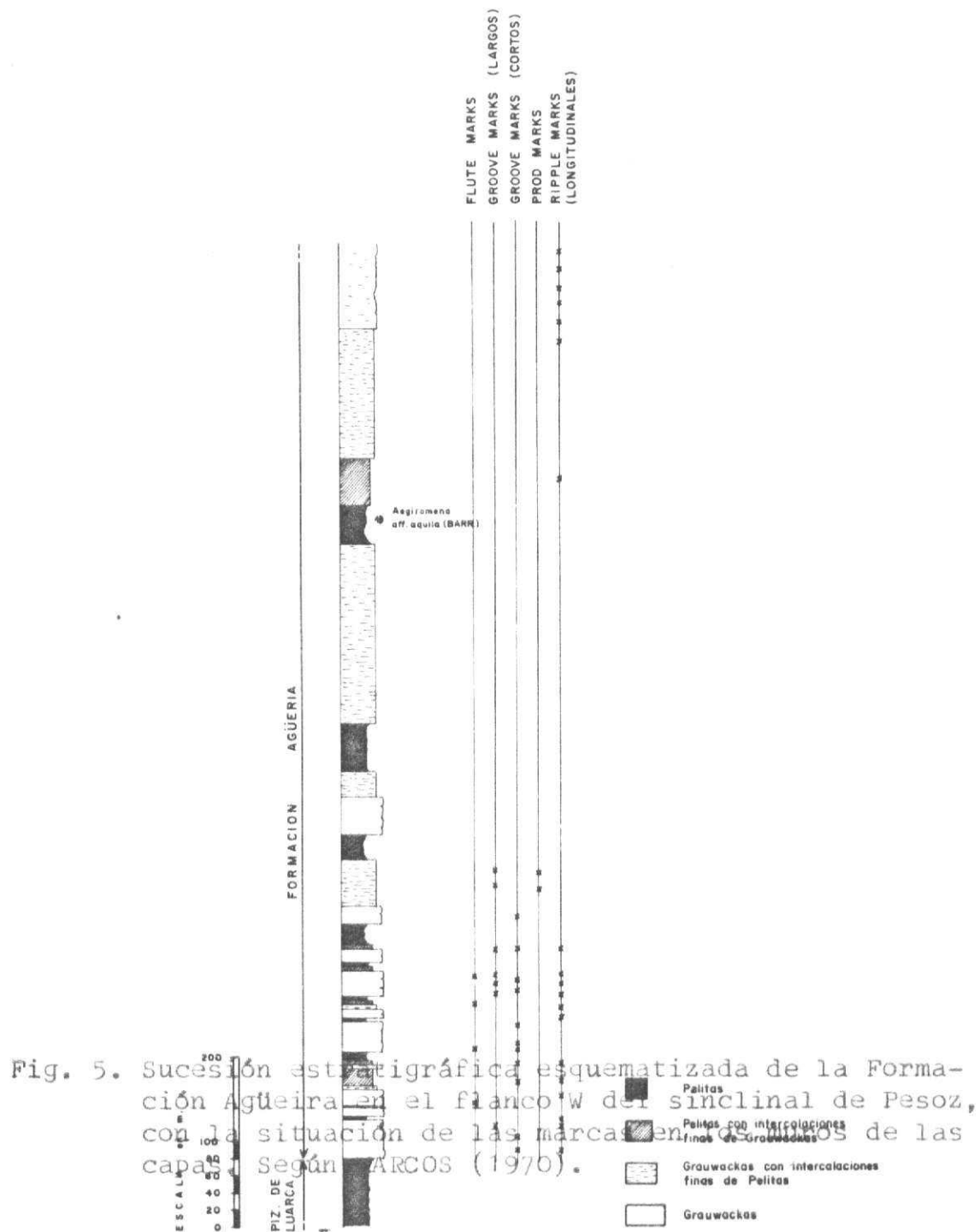
• 26 •

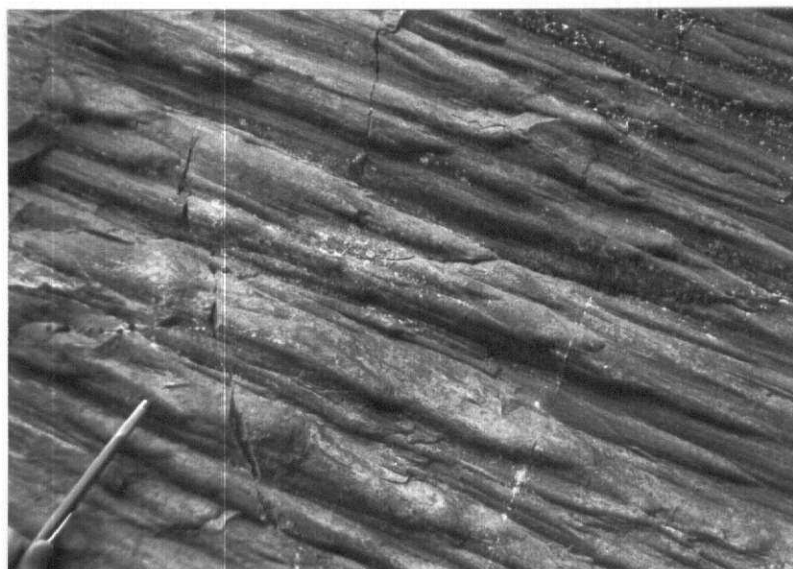
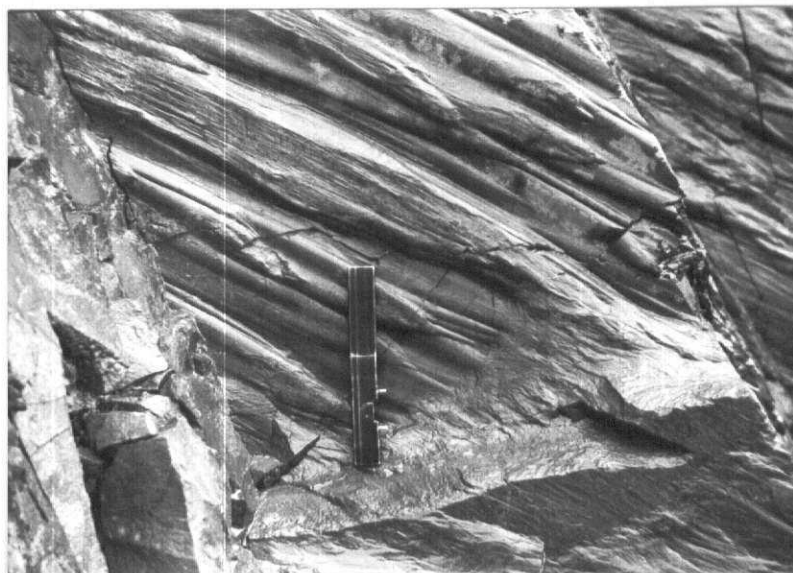


Lám. X. "Groove casts" cerca de la base de la Formación Agüeira. Arriba, en el flanco W del sinclinal de San Pedro. Abajo, en el flanco W del sinclinal de Pesoz, cerca - del puente sobre el río Agüeira. según MARCOS (1973)



Lám. XI. Arriba, "prod casts" cerca de la base de la Formación Agüeira. Carretera de Pesoz a San Martín de - Oscos, en las inmediaciones del puente sobre el río Agüeira. Según MARCOS (1973). Abajo, "rill casts" al W de Pesoz. Según MARCOS (1970).





