

# MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS

Número 1

\*

Enero 1983

## SUMARIO

	<u>Página</u>
<b>CARLOS AUERNHEIMER</b>	
El Estroncio como indicador de Paleoambientes Sedimentarios .....	<b>3</b>
<b>F. LLAVADOR, J. A. PINA y C. AUERNHEIMER</b>	
Discriminación geoquímica de algunas facies del Cretácico (Albense) en el sector oriental de la Zona Prebética (provincia de Alicante) .....	<b>31</b>
<b>R. SOLER y JOSE, W. MARTINEZ DEL OLMO, A. G. MEGIAS y J. A. ABEGER MONTEAGUDO</b>	
Rasgos básicos del Neógeno del Mediterráneo Español .....	<b>71</b>
<b>A. G. MEGIAS, G. LERET, W. MARTINEZ DEL OLMO y R. SOLER</b>	
La Sedimentación Neógena en las Béticas: Análisis Tectosedimentario .....	<b>83</b>
<b>MIGUEL ANGEL COLLADO y FERNANDO ROBLES</b>	
Estudio de las Asociaciones de Moluscos de la Turbera Holocena de Torreblanca (Castellón) ..	<b>105</b>



# MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS

Número 1

\*

Enero 1983

## SUMARIO

	<u>Página</u>
CARLOS AUERNHEIMER	
El Estroncio como indicador de Paleoambientes Sedimentarios .....	<b>3</b>
F. LLAVADOR, J. A. PINA y C. AUERNHEIMER	
Discriminación geoquímica de algunas facies del Cretácico (Albense) en el sector oriental de la Zona Prebética (provincia de Alicante) .....	<b>31</b>
R. SOLER y JOSE, W. MARTINEZ DEL OLMO, A. G. MEGIAS y J. A. ABEGER MONTEAGUDO	
Rasgos básicos del Neógeno del Mediterráneo Español .....	<b>71</b>
A. G. MEGIAS, G. LERET, W. MARTINEZ DEL OLMO y R. SOLER	
La Sedimentación Neógena en las Béticas: Análisis Tectosedimentario .....	<b>83</b>
MIGUEL ANGEL COLLADO y FERNANDO ROBLES	
Estudio de las Asociaciones de Moluscos de la Turbera Holocena de Torreblanca (Castellón) ..	<b>105</b>

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE



# **MEDITERRANEA**

**SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS**

**Mediterránea Ser. Geol.**

**1983**

**ANEJO DE LOS ANALES DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE**

Redacción: C. AUERNHEIMER; J. A. PINA

I.S.B.N.: 84-600-2922-0

EDITA: Servicios de Publicaciones Universidad de Alicante

Depósito Legal: A - 6 - 1983

Composición e Impresión:

Coop. A. G. GUTENBERG - Alicante

Río Turia, 11 - Telfs. 28 34 36 y 28 69 99

Correspondencia: Departamento de Geología

Facultad de Ciencias Universidad de Alicante

Apartado 99 - ALICANTE

**PUBLICACION PATROCINADA POR  
LA CAJA DE AHORROS PROVINCIAL  
DE ALICANTE**

## **EL ESTRONCIO COMO INDICADOR DE PALEOAMBIENTES SEDIMENTARIOS**

Carlos Auernheimer <sup>(1)</sup>

### **RESUMEN:**

El estroncio de la fracción soluble de 391 muestras de las series del Mioceno medio de Alicante, presenta correlaciones negativas con la fracción gruesa insoluble de las mismas. Así mismo, la distribución  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  es inversa con respecto a una clasificación por facies de las series o tramos de serie. El índice  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  puede tomarse como un indicador de medios ambientes en función de la energía. El índice de estroncio es pequeño en facies de aguas turbulentas y mucho mayor en facies de aguas tranquilas.

### **ABSTRACT:**

The Sr of the soluble fraction of 391 samples from the Middle Miocene in Alicante shows a negative correlation in comparison to the coarse insoluble fraction of the same samples. Similarly, the  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  distribution is inverse with regard to a classification according to the facies of the series or parts of the series. The  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  index can be taken as an indicator of the environment in relation to energy. The Sr index is small in the facies of turbulent water and much greater in quiet water.

(1) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.

## **INTRODUCCION:**

El uso de elementos químicos para caracterizar medios ambientes de sedimentación es relativamente reciente; de ellos, el estroncio es quizás el que ha merecido más atención.

En este trabajo se han muestreado 6 series de carbonatos pertenecientes al Mioceno medio, cuatro de ellas en los alrededores de Elda-Petrel (Alicante), una en Elche (Alicante) y otra en Montealegre del Castillo (Albacete). Estas series están situadas en la zona Prebética de la Cordillera Bética. La serie más al Norte (Montealegre del Castillo) se sitúa en el límite del Prebético externo con el Dominio Ibérico.

Sobre un total de 391 muestras se han analizado diversos elementos químicos y examinado los caracteres petrográficos. Las series divididas en unidades, tramos y subtramos se han asignado a diversos ambientes de sedimentación.

Por medio de análisis factoriales se establecen las relaciones del estroncio con los demás elementos químicos y con la fracción gruesa y fracción fina insolubles. Así mismo se intenta relacionar estos contenidos en estroncio con las diversas facies.

## ANTECEDENTES:

Son varios los autores que intentan utilizar el estroncio como indicador de paleoambientes sedimentarios. Veizer y Demovic (1973) encuentran que la cantidad de estroncio en las rocas carbonatadas es función del tipo de facies e independiente de otros factores como fracción arcilla, porosidad, permeabilidad, neomorfismo, textura, dolomitización, composición esquelética, etc. Para estos autores, el estroncio se distribuye bimodalmente, y discuten la posibilidad de que esto se deba a dos tipos de fluidos diagenéticos (aguas continentales o aguas marinas) según Kinsman (1969), dando otra explicación alternativa: la bimodalidad sería una herencia de los sedimentos originales, según estos fuesen de aragonito o calcita. Esta diferencia estaría preservada a pesar de la repartición diagenética.

Veizer y Demovic (1974) y Veizer (1977) atribuyen esta bimodalidad a un control por facies, donde el grupo de muestras con altas concentraciones de estroncio correspondería a facies hipersalinas: calizas negras (falta de oxígeno) y calizas de aguas profundas, mientras que las bajas concentraciones de estroncio corresponderían a facies de calizas reefales, detríticas, neríticas y calizas pelágicas someras.

Dentro de una misma población de muestras, otras causas pueden ser responsables de la variación de estroncio; así si hay dolomitización, el estroncio disminuye (Veizer y Demovic, 1974; Al-Hashimi, 1976).

Prasada y Naqvi (1977) hacen depender el estroncio del tipo de facies, así como Renard (1975), que lo utiliza como indicador de la marinidad o continentalidad del medio, correspondiendo los altos contenidos en estroncio a los medios marinos, y los bajos a los medios continentales dulceacuícolas.

La diagénesis temprana no afecta la relación Sr/Ca según Loren Williams y Bender (1975) por lo que el estroncio puede ser un buen indicador de facies.

El contenido en estroncio de una roca es afectado por el transcurso del tiempo; esta variación que constituye una pérdida, está establecida por los trabajos de Kahle (1965), Veizer (1977), Vinogradov *et al.* (1952). Veizer la cifra en un factor de 10 para sedimentos originalmente de aragonito o calcita de alto magnesio, e igual o menor de 5 para los de calcita de bajo magnesio.

El aragonito y la calcita de alto magnesio se producen en ambientes de plataforma, y la calcita de bajo magnesio en facies marinas con foraminíferos planctónicos. Algunos otros factores intervienen en la precipitación del estroncio; la cantidad de estroncio que precipita es inversamente proporcional a la temperatura (Kinsman, 1969); aunque el estroncio no es sensible a precipitar más en presencia de otros iones, sí lo hace en presencia de sulfatos. Mackenzie (1964) encuentra que el valor máximo de estroncio coincide con un mínimo de oxígeno.

En la bibliografía encontramos abundantes datos de concentraciones de estroncio en medios actuales: oolitos de aragonito : 9.590 — 10.570 ppm (Zeller y Wray 1956, Kahle 1965, Milliman 1967, Kinsman 1969); algas de aragonito : 7.900 — 8.740 ppm (Matthews 1966, Milliman 1967, Kinsman 1969); coral de aragonito : 7.250 — 8.500 ppm (Thompson y Chow 1955, Lowenstam 1963, Keith y Weber 1965, Matthews 1966, Milliman 1967, Kinsman 1969); aragonito inorgánico : 8.200 — 8.290 ppm (Bathurst 1971); barros calizos en la Bahía de Florida : 2.750 — 4.200 ppm (Stehli y Hower 1961); moluscos : 800 — 4.000 ppm (Lowenstam 1963, Friedman 1968); calcita inorgánica : 1.200 ppm (Bathurst 1971); calcita en esqueletos de globigerinas 1.100 ppm (Emiliani 1955, Kinsley 1960).

En carbonatos no actuales y sin precisar los medios de sedimentación, los contenidos en estroncio son : calizas antiguas : 200 — 600 ppm (Bathurst 1971); calizas del Mesozoico de los Cárpatos : 100 — 700 ppm (Veizer y Demovic 1973); calizas del Ordovicio de Tasmania : 186 — 313 ppm (Prasada y Naqvi 1977); calizas del Permico de Japón : 15 — 1.687 ppm; calizas del Paleozoico superior América Mid-Continent : 264 — 3.670 ppm; calizas del Paleozoico superior del Japón : 66 — 377 (Honjo y Tabuchi 1970).

En nuestro trabajo para calizas y margas del Mioceno medio, encontramos contenidos entre 107 — 1.519 ppm.

En sedimentos marinos recientes, Veizer y Demovic (1974), con datos de diversos autores establecen que el aragonito (9.000 ppm de estroncio) sería el mineral dominante de facies de lagoon hipersalinas, y la calcita de alto magnesio o aragonito de bajo estroncio (1.000 — 2.000 ppm de estroncio) en bancos de algas, facies neríticas y pelágicas someras. La calcita de bajo magnesio (1.000 ppm de estroncio) en sedimentos de aguas profundas.



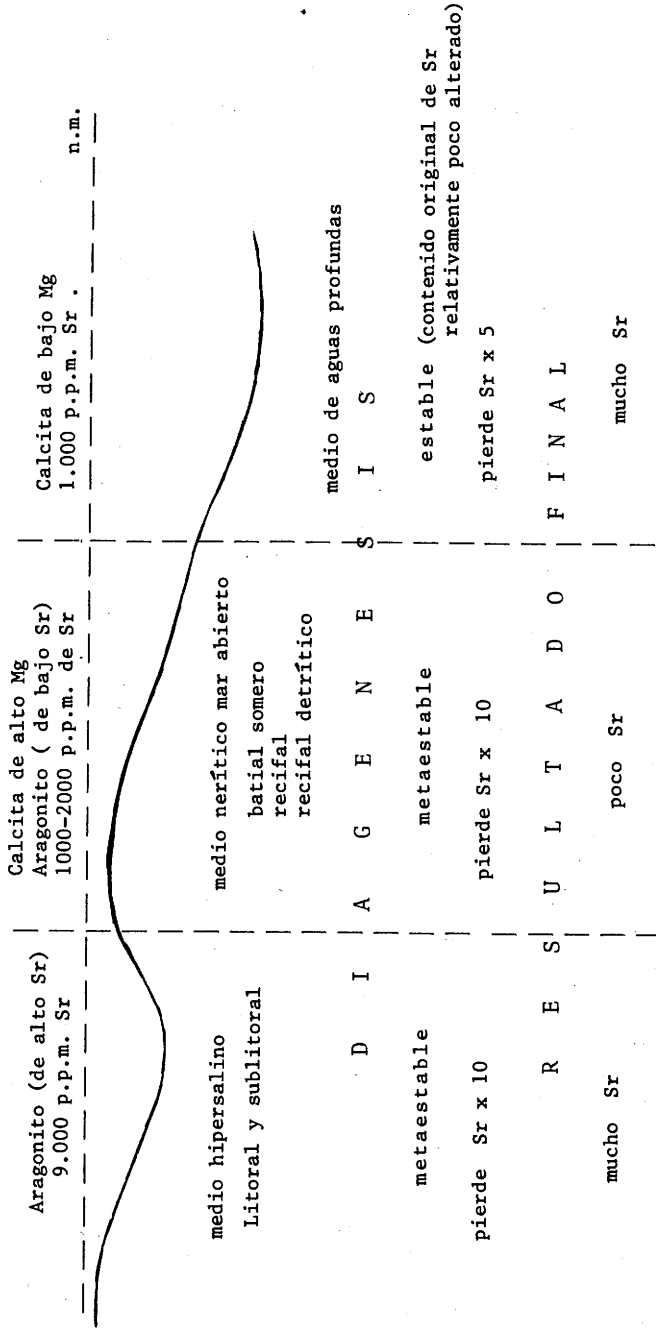


Fig. 1.- Hipótesis de Veizer 1977, de pérdidas de Estroncio, debido a la diagénesis

La diagénesis altera estas proporciones, afectando sobre todo al aragonito y a la calcita de alto magnesio, donde el estroncio sería removido, y en menor medida a la calcita de bajo magnesio (FIG. 1).

La bimodalidad obtenida reflejaría este proceso —muestras con gran contenido en estroncio, pertenecientes a facies hipersalinas de lagoon con precipitación— original de aragonito de alto estroncio y facies de aguas marinas profundas con calcita de bajo magnesio, —muestras con poco contenido en estroncio, de facies litorales, marítimas o pelágicas— someras con calcita de alto magnesio o aragonito de bajo estroncio.

## **METODOLOGIA:**

### **DETERMINACION DE OLIGOELEMENTOS**

Los oligoelementos han sido determinados por espectrofotometría de absorción atómica. Los métodos se exponen detalladamente en Perkin-Elmer (1966) y Angino y Billings (1972). Se determinaron los elementos siguientes: Na, K, Mn, Zn, Fe, Sr, Mg y Ca.

Estos elementos están incluidos en la fracción soluble de los carbonatos. Esta fracción procede del ataque con ClH realizado para la obtención del residuo insoluble, una vez filtrado y recogido éste. Para cada muestra se han atacado 50 gramos.

La fracción soluble se diluye convenientemente para que puedan ser leídas en el rango de sensibilidad del aparato, y que varía para cada elemento. En el caso del estroncio se añadió un 1% de lantano para resaltar la señal y evitar interferencias de otros elementos.

## **PETROGRAFIA**

Se ha determinado en porcentajes por conteo de puntos al microscopio de polarización, y sobre láminas delgadas los aloquímicos y ortoquímicos de las calizas consolidadas. Así mismo los levigados de calizas no consolidadas (margas) fueron embutidos en estratíl, confeccionándose a continuación láminas delgadas. Se utilizó también microscopía de transmisión y de exploración para los minerales de arcilla y para los levigados de las margas. Se realizaron residuos insolubles para obtener los terrígenos, estos se tamizaron a través de una malla de 0.063 mm., obteniéndose una fracción gruesa (Samita; cuarzo en su mayoría) y una fracción fina insoluble (Lutita: limo + arcilla). (Tabla 1).

**Tabla 1 A**

Serie	Unidad	Tramo	Subtramo	Alterancia	Potencia m.	Núm. muestras	Litología	Aloquímicos principales	FACIES Nº	
<b>C A P R A I A</b>	S	S-II			21	4	Micrita fosilifera-agregados s.c. fuertem. lutífica (intercalaciones de yeso).	Foram. planctónicos, agregados y espículas	1 A	
		S-I			36	7	Micrita foliífera s.c. fuert. lutífica	Foram. planctónicos	1 B	
	C	C-III	C-III b	C-III a (a)	1.5	1	Litoesparudita media	Foram. planctónicos		
			C-III a	C-III a (b)	61.5	9	Biomcrita muy fina fuert. terrígena Alterancia de (a) con algunas capas de (b)	Algas, briozoos, equinodermos	1 B	
		C-II	C-II b		9	3	Bioesparrita gruesa terrígena	Briozoos. equinodermos	4	
			C-II a		50	10	Bioesparrita media débilm. terrígena	Equinodermos, algas	7	
		C-I	C-I c		52.5	9	Bioesparudita fina	Briozoos	4	
			C-I b		34	7	Bioesparrita gruesa débilm. terrígena	Algas, Foram. bentónicos	4	
			C-I a		2.5	1	Bioesparrita fina terrígena	Briozoos	4	
			L-I		219	14	Micrita fosilifera s.c. fuert. lutífica	Espículas, foram. planctónicos	1 B	
		G	G-III	G-III b		100.5	7	Packed Biomicrita fina débilm. lutífica	Foram. planctónicos	2
				G-III a	G-III a (a)	55.75	5	Sparse Biomicrita fina Alterancia de (a) con delgadas intercalaciones de (b)	Foram. planctónicos	2
	G-II		G-II	G-III a (b)	39	4	Bioesparrita media-rudita fina	Algas, foram. bentónicos	7	
			G-II a		75	6	Bioesparrita (pobrem. lavada) media-gruesa	Algas, equinodermos	7	
			G-I b		176.5	17	Packed Biomicrita media Bioesparrita gruesa	Algas, equinodermos	7	
	G-I		C-I a		92	8	Bioesparudita fina	Algas, briozoos	7	

**Tabla 1 B**

Serie	Unidad	Tramo	Subtramo	Alternancia	Potencia m.	Núm. muestras	Litología	Aloquímicos principales	FACIES Nº		
FRATILE	T	T-I	P-IV		52	13	Sparse Biomicrita s.c. fuertement. lutifica	Foram. planctónicos y espículas de esponja	1 B		
					177.75	4	Pobrem. lavada Bioesparudita fina-espar. gruesa terrígena	Briozos y algas	4		
	P	P-II	P-III		43.9	9	Pobrem. lavada Bioesparudita fina-espar. gruesa débilm. terrígena	Briozos, equinodermos, algas	4		
					23.6	4	Bioesparudita fina	Briozos, equinodermos	4		
			P-I	P-II a	15	4	Bioesparita gruesa	Briozos, equinodermos	4		
				P-I b	53.85	9	Bioesparita gruesa-rudita fina	Briozos, equinodermos, algas	4		
	O	O-I	P-I a		40	7	Pobrem. lavada Bioesparudita fina	Algas, briozos, equinodermos	4		
					36	7	Sparse Agregado Biomicrita s.c. fuert. lutif.	Agregados, foram. planctónicos	1 B		
	UMBRIA	A	A-II		A-I (a)	83.30	18	Pobrem. lav. Bioesparita fina débilm. terrif.	Foram. planctónicos	3	
						38.90	4	Bioesparita gruesa débilm. terrígena Alternancia de (a) y (b)	Algas, equinodermos	3	
Z		Z-I		A-I (b)	221	6	Pobrem. lavada Bioesp. fina terrígena	Foram. planctónicos			
						7	Sparse Agregado-Biomicrita s.c. muy fuertemente lutifica				
M		M-IV	M-IV b	M-IV b (a)	M-IV b (b)	37.85	5	Packed Biomicrita fina lutifica	Agregados, foram. planctónicos, radiolarios	1 B	
							7	Alternancia de (b) con algunas capas de (a) Sparse Biomicrita fina fuert. lutifica	Foram. planctónicos	1 B	
		M-III	M-III c	M-III b	M-III a		14.25	3	Packed Biomicrita fina	Foram. planctónicos y agregados	2
							18.5	5	Bioesparita gruesa terrígena	Foram. planctónicos	6
							140.5	17	Sparse Paked Biomicrita gruesa	Equinodermos, algas	7
							28.5	4	Sparse-Packed Biomicrita fina terrígena	Equinodermos	7
M-II	M-II b				195.65	38	Bioesparita media fuertemente arenosa	Algas, equinodermos	6		
					4.3	3	Sparse Biomicrita media débilm. terrígena	Foram. bentónicos	5		
M-I	M-I a				46	11	Packed Biomicronrudita media	Corales	5		

**Tabla 1 C**

Serie	Unidad	Tramo	Subtramo	Altemacia	Potencia m.	Núm. muestras	Litología	Aloquímicos principales	FACIES N°
CASTALLA	B	B-III			2	1	Bioespartita media terrígena	Briozos, equinodermo	4
		B-II			57.2	12	Bioesparudita fina	Briozos, equinodermos	4
		B-I			19	3	Bio-Litoesparudita media (débilm. terrig.)	Briozos, pelecipodos	
	E	E-I			25	12	Micrita Agregado-fosilifera s.c. fuert. lutítica	Agregado, foram. planctónicos	1 B
VINALOPO	H	H-IV			48.5	10	Bioespartita media terrígena	Equinodermos, algas, foram. planctónicos	4
		H-III			31.5	6	Bioesparudita fina	Algas, pelecipodos	7
	K	H-II			132	20	Biomicrita la microespartita fina débilm. lutítica	Foram. planctónicos	2
		H-I			53.5	11	Biomicrita la microespartita media lutít.	Foram. planctónicos	2
		K-I			30	1	Micrita fosilifera fina s.c. fuertemente lutítica	Foram. planctónicos	
	MONTEALEGRE	J	J-II	J-II b		27.5	5	Bioesparudita fina fuerter. arenosa	Equinodermos, briozos
J-II a					47	9	Pobrem. lavada Bioespartita media fuert. arenosa	Equinodermos, foram. planctónicos	
J-I				1	1	Litorudita gruesa			

## **TRATAMIENTO DE LOS DATOS**

Las series litológicas se han dividido en unidades, y éstas en tramos. Los tramos se confeccionan en base a sus afinidades petrográficas. Cuando en la serie alternan dos litologías claramente diferentes, las consideramos pertenecientes a dos conjuntos distintos, es decir, los tramos alternantes se han dividido en dos conjuntos de muestras. Entre tramos y alternancias tenemos un total de 45 conjuntos de muestras o poblaciones. En el texto nos referiremos abreviadamente como análisis sobre 45 tramos.

Se ha trabajado con las medias aritméticas de los contenidos de estroncio, así como de los demás elementos químicos y petrográficos. Con estas medias se han realizado análisis factoriales con sus correspondientes matrices de correlación. (Tabla 2).

COEFICIENTES DE CORRELACION DEL Sr - Tabla 2

Núm. tramos	Sr-F.gr.	Sr-F.f.	Sr-R.I.	Sr-Na	Sr-K	Sr-Mn	Sr-Zn	Sr-Fe	Sr-Mg	Sr-Ca
45	-0.402	n.s.	n.s.	n.s.	0.405	n.s.	0.323	n.s.	0.475	n.s.

Núm. tramos	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - Fr.gr.	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - Fr.f.	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - R.I.	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - $10^4\text{Na}/\text{Ca}$	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - $10^4\text{K}/\text{Ca}$	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - $10^4\text{Mn}/\text{Ca}$	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - $10^4\text{Zn}/\text{Ca}$	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - $10^4\text{Fe}/\text{Ca}$	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$ - $10^2\text{Mg}/\text{Ca}$
45	-0.347	0.472	0.307	n.s.	0.619	0.404	0.537	0.451	0.614

\* n.s. = no significa al 95%

## **MEDIOS DE SEDIMENTACION**

Los 45 tramos de serie que nos sirven de conjuntos en el tratamiento de datos, se pueden clasificar en los diferentes medios de sedimentación, para ello nos basamos en los caracteres texturales de la roca (aloquímicos, ortoquímicos, terrígenos, etc.), caracteres paleontológicos, estructuras sedimentarias, etc; hemos adoptado la clasificación de Wilson 1974.

El resultado son 7 cinturones o facies (Belts). La facies 1 la hemos subdividido en dos, por la significativa presencia de rocas evaporíticas.

Las facies que se distinguen son:

### **ROCAS MUD – SUPPORTED**

- Facies 1 B - Rocas Mud supported
- Facies 1 A - Rocas Mud supported con intercalaciones de yeso.

### **ROCAS GRAIN SUPPORTED**

- Facies 2 - Calizas de foraminíferos planctónicos.
- Facies 3 - Turbiditas.
- Facies 4 - Calizas de briozoos.
- Facies 5 - Calizas de corales y miliólidos.
- Facies 6 - Calizas de algas y cuarzo.
- Facies 7 - Calizas de algas coralinas.

## **ANALISIS FACTORIAL**

Se han efectuado sobre 45 tramos, con las siguientes variables: residuo insoluble total, fracción gruesa insoluble, fracción fina insoluble, sodio, potasio, manganeso, zinc, hierro, estroncio, magnesio y calcio, utilizando el programa B MD 03M en su versión del 30 de Octubre de 1974 de la colección Biomedical Computer Programs UCLA 1973. Se efectuó asimismo un segundo análisis factorial, eliminando el residuo insoluble total por ser una variable redundante, y el calcio por su excesivo peso; los resultados los podemos resumir de la siguiente forma:

a) El Eje I lo define el calcio, que se opone a todas las demás variables (excepto al estroncio y a la fracción gruesa).



b) El Eje II se define por el estroncio y la fracción gruesa en posiciones opuestas.

c) La fracción fina, manganeso, zinc y hierro forman un grupo afín de variables. Otro grupo es el formado por el sodio, potasio, y magnesio.

d) En el análisis factorial con nueve variables (sin residuo insoluble total y sin calcio) el Eje I lo define el zinc y la fracción fina, el Eje II la fracción gruesa, contrapuesta al estroncio.

Los coeficientes de correlación del estroncio se muestran en la tabla 2, así como los coeficientes de correlación del índice del Sr/Ca con respecto a los demás índices.

Se ha calculado también la correlación entre el logaritmo de  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  con la fracción gruesa, resultando un  $r = -0.510$  ( $p < 0.01$ ), es decir, se mejora la correlación y su significación.

## **ESTRONCIO - FRACCION GRUESA INSOLUBLE**

La contraposición del estroncio y la fracción gruesa en el análisis factorial y sus correlaciones negativas, nos llevó a elaborar estas relaciones. Por ello eliminamos los tramos con muy poca cantidad de fracción gruesa, considerando sólo aquellos con cantidades superiores al 2%, que resultaron ser 17 tramos calcareníticos (quedan eliminados los tramos calcilutíticos), la correlación para ellos es de  $-0.542$  ( $p < 0.02$ ).

Si agrupamos los tramos y subtramos de nuestro trabajo según el contenido en estroncio, tenemos que los tramos con menor cantidad corresponden a calizas bioclásticas con tamaño grueso de grano, esparíticas, con algas coralinas, equinodermos, briozoos y en un caso corales; los contenidos elevados por el contrario, pertenecen a tramos micríticos con diversos porcentajes de foraminíferos plantónicos y agregados (pellets fecales de copépodos). En ambos casos dos excepciones, los tramos M-III c y P-IV, estos son sin embargo tramos de transición en la serie, con contenido biológico del tramo anterior y químico del tramo siguiente. (Tabla 3).

**Tabla 3**

TRAMO o SUBTRAMO	FRACCION FINA		FRACCION GRUESA		ESTRONCIO		10 <sup>3</sup> Sr Ca		
	$\alpha$	$\sigma$	$\alpha$	$\sigma$	$\alpha$	$\sigma$	$\alpha$	$\sigma$	
S-II	27.45	14.20	1.25	2.14	1519.07	936.67	5.61	2.89	M
S-I	30.24	3.38	1.18	1.21	412.52	50.30	1.60	2.89	
C-III a(a)	16.81	6.70	10.15	3.36	371.62	25.05	1.38	0.10	
C-III a(b)	5.89	0.88	6.48	2.13	396.06	13.61	1.17	0.06	
C-II b	3.15	0.27	5.37	2.64	435.99	14.88	1.25	0.03	
C-II a	4.68	1.31	4.96	1.42	300.42	46.06	0.84	0.14	m
C-I c	2.82	0.62	1.29	0.44	313.28	109.34	0.83	0.29	m
C-I b	3.51	0.98	2.42	1.13	782.27	193.13	2.08	0.52	
L-I	32.67	7.85	1.38	1.21	780.98	122.23	3.28	0.59	M
G-III b	6.27	3.39	0.14	0.08	1259.58	323.97	3.47	0.82	M
G-III a(a)	3.56	1.79	0.19	0.14	1130.11	361.81	3.04	0.96	M
G-III a(b)	1.10	1.10	0.65	0.56	1069.48	409.25	2.81	1.10	M
G-II b	0.53	0.31	0.87	0.38	511.23	136.03	1.31	0.35	
G-II a	2.61	1.81	1.00	0.75	870.79	453.05	2.34	1.23	
G-I b	0.87	0.26	2.12	1.44	299.98	76.61	0.79	0.22	m
C-I a	0.80	0.26	1.98	1.03	353.24	67.99	0.92	0.19	
T-I	27.66	5.93	2.83	2.49	712.26	163.45	2.80	0.56	M
P-IV	6.47	1.55	5.35	4.32	1016.25	109.96	3.01	0.32	M
P-III	6.96	4.23	3.12	1.83	648.41	209.48	1.88	0.65	
P-II b	1.88	0.15	1.15	0.29	364.58	18.78	0.96	0.05	
P-II a	2.17	0.50	0.64	.39	435.93	30.83	1.15	0.08	
P-I b	2.55	0.97	0.82	0.36	694.52	112.54	1.85	0.31	
P-I a	1.76	0.68	0.80	0.59	830.80	65.29	2.20	0.18	
O-I	23.46	8.67	0.94	2.09	974.04	170.84	3.31	0.34	M
A-II	6.70	2.70	3.00	1.26	446.12	81.39	1.27	0.21	
A-I (a)	4.98	1.68	3.27	0.84	397.98	30.45	1.11	0.11	
A-I (b)	6.57	3.51	3.98	2.05	340.44	42.29	1.12	0.11	
Z-I	37.14	7.10	0.66	0.31	397.64	55.60	1.68	0.11	
M-IV b(a)	12.23	4.30	1.66	0.83	428.07	81.55	1.29	0.27	
M-IV b(b)	33.83	8.89	0.93	0.66	443.89	61.61	1.80	0.31	
M-IV a	3.99	1.29	0.62	0.44	281.95	21.58	0.75	0.05	m
M-III c	3.94	3.16	11.68	8.34	179.45	44.18	0.53	0.08	m
M-III b	3.84	4.09	0.57	0.70	408.46	190.69	1.09	0.52	
M-III a	10.25	4.53	7.96	7.90	262.51	42.86	0.85	0.06	m
M-II	5.25	2.96	16.12	6.06	148.35	63.87	0.48	0.17	m
M-I b	4.93	5.42	0.53	0.56	449.35	121.75	1.20	0.27	
M-I a	4.13	1.86	0.04	0.02	323.71	72.96	0.86	0.21	m
B-II	1.81	0.62	1.86	0.37	272.46	44.13	0.71	0.12	m
B-I	3.91	0.71	2.83	0.86	331.98	31.21	0.90	0.09	
E-I	28.54	3.54	2.28	1.41	628.72	116.60	2.43	0.48	M
H-IV	8.75	3.59	5.15	2.26	373.95	42.64	1.15	0.13	
H-III	1.44	1.09	0.42	0.40	265.41	40.44	0.69	0.12	m
H-II	7.63	2.60	1.81	0.31	426.62	51.53	1.24	0.17	
H-I	8.31	2.46	2.43	0.89	516.12	145.54	1.50	0.47	
J-II	4.98	2.46	23.01	7.31	107.81	28.11	0.38	0.09	m

M. n: tramos con máximos y mínimos de contenido de Estroncio.

Como hipótesis de trabajo pensamos que a más cantidad de fracción gruesa insoluble (cuarzo) correspondería con medios de mayor energía: turbulencia (aunque otras causas pueden proporcionar fracción gruesa a un sedimento). Aceptando esta hipótesis, los contenidos elevados de estroncio corresponderían a aguas tranquilas, y los bajos contenidos a aguas turbulentas.

Veizer y Demovic (1974) se preguntan por qué el contenido en estroncio disminuye en ambos sentidos, hacia el mar y hacia la costa, a partir del algal bank; la respuesta puede estar relacionada con la energía del medio, energía que actúa sobre las variables que determinan la formación de una mineralogía u otra original, lo que a su vez permite una mayor o menor tolerancia por el estroncio en la redes cristalinas (del aragonito o de la calcita).

Si promediamos las medias de los valores  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  para cada facies donde hemos clasificado a los tramos según su litología, contenido biológico, textura, etc. (siguiendo a Wilson 1974), encontramos una distribución del estroncio sensiblemente paralela a la energía del medio, en términos de oleaje, corrientes, etc.

El mínimo del índice se sitúa en las facies 6 (la de máxima energía) y aumenta a ambos lados de esta facies.

Los valores máximos del índice se sitúan en la facies 1, donde es lógico pensar en un mínimo de energía, y dentro de ella, en la facies hipersalina 1 A. (Figura 2).

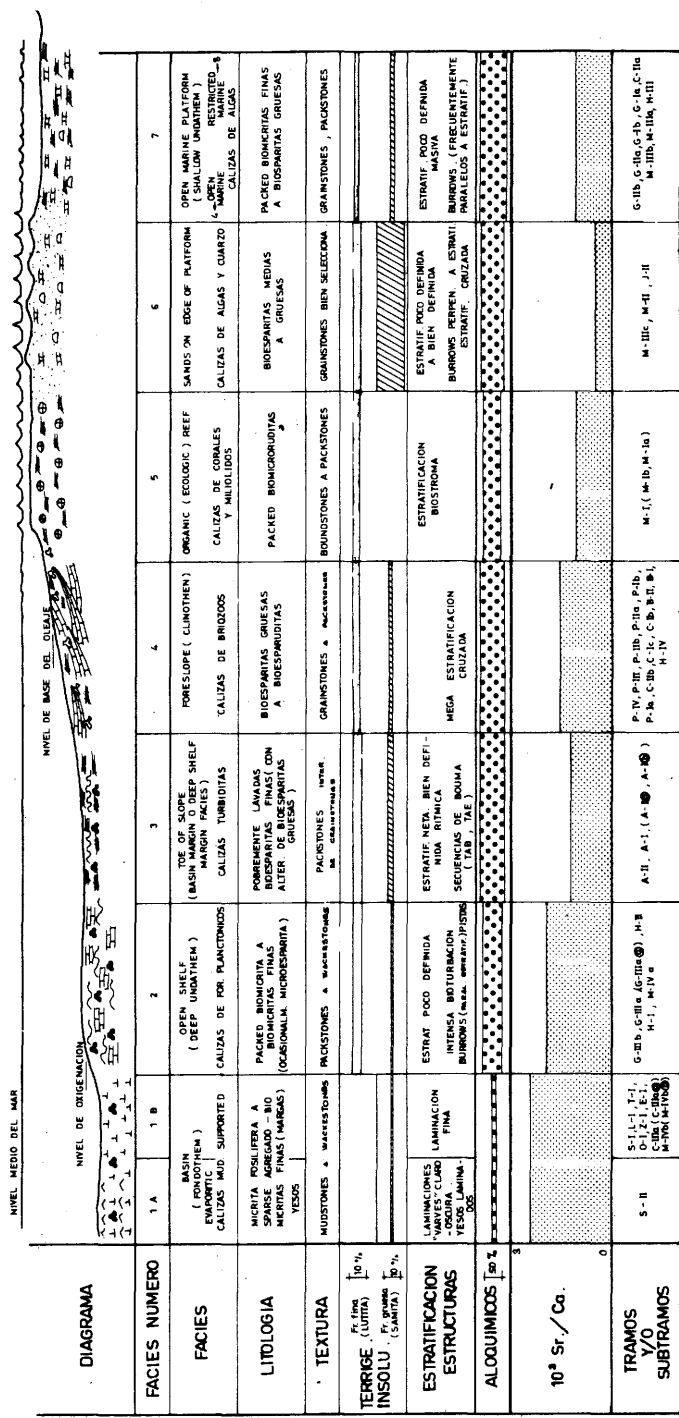


Fig. 2.- Cuadro de facies del Mioceno Medio de Elda-Petrel

## **ESTRONCIO - FRACCION GRUESA INSOLUBLE EN LA FACIES 6**

El mínimo de estroncio coincide con un máximo de fracción gruesa insoluble en la facies 6 (Sands on edge of platform). Los tramos allí clasificados presentan una litología con textura grainstone bien seleccionada, son bioesparitas de tamaño medio a grueso, con algas y abundante cuarzo en relación con el resto de las facies.

Por otra parte, para demostrar una relación entre la energía del medio, la fracción gruesa insoluble y el estroncio, se necesita que los tramos reúnan las siguientes condiciones: a) que tuvieran en el residuo insoluble más cantidad de fracción gruesa que de fracción fina, de forma que se pudiese suponer que el medio donde se depositasen estos materiales tenían la suficiente energía como para seleccionar las partículas de forma que las más finas (minerales de arcilla) fuesen preferentemente eliminadas; b) con cantidades de fracción gruesa suficientes para minimizar cualquier error de laboratorio; c) tramos con número de muestras suficientes como para hacer fiable la correlación.

