

CUADERNOS DE  
GEOLOGIA

8.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

1977

# CARACTERIZACION DE SEDIMENTOS LITORALES EN EL MIOCENO DEL DISTRITO DISTRITO LIGNITIFERO DEL BAJO RHIN, ALEMANIA

J. FERNANDEZ\* y C.J. DABRIO\*

## RESUMEN:

Las Arenas de Neurath forman la cuña marina más importante entre las capas miocénicas de carbón de la Cuenca Baja del Rhin. Este estudio se basa en la definición e interpretación de facies, caracterizadas principalmente a partir de estructuras sedimentarias y sus secuencias. De él se deduce que esta unidad litoestratigráfica se depositó en ambientes que incluyen marinos, de transición y lagunares, relacionados lateralmente entre sí. A lo largo de la evolución sedimentaria la posición de la línea de costas cambió en varias ocasiones.

## ABSTRACT:

The so-called Neurath Sands in the main marine wedge in the miocenic coal layers of Browncoal District. According to the types and sequences of sedimentary structures several facies are defined and interpreted in this sandy body. So, we conclude they originated in coastal environments including nearshore, shore and lagoon which related each other. Shoreline moved to and fro during the sedimentary evolution.

\*Departamento de Estratigrafía. Granada.

## 1. INTRODUCCION

Las Arenas de Neurath constituyen la intercalación detrítica más importante en el área de transición entre los materiales carbonosos continentales y detríticos marinos depositados durante el Mioceno en la Cuenca Baja del Rin. La figura 1 muestra, además un esquema geológico de esta cuenca.

Se depositó esta unidad en un medio litoral en el que se han podido caracterizar diversos ambientes y subambientes.

Este trabajo se ha realizado a partir del estudio detallado de los afloramientos de las canteras de Fortuna y Frimmersdorf Sur que la Reinische Braunkohlen Werke explota entre Colonia y Aachen en la República Federal de Alemania. En ellas se observa la disminución de espesor progresiva de las Arenas de Neurath hasta su total desaparición entre niveles de carbón (figura 2).

## 2. FACIES REPRESENTADAS

Cuando se estudian en detalle los distintos afloramientos, se pone de manifiesto la existencia de ciertas asociaciones dominantes de estructuras sedimentarias. Se caracterizan estas asociaciones por el tipo (o los tipos) de estructuras presentes y por el modo de repetirse, es decir, por las secuencias de estructuras, sin que ello implique cambios en la naturaleza del sedimento que es, esencialmente, arena media. En algunos casos, las secuencias de estructuras están asociadas a una alternancia en el tipo de sedimentos, sucediéndose arena (o limo) con *ripples* de oscilación y *gyttja*.

Hemos denominado FACIES a estas asociaciones y, diferenciado siete de acuerdo con los criterios expuestos. En la figura 3 se recogen los perfiles levantados y se representan las facies con letras mayúsculas de la A a la G. Se indican, así mismo de modo esquemático, las características que han servido para su individualización.

Cada una de estas facies es el resultado de los procesos dominantes en los diferentes ambientes y subambientes, o sea, reflejan sus historias sedimentarias y, en consecuencia, tienen un valor genético.

Veamos a continuación los rasgos distintivos de estas facies, en una sección desde los ambientes marinos hasta los continentales. Características análogas a las aquí descritas han sido reconocidas por diferentes autores, para este tipo de ambientes. Entre otros puede citarse a Campbell (1971), Carter (1975), Emery (1960), Harms (1975), Howard (1972) y Obrador (1972).