Lám. XII. "Flute casts" cerca de la base de la Formación Agüeira. Arriba, en el flanco W del sinclinal de San Pedro; abajo, cerca del puente sobre el río Agüeira. Según MARCOS (1973).



tes, las pistas fósiles son muy escasas dentro de la Formación Agüeira. Así, únicamente se ha podido reconocer la presencia de Helminthopsis y Cosmorhapse cerca de la base de la formación, sobre el flanco W. del sinclinal de Pesoz (alrededores del puente sobre el río Agüeira) (CRIMES et al. 1974). En el transcurso de la realización de este trabajo se ha podido reconocer Granularia, también cerca de la base, en el flanco W. del sinclinal de San Pedro. Como es sabido, todos estos géneros se agrupan en la "comunidad de los Nereites" (SEILACHER, 1967), correspondiente a medios marinos de aguas profundas.

### 3.4 Análisis de facies

#### 3.4.1. Métodos de análisis

Los métodos cuantitativos, permiten diferenciar turbiditas depositadas cerca de la fuente de los aportes (proximales) de las depositadas más lejos (distales). A este respecto, se han utilizado tres métodos: 1) la relación arenisca/pelita, que como es sabido decrece con la distalidad (LOVELL,



1970); 2) el índice ABC, que se define como el porcentaje de capas comenzando por la división A de BOUMA más la mitad del porcentaje de capas comenzando por la división B, que decrece con la distalidad (WALKER, 1967); 3) el espesor de las divisiones A, B y C calculado como un porcentaje del espesor total. La relación A/total decrecerá con la distalidad, mientras C/total aumentará (CRIMES, 1973).

Para facilitar el análisis, las secuencias se dividen en grupos de 20 capas de turbidita, comenzando a contar a partir de la primera turbidita depositada. Dentro de cada grupo, se realizan las siguientes observaciones:

- 1) Espesor, a la escala del centímetro, de cada capa de arenisca.
- 2) Espesor, a la escala del centímetro, de cada división A, B y C.
- 3) Número de areniscas comenzando con la división A, B y C.
- 4) Espesor de las pelitas.

A partir de estas medidas, es posible calcular para cada 20 capas: a) el espesor total de las areniscas; b) el espesor total de las divisiones A, B y C; c) espesor total de pelitas; d) relación arenisca/pelita; e) índice ABC; f) espesor de las



divisiones A, B y C como un porcentaje del espesor total de cada grupo.

A partir de f) es posible determinar que división tiene el mayor espesor relativo en una capa o grupo de capas. Este dato puede ser utilizado para clasificar las areniscas como turbiditas A, B o C y en consecuencia, desechar los términos "proximal" y "distal" que tienen implicaciones genéticas.

#### 3.4.2. Variaciones verticales de facies de la Formación Aguajera en el flanco W. del sinclinal de Pesoz

Tal como se ha indicado anteriormente, el espesor de la formación en este sector es de unos 1.100 m. El análisis cuantitativo de los 54 m. basales se encuentra sintetizado en la figura 6. Como puede apreciarse, las areniscas basales (turbiditas A) son gruesas (una media de 20-46 m.) y totalmente gradadas, no siendo detectables las divisiones B o C. Los valores de la relación arenisca/pelita son muy elevados.

Por encima de estos niveles, las areniscas son todavía notables, pero van cambiando de turbiditas A a B y después