El tramo que mejor reúne esas condiciones es el M-II de la Serie de la Umbría. Contiene 38 muestras de bioesparita media fuertemente arenosa, algas, equinodermos, con  $16.12\% \pm 6.06$  de fracción gruesa y  $5.21 \pm 2.96\%$  de fracción fina. (Muestra M-16 a M-56).

La correlación que resultó entre el estroncio y la fracción gruesa es de  $-0.62$  ( $p < 0.001$ ).

Hemos realizado también una correlación, incluyendo a más tramos correlativos con el anterior de esta misma serie, hasta un total de 81 muestras (Muestras M-1 a M-87; Unidad M excepto el subtramo del techo M-IV b que es de transición a la Unidad Z; tabla 4 y 5) así como un análisis factorial; esto pone de manifiesto de nuevo, la oposición entre el estroncio y la fracción gruesa (fig. 3). el coeficiente de correlación para estas muestras es de  $-0.70$  ( $p < 0.001$ ). Al igual que anteriormente, hallamos  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  y la correlación con la fr. gruesa continuó siendo negativa  $r = -0.063$  ( $p < 0.001$ ) (fig. 4). La correlación aumenta a  $r = -0.742$  ( $p < 0.001$ ) entre, el log.  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  y la fr. gruesa (fig. 5).

**TABLA 4**

N° muestra	Fr. gruesa	Estroncio	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$
------------	------------	-----------	---------------------------

**SERIE UMBRIA****UNIDAD M**

TRAMO IV. Subtramo M-IV a	M-87	1.09	290.64	0.88
	M-86	0.23	297.84	0.87
	M-85	0.54	257.38	0.78
TRAMO III. Subtramo M-III c	M-84	2.54	250.54	0.66
	M-83	5.47	167.49	0.45
	M-82	10.70	184.05	0.53
	M-81	16.54	164.34	0.51
	M-80	23.14	130.85	0.49
TRAMO III. Subtramo M-III b	M-79	0.12	283.45	0.73
	M-78	0.42	414.71	1.09
	M-77	1.89	242.51	0.64
	M-76	1.04	196.28	0.50
	M-75	2.63	212.44	0.55
	M-74	0.16	226.33	0.57
	M-73	0.66	272.33	0.68
	M-72	0.17	543.88	1.33
	M-71	0.14	367.08	0.94
	M-70	0.54	490.66	1.26
	M-69	0.26	336.91	0.86
	M-68	0.04	518.34	1.41
	M-66	0.54	994.05	2.66
	M-65	0.10	423.19	1.00
M-64	0.36	515.54	1.38	
M-63	0.47	482.30	1.41	
M-62	0.21	428.81	1.31	
TRAMO III. Subtramo M-III a	M-60	1.24	309.92	0.90
	M-59	10.82	246.64	0.76
	M-58	17.84	211.28	0.85
	M-57	1.95	282.20	0.86
TRAMO II.	M-55	19.02	130.83	0.43
	M-54	19.11	109.10	0.36
	M-53	16.59	136.75	0.43
	M-52	14.07	134.54	0.42
	M-51	18.43	147.18	0.46
	M-50	16.07	133.15	0.41
	M-49	18.43	119.38	0.40
	M-48	19.08	117.42	0.42
	M-47	15.55	102.08	0.33
	M-46	7.44	148.63	0.41
M-45	14.70	108.60	0.34	

**TABLA 4**

	Nº muestra	Fr. gruesa	Estroncio	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$
<b>SERIE UMBRIA</b>				
<b>UNIDAD M</b>				
TRAMO II. (continuación)	M-44	19.21	82.61	0.26
	M-43	30.37	90.23	0.34
	M-42	12.13	111.15	0.32
	M-41	18.30	140.93	0.48
	M-40	10.79	151.61	0.44
	M-39 b	9.03	146.37	0.41
	M-39	24.25	135.36	0.51
	M-38	14.43	137.42	0.48
	M-37	14.65	165.58	0.50
	M-36	12.23	133.37	0.39
	M-35	23.39	114.25	0.41
	M-34	17.93	122.31	0.41
	M-33	18.37	123.97	0.42
	M-32	16.09	117.15	0.37
	M-31	21.47	118.83	0.41
	M-29	17.41	117.51	0.37
	M-28	11.43	123.76	0.36
	M-27	22.13	172.69	0.63
	M-26	18.23	101.00	0.32
	M-25	30.17	109.21	0.45
	M-22	22.72	142.35	0.50
	M-21	11.83	190.85	0.57
	M-20	10.56	209.06	0.65
	M-19	8.14	198.63	0.66
	M-18	5.80	268.46	0.79
	M-17	8.11	296.69	0.86
	M-16	3.70	418.28	1.23
TRAMO I. Subtramo M-I b	M-15	0.00	598.42	1.50
	M-14	0.47	389.68	1.02
	M-13	1.20	368.95	1.07
TRAMO I. Subtramo M-I a	M-12	0.05	439.95	1.19
	M-11	0.06	372.05	0.98
	M-9	0.06	444.44	1.19
	M-8	0.05	351.67	0.93
	M-7	0.02	300.88	0.80
	M-6	0.01	235.77	0.61
	M-5	0.03	327.89	0.89
	M-4	0.02	306.16	0.79
	M-3	0.04	288.19	0.75
	M-2	0.02	256.86	0.66
	M-1	0.01	236.00	0.60

**TABLA 5****SERIE MONTEALEGRE  
UNIDAD J**

	Nº muestra	Fr. gruesa	Estroncio	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$
TRAMO J-II	J-19	24.48	70.48	0.24
	J-18	15.25	80.28	0.24
	J-16	13.96	144.90	0.43
	J-15	20.17	97.41	0.32
	J-14	33.37	95.66	0.37
	J-13	27.49	73.26	0.27
	J-12	19.55	121.26	0.42
	J-11	20.90	116.04	0.39
	J-10	20.41	110.13	0.39
	J-9	26.01	132.58	0.47
	J-8	39.21	87.68	0.38
	J-7	22.71	95.01	0.33
	J-6	26.15	115.23	0.44
	J-5	12.46	169.49	0.54



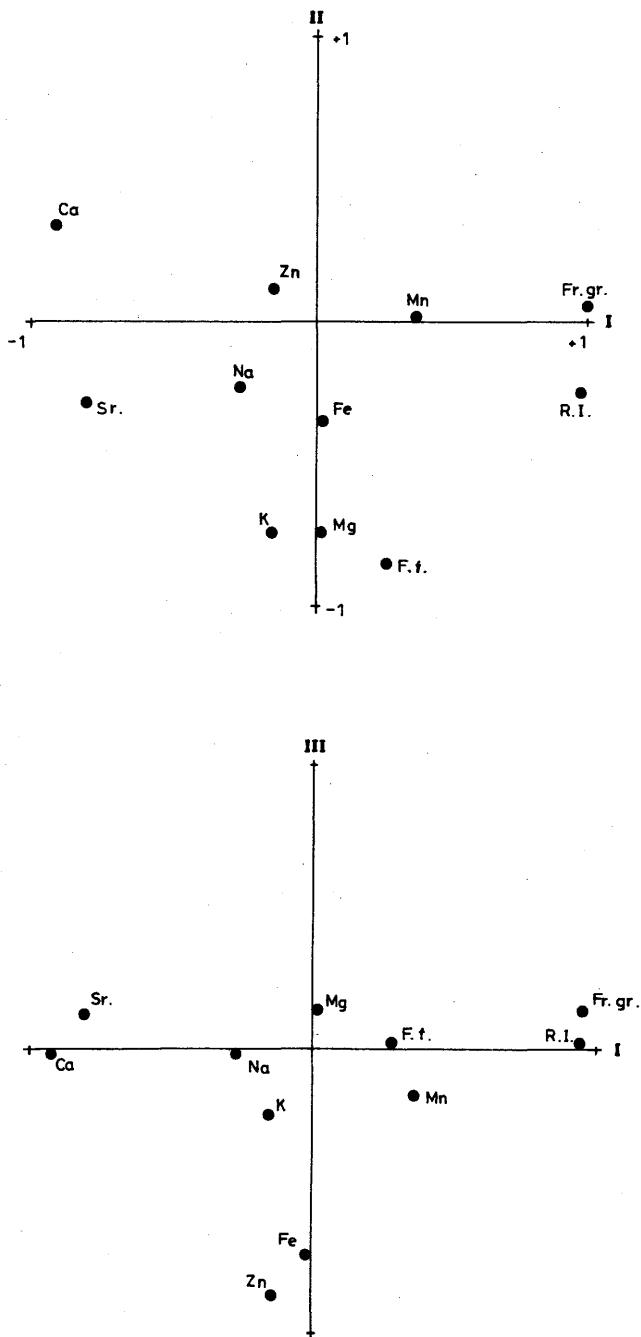


Fig. 3.- Análisis factorial de la Unidad M de la Serie de la Umbría.  
Matriz rotada. Variables 11. Número de muestras 81

MUESTRAS

- M-85, M-87
- M-80, M-84
- M-62, M-79
- M-57, M-60
- M-16, M-56
- M-13, M-15
- M-1, M-12

TRAMOS

- M-IV a
- M-III c
- ▲ M-III b
- ⊛ M-III a
- M-II
- M-I b
- △ M-I a

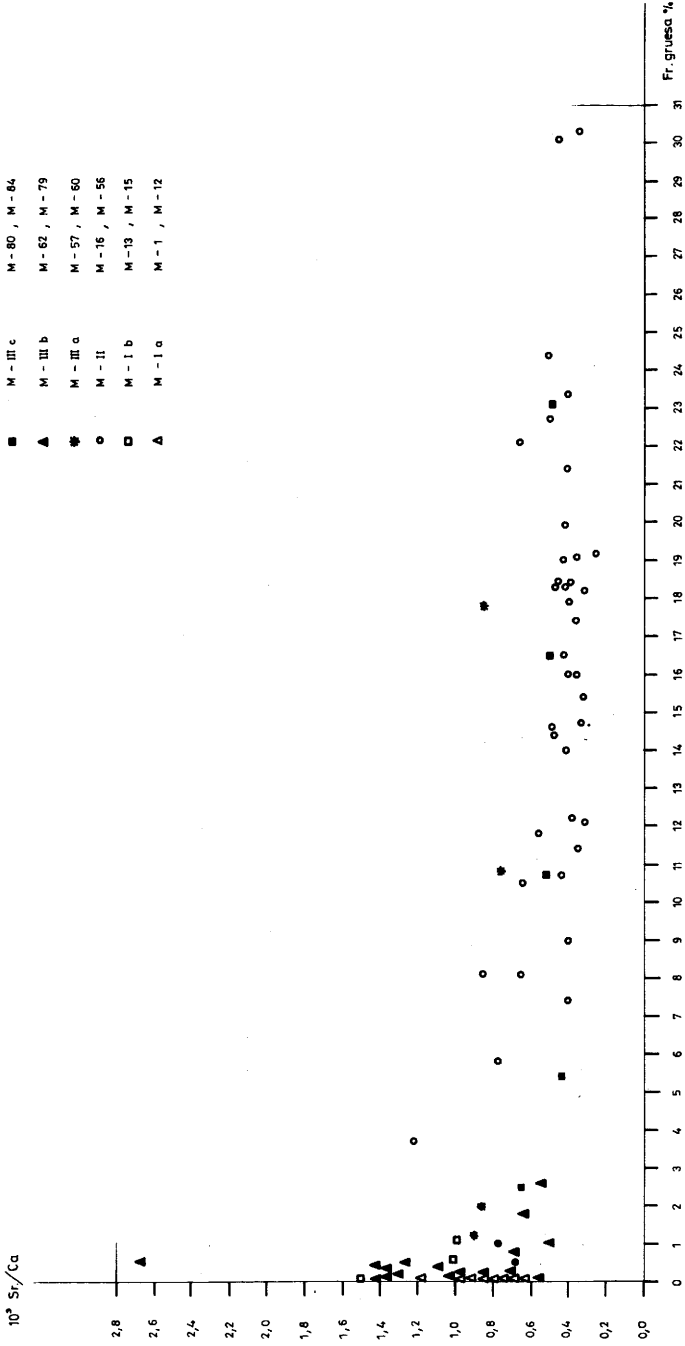


Fig. 4.- Serie Umbría. Unidad M.  $10^3 \text{ Sr/Ca}$  - Fr. gruesa %.  
 Total muestras.  $r = -0,63$   $p < 0,001$ .

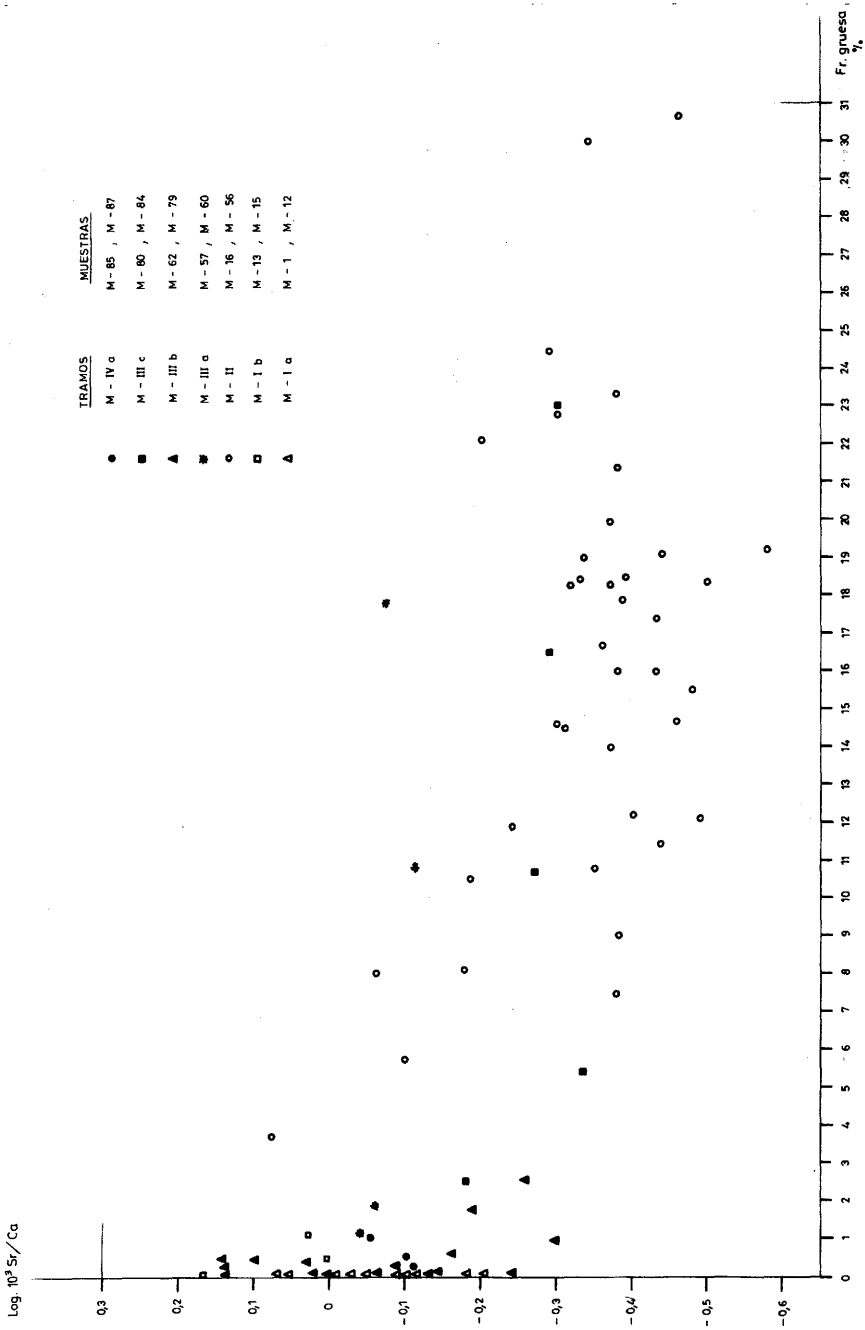


Fig. 5.- Serie Umbría. Unidad M. Log.  $10^3 \text{Sr/Ca}$  - Fr. gruesa %.  
Total 81 muestras.  $r = -0,74$ .

Otro tramo de serie que cumple las condiciones requeridas es el J-II de la serie de Montealegre (con 14 muestras, prácticamente toda la serie) con  $23.01 \pm 7.31$  de fracción gruesa y  $4.98 \pm 2.46$  de fracción fina. En este tramo la relación de Sr-fr. gruesa es de un  $r = -0.51$  ( $p < 0.05$ ).

El conjunto de todos estos coeficientes se muestra en la tabla 6.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se han estudiado las relaciones del estroncio con diversos elementos químicos y componentes petrológicos de 391 muestras pertenecientes a 6 series sedimentarias carbonatadas del Mioceno medio de Alicante; estas muestras se agruparon en 45 tramos (conjuntos) a efectos de tratamientos matemáticos.

Realizado un análisis factorial para la totalidad de las muestras, resultó el Eje II definido por el estroncio, contrapuesto a la fracción gruesa, presentando por tanto una correlación negativa entre sí. Así mismo resultaron negativas y significativas las correlaciones efectuadas para muestras de unidades con apreciable cantidad de fracción gruesa y pertenecientes a facies marinas de elevada energía. (Facies 6. Sands on edge of platform).

La distribución del índice  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  por facies presenta una relación inversa con la energía que cabría esperar en ellas, presentando las facies correspondientes a medios de sedimentación de aguas tranquilas máximos de estroncio, y mínimos las facies de los medios de aguas agitadas.

El índice  $10^3\text{Sr}/\text{Ca}$  puede considerarse por tanto como un indicador de medios ambientes de sedimentación en función de la energía del medio.

Tabla 6

**TABLA DE CORRELACIONES ESTRONCIO - FRACCION GRUESA**

	<u>Sr-Fr. gruesa</u>	<u>1000 Sr/Ca-Fr. gruesa</u>	<u>log. 1000 Sr/Ca-Fr. gruesa</u>
Medias de muestras en 38 tramos	-0.388 p<0.02	-0.32 p<0.05	
Medias de muestras en 45 tramos	-0.402 p<0.005	-0.347 p<0.02	-0.510 p<0.001
Medias de muestras en 17 tramos, todos ellos con Fr. gr. 2%	-0.524 p<0.02		
Serie Umbría 81 muestras. Tramos M-I a, M-I b, M-II, M-III a, M-III b, M-III c, M-IV a	0.70 p<0.001	-0.63 p<0.001	-0.742 p<0.001
Serie Umbría 38 muestras Tramo M-II	-0.62 p<0.001		
Serie Montealegre 14 muestras Tramo J-II	-0.51 p<0.05		

## BIBLIOGRAFIA

- AL-HASHIMI, W.S., 1976.- Significance of Strontium distribution in some carbonate rocks in the Carboniferous of Northumberland, Englad. *Jour. Sed. Petrology*, v.46, n.º22, p.369-376.
- ANGINO, E.E. y BILLINGS, G.K., 1972.- Atomic absorption spectrometry in Geology. *Methods in Geochemistry and Geophysics* n.º7. Elsevier publ. comp. 191 p.
- BATHURST, R.G.C., 1975.- *Carbonate sediments and their diagenesis*. Elsevier, Amsterdam, 620 p.
- EMILIANI, C., 1955.- Mineralogical and chemical composition of the tests of certain pelagic Foraminifera. *Micropaleontology*, 1, P. 377-380.
- FRIEDMAN, G.M., 1968.- Geology and geochemistry of reefs, carbonate sediments, and waters, Gulf of Aqaba. (Elat) Red Sea *J. Sed. Petrol.* v.38 p.895-919.
- HONJO, S. y TABUCHI, H., 1970.- Distribution of some minor elements in carbonate rocks, 1. *Pacific Geology*, v.2, p.41-79.
- KAHLE, C.F., 1965.- Stronium in Oölitic Limestones. *Jour. Sed. Petrology*, v.35, n.º4, p.846-856.
- KEITH, M.L. y WEBER, J.N., 1965.- Systematic relationships between carbon and oxygen isotopes in carbonates deposited by modern corals and algae. *Science*, v.150, p.498-501.
- KINSMAN, D.J.J., 1969.- Interpretation of Sr concentrations in carbonate minerals and rocks. *Jour. Sed. Petrology*, v.39, p.1-17.
- KRINSLEY, D., 1960.- Trace elements in the tests of planktonic foraminifera. *Micropaleontology*, v.6, p.297-300.

- LORENS, R.B., WILLIAMS, D.F. y BENDER, M.L., 1977.- The early monstructural chemical diagenesis of Foraminiferal calcite. *Jour. Sed. Petrology*, v.47. n°4, p.1602-1609.
- LOWENSTAM, H.A., 1963.- *Biologic problems relating to the composition and diagenesis of sediments*. T.W. Donnelly (Ed.). The Earth Sciences Problems and Progress in Current Research. Univ. Chicago Press Chicago 111. p.137-195.
- MACKENZIE, F.J., 1964.- Strontium content and variable strontium-Chlorinity relationship of SargassSea Water. *Science*, v.146, p.517-518.
- MATTHEWS, R.K., 1966.- Genesis of recent lime mund in southern British Honduras. *Jour. Sed. Petrology*, v.36, p.428-454.
- MILLIMAN, J.D., 1967.- Carbonate sedimentation on Hogsty Reef. a Bahamian atoll. *Jour. Sed. Petrology*, v.37. p.658-676.
- PERKIM-ELMER, 1966.- *Analytica methods for atomic absorption spectrophotometry*. The Perkin-Elmer Corporation.
- PRASADA RAO, C. y NAQVI, I.H., 1977.- Petrography, Geochemistry and factor analysis of a Lower Ordovician subsurface sequence, Tasmania, Australia. *Jour. Sed. Petrology*, v.47. n°3, p.1036-1055.
- RENARD, M., 1975.- Etude Geochemique de la fraction carbonatee d'un facies de bordure de Depot gypseux (exemple du gypse ludien du bassin de Paris). *Sedimentary Geology*, v.13, p.191-231.
- STEHLI, F.G. y HOWER, J., 1961.- Mineralogy and early diagenesis of carbonate sediments. *Jour. Sed. Petrology*, v.31, p.358-371.
- THOMPSON, T.G. y CHOW, T.J., 1965.- The strontium-calcium atom ratio in carbonate-secreting marine organisms. *Deep-Sea Res.*, sup11.3, p.20-39.
- U.C.L.A., 1973.- *Biomedical Computer Programs*. University of California, Los Angeles, U. of California Press, 773 p.

- VEIZER, J., 1977.- Diagenesis of pre-Quaternary carbonates as indicated by tracer studies. *Jour. Sed. Petrology*, v.47, n.º2, p.565-581.
- VEIZER, J. y DEMOVIC, R., 1973.- Environmental and climatic controlled fractionation of elements in the Mesozoic carbonate sequences of the Western Carpathians. *Jour. Sed. Petrology*, v.43, p. 258-271.
- VEIZER, J. y DEMOVIC, R., 1974.- Strontium as a tool in facies analysis. *Jour. Sed. Petrology*, v.44, n.º1, p.93-115.
- VINOGRADOV, A.P., RONOVI, A.B. y RATYNSKII, W.M., 1952.- Variation in chemical composition of carbonate rocks of the Russian Platform (with time). *Akad. Nauk SSSR Izv. Ser. Geol.*, v.1, p.33-50.
- WILSON, J.L., 1974.- Characteristics of Carbonate-Platform Margins. *A.A.P.G. Bull.*, V.58/5, p.810-824.
- ZELLER, E.J. y WRAY, J.L., 1956.- Factors influencing precipitation of calcium carbonate. *A.A.P.G. Bull.*, v.40, p.146-152.



## **DISCRIMINACION GEOQUIMICA DE ALGUNAS FACIES DEL CRETACICO (ALBENSE) EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA ZONA PREBETICA (PROVINCIA DE ALICANTE)**

por F. Llavador<sup>1</sup> J. A. Pina<sup>1</sup> y C. Auernheimer<sup>1</sup>

### **RESUMEN:**

Se han tomado noventa muestras secuenciales en una serie carbonatada de edad Cretácico. Se estudian sus componentes petrológicos y se determina Na, K, Fe, Mn, Mg y Sr en la fracción soluble de la roca. A las variables geoquímicas, más dos variables petrológicas (contenido en gruesos y finos de la fracción insoluble) se les aplica un análisis factorial de correspondencias.

Se discuten las relaciones entre muestras y variables y se comprueba que la división en tramos por ambientes sedimentarios es interpretable en la discriminación de poblaciones por el análisis multivariante.

### **ABSTRACT:**

Ninety samples of a Cretaceous carbonate serie have been taken. The petrological components are studied and Na, K, Fe, Mn, Zn, Mg and Sr of the soluble fraction are analyzed. A factorial analysis of correspondences is applied to the geochemical variable in addition to two of the petrological variables (coarse and fine insoluble fraction).

The relationships between samples and variables are discussed.

The multivariable analysis discriminate populations that relates with the sedimentary environments.

(1) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.

## **INTRODUCCION:**

Cada vez de forma más general se viene haciendo uso de la geoquímica en el estudio de los medios de sedimentación.

Partiendo de la idea de que la geoquímica de una unidad sedimentaria es siempre, de una forma u otra, reflejo de las condiciones ambientales en que se formó, así como de los procesos a que se vió sometida durante su historia geológica, se trata pues de intentar reconstruir las diversas facies sedimentarias que concurren en la secuencia, a partir del estudio de su geoquímica y a pesar del efecto desfigurador de la diagénesis.

Por otro lado, la determinación de tramos constituye en Estratigrafía un problema de cierta complejidad, por la carga de subjetivismo que conlleva y que no siempre es fácil de acotar. Siempre es, pues, interesante comprobar si la Química puede constituir una ayuda en este punto y si parámetros químicos pueden objetivar la determinación de tramos o, al menos, contrastar su subjetividad.

Con este criterio hemos estudiado una serie carbonatada de edad Cretácico (Albense superior - Cenomanense inferior), situada en la Sierra de las Aguilas (17 Kms. al NW de Alicante), conjunto que pertenece al dominio Prebético Interno (Pina, J. A.; 1975; Leret, G. *et al.*, 1978). (Figura 1).

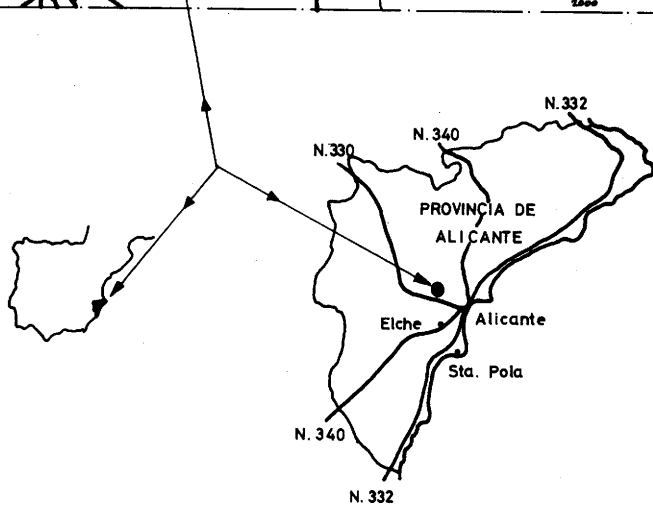
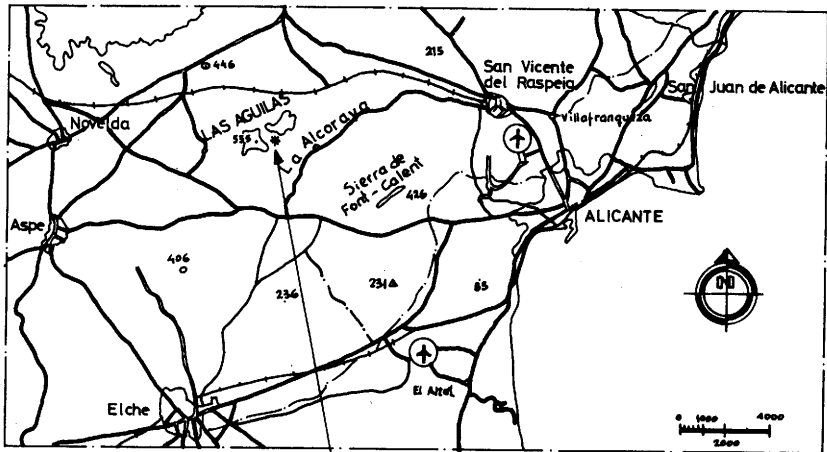


Fig. 1.- Localización geográfica de la sección estudiada



## **METODOLOGIA:**

### **METODOLOGIA PETROLOGICA**

Se procedió a un muestreo sistemático de la serie cada 5 metros siempre que esto fuera posible y/o en los cambios litológicos apreciables. Se tomaron en total 90 muestras.

Para el estudio petrológico, se confeccionó de cada muestra una lámina delgada que sería estudiada por microscopía de polarización. Sobre esta lámina delgada se estimaron por conteo, los porcentajes de granos de cuarzo, esparita, micrita y aloquímicos, distinguiéndose en este último grupo sus diversos constituyentes. Para las muestras no consolidadas se procedió a su disgregación y posterior separación de dos fracciones constituidas por partículas mayores de 0,063 mm. y partículas menores de dicho tamaño. Con muestras escogidas se confeccionaron difractogramas de rayos X, a fin de determinar la mineralogía de los principales componentes de la fracción soluble. También en muestras escogidas se emplearon técnicas de Microscopía Electrónica de Transmisión (T.E.M.) y Microscopía Electrónica de Exploración (S.E.M.) a fin de estudiar, respectivamente, los componentes principales de la fracción arcilla y la naturaleza de los agregados que aparecían en algunas rocas.

En la descripción petrológica se han utilizado básicamente la clasificación de rocas carbonatadas de Folk (1962) y Dunham (1962).

En cuanto a la cantidad de terrígenos y la distinción entre fracción fina (Lutita) y fracción gruesa (Samita) se empleó la nomenclatura dada en la figura 2.

### **METODOLOGIA GEOQUIMICA**

El método seguido se basa en la obtención a partir de cada muestra, de dos fracciones por la acción del HCl en frío. La «fracción soluble» estará integrada por todas aquellas especies químicas susceptibles de pasar a la disolución por la acción del HCl en frío. Estará integrada por carbonatos, sobre todo cálcico, óxidos y algunas especies adsorbidas débilmente a la «fracción insoluble». La «fracción insoluble» o residuo insoluble estará integrada por todas aquellas especies químicas incapaces de disolverse por acción del HCl en frío. Estará integrada por minerales de arcilla, granos de cuarzo y otras especies, silicatadas principalmente. Este residuo insoluble se separa por tamizado en dos fracciones: «fracción fina» (partículas de diámetro menor de 0,063 mm) y «fracción gruesa» (partículas de diámetro mayor de 0.063 mm).

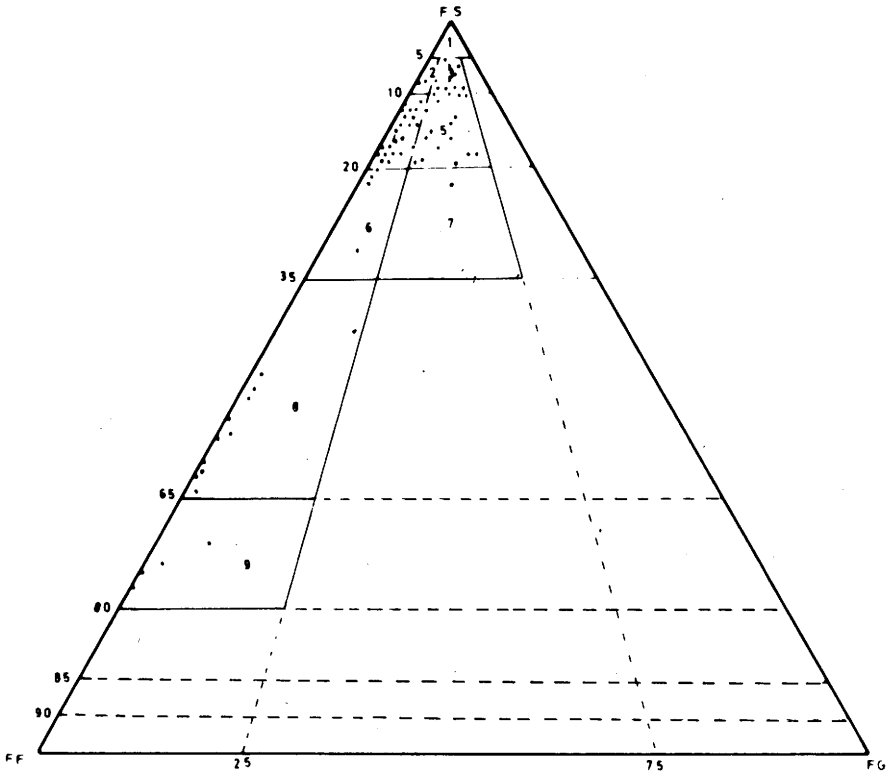


Fig. 2.- Clasificación de las muestras según fracciones. (FS = fracción soluble; FF = fracción fina insoluble; FB = fracción gruesa insoluble)

- 1 - Caliza
- 2 - Caliza débilmente lutítica
- 3 - Caliza débilmente terrígena
- 5 - Caliza lutítica
- 6 - Caliza terrígena
- 8 - Caliza fuertemente lutítica
- 9 - Caliza fuertemente terrígena
- 11 - Caliza muy fuertemente lutítica
- 14 - Lutita fuertemente calcárea

Para cada muestra se trataron unos 50 gr. de roca seca y parcialmente molida (no se pulverizó para evitar romper algunas partículas del residuo insoluble que convenía fueran observadas intactas) con HCl hasta cese de la reacción de disolución. Se filtró el residuo insoluble y se lavó, agregando las aguas de lavado a la solución obtenida. Se tamizó el residuo insoluble para separar sus dos fracciones constituyentes, que fueron secadas y pesadas.

La solución obtenida anteriormente, fue elevada a 1 litro y se determinó en ella los contenidos en Na, K, Sr, Mn, Fe y Zn por espectrofotometría de absorción atómica, calculándose el contenido en Ca por diferencia. También se investigó la concentración de Al, Co, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Ti, V y Si, observándose para todos estos elementos que en ningún caso se encontraban en concentración superior al límite de identificación de cada uno. Los métodos se describen con detalle en Perkin-Elmer (1966), Elwell y Gidley (1966), Ramírez-Muñoz (1966) y Angino y Billings (1972) entre otros.

## **TRATAMIENTO MATEMATICO DE LOS DATOS: ANALISIS DE CORRESPONDECIAS**

El principio del análisis de correspondencias es el mismo que el del «análisis de componentes principales».

Una matriz de correlación está compuesta por los valores de los cosenos de los ángulos que hacen dos a dos un conjunto de  $n$ -vectores-observaciones con punto de aplicación todos en el origen de coordenadas de un espacio  $R^p$ .

El problema que intenta resolver el análisis de componentes principales es determinar un sistema de ejes jerarquizados de manera que, al disminuir el número de dimensiones del espacio en el cual se proyectan los vectores, la pérdida de información sea mínima.

A todo análisis de componentes principales aplicado sobre la matriz de similitud (matriz de correlación, distancias, etc.) entre observaciones y dando la proyección de « $n$ » puntos-observaciones primitivamente situados en un espacio  $R^p$ , se le puede asociar otro análisis de componentes principales aplicado sobre la matriz de similitud entre variables, dando la proyección de « $p$ » puntos-variables primitivamente situados en un espacio  $R^n$ .

Tanto los puntos-observaciones como los puntos-variables, se pueden representar en los mismos planos y referir a los mismos ejes, de manera que el estudio del gráfico único puede dar una idea sobre la interpretación y el sentido físico de los ejes y mostrar qué variables son responsables de la proximidad o lejanía de dos observaciones. Un análisis de este tipo se denomina «Análisis de Correspondencias».

En definitiva, el análisis factorial de correspondencias, al igual que el análisis de componentes principales, permite resumir en algunas dimensiones importantes, la mayor parte de la variabilidad de una matriz de dispersión y conocer la cantidad de varianza explicada por los ejes principales.

El fundamento de este tipo de análisis puede revisarse en Benzecri (1973), Daget (1976) y Legendre (1979).

Al conjunto de noventa puntos con diez variables cada uno que componían nuestra serie, se le aplicó el programa de Análisis de Correspondencias CRSP elaborado por Ibáñez en 1971 y revisados por Fernández en 1977. Se sacaron cuatro factores, con lo cual nuestra matriz de datos de partida (90 x 10) quedó reducida a una matriz de (90 x 4) de puntos-observaciones y otra matriz (4 x 10) de puntos-variables.

También se aplicó el mismo análisis al conjunto de ochenta y nueve puntos (todo excepto el correspondiente a la muestra número 37) con nueve variables (todas excepto el calcio), sacando en este caso cinco factores.