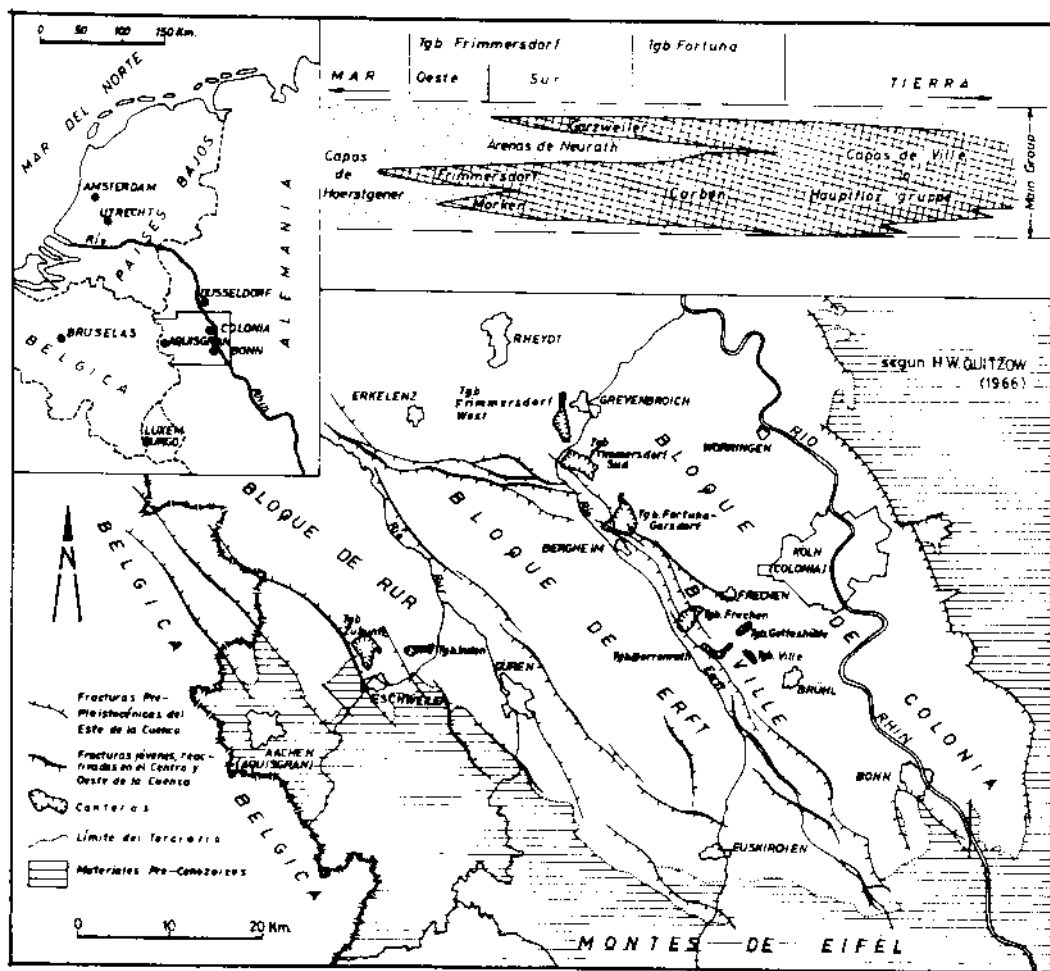


Figura 1-

Fig. 1. Localización geográfica y geológica de las Canteras de Frimmersdorf y Fortuna, en las que se ha realizado el trabajo. En la parte superior se indican las relaciones laterales entre las unidades representadas.

FACIES A (Fotografía 1).

Consiste en arenas de tamaño medio a fino y delgados niveles de lutita con abundante *Ophiomorpha*. La estructura interna no se observa debido, probablemente, a la intensa bioturbación por *Callianassa*, que son los organismos productores de *Ophiomorpha* (Weimer y Hoyt, 1964). Donde estos son menos abundantes, se aprecia laminación paralela. El color predominante es el blanco grisáceo.

Se interpreta como depositada en el *shoreface* inferior u *offshore*.