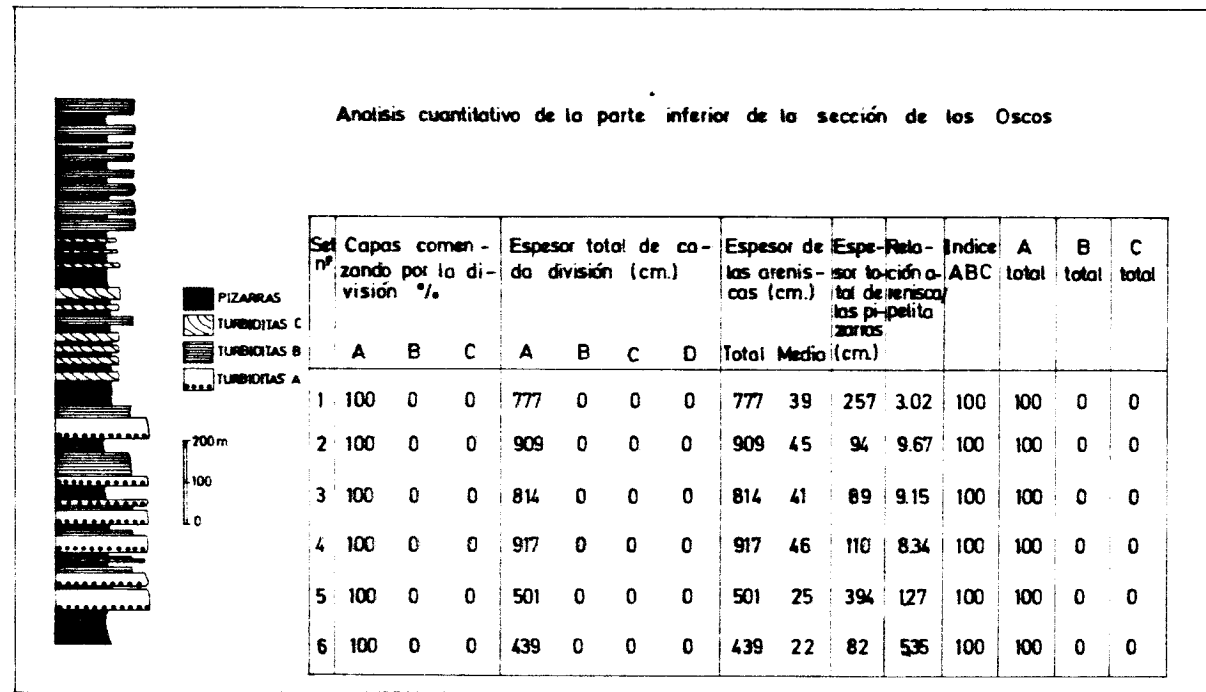


Fig. 6. Columna mostrando la sucesión de facies en la Formación Agüeira (sinclinal de Pesoz) y análisis cuantitativo de los 54 m. basales. Según CRIMES, MARCOS & PEREZ-ESTAUN (1974).



(fig. 6). Finalmente, cerca del techo de la sucesión, vuelven las turbiditas B a ser las más comunes.

En resumen, en sentido ascendente se aprecia un incremento de la distalidad, si bien las capas culminantes registran un retorno a condiciones relativamente más proximales.

### 3.5. Dirección de las paleocorrientes

La determinación de las paleocorrientes es posible en muchas localidades debido a la relativa abundancia de marcas de las capas. La dirección y el sentido de las paleocorrientes es muy constante en la región de Los Oscos, tanto en sentido longitudinal, como en diferentes niveles superpuestos (fig. 7). Las paleocorrientes definen un modelo unimodal, que se orienta paralelamente a las estructuras. A escala regional, se comprueba que los afloramientos de la formación Agüeira se orientan también según el trazado general de dichas estructuras -- (fig. 8). En consecuencia, las corrientes de turbidez debían viajar con toda probabilidad axialmente con respecto al surco ocupado por dicha formación.