## **DESCRIPCION PETROLOGICA DE LA SERIE**

La serie, de edad Albense superior, Cenomanense inferior, puede considerarse, a efectos petrológicos y estratigráficos, dividida en cuatro tramos. Los dos primeros se encuentran separados entre sí por una discordancia. El muro de la serie se encuentra cubierto por el Cuaternario, y el techo lo forman calizas del Mioceno.

De muro a techo, los tramos son:

## **TRAMO 1**

Tiene un espesor de 200 m. y está constituido por una ritmita de calizas y margas grises, de manera que se observa una cierta predominancia del episodio margoso hacia el final del tramo.

La potencia media de los estratos es de 10 cm., si bien algunos alcanzan los 40 cm.

Intercala un olistolito formado por materiales del Triásico (facies Keuper) con pequeñas intercalaciones yesíferas que no fueron muestradas.

Presenta abundancia de ammonites piritosos y está constituido por las muestras 1 a 37, correspondiendo la muestra n.º 37 al olistolito del Triásico.

Con fines descriptivos, esta alternancia de calizas y margas se describe en dos grupos: uno correspondiente a los episodios margosos (grupo 1 A) y otro correspondiente a los episodios calizos (grupo 1 B).

**GRUPO 1 A.-** Está compuesto por las muestras: 2, 4, 6, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 22, 24, 26, 28, 30, 32 y 34.

— Litología: Micrita fosilífera (textura Mudstone). Contiene entre un 1 y un 10% de aloquímicos, constituidos principalmente por fósiles (calcioesferas) y peloides. Hay nódulos de Fe.

Contiene un 50% de Lutita insoluble y menos del 1% de Samita insoluble; es en cuanto al contenido en terrígenos, una caliza muy fuertemente lutítica (marga).

Examinadas algunas muestras al microscopio electrónico de transmisión (T.E.M.), se observó en la fracción fina predominio de las micas y de la Illita, con cristales heterométricos y heteromorfos, presentándose bien conservados a subredondeados parcialmente. Abundancia de maclas múltiples de Goethita; algo de Montmorillonita ligada a carbonatos tanto inorgánicos como de origen biológico. Pequeñas concreciones silíceas y en algunas muestras, pequeñas cantidades de caolinita y algún cubo de pirita.



**GRUPO 1 B.**- Está compuesto por las muestras: 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35 y 36.

— Litología: Micrita fosilífera con textura Mudstone a Wackestone.

Contiene entre un 1 y un 15% de aloquímicos, constituídos principalmente por fósiles. Posee un 16% de fracción fina insoluble (Lutita) y un 1% de fracción gruesa insoluble (Samita), y puede clasificarse en cuanto a los terrígenos como «caliza lutítica».

El tamaño medio de los granos de cuarzo está entre 0.25 y 0.50 mm., presentándose angulosos.

— Fósiles: *Calciesphaerulidae*, ammonites y foraminíferos planctónicos.

## **TRAMO 2**

Espesor: 60 m. Está constituido por bancos calizos con estratos abundados de 10 a 20 cm. de potencia, de manera que ésta va disminuyendo hacia el techo, repitiéndose así en secuencias de 10 en 10 m.

Consta de las muestras 38 a 49 ambas inclusive.

— Litología: Biomicrita (textura Packstone), recristalizada en parte.

Contiene alrededor de un 50% de aloquímicos, constituídos principalmente por peloides, fragmentos de fósiles y, en menor cantidad, algunos intraclastos. En algunos casos se presentan aloquímicos con cubiertas micríticas (micrite envelope).

En cuanto a los terrígenos, posee un 4% de fracción gruesa insoluble (Samita) y un 12% de fracción fina insoluble (Lutita), catalogándose por tanto como una «caliza lutítica».

Presenta algunas pequeñas manchas de cemento esparítico, con cristales de 0,17 mm. de tamaño medio.

El tamaño medio de los aloquímicos es de 0,17 mm., es por tanto una «calcarenita fina».

— Fósiles: (por orden de abundancia): *Textularidae*, *Miliolidae*, fragmentos de pelecípodos, fragmentos de equinodermos, fragmentos de gasterópodos.

### TRAMO 3

Espesor: 130 m. Se trata de un tramo de calizas que en conjunto dan apariencia de niveles blandos y duros de espesor considerable. La estratificación no es visible en algunas partes con disgregación en «bolas», en algunos puntos, y cierto aspecto brechoide.

Abundancia de «burrows» en todas direcciones y de orbitolinas. Se presentan vetas de calcita de hasta 10 cm. de potencia, de gran continuidad y penetratividad.

El tramo comprende las muestras 50 a 75 ambas inclusive.

— Litología: El tramo va variando de una Bioesparita pobremente lavada (textura Packstone) a Bioesparita (textura Grainstone).

Contiene un 6% de Samita insoluble y un 7% de Lutita insoluble, siendo, en cuanto al contenido en terrígenos, una «Caliza terrígena».

Hay entre un 50 y 60% de aloquímicos, constituidos, en general, por fósiles. Esporádicamente aparece algún intraclasto u oolito. aparecen de forma general cubiertas micríticas (micrite envelope).

El tamaño medio de los aloquímicos (excluidas las orbitolinas) es de 0,80 mm. (Calcarenita gruesa). Todos los aloquímicos se presentan muy redondeados. El tamaño longitudinal de las orbitolinas es de 2,9 mm.

— Fósiles: (por orden de abundancia): *Miliolidae*, orbitolinas, *Textularidae*, *Involutinidae*, fragmentos de pelecípodos, fragmentos de equinodermos.

### TRAMO 4

Espesor: 90 m. el tramo comienza con un fuerte paquete calizo con estratos de 40 cm. de potencia, que produce un resalte en el terreno. El tramo va pasando progresivamente a un conjunto de estratos más finos.

Comprende las muestras 76 a 90, ambas inclusive.

— Litología: Ooesparita conteniendo más de un 80% de aloquímicos, constituídos por fósiles muy redondeados y oolitizados. La textura es Grainstone bien lavada y contiene un 4% de Samita insoluble y un 5% de Lutita insluble, catalogándose, en cuanto a los terrígenos, como «Caliza débilmente terrígena».

En los aloquímicos se presentan con cierta frecuencia cubiertas micríticas.

El tamaño medio de los aloquímicos es de 1.24 mm., si bien presenta grandes variaciones: así las orbitolinas tienen un tamaño medio longitudinal de 2.37 mm., y alguno oolitos de núcleo muy pequeño tienen un radio medio de 0.30 mm. En cuanto al tamaño de radio de los aloquímicos, la roca puede clasificarse como una «Calcirudita fina».

El tamaño medio de los granos de cuarzo es de 0.24 mm.

— Fósiles: (por orden de abundancia): orbitolinas, *Miliolidae*, briozoos, fragmentos de pelecípodos, fragmentos de equinodermos.

Todos estos caracteres litológicos son comunes a la totalidad de las muestras del grupo, pero en las muestras 76, 77, 79 y 90 hay entre un 10 y un 15% de dolomita. La dolomita, presumiblemente debida a una diagénesis fuerte, se puede observar en forma de clásicos romboedros.

Así el tramo 4 puede subdividirse en dos grupos: 4 C y 4 D correspondientes a las calizas sin dolomitizar y a las «calizas dolomíticas» (muestras 76, 77, 79 y 90) respectivamente. Al nombre de las rocas del grupo 4 D se les debe añadir el término «dolomítica».

## **DESCRIPCION GEOQUIMICA DE LA SERIE**

En la tabla 1 se detallan, para cada muestra, los contenidos en fracción gruesa y fracción fina de la roca, así como la abundancia de Na, K, Mg, Sr, Mn, Fe, Zn, y Ca en la fracción soluble.

**TABLA N.º 1. VARIABLES GEOQUIMICAS DE LA SERIE**

Muestra	FG	FF	Na	K	Mg	Sr	Mn	Fe	Zn	Ca
1	0.35	8.25	206.32	110.51	5097.99	772.21	167.16	4276.49	8.75	354916.26
2	0.13	62.35	562.25	343.87	3385.15	336.55	98.54	3010.32	10.32	142417.57
3	1.29	19.06	397.33	189.98	4920.18	1276.99	178.61	9166.63	17.76	304467.30
4	0.13	57.15	2419.18	319.28	5474.28	389.98	82.64	4000.66	9.62	157967.55
5	0.37	12.27	182.42	106.49	5036.36	680.52	139.86	2992.41	9.39	339761.00
6	0.16	61.90	413.75	619.96	4225.38	424.98	75.02	7188.37	27.42	140160.05
7	0.85	16.67	199.08	182.29	4861.88	840.30	126.32	5816.71	16.99	318513.05
8	0.51	20.64	455.60	146.21	4908.45	839.98	142.86	4104.97	10.66	304800.64
9	0.13	59.56	3191.48	533.80	4475.86	462.54	66.27	6557.44	21.98	147176.23
10	0.89	11.40	213.33	71.44	5206.35	761.13	139.29	2336.66	6.98	341285.96
11	0.29	53.99	2363.36	289.89	3852.06	405.92	91.76	3014.63	8.64	172902.48
12	0.46	11.14	292.00	83.60	5857.60	929.60	142.00	3016.00	8.00	342513.34
13	1.29	49.91	2699.55	189.16	4573.33	517.52	104.48	2868.27	8.11	183993.90
14	0.53	12.77	337.94	150.59	5068.77	651.98	141.70	3462.06	10.67	336620.12
15	0.89	49.45	4466.69	320.52	5611.53	676.50	88.50	3523.04	10.28	183755.53
16	0.23	17.84	168.54	107.11	4528.65	810.40	156.92	3173.46	8.86	318545.46
17	0.76	46.70	1911.83	321.18	7744.12	472.99	103.08	2373.88	8.29	195533.08
18	0.29	12.00	448.32	170.79	7670.59	914.54	122.11	4103.55	13.97	336358.71
19	0.39	60.98	1905.03	617.79	5459.85	386.54	57.31	7461.18	29.66	139695.22
20	0.83	7.48	468.73	84.17	4435.13	572.52	83.50	2264.14	6.65	358236.95
21	1.00	13.56	245.26	131.42	4741.70	866.01	105.33	3615.81	12.65	331910.61
22	0.82	54.60	1186.61	394.66	6229.15	613.91	71.22	5820.97	16.82	164137.05
23	1.23	18.15	196.69	141.03	4015.96	803.31	132.85	5899.86	12.77	312248.42
24	0.33	76.97	823.49	488.39	3300.93	258.13	44.79	8318.18	24.22	79610.27
25	1.40	12.32	212.80	146.40	5306.20	897.60	100.00	3182.00	11.00	334765.55
26	0.33	59.50	1559.74	533.00	7403.96	314.85	74.26	6631.02	21.12	144107.42
27	1.02	20.22	189.07	271.04	4533.75	876.46	152.64	6653.34	17.42	303434.90
28	0.86	62.67	1452.67	493.00	3475.33	276.00	74.33	7329.67	21.33	134466.42
29	1.85	17.21	171.48	172.67	4319.22	868.47	159.61	8522.35	15.63	311378.88
30	0.16	75.30	3831.19	528.52	3401.58	158.92	58.36	6509.40	17.14	85242.73

Muestra	FG	FF	Na	K	Mg	Sr	Mn	Fe	Zn	Ca
31	8.54	33.06	179.60	122.80	3298.80	968.40	108.80	5203.80	9.40	224739.26
32	1.99	71.95	812.85	247.42	2088.58	261.74	56.61	1970.03	4.33	98953.03
33	1.70	17.77	205.79	155.43	4459.16	863.40	152.26	6427.64	12.69	312467.46
34	0.46	56.83	364.09	228.84	3339.29	401.12	81.35	2427.25	5.95	163844.83
35	0.81	15.98	135.70	106.77	4390.85	748.22	117.87	2932.65	7.92	324105.23
36	0.55	14.16	359.28	108.73	6571.40	844.52	101.60	2619.53	10.10	329335.04
37	5.79	65.15	1162.79	482.80	25822.47	289.88	154.27	9765.15	19.33	72492.26
38	7.40	5.80	177.24	32.42	6041.38	830.32	50.53	1654.86	6.56	336986.79
39	2.62	8.68	187.94	33.40	4631.62	714.43	41.11	1145.45	5.93	346940.15
40	1.73	12.05	205.02	30.12	5275.10	882.43	46.72	1489.00	7.72	335777.98
41	2.00	15.77	190.84	46.22	5226.34	788.73	44.83	969.65	4.76	320283.54
42	1.65	13.86	227.09	63.51	7660.44	984.07	54.27	2360.20	11.01	324875.69
43	1.92	10.45	225.16	45.21	6574.63	830.87	48.13	1768.32	8.18	339441.72
44	2.78	10.77	227.95	47.78	6197.69	895.68	54.95	1460.28	6.77	335389.44
45	3.76	11.12	200.32	50.03	5793.30	921.87	64.58	1929.64	9.77	330331.00
46	3.37	10.44	206.64	43.96	5371.17	1207.01	60.29	1388.61	5.75	335351.73
47	6.56	10.32	245.79	55.59	5376.72	1099.55	58.49	2068.56	8.33	322659.16
48	4.22	26.89	233.39	31.23	5480.98	1259.13	53.19	1273.71	4.92	266026.20
49	6.26	12.74	217.12	58.85	6425.96	951.92	60.77	1446.73	6.54	313242.39
50	3.53	10.76	226.26	47.17	8639.42	684.39	41.18	1068.96	4.00	329444.50
51	2.75	6.37	195.89	44.73	5522.76	768.57	36.94	1232.03	7.99	354318.22
52	3.48	6.98	247.97	108.65	6242.43	723.13	30.67	1419.16	10.29	347364.32
53	3.75	4.99	278.22	90.22	9114.07	652.23	31.80	1522.06	7.95	350644.37
54	3.08	5.64	201.98	60.81	5481.22	590.82	30.40	1358.83	6.78	356002.34
55	3.40	6.38	205.78	43.82	5380.48	611.35	28.29	1223.90	6.77	351983.86
56	4.37	4.49	180.29	57.00	5238.67	348.51	34.83	1348.11	6.93	355969.05
57	4.45	4.20	174.59	48.95	5245.94	348.99	33.10	1497.42	8.32	356714.87
58	6.92	6.68	239.43	58.86	12059.06	338.59	37.51	1528.13	4.19	327382.63
59	1.86	9.11	237.20	40.29	6089.72	343.19	61.14	811.83	8.34	346636.70
60	3.92	6.64	220.26	37.89	5980.37	333.92	63.60	1483.31	10.40	348022.20

Muestra	FG	FF	Na	K	Mg	Sr	Mn	Fe	Zn	Ca
61	3.58	3.81	210.31	27.15	5823.53	320.28	57.84	900.65	4.52	361322.80
62	3.78	2.95	207.73	38.44	5981.28	284.01	55.96	1556.06	5.38	363346.33
63	4.93	5.08	227.69	43.44	5828.04	282.82	63.86	1050.58	7.54	350733.87
64	5.49	10.61	301.61	119.05	13308.58	290.46	72.86	3002.19	16.92	314616.76
65	5.95	3.41	189.56	52.02	5469.80	289.81	55.01	2189.16	8.37	353135.36
66	4.51	12.98	229.23	81.27	6708.07	293.13	48.92	1524.36	7.79	319264.75
67	4.97	13.79	240.77	64.68	5888.00	324.22	45.92	954.88	5.39	315667.99
68	7.81	8.38	231.32	80.48	5818.16	263.51	48.29	1481.32	6.96	325746.18
69	11.14	7.18	171.51	63.27	4579.59	273.78	48.95	1595.50	11.54	318929.63
70	11.52	5.93	237.86	84.99	7740.05	292.99	54.94	2134.55	12.14	317588.54
71	5.31	9.75	199.96	126.65	5145.43	329.80	68.12	2794.85	14.58	330300.00
72	6.56	6.42	167.40	68.80	4931.00	366.80	72.80	1707.20	8.40	339656.05
73	7.24	7.04	218.61	35.03	5741.44	378.98	76.54	1109.41	7.48	333678.84
74	11.16	11.15	249.01	176.07	6280.80	355.33	75.12	3635.93	11.92	299089.45
75	9.58	9.24	233.10	88.37	7535.39	389.88	72.36	1398.58	8.30	312789.46
76	3.43	2.72	157.75	22.76	32920.93	159.15	80.27	2274.96	5.19	327960.20
77	2.37	3.37	185.96	37.47	33441.12	161.18	93.77	2904.64	4.76	328432.43
78	2.99	3.44	154.39	24.81	6782.79	182.55	69.12	924.77	4.33	363956.23
79	3.63	2.13	177.84	28.54	31049.10	160.68	80.24	2192.61	5.39	332145.86
80	4.35	1.67	182.95	21.41	4230.53	198.81	68.19	1313.78	4.36	368855.30
81	3.32	2.65	163.75	21.51	5338.84	167.93	68.53	1159.56	4.58	367653.91
82	5.31	4.00	189.76	21.40	5468.31	195.36	77.38	1461.71	4.40	353874.61
83	4.96	4.20	125.89	16.23	3857.28	187.25	60.77	1272.17	4.55	356907.86
84	3.07	2.97	134.20	17.75	4538.78	173.88	60.62	1316.65	4.59	368414.38
85	5.54	3.72	165.40	27.80	12398.40	202.60	39.80	1971.40	4.80	344169.89
86	5.05	4.40	142.47	38.57	4919.95	199.26	38.77	1827.68	5.43	353893.02
87	6.58	3.32	136.49	48.15	4181.26	196.18	37.41	1901.11	4.58	353073.16
88	3.81	2.24	210.13	31.46	5087.06	194.30	43.53	1521.17	5.94	367399.23
89	3.62	2.48	184.24	47.68	8188.18	183.05	53.60	2284.93	5.71	362424.99
90	2.86	15.24	182.47	51.28	21748.76	211.89	56.85	1553.17	4.57	296055.08

FG y FF en % respecto a roca total. Concentraciones en ppm respecto a roca total.

Los resultados se expresan para la fracción gruesa (FG) y la fracción fina (FF) en porcentajes (gramos de fracción gruesa o fina por cada 100 g. de roca seca). Para los elementos químicos se expresan en partes por millón (mg. de elemento por Kg. de roca seca).

El tramo 1 se diferencia de los demás por sus altos contenidos en Na, K, Fe, y Zn, diferenciándose las muestras del grupo 1 A de las del grupo 1 B por el mayor contenido en Na, K y Fe de las primeras.

El tramo 2 se diferencia del tramo 3 por tener el primero un mayor contenido en Sr. Este mismo elemento y el Na marcan la diferencia entre el tramo 3 y el tramo 4, siendo estos elementos más abundantes en el primero que en el segundo.

El paso del primer al segundo tramo viene marcado en todos los elementos por una amortiguación de las oscilaciones en el contenido de los elementos dentro del tramo. El último tramo se caracteriza bastante bien por presentar en todos los elementos, mínimas oscilaciones alrededor del valor medio.

La diferencia entre las muestras del grupo 4 C y 4 D vienen dadas por el mayor contenido en Mg. en el segundo grupo.

Los índices «elemento/calcio» también reflejan los tramos de la serie, así el paso del tramo 1 al tramo 2 queda bien marcado por una disminución rápida entre el grupo 1 A y 1 B, siendo mayores los índices en el primer grupo.

El paso del tramo 2 al tramo 3 queda señalado por un «escalón» en el índice Mn/Ca y por una tendencia creciente del índice Sr/Ca en el tramo 2, que se invierte al pasar al tramo 3. El tramo 4 queda definido por los índices Sr/Ca más bajo de toda la serie. En este tramo el índice Sr/Ca se mantiene notablemente constante.

Por último, el grupo 4 D se diferencia del 4 C por poseer las muestras del primero unos índices Mg/Ca notablemente más altos que las muestras del segundo.

En la tablas 2 y 3 se dan los valores medios para cada tramo.

La figura n.º 3 ofrece un resumen de las principales características geoquímicas de la serie.

**TABLA N.º 2. VALORES MEDIOS DE CADA POBLACION**

Grupo	FF	Na	K	Mg	Sr	Mn	Fe	Zn	Ca	
1.A	x	59.99	1872.74	404.33	4627.52	397.39	76.78	4937.77	15.33	145872.71
	s	8.79	1228.01	140.35	1578.89	134.19	17.62	2214.82	8.12	34033.09
1.B	x	15.58	263.26	137.97	4962.45	839.33	133.57	4488.50	11.41	322020.20
	s	1.78	107.66	46.08	925.97	141.70	25.00	2004.75	3.46	28073.69
2	x	3.69	12.41	212.04	44.86	5837.94	947.17	53.16	7.19	325608.81
	s	2.02	5.20	20.74	11.22	802.66	166.07	7.14	1.90	20960.44
3	x	5.58	7.31	220.14	68.77	6618.20	403.06	51.81	8.43	337705.73
	s	2.71	2.89	31.64	34.22	2092.82	156.41	15.84	3.08	18111.01
4.C	x	4.42	3.19	162.70	28.80	5908.31	189.20	56.16	4.84	360056.59
	s	1.16	0.87	26.83	11.37	2492.65	11.22	14.30	0.57	8166.98
4.D	x	3.07	5.87	176.01	35.01	29789.97	173.23	77.78	4.98	321148.39
	s	0.57	6.27	12.62	12.42	5458.34	25.79	15.34	0.39	16833.26
T	x	3.19	18.75	516.75	134.97	6736.73	536.68	76.56	9.57	300081.26
	s	2.74	20.51	817.61	147.12	5434.88	302.55	36.65	5.36	77090.53

$\bar{x}$  = media de cada población (tramo o grupo), en ‰ para FG y FF, y ppm para el resto.

s = desviación estandard.

T = todas las muestras.



**TABLA N° 3. MEDIAS DE LOS INDICES ELEMENTO / CALCIO**

Tramo	$10^3 \text{ Na/Ca}$	$10^3 \text{ K/Ca}$	$10^2 \text{ Mg/Ca}$	$10^3 \text{ Sr/Ca}$	$10^4 \text{ Mn/Ca}$	$10^2 \text{ Fe/Ca}$	$10^5 \text{ Zn/Ca}$
1.A	13.41	3.06	3.21	2.70	5.27	3.82	11.73
1.B	0.82	0.44	1.54	2.65	4.19	1.42	3.60
1.A	0.66	0.14	1.80	2.85	1.64	0.49	2.21
1.A	0.66	0.21	1.97	1.27	1.55	0.48	2.52
4.C	0.45	0.09	1.65	0.53	1.56	0.43	1.35
4.D	0.55	0.11	9.23	0.55	2.41	0.69	1.55

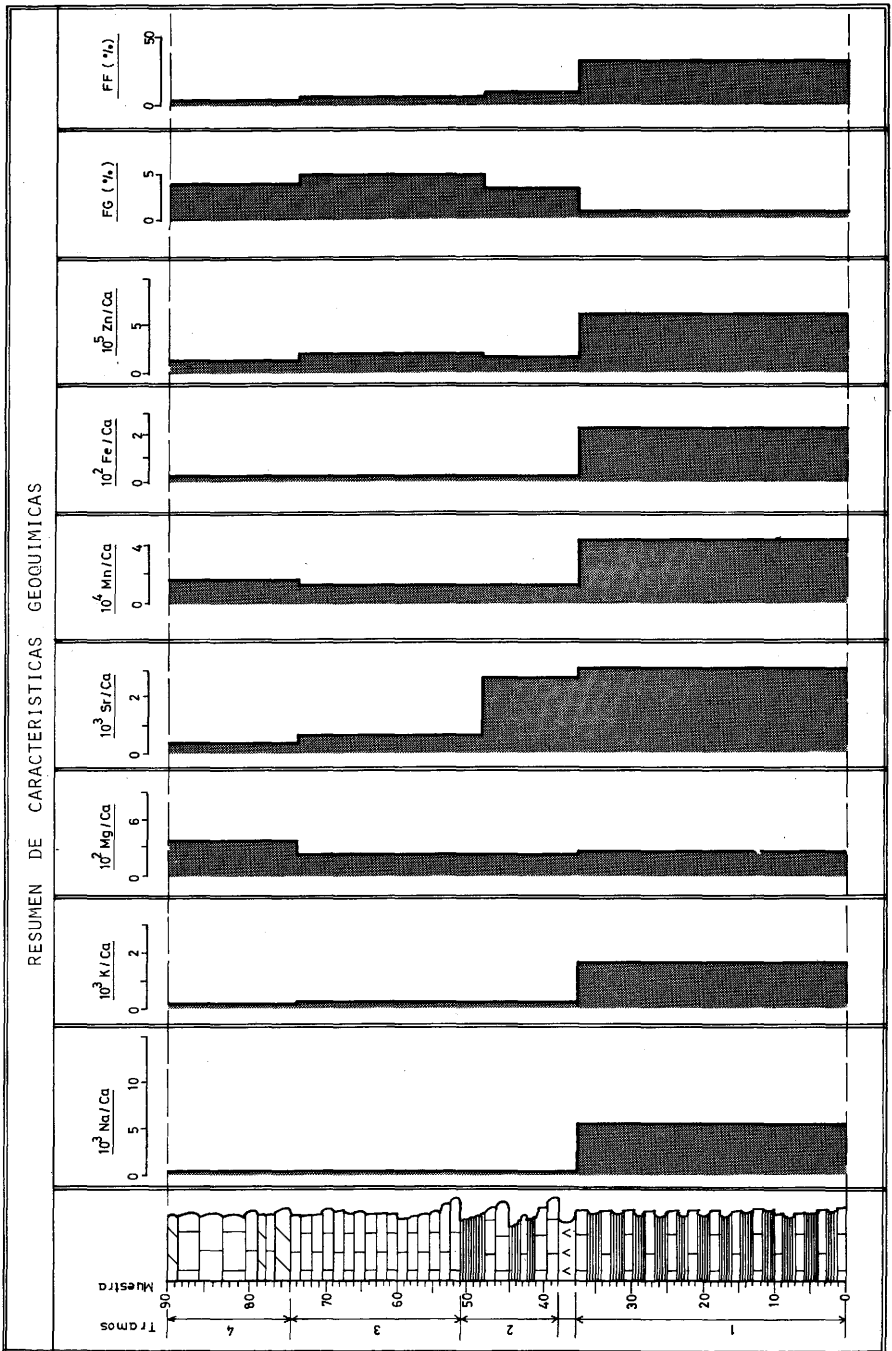


Fig. 3.- Columna de la Sierra de las Aguilas. Variación del contenido medio por tramos de la relación elemento/Calcio.

## **TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS**

Los tramos anteriormente descritos, fueron confeccionados atendiendo principalmente las características petrológicas y estratigráficas, lo cual, a pesar de basarse en datos objetivos, no puede desligarse totalmente de cierta carga subjetiva.

A fin de ratificar estos tramos y grupos, se procedió a aplicar un método de análisis multivariante, tal como el análisis factorial de correspondencias, a los datos de variables geoquímicas, que permitiese establecer alguna discriminación totalmente objetiva que confirmase o no la distinción de tramos y grupos antes efectuada.

Así, según el primer análisis de correspondencias (aplicado al conjunto de 90 observaciones con 10 variables) se observó que el punto correspondiente a la variable Calcio aparecía muy cerca del origen de coordenadas, lo cual era de esperar, siendo esta variable la menos independiente de todas. Por el contrario, los puntos correspondientes a Sodio, Potasio y Fracción fina aparecían con los máximos alejamientos del origen de coordenadas.

En cuanto a los puntos-observaciones, se observó que las margas (grupo 1 A) se destacaban muy bien del resto de las muestras, constituyendo estas últimas un núcleo más compacto en torno al origen de coordenadas. se establece pues mayor diferenciación entre margas y calizas que entre los diversos grupos de calizas, tal como era de esperar.

El punto correspondiente a la muestra nº 37 (olistolito de materiales del Triásico) aparece con el máximo alejamiento del origen de coordenadas, denotando así que la muestra correspondiente a este punto, era ajena al medio de sedimentación general de la serie.

Análogamente, los puntos correspondientes a muestras con dolomitización apreciable (grupo 4 D) se presentan progresivamente separadas del resto de las muestras y del origen de coordenadas según sus contenidos crecientes en Magnesio, poniendo de manifiesto esta separación el efecto de una acción posterior a la sedimentación (dolomitización). Ver figuras 4, 5, 6, 7 y 8.