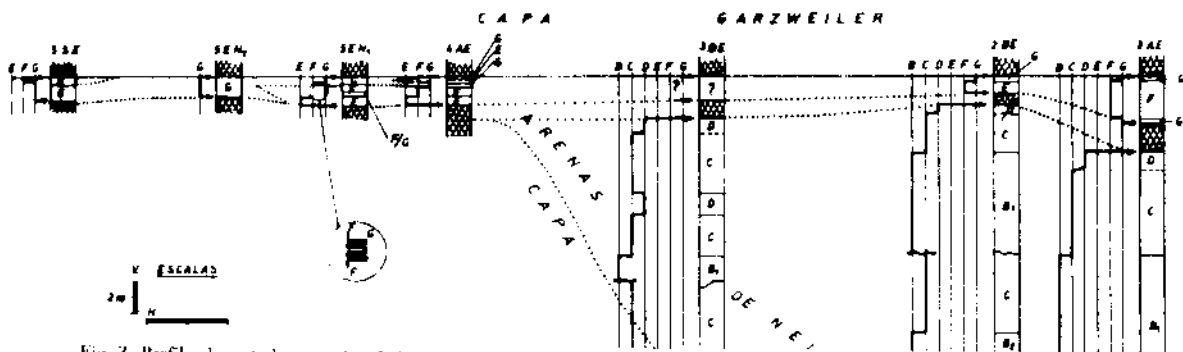
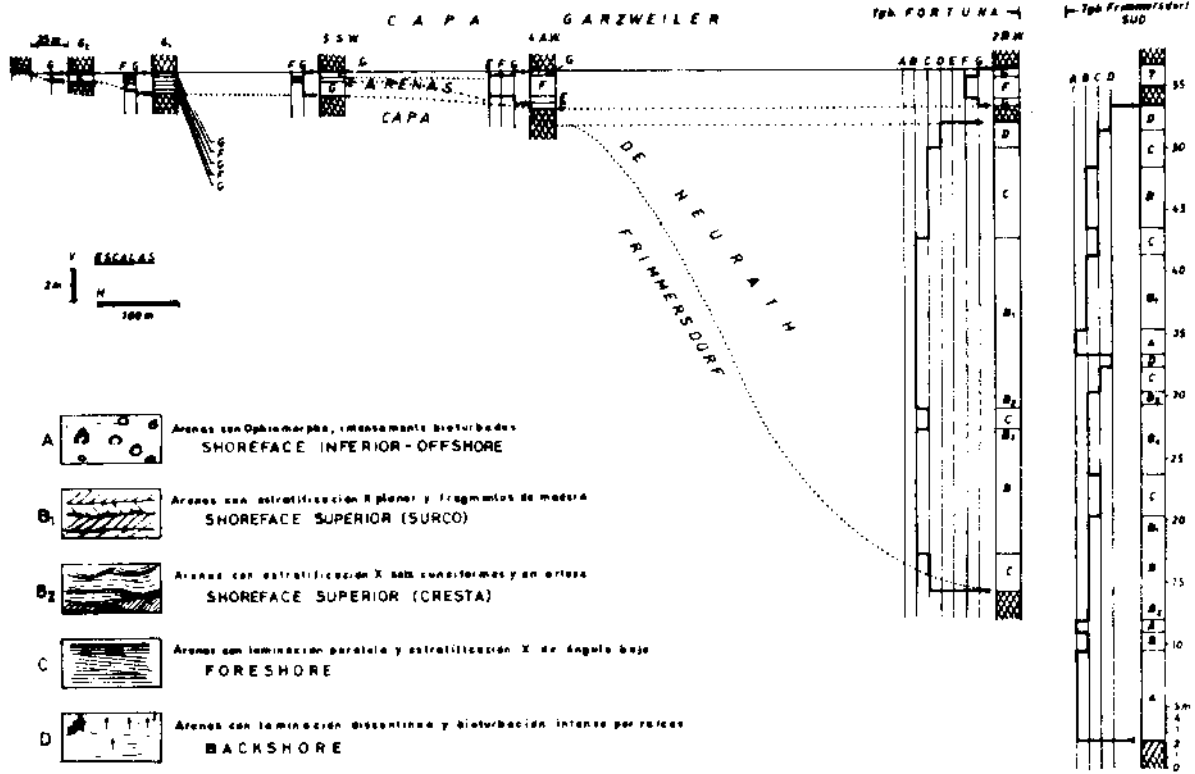


Fig. 3. Perfiles levantados a ambos lados de la fractura y dispuestos en sus posiciones relativas. La capa de carbón "K" se puede utilizar como nivel guía y permite correlacionar los perfiles y deducir la equivalencia lateral de los ambientes y subambientes. Como se indica en el texto, las diferentes facies aparecen con mayor frecuencia asociadas en determinados perfiles mientras que están ausentes en otros.

Figura 3

## CARACTERIZACION DE SEDIMENTOS LITORALES EN EL MIOCENO

### FACIES B

Se caracteriza, en lo que a estructura interna se refiere, por estratificación cruzada y, localmente, episodios de laminación paralela. Los fragmentos de madera, a veces de gran tamaño, son frecuentes tanto en las superficies de *inter-set* como en las láminas de *fore-set*. En algunos puntos contienen niveles de lutitas ricas en materia orgánica.

Se interpreta que estas facies se depositaron en el *shoreface* superior cerca del *foreshore*. Dentro de esta se han distinguido, a su vez, dos subfacies atendiendo esencialmente al tipo de estratificación cruzada.

#### *Subfacies B<sub>1</sub>* (Fotografía 6).

Es dominante la estratificación cruzada de gran escala. Los *sets* son generalmente tabulares y las láminas que integran el *fore-set* presentan ángulos variables, aunque predominan los episodios de ángulo alto. En algunos casos, *sets* superpuestos migrando en direcciones opuestas originan estratificación cruzada bidireccional de tipo *herringbone*. Cuantitativamente menos importantes son los episodios de laminación paralela y de relleno de canal.