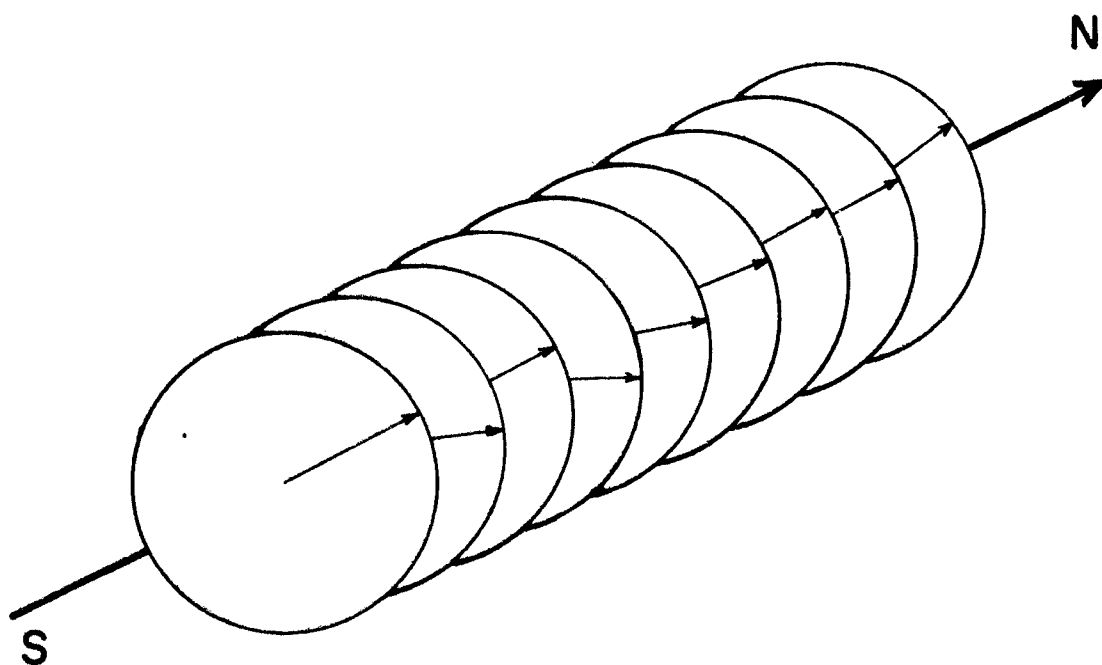


Fig. 7. Dirección de las marcas de corriente en distintos niveles superpuestos, en el flanco W del sinclinal de Pesoz. Según MARCOS (1970).