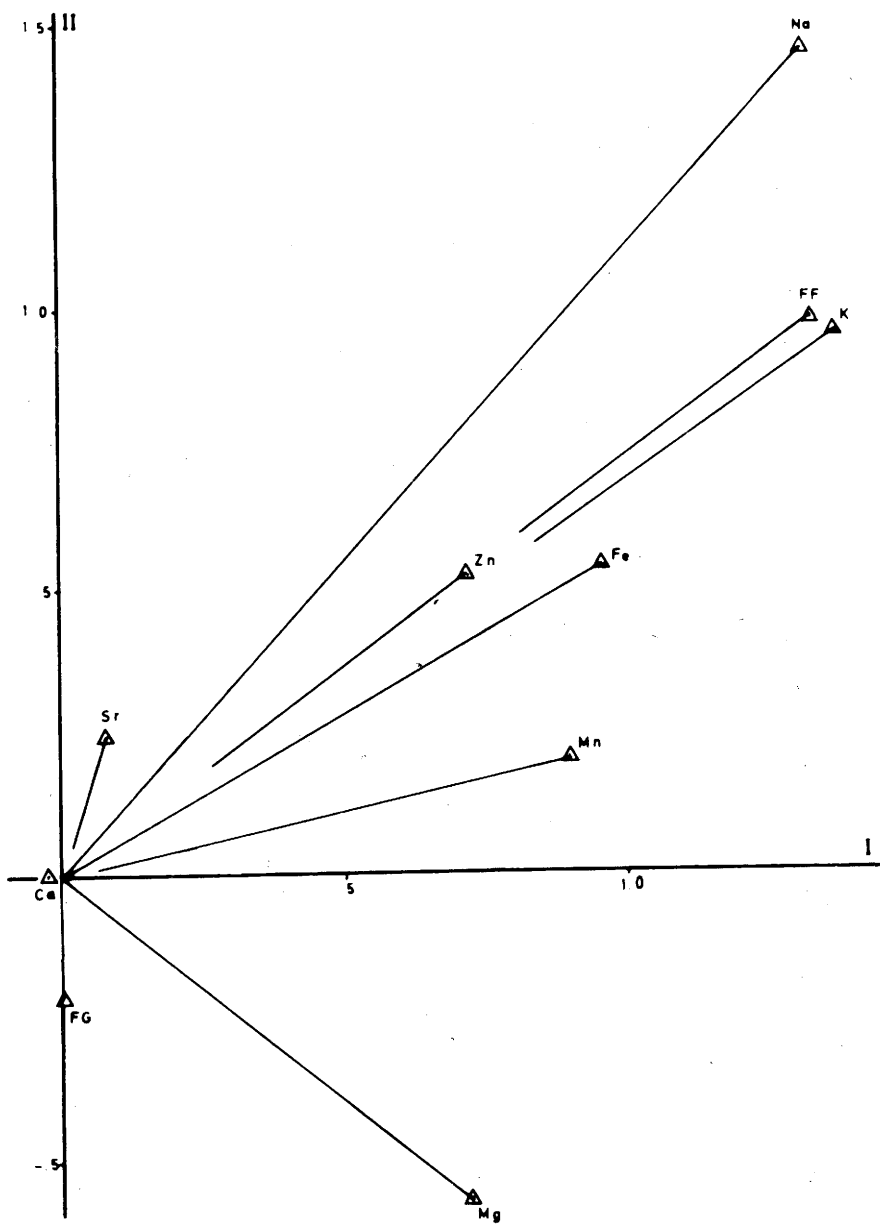


Fig. 4.- Primer análisis de correspondencias. Puntos-variables. Ejes I y II

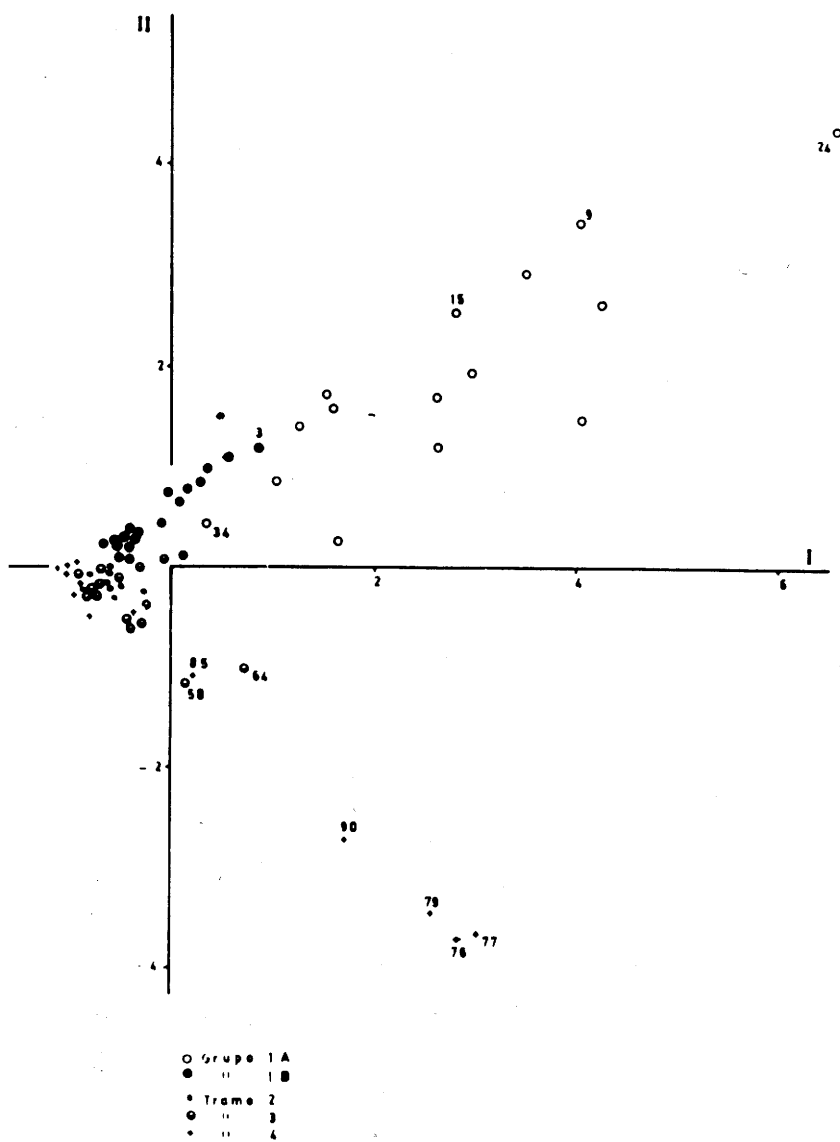


Fig. 5.- Primer análisis de correspondencias. Puntos-observaciones. Ejes I y II

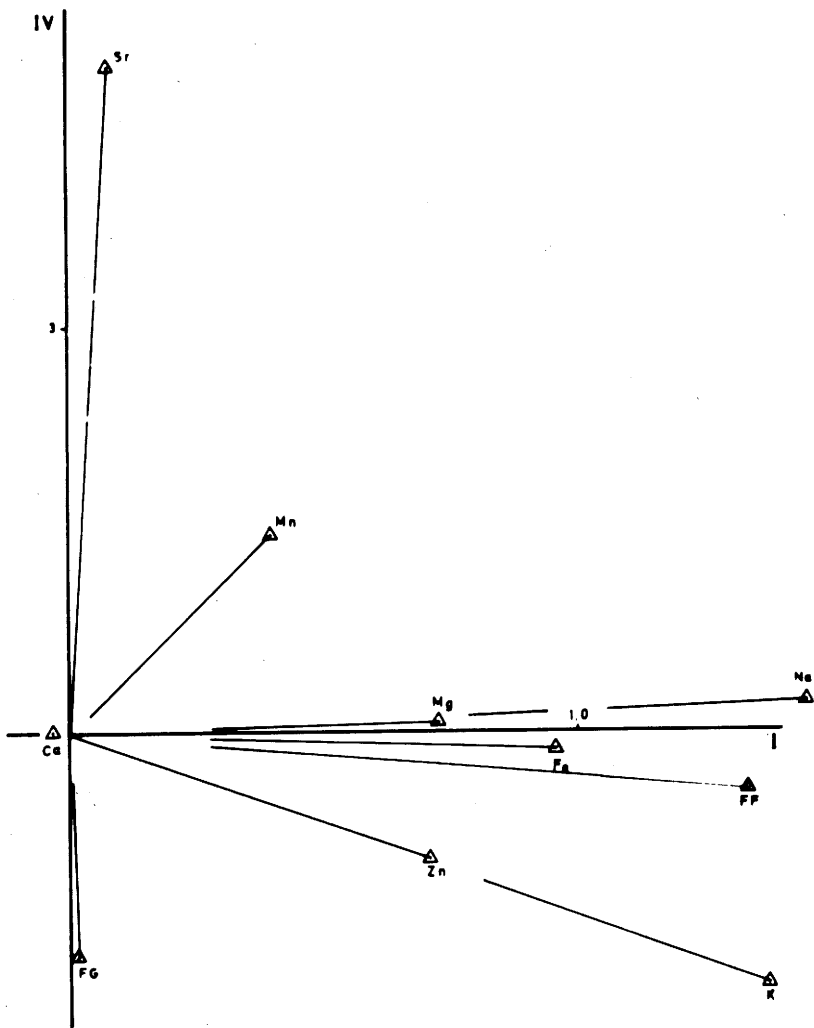


Fig. 6.- Primer análisis de correspondencias. Puntos-variables. Ejes I y IV

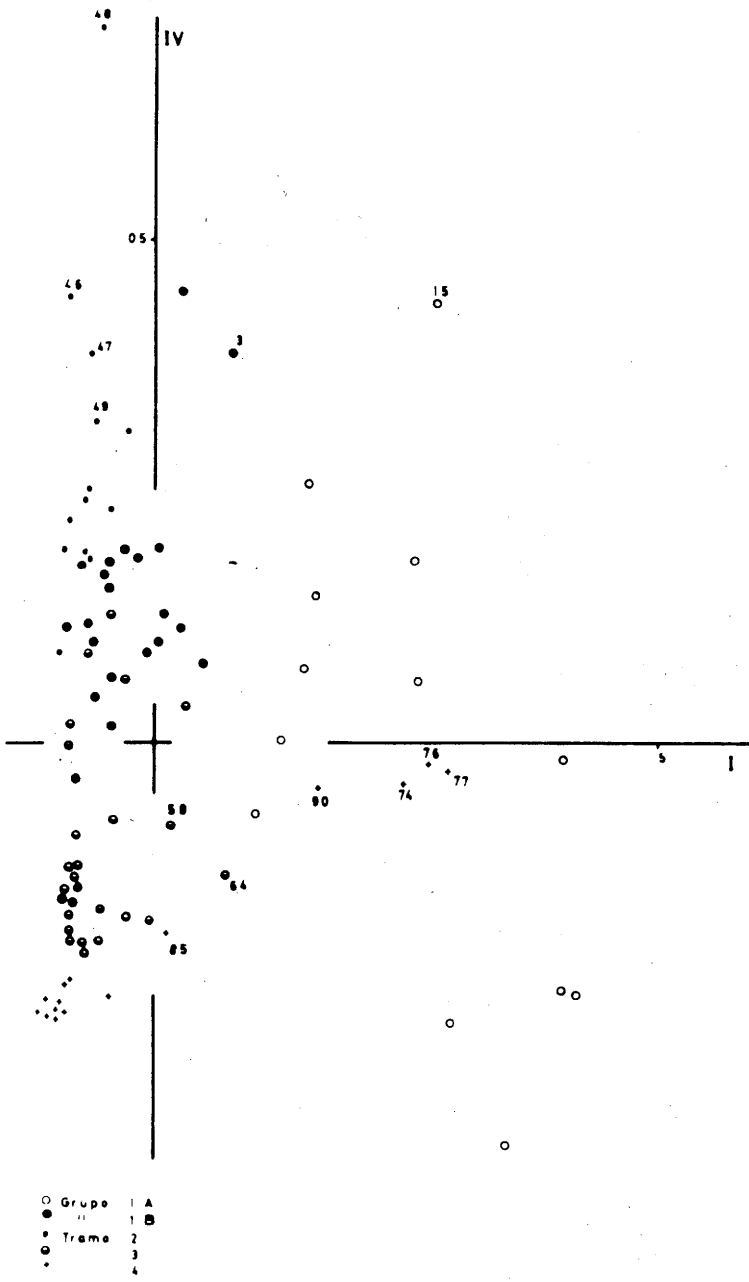


Fig. 7.- Primer análisis de correspondencias. Puntos-observaciones. Ejes I y IV

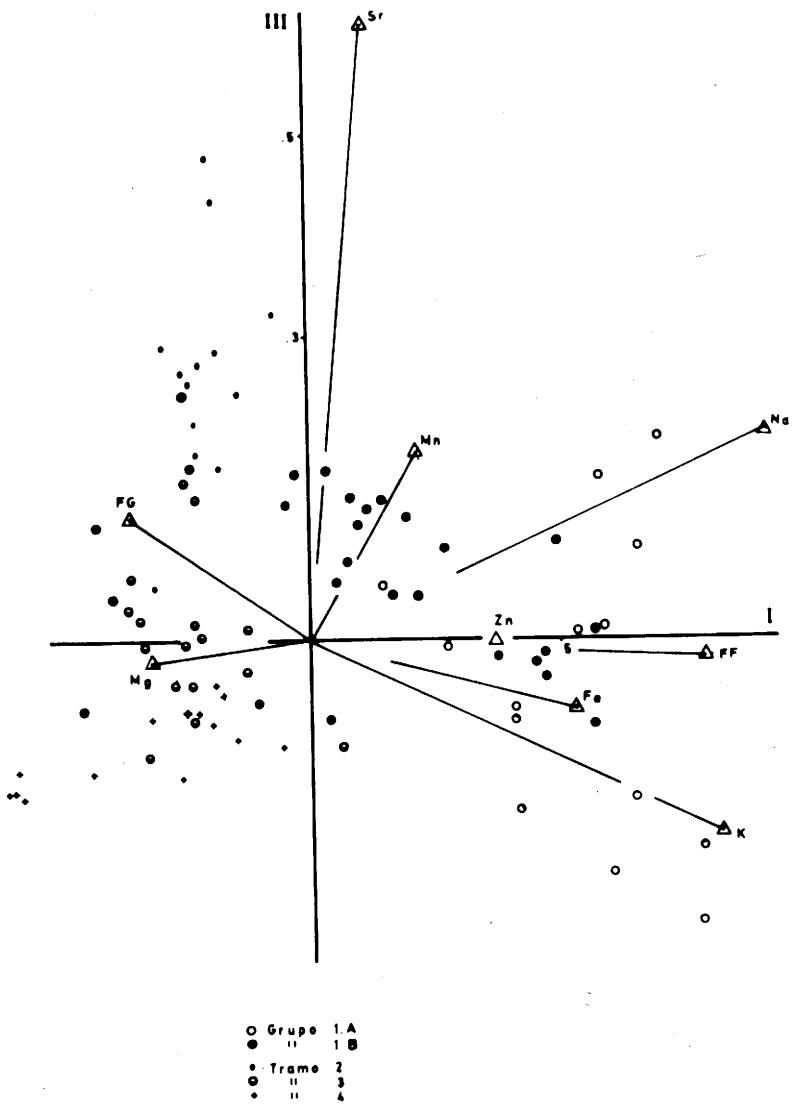


Fig. 8.- Segundo análisis de correspondencias. Ejes I y III



La presentación conjunta de los puntos-observaciones y puntos-variables permite, por último, poner de manifiesto relaciones entre grupos de observaciones y variables; así se observa que las margas (grupo 1 A) se desplazan por efecto de FF, Na, y K; el tramo 2 se desplaza por efecto de Sr y Fg, y el resto de tramos se diferencian entre sí en el hiperespacio por el efecto conjunto de todas las variables.

En el segundo análisis de correspondencias (aplicado al conjunto de 89 observaciones con 9 variables) se confirmó todo lo observado en el primer análisis, excepto en lo concerniente al elemento Calcio y a la muestra n.º 37. Se observó, sin embargo, que al omitir ahora en el análisis el elemento Ca que era el que aglutinaba a los diversos tramos y grupos, estos permanecían ahora más dispersos.

## **FACIES SEDIMENTARIAS INTERPRETACION SEDIMENTARIA**

De acuerdo con las características petrológicas y estratigráficas antes mencionadas, se pueden establecer consideraciones acerca de los medios de sedimentación que conducen a cuatro facies distintas; así:

El tramo 1 pertenece a un medio de mar abierto, caracterizado por una sedimentación cíclica, con texture Mudstone a Wackestone y presencia de organismos pelágicos: calciosferas, foraminíferos, planctónicos y ammonites. La presencia entre éstos de formas como *Hammites*, algunos *Turrititidae* y *Mortoniceratinae* (Pina, 1975) nos situaría en un medio infranerítico de entre 40 y 150-200 metros de profundidad (Scott, 1973). Es decir, una plataforma profunda de aguas poco agitadas.

La existencia de abundante fauna limonitizada (proveniente de una piritización previa) indica una mala oxigenación del medio donde se forma el sedimento. Estas condiciones anóxicas favorecerían el desarrollo de una población de bacterias reductoras de sulfatos que darían lugar a las piritizaciones.

Los otros tramos de la serie pertenecen a medios más superficiales.

El tramo 4 está formado por ooesparitas bien lavadas con textura Grainstone y con dolomitizaciones en parte del tramo. Presenta abundancia de «burrows» perpendiculares a la estratificación. Se trata por tan-

to de un medio de aguas someras de elevada energía. Correspondería a una barra de plataforma. La presencia de dolomías en este tramo podría indicar deposiciones temporales de aguas dulces (Milliman, 1974).

Las muestras del tramo 3 presentan una textura Packstone con orbitolinas, oolitos, miliófilos, cubiertas micríticas en casi todos los aloquímicos y «burrows» desarrollados tanto en sentido vertical como horizontal. Se trata pues de un medio nerítico indicado por la presencia de orbitolinas, pero con menor energía que el medio asignado al tramo 4.

Por último, las muestras del tramo 2 presentan textura Packstone, aunque la roca está peor lavada que en el tramo anterior. Están más empobrecidas en fauna, y ésta se compone básicamente de textuláridos y miliólidos. Presenta pellets fecales limonitizados, caracteres que hacen que se interpreten como pertenecientes a una facies de plataforma restringida.

En conjunto, los cuatro tramos petrológicos se corresponden bastante bien con cuatro facies distintas.

La facies pues con mayor energía sería la correspondiente al tramo 4 (barra), seguida, por orden decreciente de energía, de los tramos 3, 2 y finalmente del tramo 1.

En la figura 9 se ofrece una representación gráfica de los medios asignados a cada tramo, independientemente de que fuesen o no simultáneos en el tiempo.

En el primer análisis de correspondencias, la representación de puntos-observaciones según los ejes I y II nos daría una ordenación según la energía de los medios y según el grado de dolomitización, análoga a las obtenidas por otros autores (Smosna, Warshaver, 1979) (Ver fig. 10).

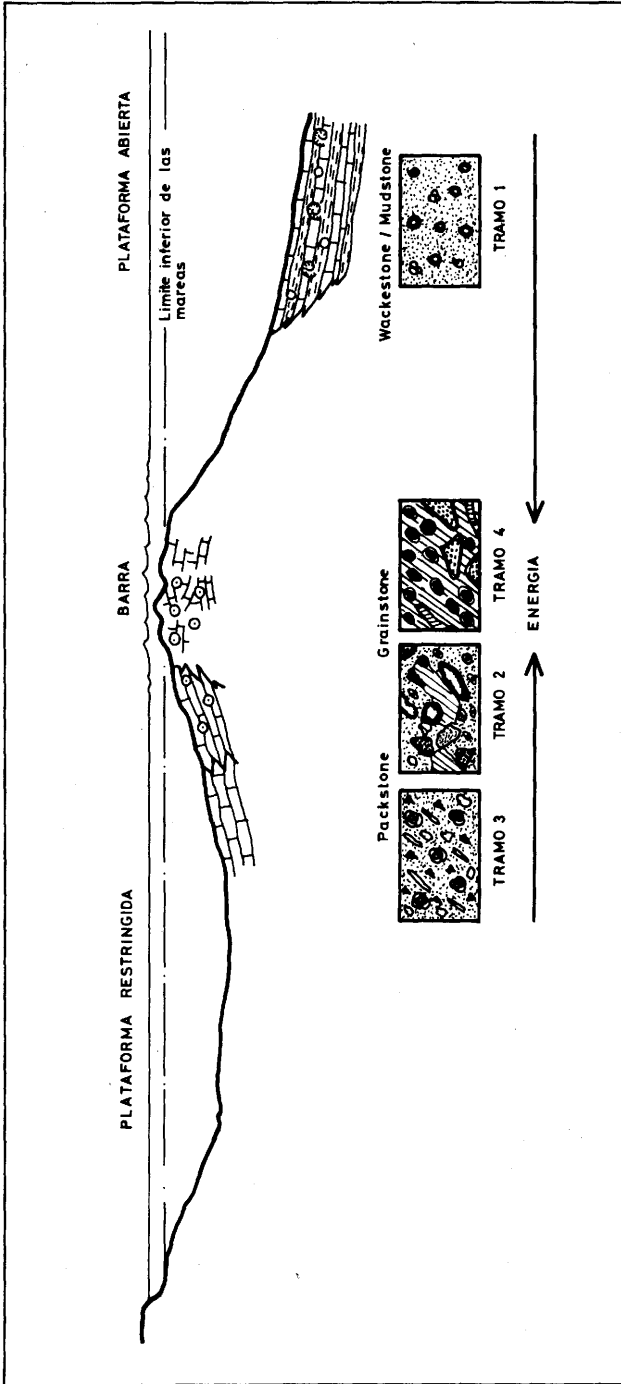


Fig. 9.- Medios de sedimentación de los cuatro tramos de la serie

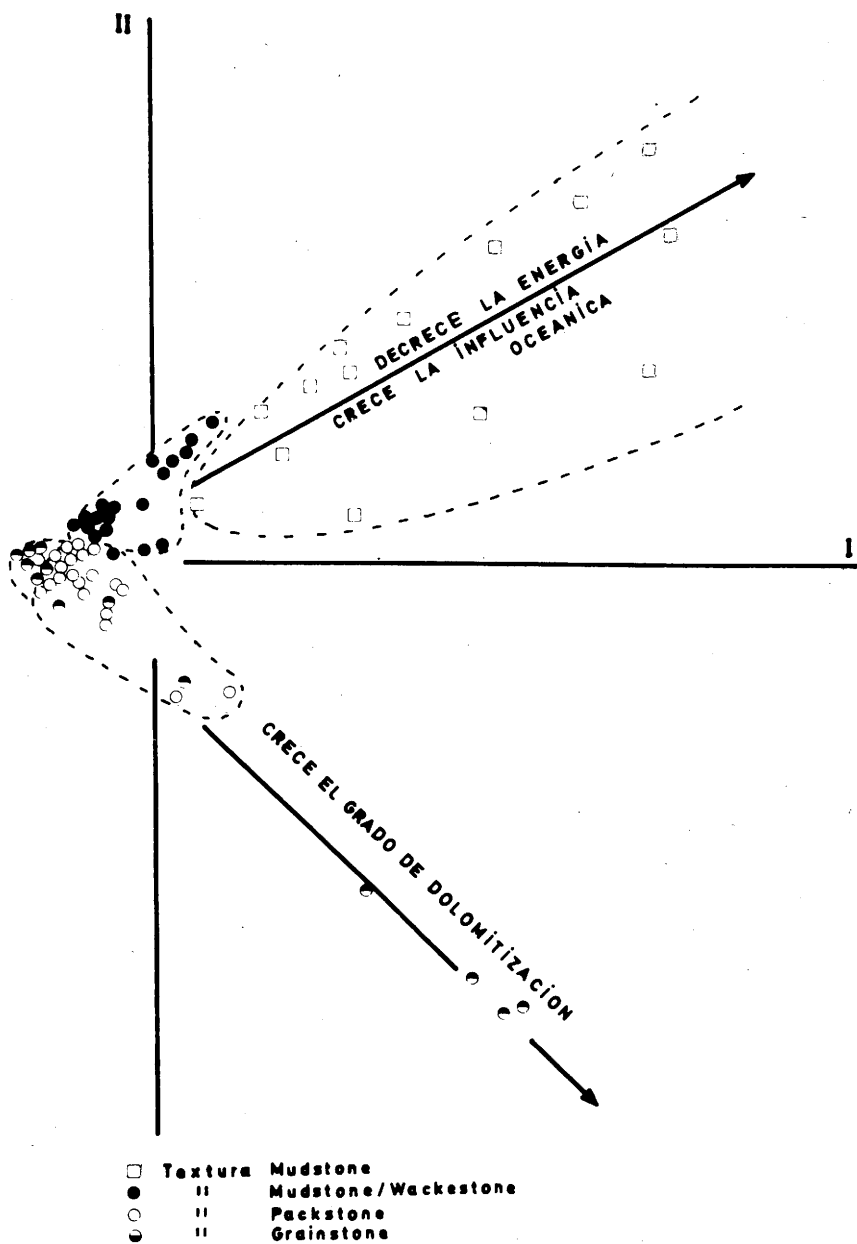


Fig. 10.- Primer análisis de correspondencias. Interpretación de Ejes I y II

## INTERPRETACION GEOQUIMICA

### SODIO y POTASIO

Tanto Na como K entran en los sedimentos, adsorbidos a minerales de arcilla, principalmente a Montmorillonita e Illita respectivamente, de ahí la fuerte relación positiva entre Na, K y FF denotada por el análisis de correspondencias.

Así las muestras del grupo 1 A son las más ricas en Na y K debido a su mayor contenido en Fracción fina (y por lo tanto es de esperar, mayor contenido en Fracción arcilla). Las muestras del tramo 4 (grupos 4C y 4D) tienen los menores contenidos en Na y K e igualmente menor contenido en Fracción fina.

La ordenación de todas las poblaciones frente a sus contenido en Na, K y FF aparece muy clara en todas las representaciones de puntos-observaciones del análisis de correspondencias, especialmente en la representación de ejes I y II del primer análisis (ver fig. 5).

Por otro lado, al ser el  $\text{Na}^+$  el catión más abundante en las aguas marinas, se convierte en un buen indicador de salinidades durante la precipitación de carbonatos marinos. Así Land y Hoops encuentran un aumento del índice Na/Ca al aumentar la dependencia marina del medio (Land, Hoops, 1973). Igual relación tiene Renard (1975), para Na/Ca y K/Ca.

En nuestra serie se observa un descenso de los índices Na/Ca al progresar en la serie, lo que podría interpretarse como consecuencia de una menor influencia de las condiciones de mar abierto, retroceso que quedaría bien marcado en el análisis de correspondencias (fig. 10).

### MAGNESIO

En medios como bajo índice Mg/Ca (de 1:10 a 2:1) se favorece la formación de calcita espática de bajo Magnesio (2-3%  $\text{MgCO}_3$  en moles), mientras que en medios de alto índice Mg/Ca (de 2:1 a 10:1 ó más), aguas marinas, se forma calcita de alto Magnesio (12-17%  $\text{MgCO}_3$  en moles), aragonito o dolomita (Folk, 1974), sólo pudiendo coexistir calcita de bajo Magnesio y dolomita en equilibrio con la fase líquida cuando la relación  $\text{Mg}^{+2}/\text{Ca}^{+2}$  en dicha fase es muy alta (Wollast, Pytrowicz, 1978).

Por otro lado, se observa que en medios de aguas frías o profundas, sólo se forma calcita de bajo Magnesio, mientras que el aragonito se forma, principalmente, en aguas someras y/o cálidas (Milliman, 1974).

Así, el índice Mg/Ca va creciendo al ir avanzando en la serie, debido al mayor predominio de la calcita de alto Magnesio frente a la calcita de bajo Magnesio. En el grupo 4 C aparece un descenso en el índice Mg/Ca que creemos puede ser debido a la aparición de la fase aragonito como predominante, mientras que el grupo 4 D presenta elevados valores del índice, por efecto de la dolomitización.

El  $Mg^{+2}$  puede, por último, adsorberse con cierta facilidad a minerales de arcilla, lo que originaría un aumento del índice Mg/Ca en medios con abundante fracción fina, tales como el tramo 1. (Jorgensen, 1975).

## **ESTRONCIO**

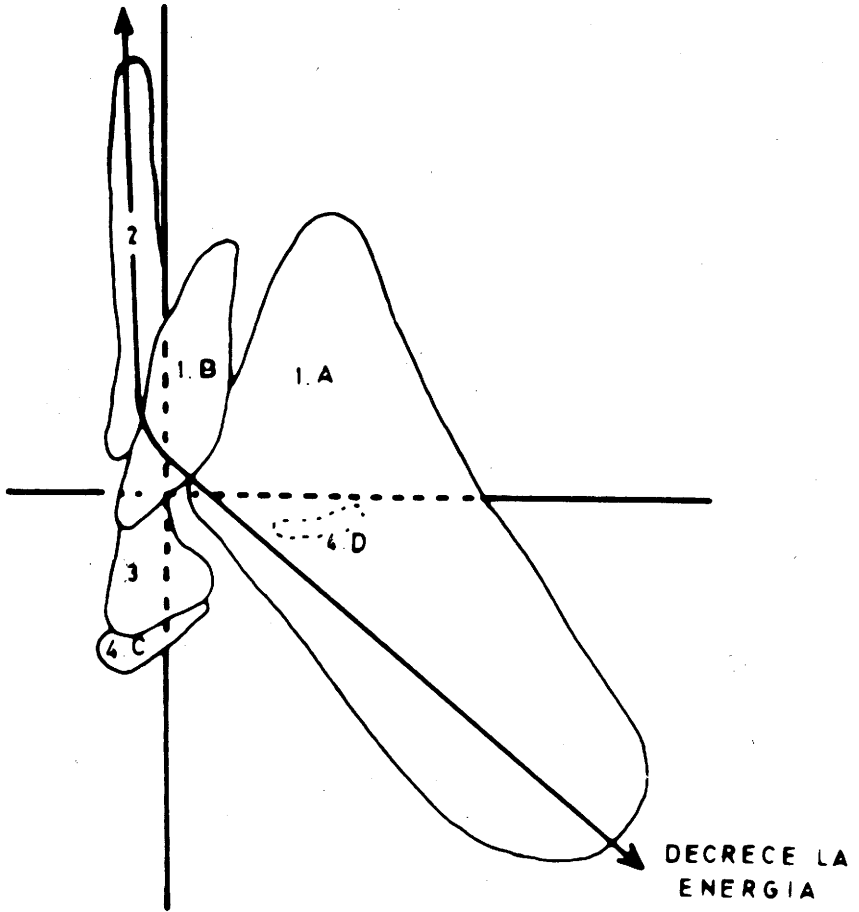
Encontramos altas concentraciones de Sr en medios hipersalinos (con predominio de aragonito de alto Estroccio) o de aguas profundas, tales como el tramo 1, y bajas concentraciones de Sr en medios litorales, neríticos y batiales superficiales, tales como el tramo 4, en concordancia con las observaciones de otros autores (Veizer, Demovic 1974; Auernheimer, 1979).

Estas variaciones del contenido en Estroncio de los sedimentos, Till los relaciona con la energía del medio, correspondiendo grandes concentraciones de este elemento a medios de baja energía y viceversa (Till, 1971).

Los análisis de correspondencias reflejan bastante bien la ordenación de tramos frente a los contenidos en Sr, contenidos que se podrían interpretar en términos de energía del medio.

Así en las figuras 11 y 12 se da una representación de la energía de los medios, según el análisis de correspondencias. Esta ordenación de energía, concuerda con los contenidos en Sr y Mn observados, como era de esperar, siendo estos dos elementos buenos indicadores de la energía ambiental.

DECRECE LA  
ENERGIA



1<sup>er</sup>. Analisis

Fig. 11.- Primer análisis de correspondencias. Interpretación de Ejes I y IV  
(1 A, 1 B, 2, 3, 4 C, y 4 D: tramos de la serie)

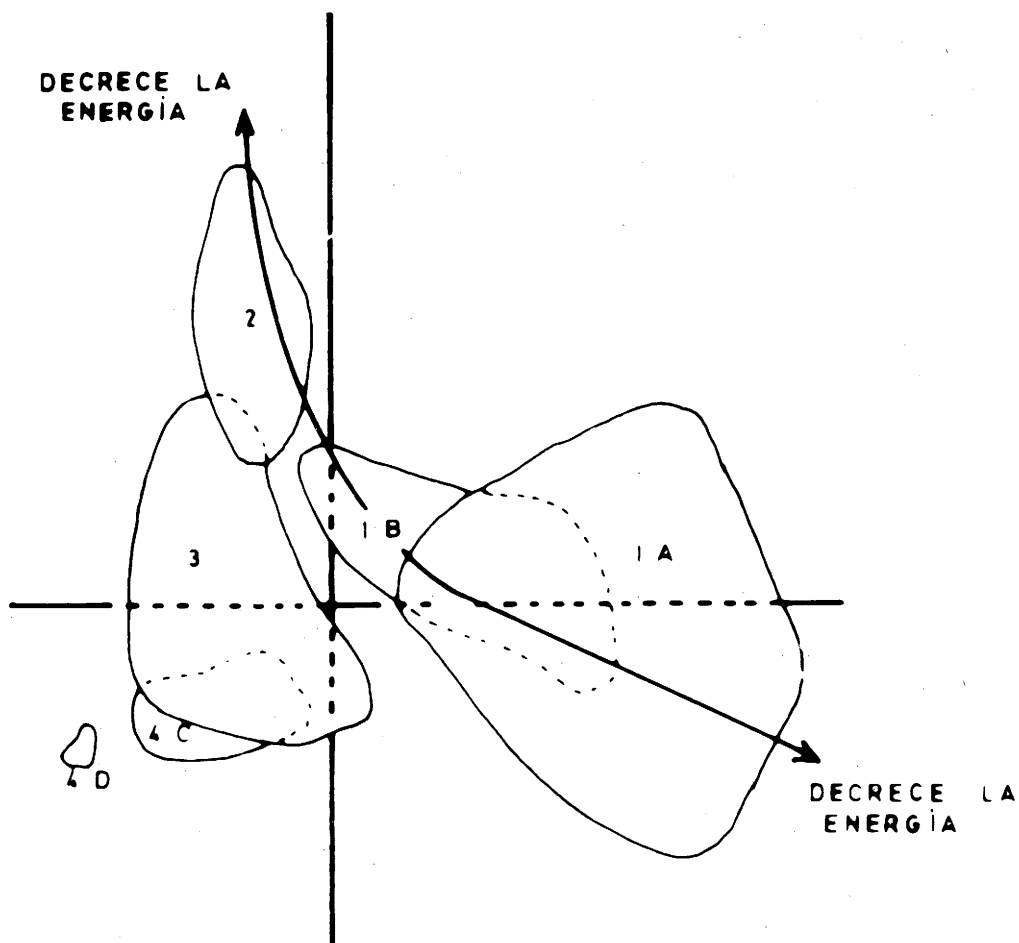


Fig. 12.- Segundo análisis de correspondencias. Interpretación de ejes I y III (1 A, 1 B, 2, 3, 4 C, y 4 D; tramos de la serie)



## MANGANESO

El manganeso aparece en los sedimentos, asociados principalmente a la Fracción carbonato, no siendo afectado en gran manera durante la diagénesis.

Contenidos altos de Mn pueden relacionarse con períodos de meteorización intensiva y/o con la mayor disponibilidad de  $Mn^{+2}$  en el agua marina. También pueden darse contenidos muy altos de Mn en formaciones de océano profundo, de origen esencialmente calcítico, debido a que el  $Mn^{+2}$  ( $r_i = 0.80 \text{ \AA}$ ) sustituye al  $Ca^{+2}$  ( $r_i = 0.99 \text{ \AA}$ ) con más facilidad en la red de la calcita que en la del aragonito, en la que no aparece sustitución apreciable.

Contenido bajos de Mn se obtendría en formaciones de aguas someras como reflejo de la fase carbonatada original, principalmente aragonito (Bencini, Turi, 1974; Barthust, 1971).

Según Pingitore (1978) podría obtenerse en algunos casos, ligeros enriquecimientos relativos de Mn como consecuencia de la transformación aragonito-calcita durante la diagénesis.

De esta forma podría explicarse el descenso del índice Mn/Ca al ir pasando de facies de aguas profundas tales como el tramo 1, a facies de aguas someras, como el tramo 4. También quedaría explicado, según lo visto, los pequeños aumentos del índice Mn/Ca en aquellas muestras que presentan dolomitización (grupo 4 D).

A pesar de que el Manganeso aparece normalmente como Carbonato ( $MnCO_3$ ), una parte de él entra en el sedimento adsorbido a las arcillas, tal como explican Land, Salem y Morrow (1975). Este efecto podría originar el aumento del índice Mn/Ca en las muestras del grupo 1 A respecto a las del 1 B, a pesar de pertenecer a la misma facies sedimentaria.

## HIERRO

El hierro en su forma de catión divalente  $Fe^{+2}$  ( $r_i = 0.76 \text{ \AA}$ ) entra mejor en la red de la calcita que en la del aragonito, razón por la que hay menores cantidades de él en sedimentos de medios superficiales donde predomina el aragonito. Así se observan progresivos empobrecimientos

de Fe con respecto al Calcio, al ir progresando hacia medios más favorablemente aragoníticos, es decir, al pasar del tramo 2 al 3 y al 4 C.

En medios anóxicos (reductores) la presencia de bacterias reductoras de sulfatos provoca la precipitación de  $Fe^{+2}$  como  $S_2Fe$  (pirita y marcasita) que enriquece el contenido en Fe del sedimento, tal cual ocurre en el tramo 1. En este tramo 1 también se observan aumentos del índice Fe/Ca en aquellas muestras con considerable contenido en fracción fina (grupo 1 A).

Si relacionamos directamente la energía del medio con la oxigenación (siendo esta última, consecuencia de la primera), vemos como en medios superficiales muy oxigenados (oxidantes) la disminución de  $FeCO_3$  debida al predominio del aragonito, se ve compensada por la precipitación del Hierro como  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ , reproduciendo la variación con la energía dada por Till (1971).

Este efecto de precipitación de óxidos quizá sea el causante de la elevación del índice Fe/Ca en las muestras del grupo 4 D.

## ZINC

El  $Zn^{+2}$  ( $r_i = 0.74 \text{ \AA}$ ) sustituye al  $Ca^{+2}$  en la red de la calcita con más facilidad que en la del aragonito, razón por la que es mayor el contenido de Zn en carbonatos de aguas profundas, tales como los tamos 1, 2 y 3, que en carbonatos de aguas superficiales, como el tramo 4.

Según Pingitore (1978), el Zinc constituye un buen elemento indicador de facies, ya que no resulta apenas afectado por la inversión aragonito-calcita durante la diagénesis.

Los valores del índice Zn/Ca, mayores en las muestras del grupo 1 A que en las del 1 B, pueden ser debidas a la adsorción del  $Zn^{+2}$  por minerales de arcilla, abundantes en el primer grupo.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

1) Petrológicamente se diferencian cuatro tramos en la serie, cuyas litologías son:

- TRAMO 1: Micrita fosilífera con textura Mudstone a Wackestone, gran abundancia de terrígenos finos y calcioesferas.
- TRAMO 2: Biomicrita (textura Packstone) con presencia de miliólidos, textularidos y pellets.
- TRAMO 3: Bioesparita pobremente lavada (Pakstone) a Bioesparita (Grainstone).
- TRAMO 4: Oosparita con textura Grainstone y abundancia de bioclastos oolitizados.

2) Se distinguen cuatro medios sedimentarios que se corresponden básicamente con los cuatro tramos petrológicos, así:

a) Se identifica el tramo 1 con un medio de sedimentación de plataforma profunda, con sedimentación rítmica, condiciones anóxicas en el sedimento y muy baja agitación.

b) Los tramos 2 y 3 pertenecen a medios de plataforma restringida, si bien el tramo 3 es de aguas más superficiales, intermedio entre el 2 y 4.

c) El tramo 4 pertenecía a un medio de barra de plataforma, de aguas muy superficiales y agitadas, y fuerte oxigenación.

3) a) Los elementos alcalinos Na y K aparecen fuertemente asociados a la fracción fina insoluble, y por tanto, se presentan más concentrados en sedimentos de baja energía (tramos 1 y 2).

b) El Sr aparece asociado a la fracción carbonato, encontrándose altas concentraciones de este elemento en facies de aguas profundas y tranquilas, y bajas concentraciones en medios de aguas superficiales y agitadas.

Esto se correspondería con la mineralogía original del sedimento: calcita de bajo Magnesio, aragonito y dolomita en medios superficiales y agitados.

c) El Mn aparece igualmente asociado a la fracción carbonato, hallándose altas concentraciones en medios de aguas profundas, y bajas en medios de aguas superficiales.

Constituyen el Mn y el Sr dos buenos indicadores de facies sedimentarias, con la ventaja del primero de que resulta menos alterado por la diagénesis.

4) Se destaca el análisis factorial de correspondencias como un buen medio para ayudar al establecimiento de tramos estratigráficos, poner de manifiesto relaciones entre tramos y variables y entre variables entre sí; así como para dar interpretación a problemas con muchas dimensiones. Así, según esto:

a) Se produce una buena discriminación entre muestras con elevado contenido de terrígenos finos (grupo 1 A) y el resto de las mismas.

b) La conjunción de todos los elementos y fracción gruesa y fina insolubles establecen diferencias entre los grupos de calizas de diferentes medios de sedimentación, de manera que grupos fuertemente discriminados, pertenecerían a medios de sedimentación muy diferentes y por el contrario, grupos débilmente discriminados pertenecerían a medios de sedimentación semejantes.

c) Muestras con mineralogía muy diferente al resto (olistolito de Triásico) y en este caso ajeno al medio de sedimentación son bien diferenciadas.

d) Muestras con apreciables grados de dolomitización son igualmente bien destacadas del resto de las demás.

e) En el primer análisis de correspondencias, los ejes I y IV, y en el segundo análisis de correspondencias los ejes I y III definen las variaciones de energía de los diferentes medios de sedimentación.

f) En el primer análisis de correspondencias (con Ca), la combinación de ejes I y II marca sobre la bisectriz del primer cuadrante la tendencia al crecimiento de la energía del medio o el aumento de la influencia oceánica, y sobre la bisectriz del cuarto cuadrante, el aumento del grado de dolomitización.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGINO, E.E. y BILLINGS, G.K. (1972).- Atomic absorption spectrometry in Geology. Methods in Geochemistry and Geophysics. n.º 7. Elsevier publ. comp. 191 p.
- AUERNHEIMER, C. (1979).- Los medios de sedimentación del Mioceno Medio de Elda-Petrel (Alicante), en sus aspectos estratigráficos y geoquímicos. Tesis inédita. 534 p. Alicante.
- BARTHURST, R.G.C. (1975).- Carbonate Sediments and their diagenesis. Elsevier publ. Amsterdam.
- BENCINI, A y TURI, A. (1974).- Mn distribution in the Mesozoic carbonate rocks from Lima Valley, Northern Appenines. *Jour. Sed. Petrology*, 44/3: 774-782.
- BENZECRI, J.P. (1973).- L'analyse des données. Tome II: L'analyse des correspondances. Ed. Dunod. Paris.
- DAGET, J. (1976).- Les modeles mathématiques en écologie. Ed. Masson. Paris. 172 p.
- DUNHAM, R.J. (1962).- Clasification of carbonate rocks according to depositional. Memoir 1. A.A.P.G. (108-121).
- ELWELL, W.T. y GIDLEY, J.A.F. (1966).- Atomic-absorption spectrophometry. Ed. Pergamon Press. London.
- FERNANDEZ, R. *et al.*, (1977).- Introducción al análisis multivariante. Departamento de Ecología. Universidad de Sevilla.
- FOLK, R.L. (1962).- Classification of carbonate rocks. Me-Moir 1. A.A.P.G. (62-84).
- FOLK, R.L. (1974).- The natural history of crystalline calcium carbonate: Effect of Magnesium content and salinity. *Jour. Sed. Petrology*, 44/1: 41-53.

- IBAÑEZ, F. (1971).- Effet des transformations des données dans l'analyse factorielle en écologie planctonique. *Cah. Océanogr.*, XXIII. 23(6): 545-561.
- JORGENSEN, N.O. (1975).- Mg/Sr distribution and diagenesis of Maastrichtian white chalk and Danian bryozoan limestone from Jylland, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 24: 299-325.
- LAND, L.S. y HOOPS, G.R. (1973).- Sodium in carbonate sediments and rocks: A possible index to the salinity of diagenetic solutions. *Jour. Sed. Petrology*, 43/3 : 614-617.
- LAND, L.S., SALEM, M.R.I. y MORROW, D.W. (1975).- Paleohydrology of ancient dolomites: Geochemical evidence. *A.A.P.G.* 59/9: 1602-1625.
- LEGENDRE, L. y LEGENDRE, P. (1979).- *Ecologie numérique*. Ed. Masson. París.
- LERET, G. *et al.* (1978).- Mapa y Memoria explicativa de la Hoja 28-34 (Elda). I.G.M.E.
- MILLIMAN, J.D. (1974).- *Marine Carbonates*. Ed. Springer-Verlag. Berlin.
- PERKIN-ELMER (1966).- *analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. The Perkin-Elmer corporation.
- PINA GOSALBEZ, J.A. (1975).- *Geología de un sector situado al oeste de la ciudad de Alicante (zona Prebética)*. Tesis de licenciatura (inédita). 103 p. Univ. de Granada.
- PINGITORE, N.E. (1978).- The behavior of  $Zn^{+2}$  and  $Mn^{+2}$  during carbonate diagenesis: theory and applications. *Jour. Sed. Petrology*, 48/3: 799-814.
- RAMIREZ-MUÑOZ, J. (1969).- *Atomic-absorption spectroscopy and analysis by atomic-absorption flame photometry*. Elsevier publ. comp. New York.