Las direcciones de corrientes, muestran un elevado grado de dispersión con un máximo según N220E que, de acuerdo con datos regionales, representa la dirección de *longshore*. Esta es una de las razones que llevan a Boersma (com. pers.) a interpretar que parte de la estratificación cruzada se originó en surcos (*runnels*) paralelos a la línea de costas. Por tanto esta subfacies se interpreta como depositada en surcos longitudinales en el *shoreface* superior.

#### *Subfacies B<sub>2</sub>* (Fotografía 7).

La estructura más característica es la estratificación cruzada de gran y pequeña escala en surco, asociada a la migración de *ripples* de crestas sinuosas. Cuantitativamente son más abundantes las formas de gran escala. Cortes de estas estructuras distintamente orientados, pueden mostrar aspectos diferentes tales como *sets* tabulares, cuneiformes o en artesa.

Existen también episodios de laminación paralela y, muy localmente, de relleno de canal.

El depósito de esta subfacies se ha interpretado como ligado a barras que migran lateralmente, en el *shoreface* superior.

Entre ambas subfacies existe toda una gama de situaciones intermedias, sucediéndose los episodios de surco y cresta (barra) sin que pueda establecerse una diferenciación neta entre ambos.

### FACIES C (Fotografías 2 y 3).

Son arenas de grano medio con *even lamination*, cruzada de ángulo bajo y sin bioturbación. Las láminas pueden ser paralelas o mostrar suaves discordancias internas, jalonadas o no por fragmentos de madera. Localmente se encuentran *ripples* de corriente.

Se interpretan como depositadas en el *foreshore*, considerando que las arenas con laminación paralela marcada por diferencias en el contenido en material carbonoso corresponden a la zona de *surf*, mientras que las arenas con estratificación cruzada de ángulo bajo cuyo color es típicamente blanco y muy bien seleccionadas corresponden a la zona de *swash*. Es interesante destacar que, en algunos cortes, ambas facies aparecen asociadas verticalmente formando parte de secuencias regresivas que engloban, además, otras facies de las descritas.

FACIES D (Fotografías 4 y 5).

Arenas blancas con laminación discontinua debilmente desarrollada e intensa bioturbación por raíces, en especial hacia el techo.

Existen otras estructuras de menor escala, tales como:

- Bioturbación por pequeños organismos, que destruyen parcialmente la laminación, resultando zonas de estructura difusa con aspecto moteado (menores de 1 cm.), parecidas a las que producen las actuales "pulgas de arena".
- Bioturbación por lamelibranquios, que producen estructuras de escape en respuesta a los cambios de nivel de la superficie del sedimento.
- Acumulación mineralógica en niveles discontinuos, lenticulares, de espesor inferior al milímetro y reconocibles por su color (en general gris o negro).

Se interpretan como un depósito de *backshore*.

FACIES E (Fotografía 8, parte inferior).

Se presenta como cuerpos sedimentarios de morfología parecida a la de una duna pero de origen diferente. La estructura interna es estratificación cruzada de ángulo bajo. Las láminas se agrupan en secuencias que comprenden, de abajo arriba, arena y, según los casos, *gyttja*, carbón o fragmentos de madera. La observación detenida pone de manifiesto que las láminas de arena se depositaron como *wave ripples*, frecuentes sobre todo en las partes más deprimidas, donde la *gyttja* es también más abundante.

Interpretamos que esta facies corresponde a bermas (*berms*) situadas entre las partes más externas de la playa (*backshore*) y las lagunas costeras en sentido amplio (*lagoons*). Estas bermas migraban hacia tierra firme, lo cual se refleja en la mayor inclinación de las láminas en ese sentido. Eventualmente sufrieron bioturbación por cangrejos y otros organismos.

FACIES F (Fotografía 8, parte superior).

Consiste en arenas blanco-grisáceas intensamente bioturbadas por lamelibranquios que producen estructuras de escape, raíces preservadas como carbón y cangrejos. La estructura interna original, cuando es visible, consiste en laminación horizontal o estratificación cruzada de ángulo bajo muy débilmente desarrollada. También se observan episodios de *ripples* de oscilación.