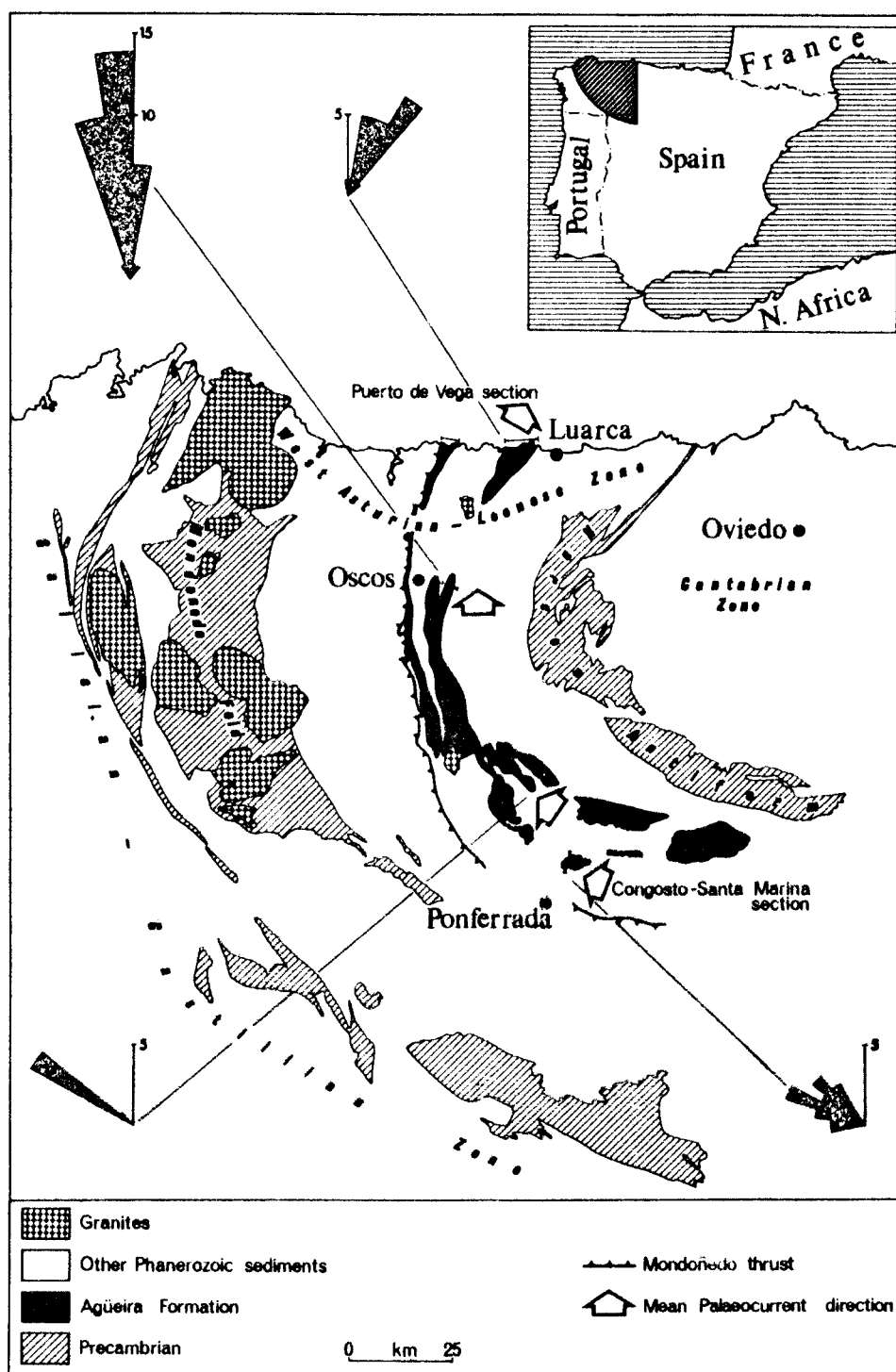


Fig. 8. Afloramientos de la Formación Agüeira en el NW de la Península, con la dirección general de las paleocorrientes. Según CRIMES, MARCOS & PEREZ-ESTAUN (1974).



#### 4. LA FORMACION AGÜEIRA AL W. DEL ANTICLINAL DE SAN MARTIN

Al W. de esta estructura, la Formación Agüeira presenta características diferentes a las anteriormente descritas. En términos generales puede afirmarse que se trata de secuencias mucho más distales que las que se presentan en los sinclinales de Pesoz y San Pedro de Agüeira. Así, el tránsito de las Pizarras de Luarca a la Formación Agüeira es gradual, siendo difícil delimitar ambas formaciones sobre el terreno. La Formación Agüeira viene caracterizada por una alternancia, a escala centimétrica, de areniscas o siltitas y pizarras negras, faltando por completo capas de arenisca a escala centimétrica o mayor. La característica más destacable de esta sucesión es la existencia de dos niveles cuarcíticos, que más o menos interrumpidos por accidentes tectónicos (principalmente la escama de Santa Eulalia de Oscos), se prosiguen de N. a S. a través de la Hoja. Se trata de cuarcitas blancas, con un espesor de 15-30 m., que presentan laminación paralela como estructura sedimentaria más destacable. Estas cuarcitas, se encuentran también representadas en parte del sinclinal de San Pedro de Agüeira, lo cual facilita el establecimiento de correlaciones a uno y otro flanco del anticlinal de San Martín. Una comparación entre las sucesiones estratigráficas de la Formación Agüeira en el sector considerado en este trabajo puede observarse en la figura 9.