- RENARD, M. (1975).- Etude geochemique de la fracction carbonate d'un facies de bordure de depot gyppeux (exemple du gypse ludien du bassin de Paris). *Sedimentary Geology*, 13: 191-213.
- SCOTT, G. (1973).- Paleocological Factor controlling distribution of Cretaceous Ammonoids in Texas area. *A.A.P.G. Reprint Series*. 6: 3-42.
- SMOSNA, R. y WARSHAVER, S.M. (1979).- A scheme for multivariate analysis in carbonate petrology with an example from the Sclurian tonoloway limestone. *Jour. Sed. Petrology*, 49/2: 257-272.
- TILL, R. (1971).- Are there Geochemical criteria for differentiating reef and nonreef carbonates?. *A.A.P.G.* 55 n.º 3: 523-530.
- VEIZER, J. y DEMOVIK, R. (1974).- Strontium as a tool in facies analysis. *Jour. Sed. Petrology*, 44/1: 93-115.
- WILSON, J.L. (1975).- Carbonate facies in Geologic History. Ed. Springer-Verlag. Berlin.
- WOLLAST, R. y PYTKOWICZ, R.M. (1978).- Carbonate equilibria and the phase rule. *Geochemical Journal*, 12: 199-200.





## **RASGOS BASICOS DEL NEOGENO DEL MEDITERRANEO ESPAÑOL**

R. Soler y José<sup>1</sup>

W. Martínez del Olmo<sup>1</sup>

A. G. Megías<sup>1</sup>

J. A. Abeger Monteagudo<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

Mediante tecnologías de subsuelo propias de la industria petrolífera, se resumen los datos básicos tectosedimentarios de la cuenca neógena mediterránea española, su evolución y su conexión con los dispositivos conocidos en tierra.

### **RESUME**

A partir des techniques de subsurface propres à l'industrie pétrolière, nous présentons un aperçu sur les données de base tectosédimentaires du bassin néogène méditerranéen espagnol, de son évolution et de son rapport avec les dispositifs connus à terre.

### **ABSTRACT**

A short description of the tectonic and sedimentary processes affecting the Spanish Mediterranean Mio-Pliocene basin is presented, through the information obtained by subsurface oil industry methods.

(1) Empresa Nacional de Investigación y Explotación de Petróleos, S.A. (ENIEPSA)  
Pez Volador, 2 - Madrid.

## **MARCO DEL ESTUDIO**

Doce años de exploración petrolífera en el Mediterráneo español, más de setenta sondeos y varios cientos de miles de kilómetros de registros sísmicos, han suministrado una abundante y precisa información. La zona más explorada se sitúa en la plataforma continental levantina al Norte del paralelo de Castellón (N-40°) donde se concentran el 80% de los sondeos y mallas sísmicas de hasta 1 x 1 km. en las batimetrías inferiores a 200 metros. Sólo un 10% de los sondeos investigaron el área del Golfo de Valencia con batimetría superior a 200 metros.

El control detallado de los procesos tectosedimentarios neógenos es básico en el estudio de la provincia petrolífera mediterránea, en los que se generan rocas madre en los medios sedimentarios anóxicos iniciales, almacenes detríticos y carbonatados, coberturas arcillosas generalizadas, así como trampas estratigráficas (dispositivos «on lap», barras costeras, biseles...) y paleogeomorfológicas (paleorrelieves enterrados).

## **METODOLOGIA DE ESTUDIO**

La metodología de estudio utilizada integra las más modernas técnicas de subsuelo: En los sondeos, las combinaciones de diagrfías eléctricas («Rayos Gamma», «Densidad», «Sónico», «Buzometría», etc.) permiten la definición litológica, estudio de secuencias verticales en continuo, detección de discontinuidades sedimentarias mayores, medidas seriadas y continuas de buzamiento y estructuras internas (estratificación cruzada, laminación...) apoyadas en las muestras y testigos extraídos con sus correspondientes análisis convencionales: estratificación, estudio secuencial, petrografía, micropaleontología, naturaleza y maduración del material orgánico, medidas petrofísicas y grado de diagénesis (arcillas autigénicas, cementaciones...). La correlación entre pozos plantea la distribución espacial de unidades sedimentarias y sus relaciones. Los registros sísmicos de alta resolución y versatilidad en procesado complementan el estudio tridimensional, permitiendo además relacionar facies litológicas y sus cambios, con determinados tipos de respuesta sísmica («sismofacies») comprobada en numerosos sondeos.

Finalmente, la integración y comparación de los modelos obtenidos con metodología de subsuelo, con sus equivalentes conocidos en las cuencas terrestres, nos conducen hacia una evolución dinámica tectosedimentaria del Neógeno mediterráneo bastante completa y útil.

## **METODOLOGIA DESCRIPTIVA**

La nomenclatura más práctica consiste en dividir las series sedimentarias en grandes unidades (o unidades tectosedimentarias: A. G. MEGIAS, 1973), limitadas por discontinuidades regionales. Los estudios micropaleontológicos confirman estadísticamente el sincronismo de tales unidades y las discontinuidades que los limitan. Las unidades se subdividirán en formaciones en función de sus características litológicas, lo que permitirá el estudio de los cambios de facies y de medio sedimentario, según su posición en la cuenca. Los problemas derivados de las diferentes escalas cronofaunísticas o de los ambientes sedimentarios con fauna pobre o banal (sólo bentónicos), son de poca importancia dado que si la escala sufre nuevos cambios, la sucesión de unidades permanecerá igual con «nueva etiqueta». La gran ventaja en los métodos «offshore» es la coincidencia lógica entre discordancias y horizontes sísmicos de marcado contraste, aun en el caso de facies similares a un lado y otro de la discontinuidad. La respuesta en diagráffas es también excelente, sobre todo en «Buzometría» y «Rayos Gamma» (picos radioactivos por concentración en «hard-grounds»).

La discordancia o discontinuidad «sensu lato», que separa las unidades, se manifiesta diferentemente en diversas zonas de la cuenca. Sólo en el caso extremo son discordancias angulares, dominando las paraconformidades sobre todo en la vertical de los depocentros. Las discordancias cartográficas (en tierra y en zonas marinas de malla sísmica abundante), los «hard-grounds», los cambios secuenciales biológicos y/o de medio, cuando no lo términos de base conglomeráticos o recifales, tras una nueva pulsación tectónica... apoyan los ya citados criterios de subsuelo en coincidencia y correlación con los modelos terrestres. Un hiato cronoestratigráfico en tan corto espacio de tiempo sólo se alcanza en casos extremos y la edad de base de una unidad sólo se define en el depocentro máximo. El término «ruptura sedimentaria» puede ser útil en estos casos si se matiza su rango «de orden mayor» y su persistencia en el ámbito regional.



## **EL NEOGENO DE LA PLATAFORMA LEVANTINA**

Es el mejor conocido y sirve de columna base de partida. El mesozóico ibérico y catalánide está emergido desde el Turonense. Dominan en él los depósitos carbonatados de plataforma con sólo un 10% - 15% de formaciones margosas a partir del Jurásico para los varios miles de metros de potencia. Replegado y fracturado en las bases tectónicas del Cretáceo superior y sobre todo eocenas, sufre una intensa meteorización y karstificación, salvo en cubetas aisladas con depósitos continentales eo-oligocenos. Sobre esta morfología variable comenzará la época litogenética neógena integrada por las siguientes unidades tectosedimentarias (UTS):

### **OLIGOCENO TERMINAL / AQUITANIENSE (UTS Ne-0)**

La penetración del mar durante el Oligoceno terminal/Aquitaniense-1 es escasa y queda confinado al eje de las principales cubetas. Los fragmentos de la superficie de meteorización previa sufren una cementación parcial "in situ" en ausencia de transporte: brechas monogénicas y heterométricas de cantos calizos de igual naturaleza que su substrato inmediato, que forman estrictamente la unidad Ne-0 «cronológica». Gran parte del país queda emergido y será sucesivamente invadido por las unidades transgresivas posteriores; es frecuente en estos casos la existencia de un conglomerado heterométrico y poligénico de elementos jurásicos y cretáceos dominantes, con un índice de rodadura ya patente implicado cierto grado de transporte, una clasificación incipiente y mayor energía del medio. Su formación y cementación parcial es diacrónica con la brecha anterior, aunque son unificados con frecuencia en la terminología petrolera («Brecha o Conglomerado de Alcanar») como depósitos sobre la discordancia general neógena, dada su importante participación como almacén de hidrocarburos junto con el Mesozóico fracturado y karstificado.

El área fuente es inmediata o muy próxima y predominantemente carbonatada. Puede teorizarse en la zona norte (Barcelona-Gerona) sobre la posible participación de elementos paleozóicos y graníticos en afloramiento cercano, pero los escasos sondeos en estas latitudes muestran áreas de depósito continental (arcillas rojas) con «sabkhas» esporádicas (anhidrita y dolomias) eo-oligocenas, equivalentes cronológicos del paleosuelo (no deposición) más meridional, que coartaron la existencia de meteorización.

Excelentes afloramientos de estas formaciones, ligadas a la discordancia, existen en las cordilleras costero-catalanas. En el mar, la discor-

dancia de base da una respuesta sísmica enérgica y compleja por las múltiples hipérbolas de difracción que sintetizan este complejo. En diagráfias la respuesta es también muy evidente (Martínez del Olmo y Esteban, 1980), además de ser zona de frecuente toma de testigos mecánicos de observación directa. La edad de esta unidad se establece por criterios regionales y su posición bajo la unidad suprayacente.

### **AQUITANIENSE-2 / BURDIGALIENSE-1 (UTS Ne-1): «GRUPO CASABLANCA»**

Un medio marino confinado y reductor da lugar a sedimentos calcilutíticos (micritas) y margo-calcáreos oscuros, depositados en los surcos paleogeográficos más marcados sin cubrir todos los relieves de almacén mesozóico. Pese a la detección en sísmica de esta unidad, sólo fue tardíamente controlada directamente en perforación por su situación fuera de los paleorrelieves-trampas principales del petróleo. Petroleramente, es una roca madre excelente al alcanzar en estos futuros depocentros la carga sedimentaria necesaria para originar las condiciones P/T de transformación de materia orgánica en hidrocarburos. El modelo sedimentario de medio anóxico marino de baja energía es propio de cuencas arrosariadas-confinadas generadoras de lutitas orgánicas -en esta zona de la plataforma levantina- con esporádica presencia de retazos arrecifales de Lithotamium marginales. La Microfauna es escasa y banal con excepcionales presencias aisladas de planktónicos que marcan su edad. La «transgresión miocena» inicial indica un suave basculamiento más que una pulsación violenta.

### **BURDIGALIENSE-2 / LANGHIENSE-1 (UTS NE-2): «GRUPO SAN CARLOS-SALOU»**

Una pulsación reactiva los relieves occidentales, se asocia a vulcanismos en líneas de fractura preferenciales, acentúa las fosas de depósitos y la transgresión micena -extensiva- da lugar a la llegada de detríticos cuarzo-arenoso. Las facies muestran así caráctr mixto al persistir depósitos calcilutíticos sustituidos y superados progresivamente por secuencias areno-arcillosas que llegan a ser exclusivas. La fauna pelágica arrastrada permite una datación correcta, pese al dominio de bentónicos.

### **LANGHIENSE-2 / SERRAVALIENSE / TORTONIENSE-1 (UTS Ne-3): «MARGAS DE CASTELLON»**

Se inicia tras una pulsación de mayor intensidad que crea ya diferencias paleobatimétricas marcadas. La extensividad de los depósitos es casi general y sólo escasos y muy acentuados relieves permanecen emer-

gidos en la plataforma levantina. Sucesivas secuencias de colmatación (regresivas en vertical, extensivas espacialmente) caracterizan esta unidad. La costa lineal clásica occidental está en parte barrida por la llegada de la unidad suprayacente que recicla los materiales arenosos. Dominan así las margas de mar abierto con abundante fauna planktónica, con términos de base secuenciales areno-siltosos o eventualmente para-recifales cuando transgreden directamente sobre paleorrelieves mesozóicos. En sismica se manifiesta como una unidad uniforme y «transparente» en consonancia con las facies.

### **TORTONIENSE-2 / MESSIENENSE-1 (UTS Ne-4): «ARENISCAS DE CASTELLON»**

Neta extensividad de la unidad, tras fuerte pulsación, que origina la penetración de facies marinas más allá de la línea actual de costa (Vallés-Panadés y Ampurdán) ya insinuada en el ciclo anterior. Se cubren los últimos paleorrelieves internos. Domina el desarrollo de facies propias de costa clásica lineal: «on-lap» extremos occidentales, barras arenosas más o menos complejas («shoe-strings») subparalelas a la paleocosta. La evolución es rápida hacia el Este donde secuencias verticales regresivas arena-limo-arcila marcan la nueva etapa litogenética de colmatación rápida (arenas arkósicas) hasta las margas de mar abierto en el borde de la actual plataforma continental. Un rasgo paleosedimentológico importante es el desarrollo de un margen externo de arrecifes de amplios taludes, al igual que sobre los últimos paleorrelieves fosilizados en esta fase: Los términos faciales «Creta de Amposta» y «Calizas de Heterosteginas» han sido consagrados por el uso.

Las últimas secuencias regresivas marcan la iniciación de facies evaporíticas con presencia de anhidrita dispersa y dolomias primarias, frecuentemente erosionadas bajo la discordancia de base de la unidad tectosedimentaria suprayacente.

En sismica son frecuentes las «sismofacies de cuerpos arenosos» más o menos complejas, con un estilo global muy contrastado (secuencial) hasta su unificación con las series margosas transparentes inferiores hacia el talud continental. Los análisis en diagráffas y testigos son igualmente factibles y detallados.

Cronológicamente alcanzamos el controvertido límite Mioceno-Plioceno, con sus litigiosas terminologías, comenzando por el propio término «Messiniense» («Andaluciense», «Mioceno Terminal»). Nuestra toma de partido es meramente simbólica dado que, petroleramente, la dis-

continuidad Ne-4/Ne/5 es siempre conocida como «discordancia pliocena».

### **MESSIENIENSE-2 / PLIOCENO-1 (UTS Ne-5): «ARCILLAS DEL EBRO»**

La llamada «revolución pliocena» suele manifestarse con frecuencia con una discordancia angular. De nuevo la cuenca gana en extensividad superando al ámbito de depósito marino anterior y reciclando sus biseles costeros extremos. La costa actual tiende a coincidir con el trazado Plioceno (salvo en el Golfo del Ampurdán) y el dispositivo regional es un enorme abanico arcillo-siltoso progradado hacia el Este definiendo un talud de acreción muy activo. La imagen sísmica es espectacular.

### **PLIOCENO-2 / CUATERNARIO (UTS Ne-6): «ARENAS DEL EBRO»**

En consonancia con la costa actual, facies arenosas y bioclásticas costeras completan el dispositivo peculiarizado por los deltas del Ebro y LLobregat.

## **EL NEOGENO DEL SURCO NORBALEAR (GOLFO DE VALENCIA PROFUNDO)**

Dos hechos mayores conviene destacar en la evolución sedimentológica hacia el offshore profundo: -El cambio del yacente neógeno (Unidades béticas). -La presencia de grandes masas delapsionales intraneógenas (olistostromas). El yacente bético implica a su vez dos efectos: a) la reducción de las épocas de no deposición (mínimo hiato) entre el Paleógeno y Neógeno (Prebético interno y Subbético) en coincidencia con el «estrecho norbético» de conexión atlántico-mediterránea; b) la influencia muy marcada de la tectogénesis bética en la sedimentación neógena (masas olistostrómicas subbéticas y rejuego de los diapiros prebéticos afectando al medio sedimentario).

Las posibilidades de observación en tierra son muy abundantes permitiendo un control directo de los procesos tectosedimentarios. Sobre el Bético, s.s., la cuenca neógena del Mar Menor repite, por su posición, una situación similar a la plataforma levantina, por lo que ha sido el modelo ampliamente utilizado para la exploración de petróleo.

La evolución de los medios sedimentarios y facies neógenas asociadas es la siguiente:



# ESQUEMA DE LA PLATAFORMA VALENCIANA - SURCO BALEAR

NW

SE

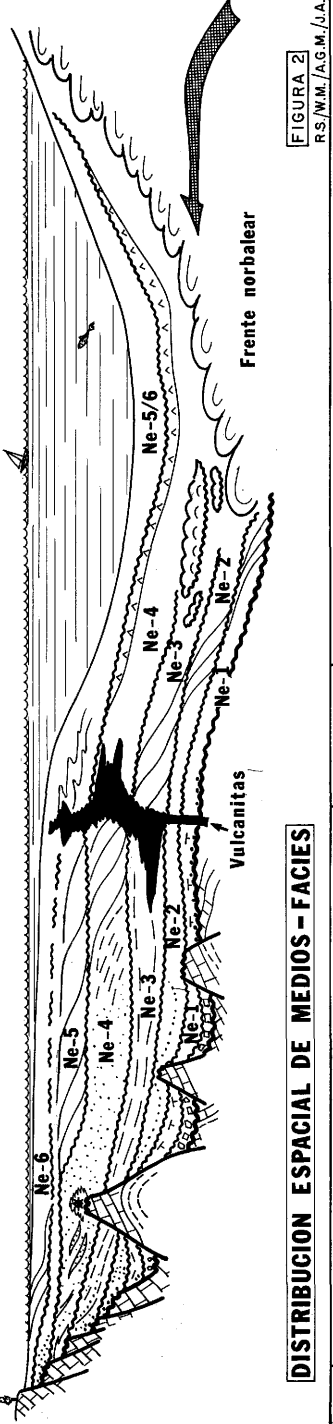
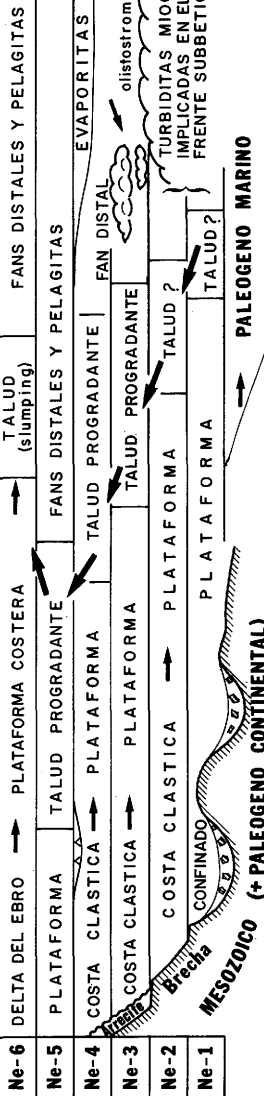


FIGURA 2  
RS, N.W.M./AG.M./J.A.A.

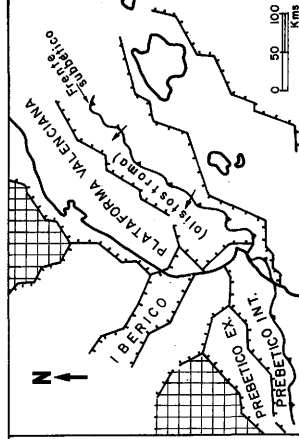
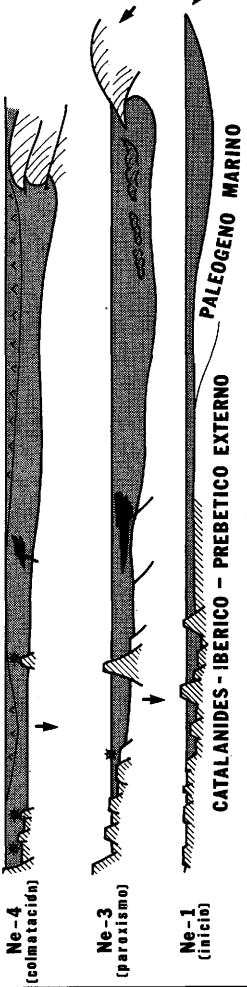
## DISTRIBUCION ESPACIAL DE MEDIOS - FACIES



MESOZOICO (+ PALEOGENO CONTINENTAL) → PALEOGENO MARINO

Post-olistostroma  
TECTONICA TANGENCIAL

## EVOLUCION - FASES MIOCENAS



—Ne-0, Ne-1 y Ne-2: -Muestran facies de fans distales arcillosos y finamente detríticos.

—Ne-3: -El surco sedimentario anterior, acentuado por los procesos de hundimiento noroccidentales (amplio vulcanismo en la posición del talud continental) y el apilamiento suroriental de los mantos béticos, es invadido por la caída gravitacional hacia el NW de la masa olistostrómica. Reajustes posteriores se manifiestan por deformaciones conjuntas. Con respecto a la costa occidental, el talud continental actual tiende a coincidir con la aparición de series de talud progradadas con imágenes sísmicas similares a las que en la plataforma levantina definen la unidad Ne-5.

—Ne-4: -«Post-olistostroma», y también en facies distales muestra su paleotalud progradado al Oeste del anterior. La crisis salina meseniense no llega a depositar sal, pero las anhidritas equivalentes de la misma marcan el final del ciclo sedimentario.

—Ne-5 y Ne-6: -Presentan facies de arcillas de talud distal.

## **INTERPRETACION CONJUNTA ESQUEMATICA**

—El apilamiento de las unidades béticas más meridionales (paleoalto bético estrico) define un surco Norte. Los depósitos turbidíticos delimitan su trazado, mientras al Noroeste, los dominios prebético-ibérico-catalanides emergidos son sometidos a amplia meteorización.

—Las sucesivas pulsaciones marcan al Sur el intermitente acentuamiento de los fenómenos tangenciales béticos y una respuesta simultánea septentrional en distensión. La unidad Ne-1, fan distal en el surco, invade moderadamente el complejo sistema de bloques en la plataforma levantina con digitaciones marinas confinadas. El proceso se acentúa sistemáticamente, facilitando los procesos delapsionales desde el paleoalto SE, y los sucesivos paleotaludes hacia las facies de plataforma NW. En imagen simplista, las UTS miocenas son progresivamente implicadas en la tectónica tangencial suroriental y la invasión marina noroccidental se desarrolla. La manifestación física de cada pulsación es la discontinuidad o ruptura sedimentaria entre las unidades descritas, omnipresente en la cuenca, cualquiera que sea el medio de depósito local. El sistema global es un régimen combinado y simultáneo de compresión Sur - distensión Norte (interacción afecto-causa).

— El bloqueo del proceso tiene lugar en el Messieniense y el dispositivo permite situaciones de confinamiento evaporítico.

— El Pliocuaternario -único netamente «postorogénico»- conforma la situación actual.

## **BREVES DATOS SOBRE OTRAS AREAS**

La «Cuenca argelo-provenzal» y el «Mar de Alborán» comparten características de participación de corteza mixta en el substrato, y desarrollo de «evaporitas messienienses» sobre las que existe amplia bibliografía. Esquemáticamente, por correlación sísmica, la sal inferior messieniense es el equivalente del techo de la unidad Ne-4 (evaporitas de S. Miguel de Salinas en la Cuenca del Mar Menor y sus equivalentes almerienses), mientras que el «complejo terminal, tras los taludes intermedios, marcaría la base de Ne-5.

## **BIBLIOGRAFIA**

- GARCIA SIÑERIZ, B. et al (1979). A new hydrocarbon province in the Western Mediterranean. *10th World Petroleum Congress*. Bucarest. PD-4. p. 1-7.
- MARTINEZ DEL OLMO, W. y ESTEBAN, M. (1980). paleokarst in Mesozoic carbonates, Mediterranean offshore Spain. *AAPG Special Issue* (in lit.).
- MARTINEZ DEL OLMO, W. et al (1978). El Mediterráneo Occidental. Esquema Geológico. 1<sup>er</sup>Seminario de Tectónica Global. Madrid. (in lit?).

## **LA SEDIMENTACION NEOGENA EN LAS BETICAS:**

### **ANALISIS TECTOSEDIMENTARIO <sup>(1)</sup>**

A. G. Megías<sup>2</sup> G. Leret<sup>2</sup> W. Martínez del Olmo<sup>2</sup> y R. Soler<sup>2</sup>

#### **RESUMEN:**

En esta Nota se presentan los primeros resultados obtenidos de un análisis tectosedimentario de la serie neógena bética. Como consecuencia de este estudio se han subdividido los materiales neógenos en siete Unidades Tectosedimentarias (UTS), delimitadas por discontinuidades sedimentarias de orden superior. El análisis de estas unidades ha permitido abordar, en el tiempo y en el espacio, problemas de gran importancia para el conocimiento de la evolución sedimentaria y tectónica del dominio bético durante el Neógeno.

#### **ABSTRACT:**

A preliminary description of the tectonic and sedimentary processes in the Betic Ranges along the Mio-Pliocene is presented. The Mio-Pliocene has been divide in seven «Tectosedimentary Units» (TSU) bounded at its top and base by unconformities or their correlative conformities. The regional evolutive framework is finally outlined through these practical methodology.

(1) Nota presentada en el IX Congreso Nacional de Sedimentología de Salamanca (Octubre 1980).

(2) Empresa Nacional de Investigación y Explotación de Petróleos, S.A. (ENIEPSA) Pez Volador, 2 - Madrid.

## INTRODUCCION

La simple observación del mapa geológico muestra la profusión de los afloramientos neógenos en el área bética (fig. 1). El estudio estratigráfico ha puesto de manifiesto que es posible reconstruir una serie en la que figuren todos los pisos del Neógeno (Megías, 1977; Leret, 1977); no obstante es difícil o casi imposible determinar un punto en cuya vertical estén representados todos los términos completos de la serie miocena. Sólo en algunas zonas marinas actuales, y suficientemente separadas de la costa, pueden encontrarse sucesiones en vertical prácticamente completas (v.g. Golfo de Valencia).

Para entender la distribución y evolución de los sedimentos neógenos es necesario investigar la relación existente entre los procesos sedimentario y tectónico. Esta premisa es obvia, puesto que durante parte de este período tiene lugar una de las etapas más importantes de la confirmación del orógeno bético.

Para presentar de manera simplificada los dominios paleogeográficos y/o tectónicos más característicos de la Cadena Bética utilizaremos una transversal tipo situada en la zona centro-oriental bética, entre los meridianos de las Sierras de Cazorla y Espuña. Se ha elegido esta transversal por ser una de las más completas, al mismo tiempo que presenta unas excepcionales condiciones de afloramiento. Un corte cualquiera de la citada transversal, y voluntariamente muy simplificado, vendría representado por el esquema de la figura 2. En este esquema se suelen distinguir, de Norte a Sur, los dominios o zonas fundamentales siguientes:

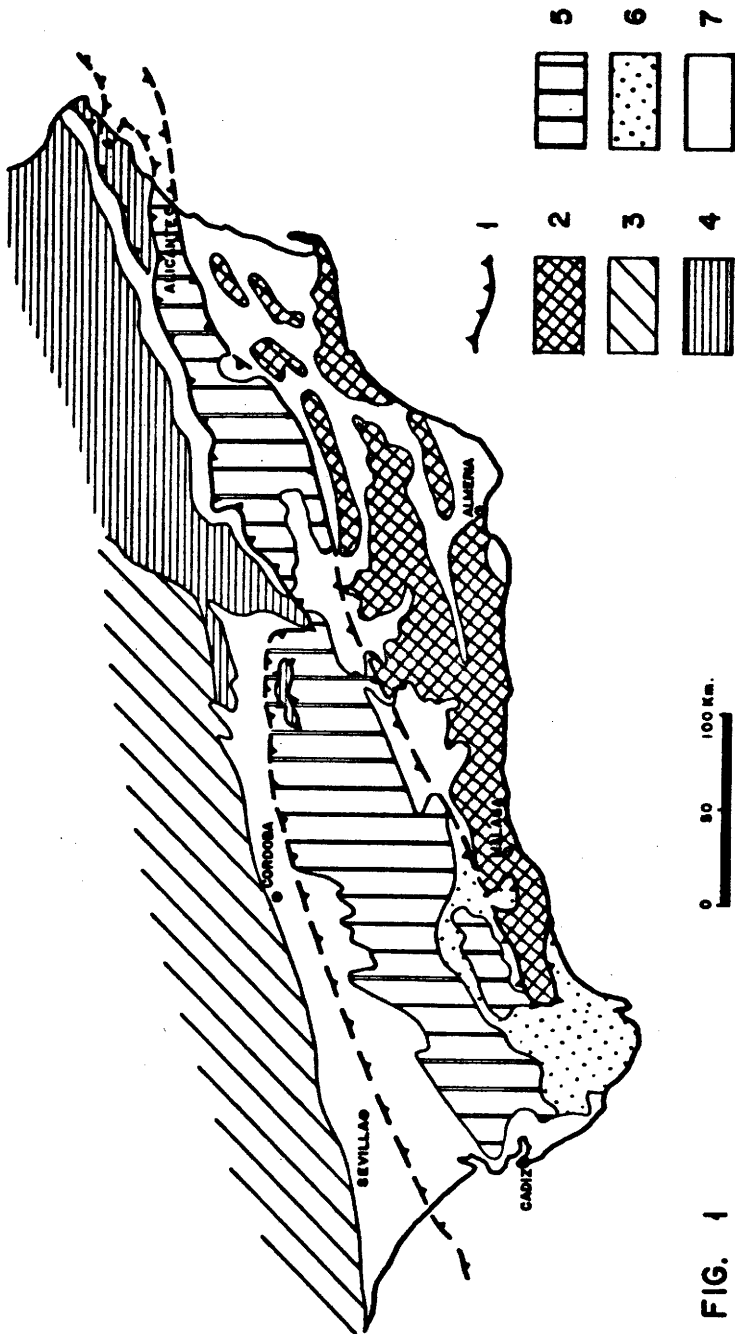


FIG. 1

Figura 1.- Esquema general de las Cordilleras Béticas.  
 (1): Frente meridional y septentrional subbéticos; (2): Zonas internas béticas;  
 (3): Paleozóico de la Meseta; (4): Zona Prebética; (5): Zona Subbética;  
 (6): Complejo tectosedimentario mioceno del Campo de Gibraltar;  
 (7): Neógeno indiferenciado.

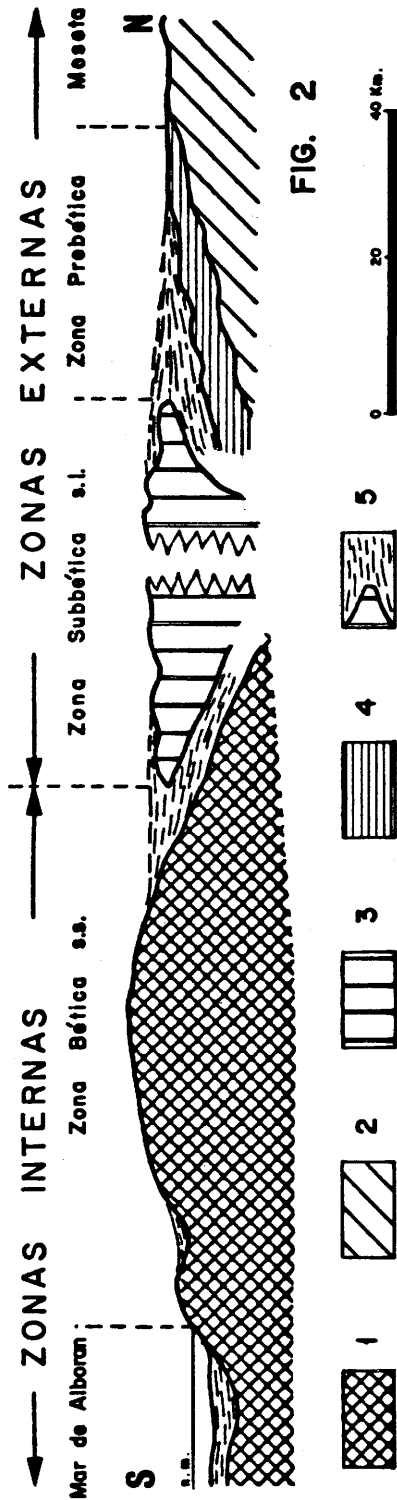


FIG. 2

Figura 2.- Corte N-S, muy simplificado, de las Cadenas Béticas.  
 (1): Complejo Bético s.s.; (2): Paleozóico de la Meseta; (3): complejo Subbético s.l.;  
 (4): Corbetera mesozoico-terciaria de la Meseta (Prebético s.l.);  
 (5): Mioceno pre, sin y post colocación materiales subbéticos.



## **MESETA Y ZONA PREBETICA**

El Prebético o cobertera mesozoico-terciaria autóctona del hercínico de la Meseta se hunde suavemente, hacia el Sur, bajo el frente septentrional subbético. Las facies predominantes de las series prebéticas son de tipo nerítico y continental.

## **ZONA SUBETICA**

En contraposición con el Prebético, el Subbético presenta gran parte de su serie mesozóico-terciaria en facies batial a pelágica. Su estructura se caracteriza por la superposición de diversas unidades tectónicas que generalmente reflejan medios o ambientes sedimentarios diferentes. Sus bordes, septentrional y meridional, son en líneas generales vergentes y cabalgantes, respectivamente, hacia el Norte (Prebético) o hacia el Sur (zonas internas). Las anomalías a este esquema se suelen presentar en el borde meridional, donde movimientos tardíos han dado lugar a cabalgamientos hacia el Norte, originando localmente la superposición de materiales de las zonas internas sobre los atribuidos a las zonas externas (v.g. región de Sierra Arana).

## **ZONA BETICA S.S.**

Su estructura general responde a la superposición de varios complejos tectónicos (divididos a su vez en unidades tectónicas) caracterizados y diferenciados en base a su litoestratigrafía y al grado de metamorfosismo alpino que lo afecta. La denominación de estos complejos, más comúnmente aceptada es, de arriba hacia abajo, la siguiente: Maláguide, Alpujarride, Ballabona-Cucharón y Nevado-Filábride. Su columna litológica consta de materiales paleozóicos y triásicos, excepto el Maláguide, que además presenta una cobertera mesozóico-terciaria en facies marinas someras y con frecuentes hiatos sedimentarios.

## **MAR DE ALBORAN**

En este área estaría muy verosímelmente la continuación meridional de las zonas internas béticas (sondeo Jojides-121). El basamento acústico que la sismica detecta en el Mar de Alborán representaría, a escala general, el techo o envolvente de los materiales del Bético s.s.

## **METODOLOGIA**

La metodología básica ha consistido en dividir la serie mio-pliocena en unidades separadas por discontinuidades o rupturas sedimentarias de

orden superior detectables en todo el dominio bético terrestre y marino. El hecho de que tales discontinuidades representen una ruptura en el mecanismo de sedimentación, al mismo tiempo que el carácter discordante de las mismas hacia los bordes de las cuencas o altos relativos internos, induce a relacionarlas genéticamente con modificaciones del proceso tectónico. Una unidad así definida, o **Unidad Tecto-Sedimentaria** (Megías (1973), vendrá limitada a muro y techo por discordancias o sus correlativas paraconformidades y conformidades. El valor cronoestratigráfico de estas unidades es evidente, puesto que en la vertical de cualquier punto elegido, la suma del tiempo representado por los sedimentos, más el tiempo (si éste existiera) de no deposición y/o erosión, se mantendrá siempre dentro de un intervalo perfectamente definido, allí donde los límites de la unidad son conformes.

Por definición, las citadas unidades constituyen **cuerpos geométricos tridimensionales genéticamente independientes**, tanto en el tiempo como en el espacio. En consecuencia, la descomposición del relleno de una cuenca en este tipo de unidades permite estudiar por separado cada una de ellas (evolución secuencial y sedimentológica, subdivisión en formaciones, variaciones de espesor, etc.), así como establecer correlaciones fiables a grandes distancias entre unidades homólogas, cualquiera que sea el medio sedimentario en que se depositaron.

## **ANÁLISIS DE LA SERIE NEOGENA**

Teniendo en cuenta la amplitud del área de investigación (Cuenca Bética s.l.), el contenido de la presente Nota constituye en sí mismo un resúmen de un trabajo mucho más amplio.

Tanto por su contenido tectosedimentario como por su distribución espacial, es cómodo dividir la serie mio-pliocena en Neógeno antiguo y reciente.

El Neógeno antiguo (Mioceno inferior a medio) se localiza y presenta su mayor desarrollo, casi exclusivamente, alrededor de las márgenes meridionales y septentrionales del Subbético. En cuanto al Neógeno reciente (Tortonense-Plioceno), su distribución en el área bética es más amplia y dispersa, observándose las mayores acumulaciones en cuencas ubicadas tanto en las zonas externas (Guadalquivir) como en las zonas internas (Almería-Murcia) o bien a caballo entre ambas (Granada, Guadix-Baza).