Existen intercalaciones de *gyttja* que en muchos casos incluyen niveles de limos de escala milimétrica con *wave bedding* y, más localmente, estratificación *flaser* y *linsen*. Se interpreta esta facies como un depósito en lagunas costeras situadas detrás de las bermas (*back berm facies*), sometidas a la influencia marina representada por la abundancia de los aportes arenosos y colonizadas por organismos entre los que se reconocen lamelibranquios, cangrejos y vegetación herbácea.

FACIES G (Fotografía 9).

Se caracteriza por una alternancia de *gyttja* y arena fina o limo. La estructura interna es casi de modo exclusivo *wave bedding* y localmente estratificación *flaser* y *linsen*. Las crestas de los *ripples* se orientan perpendicularmente a la línea de costas.

Se interpreta -teniendo en cuenta estas características y la relación lateral y vertical

## CARACTERIZACION DE SEDIMENTOS LITORALES EN EL MIOCENO

con la facies F- como un depósito de *lagoon* con escasa influencia marina, situado tras las bermas del *backshore*. El limo podría llegar hasta el *lagoon* transportado por el viento el cual, a su vez, sería el responsable del movimiento del agua que originó los *ripples*.

### 3. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El primer hecho a demostrar es que entre las facies descritas existen unas relaciones laterales que permiten reconstruir la disposición relativa de los ambientes y subambientes deposicionales. Ello es relativamente fácil pues en el campo pueden seguirse los niveles del modo que se recoge en el gráfico 3, estableciéndose correlaciones fiables a gran escala, si bien no es posible comparar los ciclos o episodios individuales entre los distintos cortes.

Hecho esto se aprecia como las distintas facies tienden a aparecer con frecuencia en ciertos sectores y agruparse entre sí de un modo muy peculiar: las facies A,B,C y D, aparecen bajo la capa K mientras que las E,F y G lo hacen sobre ella. Por debajo de la capa K, se aprecia un predominio de las facies A y B en las partes más potentes que son las situadas en una posición más externa respecto a la hipotética línea de costas y de las C y D hacia las zonas más cercanas al continente deducido de estudios regionales de mayor alcance (Anderson y otros, 1966; Boersma, com. pers.). Esta disposición es muy evidente (fig. 3) y está de acuerdo con las condiciones hidrodinámicas dominantes en cada sector. El modelo que se propone para esta unidad inferior consiste en una playa que hacia el noroeste pasa a mar abierto (*offshore*) a través de una zona de surcos y crestas (*shoreface*); hacia el sur y sureste se sitúa el continente donde crece abundante vegetación a partir de la cual se origina el carbón (fig. 4,A).

Por encima de la capa K (unidad superior) sólo aparecen facies E,F,G y el modelo sedimentario consiste en una playa baja de la que sólo afloran las zonas de bermas (*berms*) y las situadas tras de ellas, que llegan a formar una especie de laguna (*lagoon*) muy somera (habida cuenta de la altura de las bermas y la cota alcanzada en ellas por la bioturbación y el depósito de lutita y *gyttja*) y alargada paralelamente a la línea de costas. Esta morfología favorece la formación de *ripples* de oscilación con crestas orientadas transversalmente a la línea de costas, originados por la acción del viento que aportaría, además, algún material fino (limo). Hacia la playa propiamente dicha la influencia marina queda reflejada en la mayor importancia cuantitativa de los aportes arenosos, mientras que, hacia el continente, el mayor volumen de sedimentos corresponde progresivamente a lutitas y *gyttja*. El continente es asiente durante todo este intervalo de tiempo de una frondosa vegetación (figura 4,B). El estado de explotación de la cantera Fortuna no permite estudiar, por el momento, los equivalentes hacia el mar de esta unidad superior situados más allá de las bermas, pero puede suponerse que sean análogos a los de la unidad infrayacente.

Estos modelos propuestos no son estáticos, sino dinámicos y en la sedimentación se aprecian ciclos de carácter frecuentemente regresivo (figura 3). A mayor escala (figura 5) la historia de las Arenas de Neurath en esta región puede resumirse así: una primera transgresión importante y rápida lleva los depósitos de playa sobre la capa de carbón de Frimmersdorf. La base de estos depósitos arenosos reposa sobre una superficie de erosión, muy evidente en el techo del carbón, que determina la existencia de pequeños acantilados que modifican sensiblemente la sedimentación en sus cercanías. Dentro de este episodio transgresivo, que forma la masa principal de las Arenas de Neurath, se reconocen ciclos regresivos menores. Una regresión importante marca el fin de este ciclo mayor y es la responsable del depósito de la capa de carbón que, arbitrariamente, hemos denominado "capa K" en los perfiles y que sobrepasa hacia el mar a los depósitos costeros de la unidad inferior. Una nueva transgresión, más lenta, produce el desplazamiento de la línea de costas hacia el noroeste y en, relación con ella, se forman las facies lagunares suprayacentes a la capa K. Por su menor velocidad de sedimentación el volumen de sedimento y, por ello, la compactación y la subsidencia son menores que en el tiempo del depósito del miembro inferior, y no llegan a desarrollarse en este episodio (y en el área observable hoy día de Fortuna) facies situadas más hacia el mar de las bermas