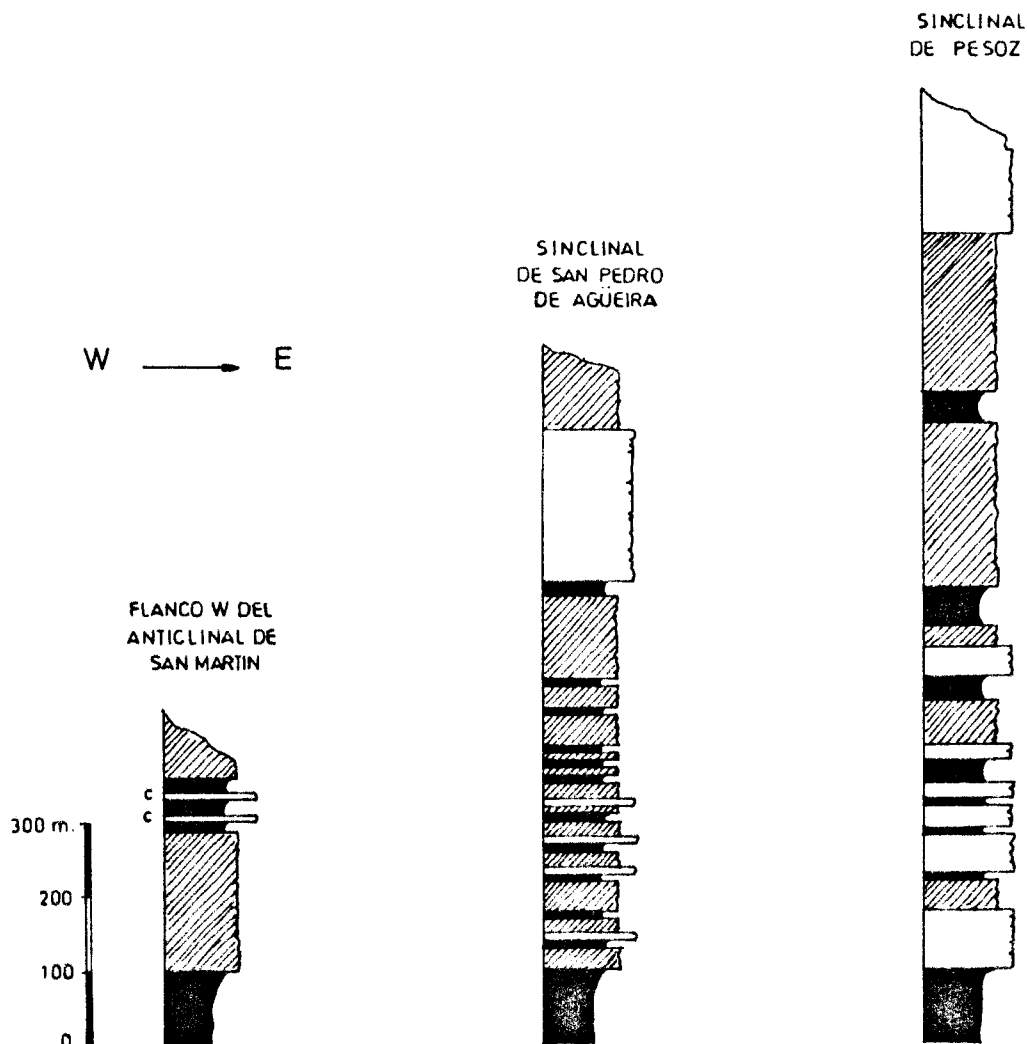


Fig. 9. Columnas estratigráficas esquemáticas de la Formación Agüeira en tres localidades diferentes. En blanco, niveles con areniscas dominantes; rayado, alternancias de siltitas, pizarras y areniscas; negro, pizarras; cuarcitas. Los niveles de areniscas corresponden a turbiditas A, B y los niveles rayados a turbiditas C. Los niveles basales de la formación no deben ser necesariamente isocronos.



## 5, EL SIGNIFICADO PALEOGEOGRAFICO DE LA FORMACION AGÜEIRA

La figura 10 muestra la evolución en las condiciones de sedimentación durante el Paleozoico inferior en el occidente de Asturias, de acuerdo con MARCOS (1973). Tal como puede apreciarse, la Formación Agüeira, representa la culminación de un ciclo de tipo geosinclinal, caracterizado por un incremento progresivo de la profundidad de sedimentación desde el Cámbrico al Ordovícico. Esta evolución, termina con el depósito de la Formación Agüeira, ya que el Silúrico, transgrede francamente los términos anteriores y representa probablemente el inicio de un nuevo ciclo que resulta difícil de reconstruir dada la ausencia casi general de depósitos postsilúricos.