## NEOGENO ANTIGUO

En la **margen septentrional del subbético** la casi totalidad del Neógeno antiguo autóctono (cobertera estratigráfica del Prebético y/o de la Meseta) se sumerge hacia el Sur bajo el frente alóctono subbético o unidades afines (fig. 3 y 5). Este dispositivo se observa en superficie (meridiano) de Ubeda hasta Cabo La Nao), o bien está cubierto por el Neógeno reciente de la depresión del Guadalquivir (Ubeda-Golfo de Cádiz).

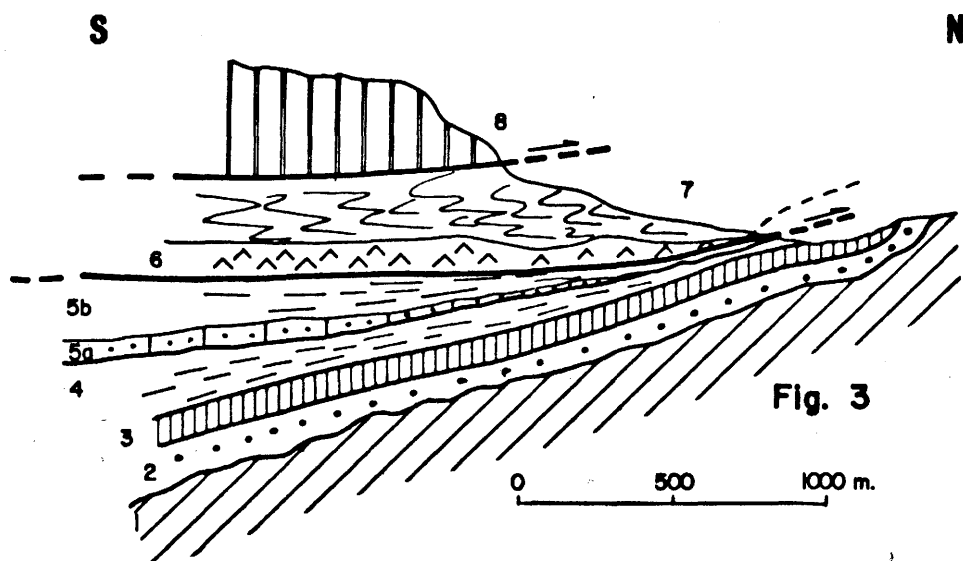


Figura 3.- Corte N-S del frente septentrional subbético al Este de Sierra de Cazorla («El Sabinar»).

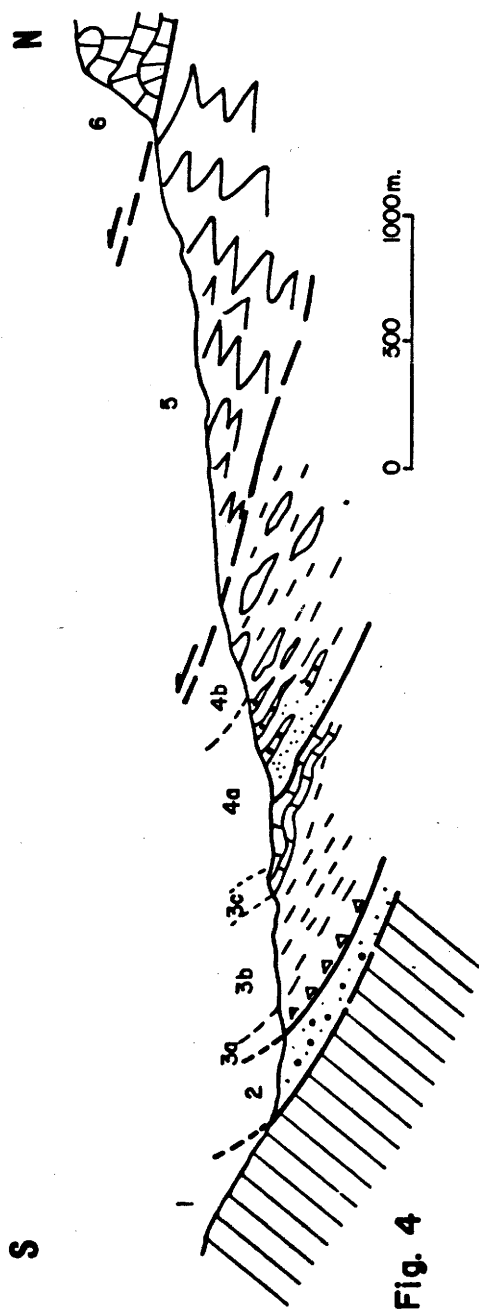
- (1): Substrato pre-Oligoceno terminal-Aquitaniense 1; (2): Serie roja continental (UTS-0);
- (3): Calizas de Algas y amphisteginas (UTS-1); (4): Margas grises pelágicas (UTS-2);
- (5a y 5b): Detrítico de base y margas grises pelágicas (UTS-3, pro parte);
- (6): Zapatilla triásica; (7): Cretácico subbético;
- (8): Jurásico subbético.

En la **margen meridional del subbético** el contacto zonas internas-zonas externas béticas está jalonado, durante ciertos tramos de su trayecto, por una depresión ocupada por sedimentos que van del Oligoceno terminal al Langhiense inferior (corredores de Colmenar, Vélez Rubio y depresión de Pliego). A partir de Pliego y hacia el Este la franja miocena se ensancha (depresión de Archena-Crevillente), al mismo tiempo que la serie se completa con términos del Mioceno superior. Los afloramientos del Mioceno inferior (Aquitaniense a Langhiense inferior) del Sudoeste de la cuenca de Guadix-Baza (Mencal, Diezma, Beas de Granada) inclinan a pensar que, tanto en esta cuenca como en la de Granada, los sedimentos del Neógeno reciente ocultarían a los del Neógeno antiguo. Para todos los pueblos analizados, es un trayecto de más de 300 km. (Alzaina a Pliego) del contacto zonas internas-zonas externas béticas (fig. 4 y 5, parte del Neógeno antiguo (Oligoceno terminal a Langhiense inferior) se presenta intercalado entre las zonas internas a la base (contacto estratigráfico) y las zonas externas al techo (contacto mecánico).

Tanto al Norte como al Sur del Subbético, el Neógeno antiguo (fig. 5) se ha podido desglosar en cuatro unidades tectosedimentarias básicas (1):

- Oligoceno terminal - Aquitaniense 1 (UTS Ne-0).
- Aquitaniense 2 - Burdigaliense 1 (UTS Ne-1).
- Burdigaliense 2 - Langhiense (UTS Ne-2).
- Serravaliense - Tortoniense 1 (UTS Ne-3).

(1) Por limitaciones de espacio no podemos justificar ni discutir debidamente en esta Nota, la cronoestratigrafía atribuída a las diferentes UTS que se han diferenciado.



**Fig. 4**

Figura 4.- Corte N-S del frente meridional subbético (corredor de Vélez Rubio).  
 (1): zonas Internas; (2): Serie roja marina, (UTS-0); (3a, 3b y 3c): Brecha de base, margas grises pelágicas y nivel de silixitas, (UTS-1); (4a y 4b): Margas pelágicas con detrítico de procedencia interna (4a) y olistolitos de procedencia externa (4b), (UTS-2, pro parte); (5): Cretácico subbético; (6): Jurásico subbético s.l.

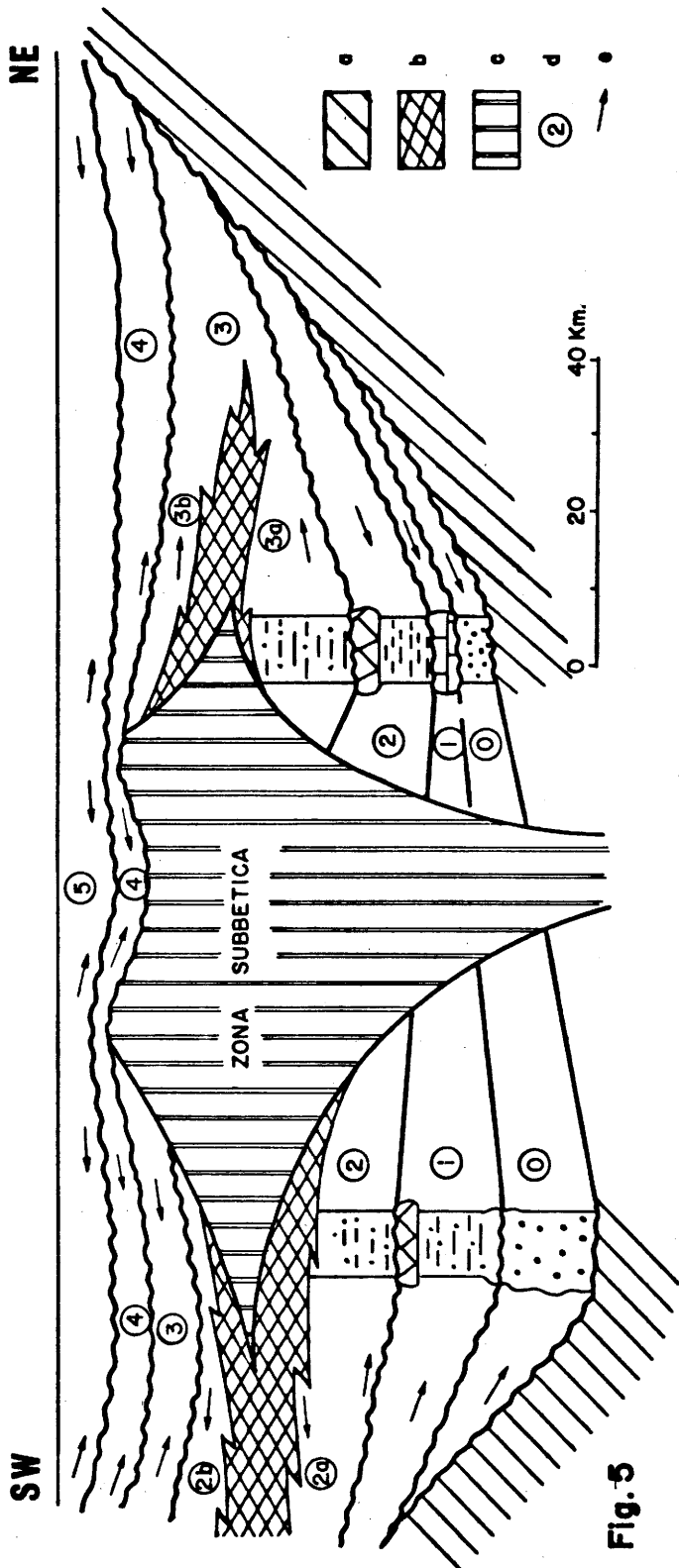


Figura 5.- Esquema tectosedimentario SW-NE, del orógeno subbético durante el Neógeno. (a): Substrato pre-neógeno (zonas internas al Sur y Prebético-Meseta al Norte); (b): Complejo tectosedimentario (olistolitos, olistostromas, «debris y mass flow»); (c): Subbético s.l.; (d): Número de la UTS correspondiente; (e): Procedencia del material contaminante (detrítico, olistolitos, olistostromas, unidades organizadas, etc.).

## **OLIGOCENO TERMINAL - AQUITANIENSE 1 (UTS Ne-0)**

Al **Norte del Subbético** (fig. 6), el Mioceno basal está incluido en un tramo arcillo-arenoso de color rojo intenso de facies continental. En las proximidades del frente subbético, las indentaciones marinas con fauna pelágica han permitido atribuir estos materiales (UTS Ne-0) al Chattien superior-Aquitaniense inferior (Jerez Mir, 1973). La ruptura base de esta unidad viene indicada por hard-ground y/o discordancia y lagunas estratigráficas, más o menos importantes, bajo la misma.

Al **Sur del Subbético**, el Oligoceno terminal-Aquitaniense 1 presenta su mayor desarrollo en la depresión de Pliego y corredor de Vélez Rubio (fig. 7). Consiste en una serie pelágica, arcillosa y micácea, roja, con intercalaciones detríticas de procedencia maláguide y alpujárride. Su carácter discordante sobre el Maláguide es neto. Esta unidad equivaldría a las formaciones Ciudad Granada (Mac Gillary et al., 1964, Soediono, 1971) y Aozaina (Bourgois et al., 1972).

## **AQUITANIENSE 2 – BURDIGALIENSE 1 (UTS Ne-1)**

Al **Norte del Subbético**, El Neógeno 1 (UTS Ne-1) viene representado por una barra carbonada subrecifal («calizas de Algas y Amphisteginas») transgresiva sobre un variado substrato (ruptura basal).

Al **Sur del Subbético** esta unidad viene discordante sobre la anterior (Ne-0), o bien indistintamente sobre los complejos maláguides y alpujárrides (fig. 7). Está constituida por una brecha de base de espesor muy variable (cantos maláguides y alpujárrides), seguida de margas pelágicas grises coronadas por el conocido nivel «silexitas» (intraburdigaliense), generalmente «slumpingzado». Por su edad y posicionamiento, esta unidad coincide prácticamente con las formaciones de Las Milanas (Bourgois et al., 1972) Viñuela (Boulin et al., 1973), Fuente (Mac Gillavry et al., 1964) y Espejos (Soediono, 1971).

## **BURDIGALIENSE 2 - LANGHIENSE (UTS Ne-2)**

Al **Norte del Subbético** esta UTS viene representada por margas pelágicas grises y, a veces, un nivel de silexitas al techo (en este caso langhiense).

Al **Sur del Subbético** en el contacto zonas internas-externas béticas, la sedimentación del Neógeno 2 (UTS Ne-2) es coetánea con la llegada esporádica y/o masiva de materiales alóctonos de origen subbético (fig. 5 y 7). Su litología corresponde a margas grises pelágicas que hacia el techo se enriquecen en niveles silexíticos (depresión de Pliego), o bien

margas pelágicas con indentaciones turbidíticas proximales de origen interno (corredor de Vélez Rubio). La contaminación de procedencia interna cesa casi prácticamente cuando se inicia la de procedencia externa (subbética). El aspecto de esta UTS depende en gran manera de la cantidad, calidad y momento de iniciación de la contaminación subbética, la cual se acentúa progresivamente hacia el Oeste (fig. 7), alcanzando su paroxismo en el complejo tectosedimentario de Colmenar (Peyre, 1974) y la formación de «arcillas con bloques» (pro parte) de la provincia de Cádiz (Bourgeois, 1973; Bourgeois et al., 1973; Didon, 1977).

### **SERRAVALIENSE - TORTONIENSE 1 (UTS Ne-3)**

Al **Norte del Subbético**, el Neógeno 3 representa el mismo papel que el Neógeno 2 al Sur del Subbético. En efecto, durante la sedimentación de la unidad Ne-3 tiene lugar la colación del frente septentrional subbético. La litología de esta unidad consta de margas grises pelágicas (con o sin detrítico de base) que hacia el Sur adquieren carácter turbidítico (depresión de Moratalla). En el aspecto de esta UTS también varía considerablemente hacia el Oeste (fig. 6), al identificarse el volumen del material contaminante. La llegada del material alóctono es básicamente posterior, al menos, al Langhiense superior (zona N9 de BLOW, 1967; asociación de Praeorbulinas y Orbulinas) y netamente anterior al Neógeno 4 (Tortoniense 2 - Messiniense 1).

Al **Sur del Subbético**, por el contrario, el Neógeno 3 constituye el verdadero sello que fosiliza el frente meridional subbético (fig. 5) en su progresiva aproximación hacia las zonas internas. Este hecho viene acompañado por un cambio notable en las facies. De series netamente pelágicas (unidades Ne-1 y Ne-2) pasamos con la unidad Ne-3 a facies someras (areniscas, limos, margas rosadas con niveles de yeso) de la región de Archena.

Materiales similares, aunque de facies aún más restringidas, se localizan en la cuenca de Guadix (río Fardes) fosilizando materiales subbéticos alóctonos, situados sobre el Langhiense inferior autóctono de la unidad Ne-2.

En el interior de las zonas internas la UTS Ne-3 se encuentra más o menos incompleta bajo el Neógeno reciente de las llamadas cuencas «postorogénicas» de Lorca, Vera, Sorbas, etc., siendo más completa en afloramiento en la Cuenca de Murcia. De manera general, el Neógeno 3 es transgresivo sobre los materiales de las zonas internas, intercalándose, a veces, series residuales del Mioceno inferior (v.g. cuenca de Vera: Volk 1966).



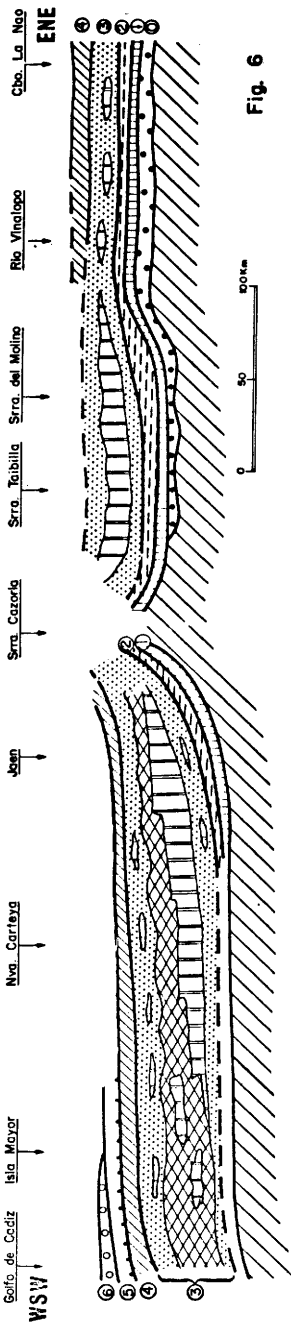


Fig. 6

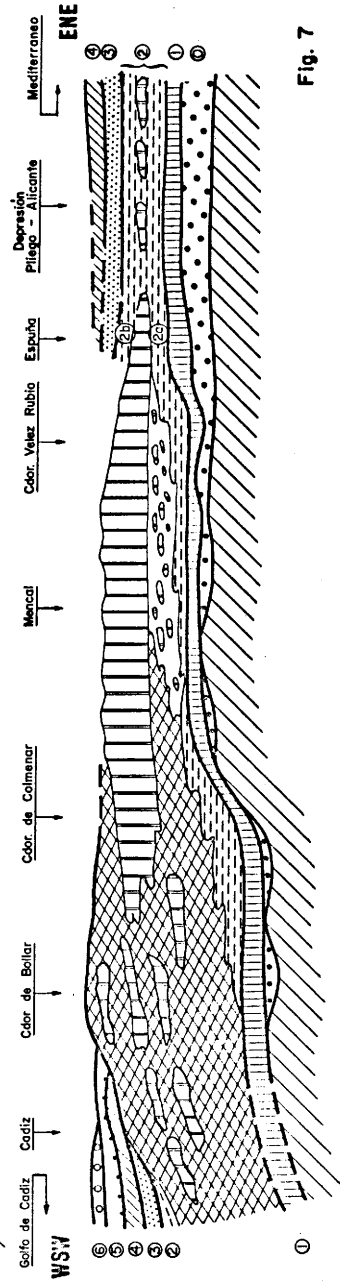


Fig. 7



Figs. 6 y 7

Figuras 6 y 7.- Esquema tectosedimentario de las márgenes septentrional y meridional del subbético durante el Neógeno.

(a): Substrato pre-neógeno (Prebético-Meseta al Norte y zonas internas al Sur); (b): Oligoceno terminal-Aquitaniense-1; (c): Aquitaniense-2 - Burdigaliense 1; (d): Burdigaliense 2 - Langhiense; (d1): Complejo tectosedimentario = olistostromas = arcillas con bloques de Bourgois et al. 1973; (d2): Subbético organizado (unidades tectónicas); (d3): Margas pelágicas con olistolitos subbéticos; (d4): Margas pelágicas; (e): Serravaliense - Tortonense 1 (subdivisión semejante a la UTS anterior); (f): Tortonense 2 - Messiniense 1; (g): Messiniense 2 - Plioceno 1; (h): Plioceno 2 - Cuaternario; (i): Número de la UTS correspondiente; (j): Ruptura sedimentaria.

## **NEOGENO RECIENTE**

El estudio del Neógeno reciente (Tortonense 2 - Messiniense-Plioceno) está basado fundamentalmente en las cuencas que se extienden desde Almería a Murcia y en la depresión del Guadalquivir. Las cuencas de Guadix-Baza y Granada no figuran en este trabajo por falta de observaciones suficientes, pero serán incluidas en un trabajo próximo. Los datos obtenidos en tierra están cotejados con datos del Mediterráneo. (Soler et al., en este congreso).

El análisis tectosedimentario del Neógeno reciente ha permitido subdividir a éste en tres unidades fundamentales:

- Tortonense 2 - Messiniense 1 (UTS Ne-4).
- Messiniense 2 - Plioceno 1 (UTS Ne- 5).
- Plioceno 2 - Cuaternario (UTS Ne-6).

### **TORTONIENSE 2 MESSINIENSE 1 (UTS Ne-4)**

La discontinuidad sedimentaria base de una unidad (ruptura intra-Tortonense) es bien conocida en gran parte del dominio bético. El Neógeno 4 (Tortonense 2 - Messiniense 1) equivaldría a la formación Turre (Vólk, 1966); formaciones Atalaya (pro-parte), Torremendo, Yesos de San Miguel de Salinas (INI/COPAREX/SEPE/CIEPSA, 1966-1970; Montecat, 1973); formaciones Lucainena (pro-parte), Cantera y Evaporítica (Iaccarino et al., 1975); formaciones Hondo y Serrata (Geel, 1977). En la cuenca del Guadalquivir el Neógeno 4, depositado posteriormente al emplazamiento del olistostroma, (manto de Carmona Perconig, 1961-1962), es netamente transgresivo (ruptura basal) sobre los bordes de la meseta.

### **MESSINIENSE 2 - PLIOCENO 1 (UTS Ne-5)**

La ruptura sedimentaria intra-messiniense está bien establecida en Sicilia (Roda, 1964; Decima and Wezel, 1973; Martina et al., 1979) y en el Mediterráneo profundo (Decima and Wezel, 1973; Montadert et al., 1978) por una importante discontinuidad situada entre las unidades Evaporítica Inferior (con halita) y Evaporítica Superior. En el dominio bético terrestre (Mallorca, Almería-Murcia) esta discontinuidad estaría situada en la base del «complejo terminal (2)» (Esteban, 1979), y/o del

(2) El complejo terminal tendría su equivalencia en el Mediterráneo profundo en la Unidad Evaporítica Superior (Esteban, 1979), y en el dominio emergido del SE español, en los yesos messinienses (Dabrio et al., en prensa).

Plioceno 1, (según los autores de esta nota). Según estos últimos, el tramo de yesos del SE de la Península Ibérica sería el equivalente terrestre de la Unidad Evaporítica Inferior del Mediterráneo profundo y en ningún caso equivalente al complejo terminal. En esta interpretación encajan coherentemente los siguientes hechos de observación (fig. 8 y 9):

- 1) Presencia de Olistolitos de yeso messiniense en la base del Plioceno 1 de la Garrucha.
- 2) Paso gradual y sin discontinuidad sedimentaria entre el Mioceno terminal (no evaporítico) y el Plioceno de la cuenca de Vera (Bizon et al., 1975). Este Mioceno terminal lo interpretamos como Messiniense 2.
- 3) Perfecta continuidad sedimentaria en las áreas marinas profundas entre el plioceno y la Unidad Evaporítica Superior, cuya discontinuidad sedimentaria basal evoluciona hacia la plataforma continental, de manera incontestable, a la discordancia base del Plioceno 1.

En cuanto al Neógeno 5, como conjunto, equivaldría a la formación de olistolitos y Plioceno 1 de Montenat (1973), formación Barranco de los Granaderos del Iaccarino et al., (1975), formación Cuevas de Vólk (1966) y posiblemente a la «block formation» de la cuenca de Granada. En la cuenca del Guadalquivir el Plioceno inferior a medio viene igualmente discordante sobre el Mioceno terminal (Viguiér, 1977).

## **PLIOCENO 2 - CUATERNARIO (UTS Ne-6)**

La discontinuidad intra-pliocena es generalmente bien conocida. En el Guadalquivir el mar se retira hacia el Plioceno medio. En la zona oriental bética la existencia de un Plioceno 2, discordante y transgresivo sobre series inferiores está bien demostrado (INI/CO-PAREX/SEPEC/CIEPSA, 1966-1970; Montenat, 1973). En las áreas marinas esta discontinuidad es también perfectamente observable por la sísmica reflexión.

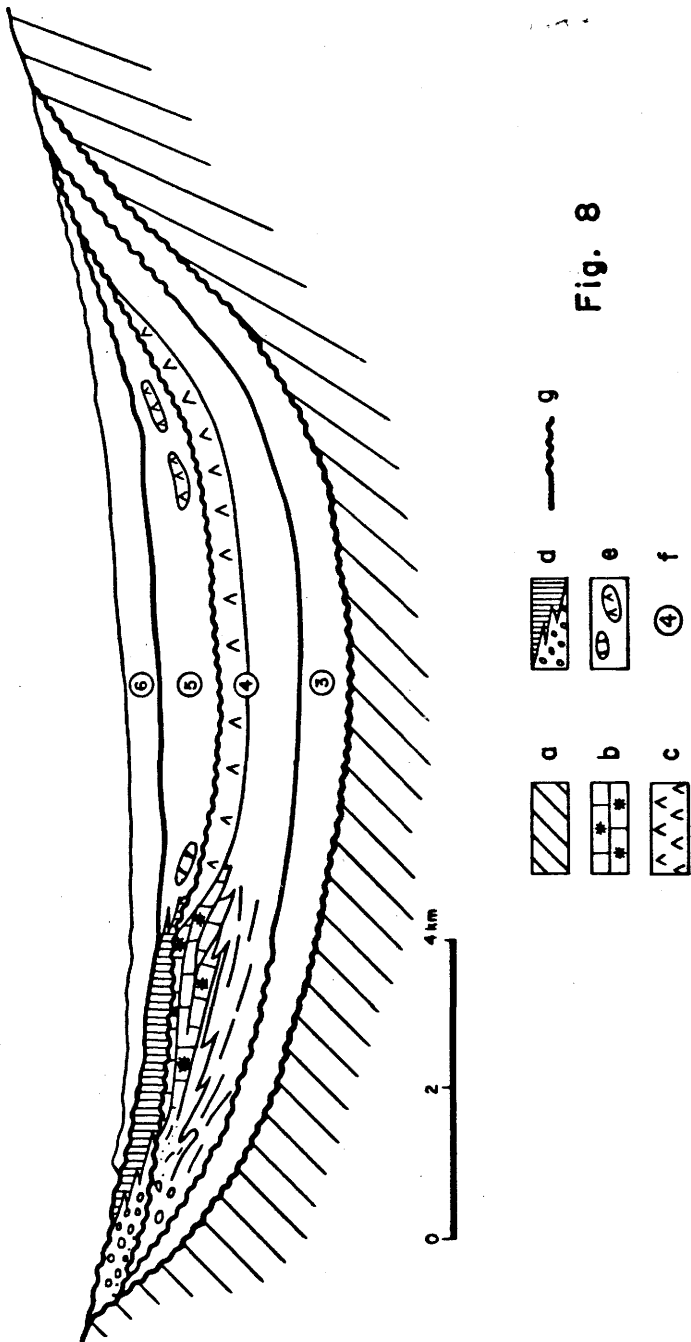


Figura 8. - Esquema tectosedimentario de una cuenca tipo Almería-Murcia durante el Neógeno reciente.  
 (a): Substrato pre UTS-3; (b): Arrecife; (c): Yeso del Messiniense 1; (d): Complejo terminal y detrítico equivalente; (e): Olistolitos de yeso messiniense y arrecifes; (f): Número de la UTS correspondiente; (g): Ruptura sedimentaria.

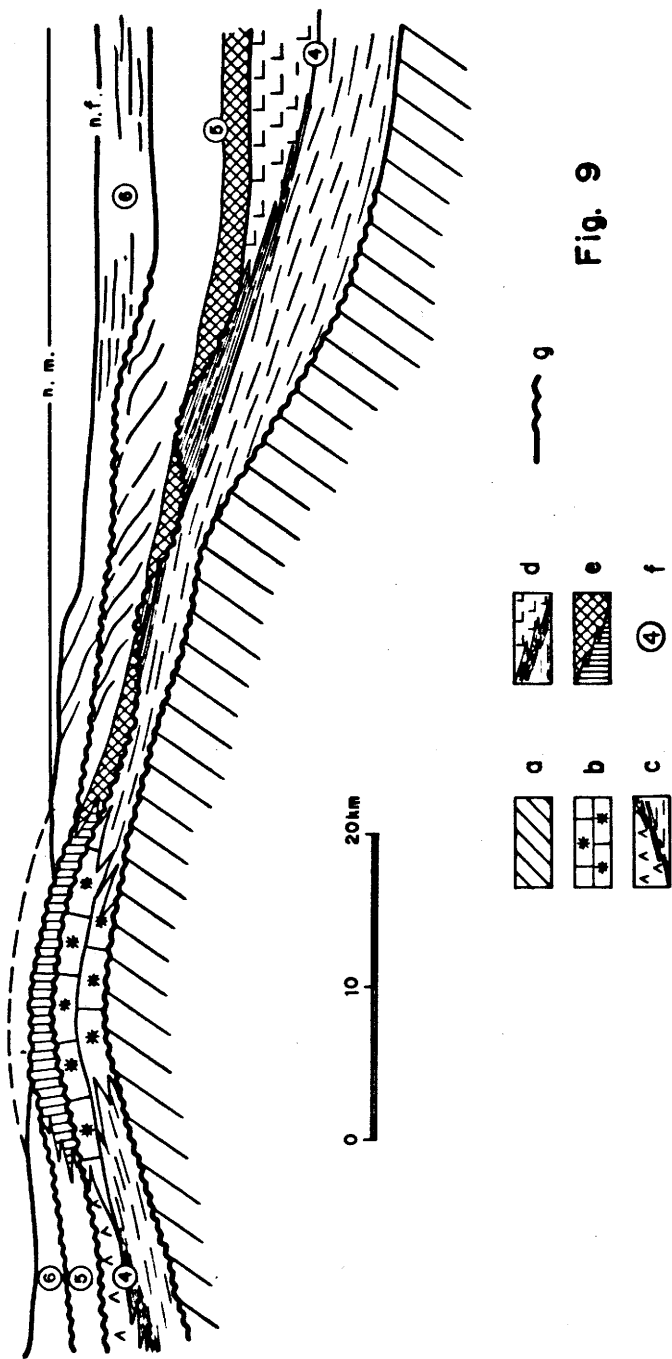


Fig. 9

Figura 9.- Esquema tectosedimentario, «on y offshore» del Neógeno reciente.  
 (a): Substrato pre UTS-4; (B): Arrecife; (c): Margas tortonienses, laminitas y evaporitas del Messiniense 1 onshore; (d): margas tortonienses, laminitas y evaporitas del Messiniense 1 offshore; (e): Evaporitas del messiniense 2 y complejo terminal; (f): Número de la UTS correspondiente; (g): Ruptura sedimentaria.

## CONCLUSIONES

Dentro de los resultados obtenidos en este trabajo merecen ser destacados los siguientes:

1. Desglosamiento de la serie neógena en siete Unidades Tecto-Sedimentarias (UTS) perfectamente identificables en todo el dominio bético.

2. Durante el Neógeno antiguo (UTS Ne-0, 1, 2 y 3) dos cuencas de evolución centrífuga, situadas respectivamente en las márgenes meridional y septentrional de la zona subbética, pueden ser diferenciadas y cuya evolución está íntimamente ligada al orógeno subbético (fig. 5).

3. Del esquema tectosedimentario resultante, durante el Neógeno antiguo, tres hechos fundamentales han sido puestos de manifiesto:

a) Neto asincronismo Norte-Sur con respecto a la colocación de los materiales de procedencia subbética (fig. 5).

b) Importante asimetría geométrica en cuanto a la estructura divergente en abanico del subbético, en el sentido de una mayor envergadura de la rama meridional, actualmente muy erosionada.

c) Progresiva complejidad tectosedimentaria a medida que nos desplazamos del Este hacia el Oeste (figs. 6 y 7).

4. En el esquema general resultante durante el Neógeno antiguo encaja mejor en un modelo de subducción subbética (zonas internas introduciéndose bajo las zonas externas), con plano de Beniof buzante hacia el Norte, que con el modelo de tipo sincrónico, recientemente propuesto de colisión de placas sin subducción. (Jerez Mir, 1979).

5. Con el comienzo del Neógeno reciente (Tortonense 2 - Messiniense 1) un gran cambio tectosedimentario se produce como consecuencia del bloqueo o tendencia rápida al mismo, del dispositivo anterior.

El Messiniense 2 - Plioceno - Cuaternario (UTS N-e 5 y 6) representan el comienzo de una nueva y distinta etapa tectosedimentaria, dentro del contexto bético anterior.

## BIBLIOGRAFIA

- BIZON J.J., MONTENAT C. et REVENILLE P. (1975).- Exemple de continuité marine Mio-Pliocène en Méditerranée occidentale; le Bassin de Vera (Cordillères bétiques Espagne méridionale) *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 23, 4a, pp. 63-67.
- BOULIN J., BOURGOIS J., CHAUVE P., DURAND DELGA M., MAGNE J., MATHIS V., PEYRE Y., RIVIERE M. et VERA J.A. (1973).- Age miocène inférieur de la formation de la Viñuela, discordante sur les nappes internes bétiques (province de Malaga, Espagne). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 276, Série D, p. 1245-1248.
- BOURGOIS J. (1973).- Présence et définition dans la région de Cañete la Real et de Grazalema d'une formation d'argiles à blocs (prov. de Sevilla, Cadiz et Malaga, Espagne). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 276, p. 2939-2942.
- BOUGOIS J., CHAUVE P. et DIDON J. (1973).- Sur la présence et l'extension de la formation des argiles à blocs dans la province de Cadiz. *Ann. Sc. de l'Univ. de Besançon*, 3<sup>ème</sup> série, fasc. 20, p. 89-101.
- BOURGOIS J., CHAUVE P., LORENZ C., MONNOT J., PEYRE Y., RIGO E. et RIVIERE M. (1972).- La formation d'Alozaina. Série d'âge oligocène et aquitainien transgressive sur la Bétique de Malaga (Région d'Alozaina - Tolox, province de Malaga, Espagne). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 275. Série D. p. 531-534.
- BOURGOIS J., CHAUVE P., MAGNE J., MONNOT J., PEYRE Y., RIGO E. et RIVIERE M. (1972).- La formation de Las Millanas. Série burdigasienne transgressive, sur les zones internes des cordillères bétiques occidentales (région d'Alozaina - Tolox, province de Malaga, Espagne), *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 275, Série D, p. 169-172.
- DABRIO C., ESTEBAN M. and MARTIN J.M. (en prensa).- The coral reef model of Nijar, Messinian (Upper Miocene). Almeria province, S.E. Spain.
- DECIMA A. and WEZEL F.C. (1973).- Late Miocene evaporites of the central Sicilian Basin, Italy. *Initial Reports D.S.D.P.*, vol. XIII, part. 2., p. 1234-1240.

- DIDON., (1977).- Rôle des phénomènes de glissement et d'écoulement par gravité dans la mise en place du matériel flysch à la périphérie de l'arc de Gibraltar. Conséquences.- *B.S.G.F.* (7), t. XIX, n.º 4, p. 765-771.
- ESTEBAN M. (1979).- Significance of the Upper Miocene coral reefs of the western mediterranean. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 29 (Amsterdam).
- GEEL T. (1977).- Introduction to the stratigraphy of the neogene deposits of the Lorca basin and Sierra de la Tercia (SE Spain). *Messinian Seminar n.º 3*, Field Trip. Guide book.
- IACCARINO S., MORLOTTI E., PAPANI G., PELOSIO G. e RAFFI S. (1975).- Litostratigrafia e biostratigrafia di alcune serie neogeniche della provincia di Almeria (Andalucía orientale - Spagna). *Ateneo Parmense, acta nat.*, p. 237-313.
- JEREZ MIR L. (1973).- Geología de la Zona prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (prov. de Albacete y Murcia). *Tesis, Granada*.
- JEREZ MIR L., CARBAYO A., RIAZA C. y BLANCO J.M. (1977).- Estratigrafía y Paleogeografía de la zona prebética. *Informe interno, ENIEPSA*. (In Síntesis geológica de las zonas externas béticas).
- LERET G. (1977).- Estratigrafía y Paleogeografía del Mioceno prebético. *Informe interno, ENIEPSA*. (In Síntesis geológica de las zonas externas béticas).
- MAC GILLAVRY H.J, ROEP TH. B. and SOEDIONO H. (1964).- Further notes on the geology of the Betic of Malaga, the Subbetic and the zone between these two units in the region of Vélez Rubio (southern Spain). *Geol. Rsch.*, 53, S. 233-256.
- MARTINA E., CASATI P., CITA M.B. GERSONDE R., ONOFRIO S. and BOSSIO A. (1979).- Notes of the Messinian stratigraphy of the Cretone basin, Calabria (Italy). *Ann. Geol. Pays Hellén.*, Tome hors série, fasc. II, p. 755-765.
- MEGIAS A.G. (1973).- Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central. *Tesis, Granada*.