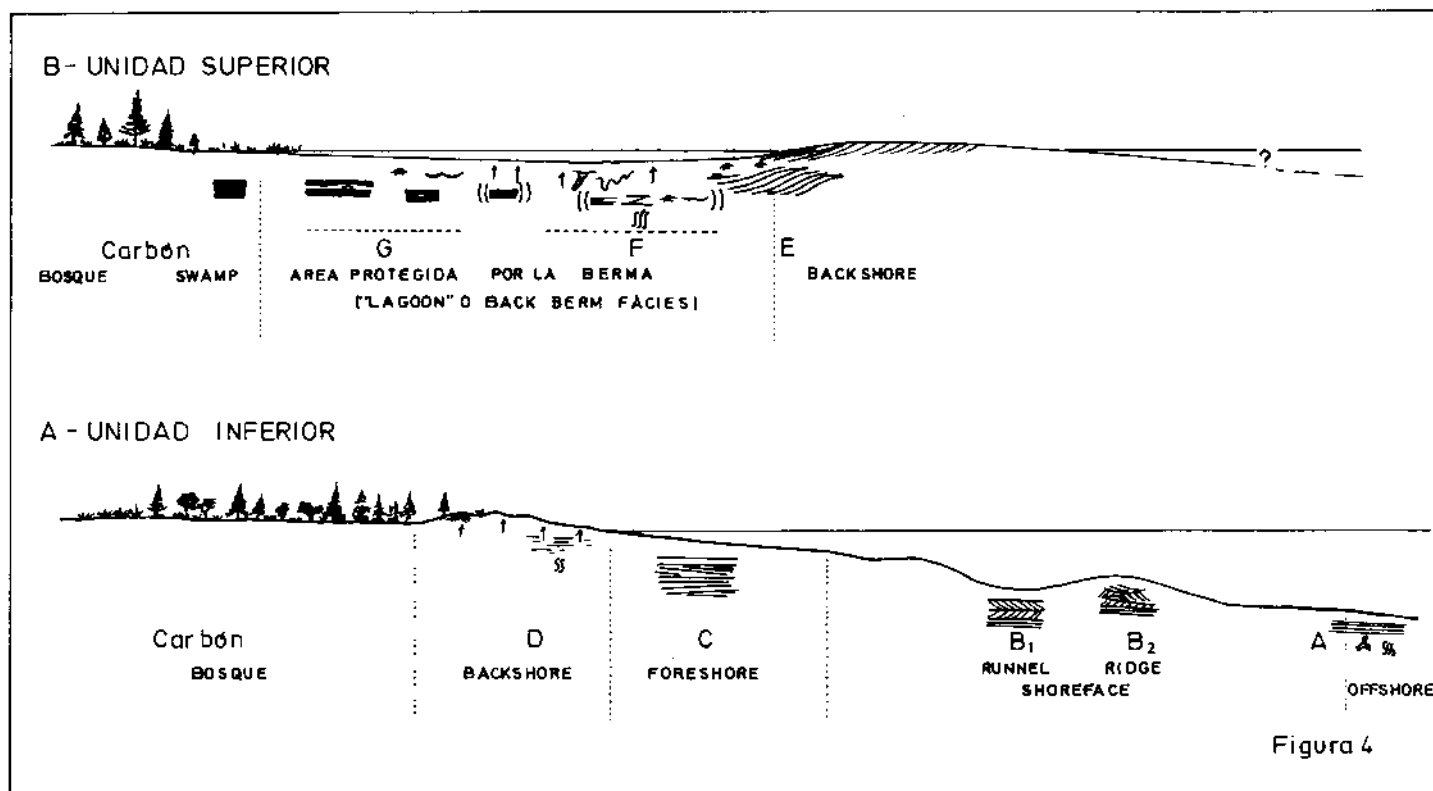