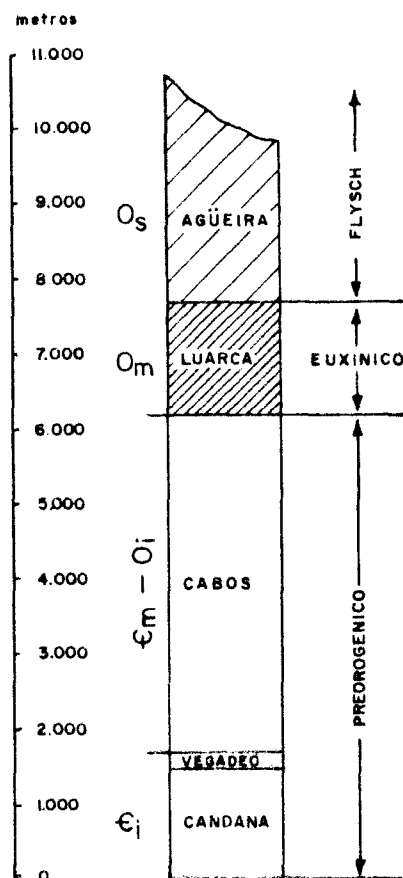


Fig. 10. Evolución de las condiciones de sedimentación durante el Paleozoico inferior en el occidente de Asturias.  $\epsilon_i$ , Cámbrico inferior;  $\epsilon_m$ - $O_i$ , Cámbrico medio a Ordovícico inferior;  $O_m$  y  $O_s$ , Ordovícico medio y superior. Según MARCOS (1973).



6. BIBLIOGRAFIA

- BOUMA, A.H. (1962).- Sedimentology of some flysch deposits.  
A graphic approach to facies interpretation. Elsevier,  
Amsterdam, 168 pp.
- CRIMES, T.P. (1973).- From limestones to distal turbidites:  
A facies and trace fossil analysis in the Zumaya flysch  
(Paleocene-Eocene), North Spain. Sedimentology, vol. 20,  
pp. 105-131.
- ; MARCOS, A. & PEREZ-ESTAUN, A. (1974).- Upper Ordovi-  
cian turbidites in western Asturias: a facies analysis  
with particular reference to vertical and lateral varia-  
tions. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., vol.  
15, pp. 169-184.
- JARITZ, W. & WALTER, R. (1970).- Faziesuntersuchungen im Alt-  
paliozoikum Nordwest-Spaniens (Asturien und Prov. Lugo).  
Geol.Jahrb., vol. 88, pp. 509-552.
- LOTZE, F. (1945).- Zur gliederung der Varisziden der Iberis-  
chen Meseta. Geotekt.Forsch., vol. 6, pp. 78-92.
- LOVELL, J.P.B. (1970).- The paleogeographical significance of  
lateral in the ratio of sandstone to shale and other fea-  
tures of the Aberystwyth Grits. Geol.Mag., vol. 107, pp.  
147-158.



- MARCOS, A. (1970).- Sobre la presencia de un flysch del Ordovícico superior en el occidente de Asturias (NW de España). Brev.Geol.Astúrica, año 14, pp. 13-28.
- (1974).- Las series del Paleozoico inferior y la estructura herciniana del occidente de Asturias (NW de España). Trab.Geol., Univ. de Oviedo, vol 6, pp. 1.113.
- PEREZ-ESTAUN, A. (1974).- La sucesión ordovícica en el dominio del alto Sil (Zona Asturoccidental-leonesa, NW de España). Brev.Geol.Astúrica, año 18, nº 4, pp. 53-57.
- (1975).- La estratigrafía y la estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-leonesa (W de León, NW de España). Tesis doctoral, Univ. de Oviedo.
- SEILACHER, A. (1967).- Bathymetry of trace fossils. Marine Geology, vol. 5, pp. 413-428.
- WALKER, R.G. (1967).- Turbidite sedimentary structures and their relationship to proximal and distal depositional environments. J.Sediment.Petrol., vol. 37, pp. 25-43.