- MEGIAS A.G. (1977).- El Mioceno bético en relación al emplazamiento del Subbético. *Informe interno ENIEPSA*. (In Síntesis geológica de las zonas externas béticas).
- MONTADERT L. LETOUZEY J. and MAUFFRET A. (1978).- Messinian Event: seismic evidence. Inc. *Inicial Report D.S.D.P.*, 42 (1); 1037-1050.
- MONTENAT C. (1973).- Les formations neogènes et quaternaires du levant espagnol (prov. d'Alicante et de Murcia). *Thèse, Paris*.
- PERCONIG E. (1960-1962).- *Sur la constitution géologique de l'Andalousie occidentale en particulier du bassin du Guadalquivir (Espagne méridionale)*. *Mém. H - série S.G.G.*
- PEYRE Y. (1974).- Géologie d'Antequera et de sa région (Cordillères Bétiques, Espagne). *Thèse, Paris*.
- RODA C. (1965).- Geología della tavoletta Belvedere di Spinello. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 84 (2) 1 - 131.
- SOEDIONO H. (1971).- Geological investigations in the Chirivel area, province of Almería, south eastern Spain. *Thèse, Amsterdam*, 144 p.
- VERA J.A. (1970).- Estudio estratigráfico de la depresión Guadix-Baza. *B.G.M.*, T. LXXXI-V., p. 429-462.
- VOLK H.R. (1966).- Zur Geologie und stratigraphie des Neogenbeken Von Vera, Südost-Spanien. *Proefschrift, Amsterdam*.



## ESTUDIO DE LAS ASOCIACIONES DE MOLUSCOS DE LA TURBERA HOLOCENA DE TORREBLANCA (CASTELLÓN)

por Miguel Angel Collado\* y Fernando Robles\*

«... pero los caracoles son criaturas reservadas, egocéntricas y ocupadas en sus propios asuntos...»

P. G. Wodehouse.

### RESUMEN

Se han estudiado las asociaciones de moluscos presentes en nueve muestras recogidas en los sedimentos holocenos (Atlántico-Subatlántico) de la Turbera de Torreblanca (Castellón). El análisis litológico indica la existencia de dos tipos de materiales. el primero está formado por calizas y margas copropélicas muy ricas en moluscos, si bien la diversidad específica es baja; domina en todas ellas *Mercuria confusa*, que se cita por primera vez en el Cuaternario español; estas muestras contienen también foraminíferos, entre los que destaca *Trichohyalus aguayoi*, buen indicador ecológico; el segundo tipo de sedimentos lo constituye la turba, prácticamente azoica. Se discuten las relaciones de la fauna con el substrato, geometría de la cuenca, salinidad y temperatura. Se describen ocho especies acuáticas y una anfibia, figurándose sus protoconchas mediante Microscopía Electrónica de Barrido.

### RESUMÉ

On a étudié les associations des mollusques présents en neuf échantillons pris dans les sédiments holocènes (atlantique-Subatlantique) de la tourbière de Torreblanca (Castellón, Espagne). L'étude lithologique montre l'existence de deux genres de sédiments très différenciés: le premier composé par des marnes et des calcaires copropéliques qui sont très riches en mollusques, si bien sa diversité spécifique est basse; il y en aussi une prédominance de *Mercuria confusa*, espèce qu'on mentionne pour la première fois dans le Quaternaire espagnol; ces échantillons-ci ont également de foraminifères, parmi lesquels il faut souligner *Trichohyalus aguayoi*, très bon indicateur écologique. Le seconde sédiment est composé de tourbe presque azoïque. On discute les rapports de la fauna avec le substrate, la géométrie du bassin, la salinité et la température. On décrit espèces aquatiques et une amphibie, dont les protoconques sont figurées parmi le Microscopie Electronique à Balayage.

(\*) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Valencia.

## INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objeto la descripción de la secuencia de asociaciones de Moluscos Gasterópodos en la Turbera de Torreblanca (Provincia de Castellón), de edad holocena. Se engloba dentro de un conjunto de estudios que está llevando a cabo el Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Valencia, sobre la sucesión de faunas de Moluscos continentales cuaternarios en el Centro y Este de la Península Ibérica. En un trabajo anterior (Robles, 1980), hemos indicado los principales problemas relacionados con este tema. El hecho de que la Turbera de Torreblanca esté datada con varias fechas de  $C^{14}$  y la comodidad relativa de muestreo que proporciona su estado de explotación, facilitan grandemente el conocimiento de las asociaciones dulceacuícolas y salobres en el Holoceno del Mediterráneo español, tema hasta ahora prácticamente desconocido.

Dicha turbera ha sido objeto de varios estudios anteriores. Colom (1959) describe una especie de Foraminífero, *Trychohyalus aguayoi* (Bermudez) recogida en sus sedimentos; Menéndez Amor y Florschütz (1961 a, b) han realizado su análisis polínico, estableciendo la estratigrafía y precisando que su formación estuvo comprendida entre los períodos Atlántico y Subatlántico. Suministran tres fechas de  $C^{14}$ : la inferior, a 420 cms. de profundidad,  $6.280 \pm 85$  años; la intermedia, a 180 cms. de la anterior,  $4.120 \pm 60$  años y la superior, a 100 cms. de profundidad,  $1.670 \pm 54$  años. Madurga (1973) ha descrito la fauna de Moluscos de la turbera. Su trabajo resulta inútil ya que a los errores de determinación se añade la imprecisión en el origen de las especies citadas, que deben referirse a la turbera en su conjunto, al no proporcionar estratigrafía ninguna.

En la figura 1 puede observarse la situación geográfica de la turbera y dentro de ella, el punto de toma de muestra. Se trata de una formación litoral, separada del mar por un importante cordón de cantos aunque en la actualidad el agua marina puede penetrar en la misma, circunstancialmente, en momentos de gran oleaje. Las coordenadas del punto de toma de muestras son:

Longitud:  $0^{\circ} 13' 10''$  E. de Greenwich.

Latitud:  $40^{\circ} 11' 50''$  N.

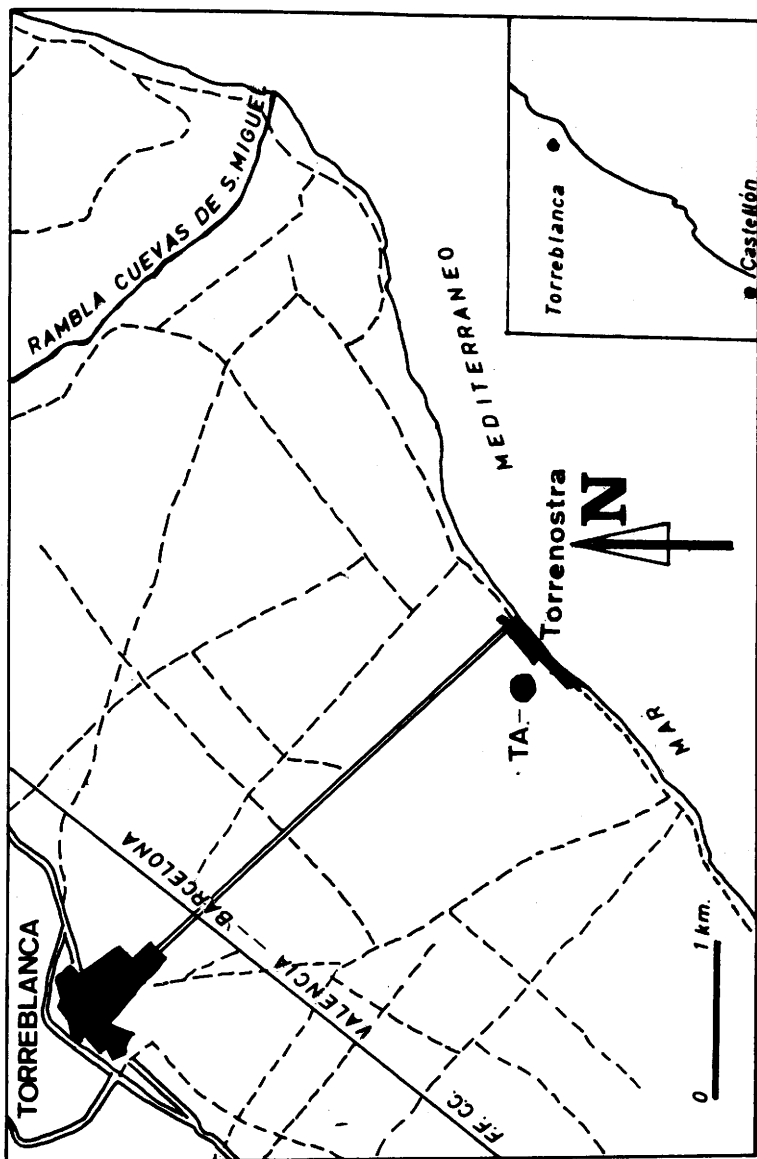


Fig. 1.- Esquema de situación geográfica del punto de muestreo (TA).

## MATERIAL Y METODOS

Las muestras estudiadas han sido recogidas en el frente de explotación de turbera el día 24 de Mayo de 1979. Si bien la profundidad máxima de extracción era próxima a los 4 m., la laguna que se forma en el hueco dejado por el material vaciado se rellena rápidamente en el fondo de finas partículas de turba esponjosa, lo que impidió muestrear por debajo de 3,40 m. de profundidad. Las muestras fueron recogidas mediante el empleo de escafandra autónoma, operación muy dificultosa por la falta de visibilidad que imponen las partículas de turba en suspensión. Para situar las distintas muestras respecto a la superficie se utilizó una cuerda, provista de una serie de señales reconocibles al tacto, que se mantuvo vertical mediante una pesa.

Las muestras se recogieron, usando una azadilla de submarinista, en una red de 0,1 mm. de malla, transportándose húmedas al laboratorio. Cada muestra se tomó en un espesor inferior a 10 cms., ahondándose en el interior del estrato, siendo el número total de 9, que se numeraron de muro a techo. En el Cuadro I se indica la distancia entre las diferentes muestras y la profundidad a que fueron tomadas respecto al nivel del suelo (techo de la serie, en este caso).

Una vez en el Laboratorio se separaron volúmenes iguales de cada muestra, ya que la diferencia de densidades entre turba y «mantillo» desaconsejaron utilizar pesos iguales que impedirían la comparación de los resultados obtenidos. Tras varias pruebas se fijó este volumen en 350 ml. Una vez desecadas en estufa a 80°, se trataron por diferente medio, turba y «mantillo», para extraer la fauna presente. Para el «mantillo», el mejor resultado se obtuvo hirviendo las muestras en agua oxigenada y sosa cáustica diluídas, hasta oxidación total de la materia orgánica y floculación de las arcillas. Para la turba se intordujo la muestra seca en gasolina hasta impregnación total y posteriormente en agua, dejándola secar luego al aire libre. La fragmentación de la materia orgánica, así obtenida, facilitó su oxidación en caliente con agua oxigenada muy diluída.

Una vez eliminada la materia orgánica se lavaron las muestras utilizando tamices de 1,5, 0,5 y 0,2 mm. de diámetro de malla. Las tres fracciones se secaron en estufa, a 80° C, hasta desecación total.

A continuación se separaron manualmente, empleando una lupa binocular, todas las conchas contenidas en fracciones mayores de 1,5 mm., que se determinaron y contaron. Por lo que respecta a las frac-

ciones de 0,5 y 0,2 mm., dado el enorme número de conchas que presentaban, se tomó, mediante cuarteo, una cantidad significativa de cada fracción (que después de varias pruebas se fijó en 0,25 gr.). separándose, determinándose y contándose todos los individuos que aparecían en la misma, calculándose luego el número correspondiente de individuos de cada especie en la muestra total.

Para el cálculo de diversidades se utilizó el coeficiente de Shannon-Weaver (Margalef, 1974); para el análisis cluster se ha tomado un algoritmo de agrupación  $\alpha = 0,5$  y  $\beta = 0$  (Sneath y Sokal, 1973; Daget, 1975).

Para el análisis sedimentológico se usaron los siguientes métodos: calcimetría (media sobre diez determinaciones) para los carbonatos, evaluación por dicromato potásico para calcular el contenido en materia orgánica y tamizado con un tamiz de  $\varnothing 0,063$  mm. para comprobar el tamaño de la fracción lutítica, cuyo porcentaje resulta de restar el contenido de materia orgánica y carbonatos de cada muestra.

Para el conteo de individuos se ha utilizado los siguientes criterios: se han contado los ápices e individuos completos, no teniéndose en cuenta las conchas embrionarias en las cuales no existían restos de la te-loconcha. en el caso de *Bithynia leachi* y de *B. tentaculata*, la imposibilidad de separar los individuos más jóvenes ha aconsejado considerar conjuntamente ambas especies, que figuran en los cuadros de resultados como *Bithynia* spp.

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD	EDAD	LITOLOGIA	M. O.	CO <sub>3</sub>	LUTITA
TA - 9	5 cms.	(1)	Mantillo	9,2 %	76,0 %	14,8 %
TA - 8	48 cms.		Mantillo	15,3 %	72,8 %	11,9 %
TA - 7	98 cms.	1670 ± 45	Mantillo	18,0 %	69,6 %	12,4 %
TA - 6	147 cms.		Mantillo	15,7 %	73,1 %	11,2 %
TA - 5	182 cms.		Turba	91,5 %	6,2 %	2,3 %
TA - 4	226 cms.	4120 ± 60	Turba	9,9 %	88,5 %	1,6 %
TA - 3	269 cms.		Mantillo	10,6 %	77,9 %	11,5 %
TA - 2	302 cms.		Mantillo	10,5 %	80,3 %	9,2 %
TA - 1	340 cms.		Mantillo			
	400 cms.	5280 ± 85				

(1) Según Menéndez Amor y Florschütz (1961 a,b)

Cuadro I.- Situación, composición litológica y edad de las muestras estudiadas.



## RESULTADOS

### COMPOSICION LITOLOGICA

Los resultados del análisis de las muestras estudiadas representados en el cuadro I. Pueden observarse dos tipos muy distintos de materiales: calizas algo copropélicas (1) y margas algo copropélicas (muestras 1 a 3 y 6 a 9) y turba margosa (muestras 4 y 5). Las primeras presentan un color gris muy claro, mientras que las segundas son negruzcas. Las calizas y margas copropélicas son denominadas mantillo en términos comerciales, y en este sentido hemos utilizado esta palabra nosotros.

### FAUNA

**MOLUSCOS:** La mayor parte de las especies determinadas son palustres, pero se ha encontrado una especie anfibia, otra marina y varias terrestres. Dada la forma de vida que más adelante analizamos, consideramos a la especie anfibia como propia del habitat que ha originado la acumulación de sedimentos estudiados, mientras que las especies terrestres y marinas deben interpretarse como especies alóctonas, por lo que prescindiremos de ellas en los cálculos de diversidad.

Los resultados obtenidos están representados numéricamente en el Cuadro II. En total, se han determinado trece especies de las cuales ocho son palustres (*Hydrobia* cfr. *acuta*, *Mercuria confusa*, *Bithynia leachi*, *Bithynia tentaculata*, *Ovatella myosotis*, *Lymnaea peregra*, *Lymnaea palustri*, *Acroloxus lacustri*), una anfibia (*Oxyloma elegans*), otra marina (*Bittium reticulatum*) y tres son terrestres *Cochlicella barbara*, *Pseudotachea splendida* y *Chondrina farinesii*). Destaca la ausencia casi absoluta de Moluscos en las muestras de turba, frente a su abundancia en las muestras de «mantillo». El número de individuos por muestra es muy elevado, variando entre 3.369 y 12.930, distribuidos de forma muy desigual por especies, con dominio absoluto en todas las muestras de *Mercuria confusa*.

(1) Debido a la confusión y falta de precisión en la nomenclatura de sedimentos palustres, hemos utilizado copropel en el sentido definido por Swain y Prokopovich (1954) y utilizado por Swain (1970), prefiriéndolo al equivalente de «gyttja», que ha sido usado en sentidos muy diversos.

especie / muestra	TA-1	TA-2	TA-3	TA-4	TA-5	TA-6	TA-7	TA-8	TA-9	Total
<i>H. cfr. acuta</i>	375	573	59	-	-	3	-	45	19	1.074
<i>M. confusa</i>	5.218	10.488	2.974	-	-	10.385	10.486	3.891	7.737	51.179
<i>Bithynia</i> spp.	58	11	356	-	-	-	221	255	142	1.043
<i>O. myosotis</i>	22	122	-	1	-	2.501	944	71	560	4.221
<i>L. peregrina</i>	87	108	217	-	-	1	67	75	-	555
<i>L. palustris</i>	46	38	38	-	-	5	196	71	92	486
<i>A. lacustris</i>	2	-	25	-	-	-	-	14	14	55
<i>O. elegans</i>	9	3	-	-	-	35	18	-	8	73
<i>C. barbara</i> *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2(j)
<i>P. splendida</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2(j)
<i>C. farinensis</i> *	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>B. reticulatum</i> **	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3(j)

\* Especie terrestre; \*\* Especie marina; (j): individuos jóvenes

Cuadro II.- Inventario de especies e individuos de las muestras estudiadas.

**FORAMINIFEROS:** Dos especies de Foraminíferos están presentes en todas las muestras de «mantillo»: *Trichohyalus aguayoi* y *Ammonia beccarii tepida*, que constituyen la casi totalidad de los Protozoos presentes. Esporádicamente aparecen otras especies, con muy pocos individuos, rodados en general y que deben proceder de los sedimentos marinos próximos. Son frecuentes también, en las muestras de «mantillo», los caparazones de Ostrácodos, que no han sido estudiados.

## INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

### RELACION FAUNA / SUBSTRATO Y GEOMETRIA DE LA CUENCA.

Resulta muy interesante la absoluta diferencia que existe entre el contenido faunístico de las muestras de «mantillo» (con abundantes Moluscos y Foraminíferos) y las de turba (prácticamente azoicas).

Por lo que respecta al «mantillo», corresponde, como ya hemos indicado, a un sedimento constituido por carbonatos y arcillas con alto contenido en materia orgánica (fundamentalmente restos de plantas). La totalidad de las especies estudiadas son bentónicas y viven preferentemente sobre fondos de cieno y/o sobre las plantas, componentes básicos de este material. En este sentido cabe destacar, por su carácter indicativo, la ausencia absoluta de especies típicas de substratos duros, rocosos, como *Melanopsis dufouri* o *Theodoxus fluviatilis*, que sin embargo son frecuentes hoy en día en las zonas de substrato adecuado próximas a la turbera y están presentes en las muestras de sedimentos recogidas cerca de sus bordes. La carencia de elementos detríticos de los tamaños arena y grava en las muestras concuerda, por una parte, en la posición central, con respecto al conjunto de la turbera, de la sección estudiada y, por otra, con el mínimo régimen hidrodinámico indicado por los datos conocidos sobre el hábitat actual de las diversas especies (véase Apéndice I para los Moluscos y Tufesco, 1969, para *T. aguayoi*). A ello hay que añadir la escasez de elementos terrestres en las muestras, que corrobora ambos extremos.

El espesor del manto de agua debía de ser muy pequeño, dado las preferencias de *T. aguayoi* (Tufesco, o. c.) y el carácter palustre de la mayor parte de los Moluscos presentes.

Por lo que respecta al contenido de las muestras de turba (un sólo ejemplar en una de las dos muestras), la interpretación no es sencilla. Deben descartarse, en principio, causas relacionadas con la salinidad y temperatura, dada la amplia gama de tolerancia de varias de las especies, así como con el espesor del manto de agua, dada la facilidad de algunas de aquéllas para adaptarse a profundidades relativamente altas. Quizás esta ausencia deba interpretarse en función de la geometría de la cuenca palustre, ya que las muestras de turba extraídas de los bordes de la turbera son ricas en conchas de Moluscos o, mejor, en relación con la falta de substrato cenagoso, apenas existentes de acuerdo con los datos del análisis de las muestras de turba (Cuadro I) y que es básico para el desarrollo de numerosas especies acuáticas. Concretamente, *T. aguayoi* solo vive en fondos de cieno fino con restos de carrizo (Tufesco, o. c.) y la mayor parte de los Moluscos presentes en el «mantillo» dependen de este material en menor o mayor grado en diversos momentos de su ciclo vital.

## **RELACION FAUNA / SALINIDAD**

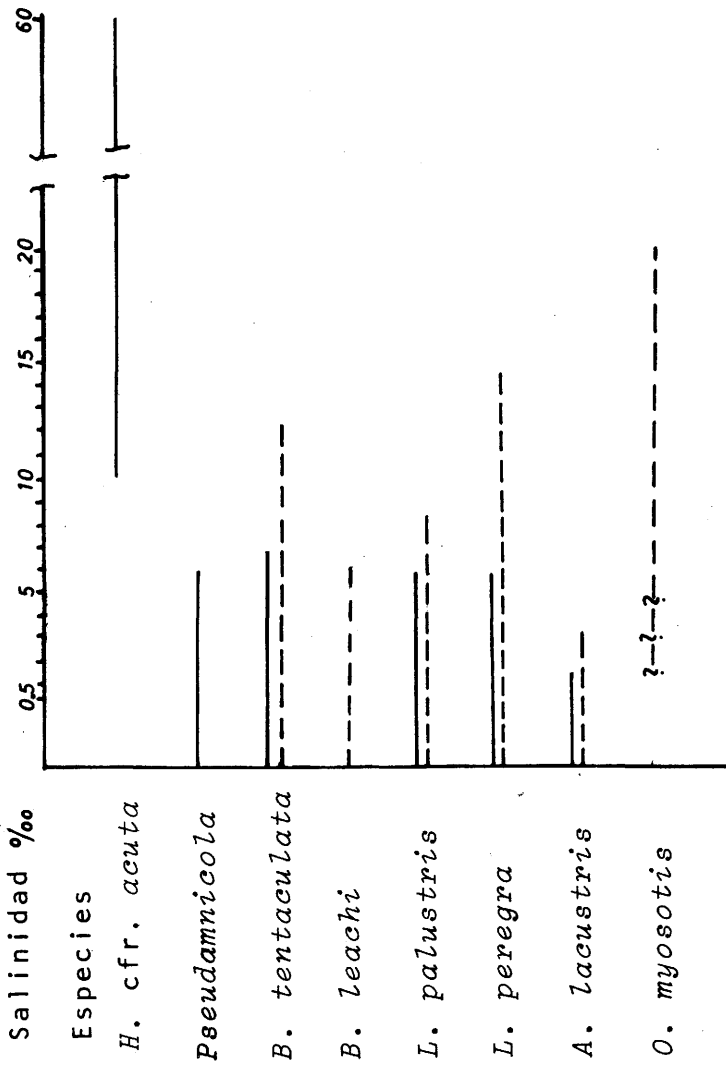
Aunque las especies determinadas son, como se ha indicado, actuales y, excepción hecha de *Mercuria confusa*, poseemos datos precisos sobre su resistencia a la salinidad (véase Apéndice I), la especial situación de la Turbera de Torreblanca, concretamente su carácter litoral, hacen aparecer factores que complican la interpretación de la composición de las muestras en relación con el contenido en sales de las aguas.

El punto más importante a considerar es el de la relación que pueda existir entre los umbrales de resistencia a la salinidad absoluta de las diversas especies y la composición cualitativa de los iones disueltos. En efecto, en la actualidad, las aguas de la zona palustre de Cabanes, al Sur de la Turbera, así como las que rellenan los huecos dejados por la extracción de la turba en aquélla, tienen dos procedencias muy distintas: una parte tiene su origen en las aguas de escorrentía y subterráneas procedentes de los mazizos cretácicos que rodean la llanura litoral donde se enclava la zona estudiada. Se trata de aguas duras, muy cargadas en bicarbonatos. Otra parte tiene su origen en la infiltración de agua marina y en la entrada directa, en épocas de temporal, de olas que sobrepasan el cordón litoral, aguas con los iones característicos del agua de mar. Es frecuente la formación de charcos con cierta extensión y escasa profundidad en los que la evaporización origina salinidades superiores a la normal en las aguas del Mediterráneo próximo.

Ambos aportes, de acuerdo con la geología regional, deben haber coexistido también en la época de depósito de los materiales estudiados. Ello plantea el problema de la incidencia que sobre las poblaciones de moluscos haya podido ejercer, por una parte, el brusco aumento de salinidad originado por un aporte marino determinado y, por otra, el cambio de iones predominantes en la composición de las aguas tras un aporte de dicho tipo (2).

Hay que tener en cuenta que la mayor parte de los estudios ecológicos realizados por diversos autores sólo suministran datos sobre la salinidad total o sobre el contenido en un ión determinado de las aguas en que han sido recogidos los Moluscos. Por otra parte, suele realizarse una sola determinación de la muestra de agua, recogida a la vez que se tomaba la de fauna, por lo que no se dispone de datos de la influencia que los cambios de salinidad a lo largo del tiempo pueda ejercer sobre las poblaciones malacológicas.

(2) En la actualidad estamos estudiando el comportamiento de las poblaciones de Moluscos vivos ante estas alteraciones, pero aún no poseemos datos definitivos que puedan ser utilizados en este trabajo.



Cuadro III. - Umbrales de resistencia a la salinidad de las especies estudiadas. Trazo continuo, según Marazanov, 1969. Trazo discontinuo, otras fuentes.

Existen algunos estudios que se han planteado el problema en mayor profundidad. Cabe destacar a Marazanov (1969) que ha estudiado las asociaciones de Moluscos de agua dulce y salobre de la Camarga, en un ambiente litoral muy similar al de Torreblanca, estableciendo una clasificación de las aguas basada en la salinidad total procedente de la mezcla de agua dulce y marina. Los resultados sobre la tolerancia a la salinidad registrados por este autor para especies presentes en nuestra muestra están representados en el Cuadro III.

Otros autores han estudiado la resistencia a la salinidad de diversos Moluscos acuáticos no marinos en condiciones diferentes, sin influencia marina. Dussart (1976) considera doce parámetros físicos y químicos entre los que se encuentran el contenido en  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3\text{H}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y la clorinidad de las aguas. La conclusión de este autor es que los factores determinantes de la distribución de los Moluscos son el contenido de  $\text{Ca}^{2+}$ , el pH y la dureza total y observa que, pese a que las aguas de dureza media (con 10-40 mg/l. de  $\text{Ca}^{2+}$ ) son las que presentan mayor diversidad, el número máximo de individuos se encuentra en aguas de alta dureza (40 mg/l. de  $\text{Ca}^{2+}$ ). Concretamente, *Bithynia tentaculata*, única especie común entre las muestras estudiadas por este autor (NW. de Inglaterra) y las muestras, presentan un número de individuos muy superior en aguas duras que en aguas de dureza intermedia y está ausente en aguas blandas (0-10 mg/l. de  $\text{Ca}^{2+}$ ). Powell y South (1978), al estudiar el poblamiento por moluscos de varios estanques artificiales formados en huecos de extracción de gravas, observan que *Bithynia tentaculata* es más frecuente cuando la cobertura de plantas es importante y concluyen en que resulta improbable que los factores ambientales físicos o químicos sean determinantes en la distribución de las especies en los lagos, puesto que ésta parece realizarse al azar y las diferencias faunísticas entre dos cuerpos de agua pueden deberse a las variables oportunidades para la dispersión, al tratarse de lagunas jóvenes e inestables.

Para intentar correlacionar los datos conocidos sobre los umbrales de salinidad con las diferentes composiciones malacológicas de nuestras muestras, hemos realizado un análisis cluster, cuya matriz de correlación se representa en el Cuadro IV y gráficamente en el dendograma de la fig. 2. Podemos observar que existen dos grupos con una elevada correlación negativa: el primero incluye a *Ovatella myosotis* y a *Mercuria confusa* y el segundo a las restantes especies acuáticas. La formación del primer grupo debe estar influenciada por el elevado número de individuos

de estas dos especies en la mayor parte de las muestras, pero hay que tener en cuenta que debe tratarse de especies pioneras, con facilidad de adaptación a condiciones adversas, como lo demuestra su elevado porcentaje en la muestra TA-6, que corresponde a la reinstauración de un régimen sedimentológico que favorece la formación de «mantillo», después del episodio azoico de formación de turba. A título de hipótesis puede suponerse que sean estas, precisamente, las especies que mejor soporten bruscos cambios de salinidad como los que se producen con las irrupciones de agua marina en la zona pantanosa, hipótesis que podrá restaurarse una vez finalizados los estudios en curso (véase nota 2).

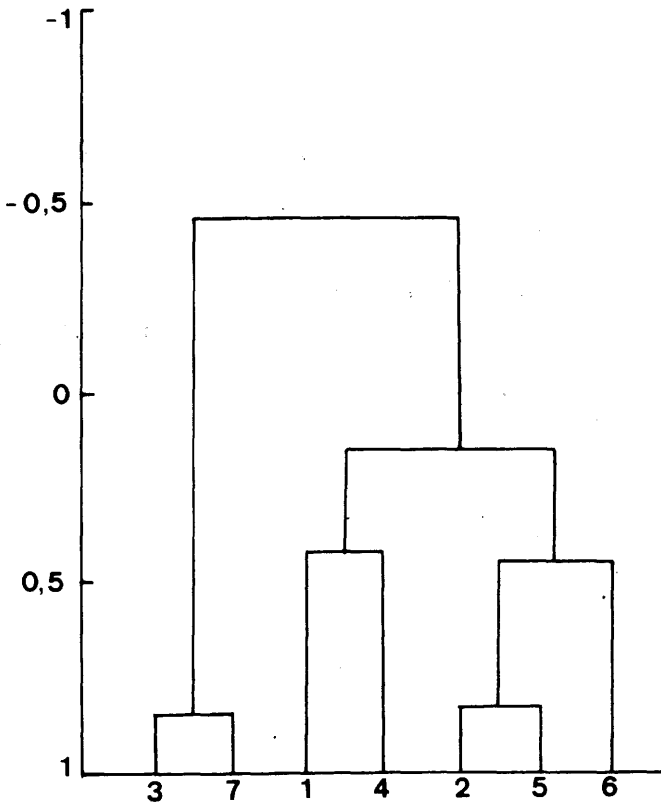


Fig. 2.- Dendrograma realizado a partir de la matriz de correlaciones del Cuadro IV. Para los números, véase la explicación de dicho cuadro.



	1	2	3	4	5	6	7
1	1.00						
2	0.02	1.00					
3	-0.59	-0.53	1.00				
4	0.42	0.44	-0.70	1.00			
5	-0.10	0.83	-0.09	0.30	1.00		
6	0.20	0.67	-0.61	0.05	0.24	1.00	
7	-0.36	-0.61	0.86	-0.47	0.10	-0.84	1.00

Cuadro IV. - Matriz de correlación entre especies palustres. 1: *H. cfr. acuta*, 2: *Bithynia* spp., 3: *O. myosotis*, 4: *L. peregra*, 5: *L. palustris*, 6: *A. lacustris*, 7: *M. confusa*.

El segundo grupo resulta más heterogéneo y está dividido en dos subgrupos unidos a un bajo nivel de correlación. en el primero se reúnen *Hydrobia cfr. acuta* y *Lymnaea peregra*, especies con un cierto margen en común de resistencia a la salinidad (10-14‰). En el segundo se agrupan *Bithynia spp.*, *Lymnaea palustris* y *Acroloxus lacustris*. Las dos últimas son especies con poca resistencia a la salinidad y concretamente *A. lacustris* no soporta salinidades por encima del 3‰. Sin embargo, dentro de este grupo sólo pueden considerarse relacionadas a un alto nivel *Bythynia spp.* y *L. palustris*, con resistencia a la salinidad muy similar.

En cualquier caso, es importante señalar que pueden existir otros factores, que no podemos controlar al nivel de los datos que poseemos, ya que pudieron influir en la distribución de las especies de este segundo grupo puesto que, de acuerdo con los datos de Marazanov (1969), recogidos en un ambiente muy similar al de Torreblanca, es difícil de justificar el bajo nivel de correlación entre *L. peregra* por una parte y *L. palustris* y *Bithynia spp.* por otra.

Otros datos sobre la salinidad pueden extraerse de la presencia de *Trichohyalus aguayoi* en todas las muestras de «mantillo». De acuerdo con Tufesco (1969), este foraminífero resiste ocasionalmente salinidades de hasta el 10‰, con motivo de invasiones de agua marina que se mezclan con el agua dulce en que prolifera, y puede considerarse como una especie propia de medios estenohalinos y eurirápicos, con alta resistencia al reemplazamiento de iones marinos por iones fluviales.

Cabe añadir, por último, que el estudio de la vegetación a partir del análisis polínico de los sedimentos de la turbera (Menéndez Amor y Florschütz, 1961 a) ha demostrado ya la existencia de invasiones periódicas del pantano de Torreblanca por las aguas marinas, en la época de deposición del «mantillo», invasiones que no existieron en la época de formación de la turba.

## **RELACION FAUNA / TEMPERATURA**

Como ha sido demostrado por numerosos análisis polínicos, realizados en toda Europa, la temperatura media en el período Atlántico era parecida a la actual, aunque algo más elevada, descendiendo ligeramente en el Boreal y alcanzando en el Subatlántico características similares a las de hoy en día. La fauna de Moluscos está de acuerdo con estos datos, ya que todas las especies se recogen hoy día, vivas, en la zona. La amplia adaptación a temperaturas variables de las especies descritas impide mayores precisiones.

Más interesante resulta, a este respecto, el carácter indicador de *Trichohyalus aguayoy*, especie propia de aguas cálidas y templadas, que vive hoy en día en el Caribe y en el Mar Negro y se ha citado fósil en las turberas de Vilanova y La Geltrú (Calzada, 1970) y de Torreblanca (Colom, 1959), ambas de edad holocena.

Muestra	TA-1	TA-2	TA-3	TA-6	TA-7	TA-8	TA-9
N° especies	8	7	6	6	6	7	7
Diversidad máxima	3.00	2.81	2.58	2.58	2.58	2.81	2.81
Diversidad real	0.66	0.50	1.03	0.74	0.71	0.78	0.60
Dr/Dm	0.22	0.18	0.40	0.29	0.28	0.28	0.21

Cuadro V.- Diversidades de las muestras de «mantillo».

## DIVERSIDAD FAUNISTICA Y REGIMEN TROFICO DEL LAGO

En el cuadro V hemos realizado la comparación de la diversidad real de la fauna de Moluscos con la diversidad máxima, si bien debe tenerse en cuenta que se ha considerado a las dos especies de *Bithynia* como un conjunto, lo que disminuye ligeramente los resultados. De todas formas se obtienen valores muy bajos de diversidad relativa, lo que coincide con las observaciones de Dussart (1976) sobre la relación de la fauna de Moluscos acuáticos con la dureza del agua, observaciones que hemos mencionado en el apartado IV.2.

La abundancia de individuos de moluscos está en consonancia con la alta productividad que corresponde a un régimen eutrófico caracterís-

tico de este tipo de zonas de pantanosas (Margalef, 1974), lo que concuerda con la existencia de abundante flora litoral (*Typha*, *Myriophyllum*, Cyperáceas) (Menéndez-Amor Florschütz, 1969 a, b), con la litología (Swan, 1979), con la escasa profundidad del manto de agua y con la carencia de oxígeno en el fondo de acuerdo con la forma de vida de *T. aguayoi* (Tufesco, 1969).

## CONCLUSIONES

El estudio de la litología y de la fauna de Moluscos y de Foraminíferos de los sedimentos holocenos de la turbera de Torreblanca, analizados previamente desde el punto de vista palinológico por Menéndez-Amor y Florschütz (1961 a, b), permite realizar algunas aportaciones sobre el ambiente de depósito de los materiales estudiados y sobre las relaciones de la fauna con diversos parámetros físicos y químicos del medio. En concreto, se comprueba que el punto de toma de muestras está situado en la parte central de un área palustre de régimen eutrófico, con aguas estancadas de escasa profundidad. La fauna presenta baja diversidad específica pero un número de individuos muy elevado, lo que está de acuerdo con una composición química de las aguas con un alto contenido en  $\text{Ca}^{2+}$  (aguas duras). Se atribuye la abundancia de individuos de *Mercuria confusa* y de *Ovatella myosotis* a su capacidad de resistencia a los cambios de salinidad y a la mezcla de iones fluviales y marinos, considerándose a ambas como especies pioneras. Este hipótesis debe comprobarse mediante el estudio de poblaciones actuales, ya que la escasa relación entre especies que aparentemente poseen umbrales similares de resistencia a la salinidad hace suponer la existencia de otros factores, difíciles de controlar en el estudio de poblaciones fósiles, que influirían en la abundancia relativa de algunas especies. El carácter euritermo de los moluscos no permite aportar datos sobre la temperatura de las aguas en que vivieron, si bien la presencia de *Trichohyalus aguayoi* coincide con los datos que se poseen, basados en estudios polínicos, sobre la temperatura en la zona durante los períodos Atlántico, Boreal y Subatlántico, muy similar a la actual.