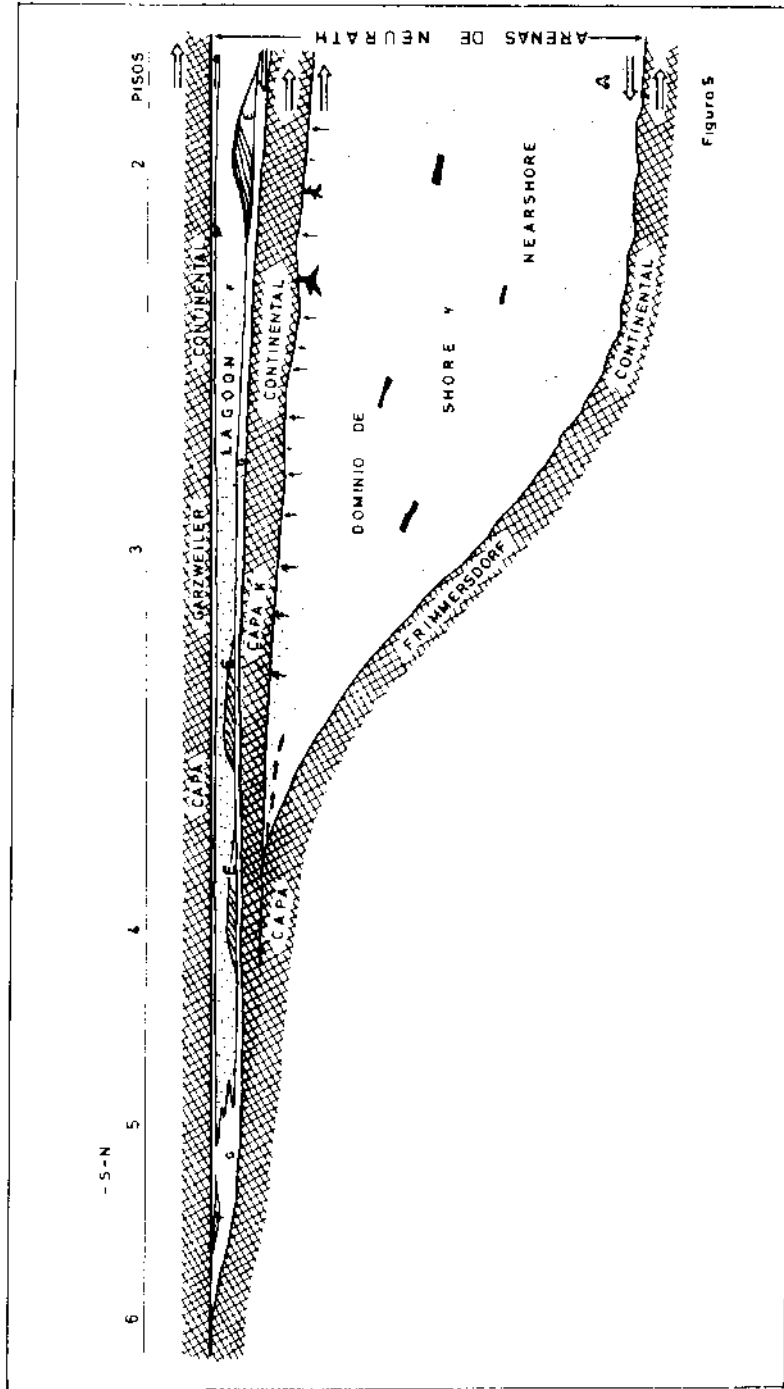


Fig. 4. Reconstrucción hipotética y relaciones laterales de los ambientes sedimentarios en los que se depositaron las Arenas de Neurath. Se indican las estructuras sedimentarias existentes en cada uno.

( ) : caracter presente solo localmente. (( )) : caracter dificilmente observable debido a la intensa bioturbación.



Figuro 5

Fig. 5. Reconstrucción de la historia sedimentaria de las Arenas de Neurath. Las flechas indican las principales etapas transgresivas y regresivas.

de playa. Esta subsidencia menor explica, así mismo, la menor potencia de esta unidad. Finalmente el mar se retira de modo lento e invaden la región los pantanos y áreas boscosas en que se formó la capa de Garzweiler.

#### 4. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los profesores Boersma (Director del proyecto de investigación que el Departamento de Sedimentología de Utrecht-Leiden desarrolla en el Distrito del Bajo Rhin), Puigdefábregas y Van Gelder las orientaciones, ayuda y corrección del manuscrito.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, E.J. y otros (1966). Survey of Geology and Mining in the Lower Brown Coal District. *Geol. Geol. Soc.* 42 p.
- CAMPBELL, C.V. (1971). Depositional model-Upper Cretaceous Gallup beach shoreline, Ship Rock Area, Northwestern New Mexico. *Jour. Sed. Pet.* 41, 395-409.
- CARTER, C.H. (1975). Miocene-Pliocene Beach and Tidal deposits, Southern New Jersey en "Tidal deposits" (Ginsburg, R. N. Ed.). *Springer Verlag*, 109-116.
- EMERY, K.O. (1960). The sea off southern California. Wiley and Sons. New York. 366 p.
- HARMS, J.C. (1975). Stratification and sequence in prograding shoreline deposits. *S.E.P.M. Short Course 2*, 81-102.
- HOWARD, J.D. (1972). Trace fossils as criteria for recognizing shorelines in stratigraphic record. *S.E.P.M. Spec. Pub.* 16, 215-225.
- OBRADOR, A. (1972). Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la Isla de Menorca. *Revista de Menorca*, 183 p.
- WEINER, R.J. y HOYT, J.H. (1964). Burrows of *Callianassa Major* SAY. geologic indicators of littoral and shallow neritic environments. *Jour. Paleont.* 38, 761-767.

Trabajo entregado en Marzo de 1.977.

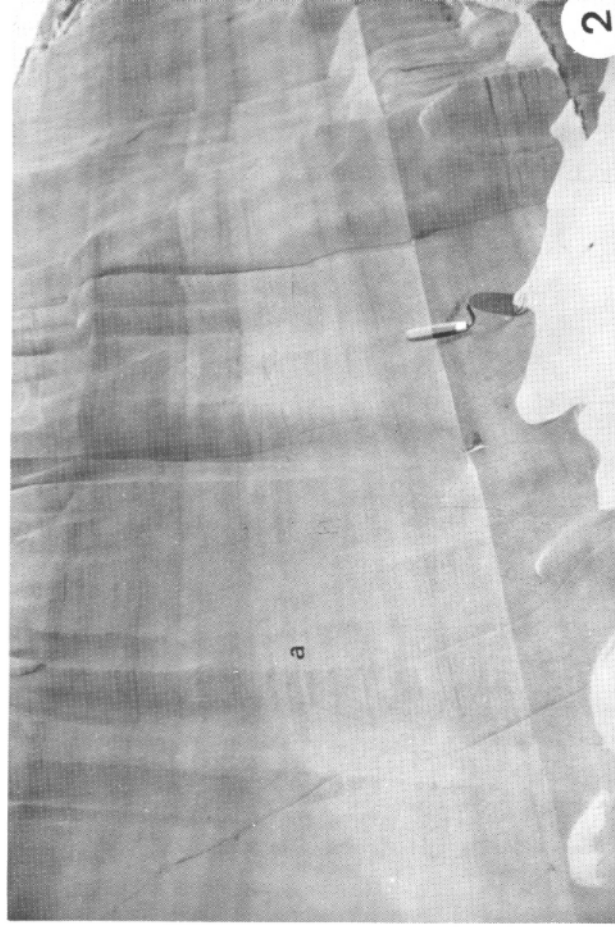
## LAMINA I

Fot. 1. Arenas con *Ophiomorpha* Facies A

Fot. 2. Arenas con laminación paralela con suaves discordancias internas y, localmente, *ripples* de corriente (a). Facies C, zona de *surf*.

Fot. 3. Arenas con estratificación cruzada de ángulo bajo. Facies C, zona de *swash*.

Fots. 4 y 5. Dos aspectos parciales de la facies D. En la primera, laminación discontinua debilmente desarrollada y en la segunda bioturbación intensa debida a raices que son especialmente abundantes hacia el techo.



## LAMINA II

Fot. 6. Arenas con estratificación cruzada con *sets* esencialmente tabulares. Facies B, subfacies B<sub>1</sub>.

Fot. 7. Arenas con estratificación cruzada con *sets* esencialmente cuneiformes y en artesa. Facies B, subfacies B<sub>2</sub>.

Fot. 8. En la base, corte longitudinal de una berma (Facies E) y, en la parte superior, arenas intensamente bioturbadas por lamelibranquios (Facies F).

Fot. 9. Alternancia de arena y limo, con *gyttja*. La estructura interna es estratificación ligada a *ripples* de oscilación. Facies G.