## APENDICE I. – DESCRIPCION DE ESPECIES

Si bien todas las especies determinadas en los sedimentos holocenos de la Turbera de Torreblanca son suficientemente conocidas y, en su totalidad, siguen viviendo en las aguas de la misma, hemos incluido una descripción detallada de aquéllas, acompañada de figuras lo bastante

explícitas para facilitar su determinación. Nos han inducido a ello la confusión existente en diversos trabajos sobre fauna cuaternaria española, de la que puede observarse un ejemplo en el Apéndice II. La sistemática se ha basado fundamentalmente en Wenz (1938-44) y Zilch (1959-60), teniendo en cuenta las modificaciones introducidas posteriormente por diversos autores.

Clase **GASTROPODA**

Subclase **PROSOBRANCHIA**

Orden **MESOGASTROPODA**

Superfamilia **HYDROBIACEA**

Familia **HYDROBIIDAE**

Subfamilia **HYDROBIINAE**

Género *Hydrobia* Hartmann, 1821

Subgénero *Hydrobia* s. s.

*Hydrobia* cfr. *acuta* (Draparnaud, 1805)

(Lám. 1, figs. 1a, 1b)

**Referencia:** Dollfuss, 1911, págs. 248, lám. 4, fig. 5-8, 11-18; Germain, 1931, pág. 647, fig. 718, lám. 18, figs. 708 y 709; Wenz, 1939, pág. 555, fig. 1487; Mars, 1966, pág. 237, lám. 1, figs. 15-23; Gasull, 1971, pág. 44, lám. 2, fig. 7; Radoman, 1977, pág. 207, lám. 21, figs. 1 y 2.

**Descripción:** Concha pequeña, de forma cónica alargada, con 6-7 vueltas de crecimiento muy lento y regular, ligeramente convexas, separadas por suturas bien marcadas; última vuelta grande, equivalente a la mitad aproximadamente de la altura total, provista de ombligo en forma de fisura, bien visible; abertura ovoide, equivalente a un tercio aproximadamente de la altura total, angulosa en la parte superior, hacia donde se estrecha notablemente, redondeada en el resto; peristoma continuo, con el borde externo delgado, simple y borde columelar reflejado en la parte inferior, debilitándose hacia la superior donde se suelda a la última vuelta, pudiendo formar una suave callosidad; ápice agudo; protoconcha lisa, formada por 1¼ vueltas aproximadamente; teloconcha con finas estrias de crecimiento, ligeramente prosoclinas.

**Dimensiones:** Según diversos autores, la altura está comprendida entre 2,8 y 5,5 mm. y el diámetro entre 1,4 y 2 mm. el ejemplar figurado por nosotros mide: Altura total: 3,7 mm.; diámetro: 1,8 mm.; Altura última vuelta: 2,1 mm.

**Observaciones:** Es bien conocida la dificultad de determinar conchas vacías de *Hydrobia*. aunque nuestros ejemplares coinciden en general con las descripciones y figuras de *H. acuta* consultadas, seguimos el criterio del Dr. Boetters quien, a través de D. Luis Gasull, ha examinado varios ejemplares procedentes de nuestro material, determinándolo como *Hydrobia* cfr. *acuta*.

Género *Mercuria*, Boetters, 1971.

*Mercuria confusa* (Fraunfeld, 1863)  
(lám. 1, figs. 2 a, 2 b)

**Referencias:** Adam, 1960, págs. 147, fig. 23; Boetters, 1971: pág. 178, fig. 10 (lectotipo); Boetters, 1976: pág. 96, figs. 15-17 Fretter y Graham, 1978: pág. 133, figs. 118-119.

**Descripción:** Concha diminuta, frágil, translúcida, de color blanco a marrón, oval cónica, formada por 5-6 vueltas de perfil aplanado o muy suavemente convexo, de crecimiento regular y relativamente lento, separadas por suturas profundas. Última vuelta abombada, grande, equivalente a más de 2/3 de la altura total; ombligo en forma de fisura, bien visible; abertura ovalada o auricular, equivalente a más de 1/3 de la altura total; peristoma continuo, algo engrosado, recubriendo ligeramente el ombligo en el borde columelar, ápice liso; protoconcha lisa que pasa insensiblemente a la telocóncha, ésta última ornamentada por suaves líneas de crecimiento prosoclinas, algunas de las cuales se engrosan adoptando formas rugosas.

**Observaciones:** Gasull (in litt., 12/4/81) nos ha comunicado la existencia en la zona de dos especies vivas muy similares, *M. confusa* y *Pseudamnicola conovula*, determinada anatómicamente por el Dr. Boetters. Pese a que estas especies poseen conchas bastantes distintas (*P. conovula* presenta una espiral mucho más baja y es en conjunto mucho más globada que *M. confusa*) (véase Boetters, 1976 y Radoman, 1977) no hemos encontrado entre la enorme cantidad de conchas clasificadas

ningún ejemplar adulto que pueda identificarse como *P. conovula* y el material consultado por el Dr. Boetters ha sido determinado en su totalidad como *M. confusa*. De todas formas resulta imposible distinguir los individuos juveniles de ambas especies, por lo que no podemos excluir la presencia de *P. conovula* en los sedimentos holocenos. Caso de que efectivamente no existiera, resultaría muy interesante, desde el punto de vista biogeográfico, la reciente colonización de la localidad por parte de esta especie.

**Dimensiones:** El ejemplar figurado mide: Altura máxima: 3,6 mm.; diámetro: 2,7 mm.; altura última vuelta: 2,8 mm.

**Distribución geográfica:** Inglaterra, Francia, Península Ibérica y Norte de Africa.

**Distribución geológica:** Creemos que esta especie no se ha citado nunca fósil.

**Hábitat:** Especie problemática, ha sido frecuentemente confundida con diversas especies de *Pseudamnicola* y, probablemente, con *Bithynia* jóvenes (Fretter y Graham, o.c.) por lo que no poseemos datos concretos de su tolerancia a la salinidad. Se encuentra en aguas dulces o salobres, cerca de la orilla, prefiriendo aguas tranquilas y evita las corrientes; vive sobre fondos blandos, fangosos y también sobre las plantas acuáticas (Fretter y Graham o.c., pág. 134).

#### Familia **BITHYNIIDAE**

Género *Bithynia* Leach, 1818

Subgénero *Bithynia* s. s.

*Bithynia (Bithynia) leachi* (Sheppard, 1823)

(lám. 1, figs. 3 a, 3 b)

**Referencias:** Germain, 1931, pág. 606, lám. 17, figs. 493 y 498; Ehrmann, 1933, pág. 200, lám. 9, fig. 118; Adam, 1960, pág. 151, fig. 250; Lozeck, 1964, pág. 166, lám. 1, fig. 8; Gasull, 1971, pág. 43, lám. 2, fig. 6; Esu y Girotti, 1974, pág. 238, fig. 72 y 73; Fretter y Graham, 1978, pág. 143, fig. 127 A y B.

**Descripción:** Concha opaca, de color córneo o verdoso, turbinada, globulosa-cónica; 4-5 vueltas muy convexas, de crecimiento regular y lento, separadas por profundas suturas; última vuelta grande y ventruda, equivalente a unos dos tercios de la altura total, provista de un estrecho ombligo; abertura ancha, oval elíptica, redondeada, ligeramente angulosa en la parte superior, equivalente a algo menos de la mitad de la altura total, con el borde interno recto; peristoma continuo, simple, redondeado y con el borde columelar apoyado sobre la última vuelta; vértice agudo, ángulo apical entre 52° y 60°; protoconcha lisa, difícil de separar de la teloconcha, que está ornamentada por estrías de crecimiento muy suaves, levemente prosoclinas.

**Dimensiones:** Según diversos autores el tamaño de los individuos adultos está comprendido entre 5 y 13 mm. de altura y 3 y 8 mm de diámetro. El ejemplar figurado por nosotros mide: Altura total: 6,9 mm. diámetro: 5,2 mm.; altura última vuelta: 4,8 mm.

**Distribución geográfica:** Paleártica.

**Distribución estratigráfica:** Pleistoceno-Actualidad.

**Hábitat:** Pequeñas corrientes y aguas estancadas, limpias pero con abundante materia orgánica. Alcanza hasta profundidades de 16 m. en el Lago Ploner y soporta salinidades de hasta el 60%, en el Lago Schlei (Jaeckel, 1962). Se ha encontrado desde las proximidades del nivel del mar hasta 230 m. en Eslovaquia. Substrato como en la especie siguiente, con la que suele convivir.

*Bithynia (Bithynia) tentaculata* Linné, 1758  
(lám. 1, figs. 4 a, 4 b)

**Referencias:** Germain, 1931, pág. 604, figs 639 y 640, lám. 17, fig. 497; Ehrmann, 1933, pág. 200, fig. 124, lám. 7, fig. 117; Wenz, 1939, pág. 590, fig. 1615; Adam, 1960, pág. 160, fig. 25 A; Lozeck, 1964, pág. 166, lám. 1, fig. 7; Gasull, 1971, pág. 42, lám. 2, fig. 5; Esu y Girotti, 1974, pág. 239, figs. 74 y 75; Fretter y Graham, 1978, pág. 140, figs. 124 y 125.

**Descripción:** Concha sólida, de color córneo, a veces rojizo en el ápice, turbinada, lisa, formada por 5-6 vueltas de crecimiento lento y regular, poco convexas, separadas por suturas poco profundas; última vuelta



grande, equivalente a casi 2/3 de la altura total, abombada en la parte superior y descendiendo luego de forma recta hacia la abertura, anónfala; abertura auricular estrechada, angulosa en la parte superior, redondeada inferiormente, equivalente a algo más de 1/2 de la altura total de la concha; borde externo poco convexo, el interno fuertemente redondeado, peristoma continuo, simple, con un suave labio blanco; borde columelar soldado a la última vuelta; ornamentación formada por finas estrías de crecimiento irregulares, ligeramente prosoclinas; una línea alrededor del peristoma marca un engrosamiento periostracal; vértice agudo entre 55-60°; protoconcha no diferenciable de la teloconcha.

**Dimensiones:** Los individuos adultos varían entre 10-16 mm. de altura y 6-8,5 mm. de diámetro, según diversos autores. El ejemplar figurado por nosotros mide: Altura máxima: 8,2 mm., diámetro: 5,3 mm., altura última vuelta: 5,8 mm.

**Distribución geográfica:** Holártica.

**Distribución geológico:** Mioceno superior-actualidad.

**Hábitat:** Ríos, riberas, canales y estanques. Aguas salobres (hasta 12% según Jaeckel), 1962, en el Lago Znider). Se ha citado en alturas hasta 1800-2000 m. en los Alpes y en profundidades de 25-30 m. (60 m. en el Lago Garda, según Ehrmann, 1933). Prefiere aguas quietas y vive sobre plantas o en fondos cenagosos o arenosos, enterrándose en invierno, al morir la vegetación (Fretter y Graham, 1978).

Subclase **PULMONATA**

Superfamilia **ELLOBIACEA**

Familia **ELLOBIIDAE**

Subfamilia **PYTHIINAE**

Género *Ovatella* Bivona, 1832

Subgénero *Myosotella* Monterosato, 1906

*Ovatella (Myosotella) myosotis* (Draparnaud, 1801)

(lám. 2, figs. 1 a, 1 b)

**Referencias:** Germain, 1931, pág. 560, figs. 595-596, lám. 18, figs. 535-536; Erhmann, 1939, pág. 151, fig. 96; Mayer, 1955, pág. 1, lám.

2: Zilch, 1959, pág. 73, fig. 236: Adam, 1960, pág. 159, fig. 29 C; Gasull, 1971, pág. 27, lám. 1, fig. 1; Cesari, 1973, pág. 191, láms. 3 y 4.

**Descripción:** Concha sólida, de color violáceo a pardo amarillento, brillante, piriforme alargada, con 8-9 vueltas de crecimiento regular y lento, aplanadas, separadas por suturas poco profundas, irregulares; última vuelta inflada, muy grande, algo menor de 2/3 de altura total, anónfala; abertura oval alargada, angulosa superiormente, redondeada por su parte inferior, de 1/2 a 1/3 de la altura total; peristoma discontinuo; borde externo delgado, cortante en la parte superior y reflejado en la basal, engrosado interiormente por una callosidad blanquecina a veces denticulada; borde columelar con una callosidad generalmente bien desarrollada, blanquecina y opaca o traslúcida, generalmente con tres pliegues; ápice bastante agudo; protoconcha de aproximadamente 3/4 de vuelta, lisa, bien diferenciada de la teloconcha que presenta en los estadios juveniles con un conjunto de finas microfasetas alineadas espiralmente que desaparecen progresivamente, estando caracterizado el individuo adulto sólo por la existencia de fuertes líneas de crecimiento, ligeramente prosoclinas, que a veces se engrosan para producir finas varices.

**Dimensiones:** Entre 6-12 mm. de altura y 2,5-6 mm. de diámetro. el ejemplar figurado por nosotros mide: Altura máxima: 8,5 mm., diámetro: 3,8 mm., altura última vuelta: 5,9 mm.

**Distribución geográfica:** Europa occidental y meridional.

**Distribución geológica:** Holoceno superior de Inglaterra. Holoceno de Cataluña (Calzada, 1970).

**Hábitat:** Zona litoral marina y aguas salobres. Vive sobre el cieno, entre las plantas, especialmente hálofilas y bajo las piedras. Soporta salinidades de hasta 20‰ (Jaeckel, 1962).

Superfamilia **LYMNAEACEA**

Familia **LYMNAEIDAE**

Género *Lymnaea* Lamarck, 1799

Subgénero *Radix* Monforte, 1810

*Lymnaea (Radix) peregra* O.F. Müller, 1774  
(lám. 2, figs. 2 a, 2 b, y 2 c)

**Referencias:** Germain, 1931, pág. 404, lám. 14, figs. 402-405; Ehrmann, 1933, págs. 157-159, figs. 92, 93, 94 y 96; Adam, 1960, pág. 173, fig. 33 D; Lozeck, 1964, pág. 177, fig. 30, lám. 3, figs. 5, 9, 10 y 11; Zeissler, 1969, lám. 2, figs. 2, 3, 5 y 7; Gasull, 1971, pág. 32, lám. 1, fig. 5.

**Descripción** Concha de color córneo, oval alargada, formada por 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-5 vueltas rápidamente crecientes, convexas, ligeramente escalonadas, separadas por suturas profundas; última vuelta equivalente a los 3/4 de la altura total; abertura oval alargada, angulosa por la parte superior, redondeada en el resto, equivalente a más de la mitad de la altura de la concha; peristoma discontinuo, con los extremos unidos por una ténue callosidad; borde columelar reflejado, tapando el ombligo; columnilla ligeramente plegada; ornamentación formada por finas estrías de crecimiento dispuestas regularmente, protoconcha lisa, formada por 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> vueltas, siendo su paso a la telocóncha gradual e insensible.

**Dimensiones:**

Fig.	Altura máxima	Diámetro	Altura última vuelta
2 b	16,2	11,4	14,6
2 c	13,7	8,3	12,0

**Observaciones:** La variabilidad de *L. Peregra* es bien conocida y ha dado lugar a la descripción de numerosas especies, actualmente incluídas en su sinonimia (Hubendick, 1951), aunque algunos autores las consideran como subespecies, «variedades» o «formas». Nuestros ejemplares corresponderían al morfotipo *ovata*.

**Distribución geográfica:** Paleártica.

**Distribución geológica:** Su distribución en el Cuaternario de la Península Ibérica es mal conocida. En Europa se conoce desde el «Levantino» de Rumanía y Eslavonia, siendo frecuente en el Plioceno superior de Inglaterra e Italia (Wenz, 1923: 1258). Es especie abundante en la actualidad en los alrededores de Torreblanca.

**Hábitat:** Vive en aguas dulces y salobres, hasta una salinidad del 14‰. Su extremado polimorfismo es consecuencia de adaptación a regímenes hidrodinámicos variables. Nuestros ejemplares, que corresponden, como hemos indicado, a la forma *ovata* presentan características propias de individuos de aguas calmas. La especie ha sido encontrada hasta profundidades de 18 m. y vive hasta 2.500 m. de altura sobre el nivel del mar en los Alpes (Jaeckel, 1962).

Subgénero *stagnicola* Leach, 1830

*Lymnaea (stagnicola) palustri* (O. F. Müller, 1774)

**Referencias:** Germain, 1931, pág. 497, fig. 14, lám. 14, figs. 412 y 418; Erhmann, 1933, pág. 154, lám. 6, fig. 88; Zilch, 1959, fig. 295; Adam, 1960, pág. 169, fig. 33 B, C; Lozeck, 1964, pág. 175, lám. 3, figs. 4 y 6; Gasull, 1971, pág. 34, lám. 1, fig. 6; Esu y Girotti, 1974, pág. 257, fig. 121; Puisségur, 1976, lám. 2, figs. 4 y 5; Binder, 1977, lám. 1, fig. 6.

**Descripción:** Concha grande, oval turriculada, alargada, de color córneo claro, formada por 6-7 vueltas de crecimiento lento, algo convexas, separadas por suturas pocos profundas; última vuelta grande, equivalente entre  $2/3$  y  $3/4$  de la altura total, alargada, no ventruda; abertura oval alargada, angulosa en la parte superior, midiendo entre  $1/2$  y  $1/3$  de la altura total, peristoma discontinuo, con los extremos unidos por una débil callosidad; labro simple, cortante; borde externo redondeado; borde columelar reflejado, tapando al ombligo; columnilla replegada; ápice agudo; protoconcha lisa, formada por  $1\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$  vueltas, pasando insensiblemente a la teleconcha por aparición de finas estrías trasversales que se van haciendo progresivamente más marcadas, presentando en las últimas vueltas una ornamentación formada por estrías de crecimiento y estrías espirales que originan un reticulado característico.

**Dimensiones:** El ejemplar figurado mide: Altura máxima: 20,7 mm.; diámetro: 15,9 mm., altura última vuelta: 9,8 mm.

**Distribución geográfica:** Holártica.

**Distribución geológica:** Se conoce desde el Mioceno terminal (Pontienese) de Europa Oriental y ha sido citada en todo el Plioceno, siendo muy

frecuente en el Cuaternario, donde ha sido determinada en diversos puntos de la Península Ibérica, aunque el carácter puntual de los yacimientos impide conocer su continuidad en la misma a lo largo de este período.

**Hábitat:** Prefiere aguas estancadas o de débil corriente, poseyendo alta resistencia al desecamiento. Presenta fuerte tolerancia a los cambios de salinidad, pudiendo vivir desde agua dulce hasta el 8‰. Se ha encontrado a profundidades de 8 m. y a alturas de hasta 1.800 m. sobre el nivel del mar (Jaeckel, 1962).

Familia **ACROLOXIDAE**

Género *Acroloxus* Beck, 1837

*Acroloxus lacustris* (Linné, 1758)

(lám. 1, figs. 5 a, 5 b)

**Referencias:** Germain, 1931, pág. 552, figs. 580 a 583, lám. 15, figs. 450 y 462; Ehrmann, 1933, pág. 175, fig. 109; Zilch, 1959, pág. 129, fig. 427; Adam, 1960, pág. 194, fig. 54 B; Lozeck, 1964, pág. 192, fig. 37; Gasull, 1971, pág. 41, lám. 1, fig. 3; Puisségur, 1976, lám. 6, figs. 4 y 5.

**Descripción:** Concha patelliforme, blanca amarillenta, translúcida, alargada y deprimida; ápice recurvado hacia atrás e inclinado hacia la izquierda de la línea media, situado entre la mitad y el tercio posterior de la concha; abertura elíptica alargada; peristoma simple, cortante; ápice presentando un sistema de estrías espirales y concéntricas que originan un aspecto puntuado característico; resto de la concha sólo con estrías concéntricas finas e irregulares.

**Distribución geográfica:** Paleártica.

**Distribución geológica:** Pleistoceno-Actualidad.

**Hábitat:** Especie de aguas estancadas o de curso lento, vive sobre las plantas acuáticas y se entierra en el cieno en charcos estacionales. Habita en aguas dulces u oligohalinas, con salinidades de hasta el 3‰. Alcanza profundidades de 13 m. y vive hasta una altura de 1.000 m. en los Alpes suizos (Jaeckel, 1962): En el Lago Neuchatel se ha encontrado, excepcionalmente, hasta cerca de 84 m. de profundidad (Ehrmann, 1933).

Orden **STYLOMMATOPHORA**

Suborden **SIGMURETHRA**

Superfamilia **SUCCINEACEA**

Familia **SUCCINEIDAE**

Subfamilia **SUCCINEINAE**

Género *Oxyloma* Westerlund, 1885

Subgénero *Hydrotropa*) Lindholm, 1927

*Oxyloma (Hydrotropa) elegans* (Risso, 1826)

(lám. 2, figs. 4 a - 4 d)

**Referencias:** Germain, 1931, pág. 468, figs. 445 y 446, lám. 12, fig. 339; Ehrmann, 1933, pág. 31, fig. 15; Zilch, 1959, pág. 201, fig. 705; Adam, 1960, pág. 199, fig. 58; Lozeck, 1964, pág. 231, lám. 12, figs. 3 y 4; Hecker, 1965, pág. 27, fig. 1; Zeissler, 1969, lám. 1, fig. 5; Hecker, 1970, pág. 209, figs. 5 y 6; Puisségur, 1976, lám. 1, fig. 1; Binder, 1977, lám. 9, fig. 51.

**Descripción:** Concha frágil, de tamaño mediano, cónica oval, alargada, formada por 2 $\frac{1}{2}$ -3 vueltas de crecimiento muy rápido, con perfil aplanado y separadas por suturas bastante profundas y muy oblicuas; última vuelta enorme, equivalente a la mayor parte de la altura total, ovalada, anónfala; abertura grande, midiendo alrededor de 2/3 de la altura total, angulosa en la parte superior y redondeada en la inferior; peristoma discontinuo, simple, cortante, con el borde columelar ligeramente replegado; protoconcha de aspecto rugoso, de la que sólomente es visible alrededor de 1/4 de vuelta; teloconcha con una ornamentación muy característica, al principio formada por conjuntos de dos finas estrías trasversales agrupadas, que delimitan una parte central en relieve que a bajos aumentos adopta el aspecto de un filamento, y que están separados por interespacios amplios; este patrón, muy regular, se pierde a partir del final de la primera vuelta, aproximadamente, siendo sustituido por estrías de crecimiento bien marcadas.

**Dimensiones:** El ejemplar adulto figurado (4 c) mide: altura total: 10,2 mm., diámetro: 5,1 mm., altura última vuelta: 9,3 mm.

**Observaciones:** Es bien conocida la dificultad de diferenciar las conchas de *O. elegans* y de *O. sarsi*. determinamos como la primera nuestros in-

dividuos debido a que se ha comprobado anatómicamente la identidad de la especie que vive actualmente en la turbera y resulta altamente improbable una sustitución en el escaso lapso de tiempo transcurrido desde la formación del depósito hasta la actualidad. Resulta muy interesante la ornamentación de la primera vuelta de la concha, tema sobre el que no conocemos referencias anteriores.

**Distribución geográfica:** Paleártica.

**Distribución geológica:** Pleistoceno-Actualidad.

**Hábitat:** Especie anfibia, vive sobre plantas o en el cieno, en las proximidades del agua y ha sido citada hasta 2.100 m. de altitud en los Alpes (Jaeckel, 1962).

## **APENDICE II.- Observaciones sobre las especies de la Turbera de Torreblanca determinadas por Madurga (1973)**

Nota: las fotografías de las diversa especies no llevan indicación de localidad, por lo que los comentarios basados en ellas deben entenderse referidos al conjunto de la obra y no específicamente a la fauna de Torreblanca.

*Bythinia gracilis* Sand.: Error por *Bithynia*. Según Wenz /1923-2240) es un sinónimo de *Bilimus* (= *Bithynia*) *glabrus glabrus* (Zieten), especie del Mioceno medio-superior, que no persiste en el Holoceno. Puede haber sido confundida con alguna de las especies siguientes, aunque el ejemplar figurado (Madurga, o. c., lám. 5, figs. 5 y 6) parece una *Hydrobia*.

*Bythinia tentaculata* L.: Error por *Bithynia*.

*Bythinia leachi* Shepp.: Error por *Bithynia*.

*Pseudamnicola anatina* Drap.: Probablemte confundida con *Mercuria confusa* o con *Pseudamnicola conovula*. Sobre la especie *anatina*, Boeters (1971:176) indica que resulta infundado, de acuerdo con los conocimientos actuales, suponer que es una *Pseudamnicola*. Las figuras de Madurga (o. c., lám. 9, figs. 1 y 2) son irreconocibles, ya que el ejemplar presenta roto el labro.

*Pseudamnicola compacta* Pal.: Probablemente confundida con *M. confusa* o con *P. conovula*, de acuerdo con nuestras observaciones. Figuras invertidas, identificables (Madurga, o. c., lám. 9, figs. 4 y 5).

*Pseudamnicola similis* Drap.: De acuerdo con Boetters (1971:176, fig. 11) esta especie ha sido descrita a partir de una concha de *Bythinia* sp., de localidad desconocida. El ejemplar figurado por Madurga (o. c., lám. 9, fig. 3) parece corresponder a una *Hydrobia*.

*Valvata schlosseri* Royo.: Especie del Turolense, que no existe en el Holoceno. las figuras de Madurga (o. c., lám. 10, figs. 3 y 4) están invertidas y son inidentificables. Pueden corresponder a *Valvata piscinalis* o, más probablemente, a *Mercuria* o *Pseudamnicola*.

*Goniodicus ruderatus* Studer.: Correctamente *Discus ruderatus*. Sobre esta especie véase Robles (1980:84).

*Succinea oblonga* Drap y *Succinea oblonga* var. *humilis* Drouet.: la variedad no puede mantenerse hoy en día. La fotografía de *S. oblonga* (Madurga, o. c., lám. 20, figs. 1 y 2) está invertida y puede pertenecer a dicha especie. La de la variedad (idem, lám. 20, figs. 3 y 4) parece, efectivamente, un ejemplar joven de *S. oblonga*. No la hemos recogido en Torreblanca.

*Succinea primaeva* Math.: Es una especie neógena que no persiste en el Holoceno. Probablemente confundida, de acuerdo con las fotografías (Madurga, o. c., lám. 20, figs. 5 y 6) con *Oxyloma elegans*, frecuente en la turbera.

*Acanthinula paronae* Sacco.: Especie del Villafranchense. Las fotografías (Madurga, o. c., lám. 21, figs. 3 y 4) pueden corresponder a un ejemplar joven de *Cochlicella*.

*Vallonia costata* Mull.: Sobre esta especie véase Robles (1980:82).

*Euconulus fulvus* Mull.: Especie bien determinada, no ha sido encontrada por nosotros.

*Ancylus deperditus* Desm.: Especie del Mioceno medio-superior según Wenz (1923:1962). Probablemente confundida con *Acroloxus lacustris*, que sí existe en Torreblanca.



*Carychium pachyphilus* Sandb.: Especie del Plioceno, de acuerdo con la revisión de Strauch (1977:164). Confundido con *C. minimum* o *C. tridentatum*. Sobre las dificultades de distinguir estas especies en España, véase Gasull (1975, 1979).

*Leuconia bidentata* Montagut.: Figuras invertidas, con el labro roto. Probablemente se trata de *Ovatella myosotis*.

*Phytia ciliata* Mor.: Es sinónimo de *O. myosotis*. Véase Meyer (1955) y Cesari (1973).

*Phytia myosotis* Drap.: Correctamente, *Ovatella myosotis*.

*Limnaea (Stagnicola) palustris* Müll.: Error por *Lymnaea*.

En definitiva, la lista corregida de las especies citadas por Madurga (1973), sería la siguiente:

*Bitynia tentaculata* (L.)

*Bitynia leachi* (Shepp.)

¿*Hydrobia* sp.

*Mercuria confusa* (Frauen.) y/o *Pseudamnicola conovula* (Frauen.)

¿*Valvata piscinalis* (Müll.)

\*¿*Discus ruderatus* (Fer.)

¿*Succinea oblonga* (Drap.)

*Oxyloma elegans* (Rs.)

\*¿*Cochlicella* sp.

\**Vallonia costata* (Müll.)

\**Euconulus fulvus* (Müll.)

¿*Acroloxus lacustris* (L.)

\**Carychium* sp.

*Ovatella myosotis* (Drap.)

*Lymnaea palustris* (Müll.)

(\*) Especies terrestres, no descritas en el Apéndice I.

## **AGRADECIMIENTOS:**

Queremos agradecer al Gerente de Turbas de Torreblanca, D. Enrique Climent, las facilidades dadas para la realización de este trabajo. a los Biólogos D. Jorge Boronat, D. José Luis Donat y D. Manuel Fresnedá su colaboración en la toma de muestras con escafandra autónoma. el Dr. Usera ha tenido la amabilidad de determinar los foraminíferos y el Dr. Boetters, a través de D. Luis Gasull, ha confirmado la determinación de los Hydróbiidos. D. Vicente Pons, de la Facultad de Farmacia de Valencia, nos introdujo en los métodos de análisis de suelos y el Dr. Acuña realizó los análisis cluster. Por último, nuestra gratitud a D. Tomás Montal, del Servicio de Microscopia Electrónica de la Facultad de Ciencias Biológicas y a D. Guillermo Gutiérrez por la realización de los negativos de las fotografías de M.E.B.

## BIBLIOGRAFIA

- ADAM, W., 1960.- Faune de Belgique. Mollusques. I. Mollusques terrestres et dulcicoles. 402 págs. *Inst. Roy. sci. nat. Belgique*.
- BINDER, H., 1977.- Bemerkenswerte Molluskenfaunen aus dem Pliozän und Pleistozän von Niederösterreich. *Beitr. Paläont. Österr.*, 3: 1-78.
- BOETTERS, H. D., 1971.- *Pseudamnicola* PAULUCI, 1978 und *Mercuria* n. gen. (Pros., Hydrobiidae). *Arch. Moll.*, 101: 175-181.
- BOETTERS, H. D., 1976.- Hydrobiidae Tunesiens. *Arch. Moll.*, 107: 89-105. -
- CALZADA, S., 1970.- Una turbea parállica postwurmiana en Vilanova y la Geltrú (Barcelona). *Acta Geológica Hispánica*, 5: 48-50.
- COLOM, G., 1959.- Notas micropaleontológicas y ecológicas sobre algunas formaciones continentales españolas. *Estudio geol.*, 15: 93-106.
- DAGET, J., 1976.- *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson Ed., 172 págs.
- DOLLFUSS, G., 1911.- Recherches critiques sur quelques genres ou espèces d'*Hydrobia* vivants et fossiles. *Journ. de Conchyl.*, 54: 174-270.
- DUSSART, G. B. J., 1976.- The ecology of freshwater molluscs in North West England in relation to water chemistry. *J. Moll. Stud.*, 42: 181-198.
- EHRMANN, P., 1933.- Mollusca, en BROHMER, P.; EHRMANN, P. y ULMER, G.: *Die Tierwelt Mitteleuropas*, 264 págs. Von Quelle & Meyer.
- ESU, D. y GIROTTI, D., 1974.- La malacofauna continentale del Pliopleistoceno dell'Italia centrale. I: Paleontologia. *Geol. Romana*, 13: 203-293.

- FRETTER, V. y GRAHAM, A., 1978.- The Prosobranch Molluscs of Britain and Denmark. Part. 3.- Neritacea, Viviparacea, Valvatacea and Freshwater Littorinacea and Rissoacea. *J. Moll. Stud., Suppl.* 5: 101-152.
- GASSULL, L., 1971.- Fauna malacológica de las aguas continentales, dulces y salobres, del Sudeste Ibérico. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 16: 23-83.
- GASSULL, L., 1975.- Fauna malacológica del Sudeste Ibérico. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 20: 5-154.
- GASSULL, L., 1979.- Micropulmonatos terrestres de Baleares. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 23: 7-23.
- GERMAIN, L., 1931.- *Faune de France. 22: Mollusques terrestres et fluviatiles (2ª parte)*, págs. 478-897. Librairie de la Faculté des Sciences. Paris.
- HECKER, U., 1965.- Zur Kenntnis der mitteleuropäischen Bernsyeinschnecken (Succineidea). I. *Arch. Moll.*, 94: 1-98.
- HECKER, U., 1970.- Zur Kenntnis der mitteleuropäischen Bernsyeinschnecken (Succineidea). II. *Arch. Moll.*, 100: 207-234.
- HUBENDICK, B., 1951.- Recent Lymnaeidae, their variation, morphology, taxonomy, nomenclature and distribution. *Kgl. Svensk. Vet. Akad. Handl.* (4), 3: 1-223.
- JAECKEL, S. G., 1962.- Mollusken. Ergänzung, en BROHMER, P.; EHRMANN, P. y ULMER, G.: *Die Tierwelt Mitteleuropas*, págs. 27-294. Leipzig.
- LOZECK, V., (1964).- *Quartarmollusken del Tschoslowakei*. 374 págs. Akademie der Wissenschaften. Praga.
- MADURGA, M. C., 1973.- Los gasterópodos dulceacuícolas y terrestres del Cuaternario español. *Bol. S. Soc. Española Hist. Nat., (Geol.)*. 71: 43-166.

- MARAZANOF, F., 1969.- Contribution a l'étude écologique des Mollusques des eaux douces et saumâtres de Camarge. I.- Millieux, espèces. *Annales de Limnologie*, 5: 201-323.
- MARGALEF, R., 1974.- *Ecología*. 951 págs. Ed. Omega, Barcelona.
- MARS, P., 1966.- Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques. *Vie et milieu*, Suppl. 20: 1-359.
- MENENDEZ AMOR, J. y FLORSCHUTZ, F., 1961 a.- Contribución al conocimiento de la historia de la vegetación en España durante el Cuaternario. *Estudios Geol.*, 17: 83-99.
- MENENDEZ AMOR, J. y FLORSCHUTZ, F., 1961 b.- La concordancia entre la composición de la vegetación durante la segunda mitad del Holoceno en la costa de levante (Castellón de la Plana) y en la costa W. de Mallorca. *Bol. R. Soc. Española Hist. nat., (Geol)*, 59: 97-100.
- MEYER, K. O. 1955.- Naturgeschichte der Strandschnecke *Ovatella myosotis* (DRAPARNAUD). *Arch. Moll.*, 84: 1-44.
- POWELL, A. y SOUTH, A., 1978.- Studies on the mollusc faunas of gravel-pit lakes in S. E. England. *J. Moll Stud.*, 44: 327-339.
- PUISSEGUR, J. J., 1976.- Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne. significations stratigraphiques et climatiques. Rapports avec d'autres faunes boréales de France. *Mém. Géol. Université Dijon*, 3; VI + 241.
- RADOMAN, P., 1977.- Hydrobiidae auf der Balkanhalbinsel und in Kleinasien. *Arch. Moll.*, 107: 203-223.
- ROBLES, F., 1980.- Los Moluscos del Pleistoceno medio de Aridos-1 (Arganda. Madrid), en SANTONJA et al. (eds.): Ocupaciones Achelenses en el Valle del Jarama. *Dip. Prov. Madrid, Arqueología y Paleoecología*, 1: 81-91.
- SNEATH, P. H. y SOKAL, R. R., 1973.- *Numerical Taxonomy*. 573 ágs. W. H. Freeman Ed.

- SWAIN, F. M., 1970.- *Non-marine Organic Geochemistry*. 445 págs. Cambridge University Press.
- SWAIN, F. M. y PROKOPOVICH, N., 1954.- Stratigraphic distribution of lipid substances in Cedar Creek Bog, Minnesota. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 65: 1183-1189.
- TUFESCO, M., 1969.- Sur la présence de *Trichohyalus aguayoi* (BERMUDEZ) dans la Mer Noire. *Rev. de Micropal.*, 12: 46-52.
- WENZ, W., 1932-1930.- *Gastropoda Extramarina Tertiaria*. Fossilium Catalogus, I. Animalia, pars 17, 30-23, 33, 38, 40, 43, 46. 3.387 págs. Berlín.
- WENZ, W., 1938-1944.- Gastropoda. Allgemeiner part und Prosobranchia, en *Handbuch der Paläozoologie*, 6.1, XII + 1639 págs. Borntraeger ed. Berlín.
- ZILCH, A., 1959-1960.- Gastropoda. Euthyneura, en *Handbuch der Paläozoologie*, 6.2, 834 págs. Berlín.
- ZEISSLER, H., 1969.- Konchylien aus den mittelpleistozänen Illablagerungen von Süssenborn bei Weimar. *Paläont. Abh*, A, 3: 415-461.

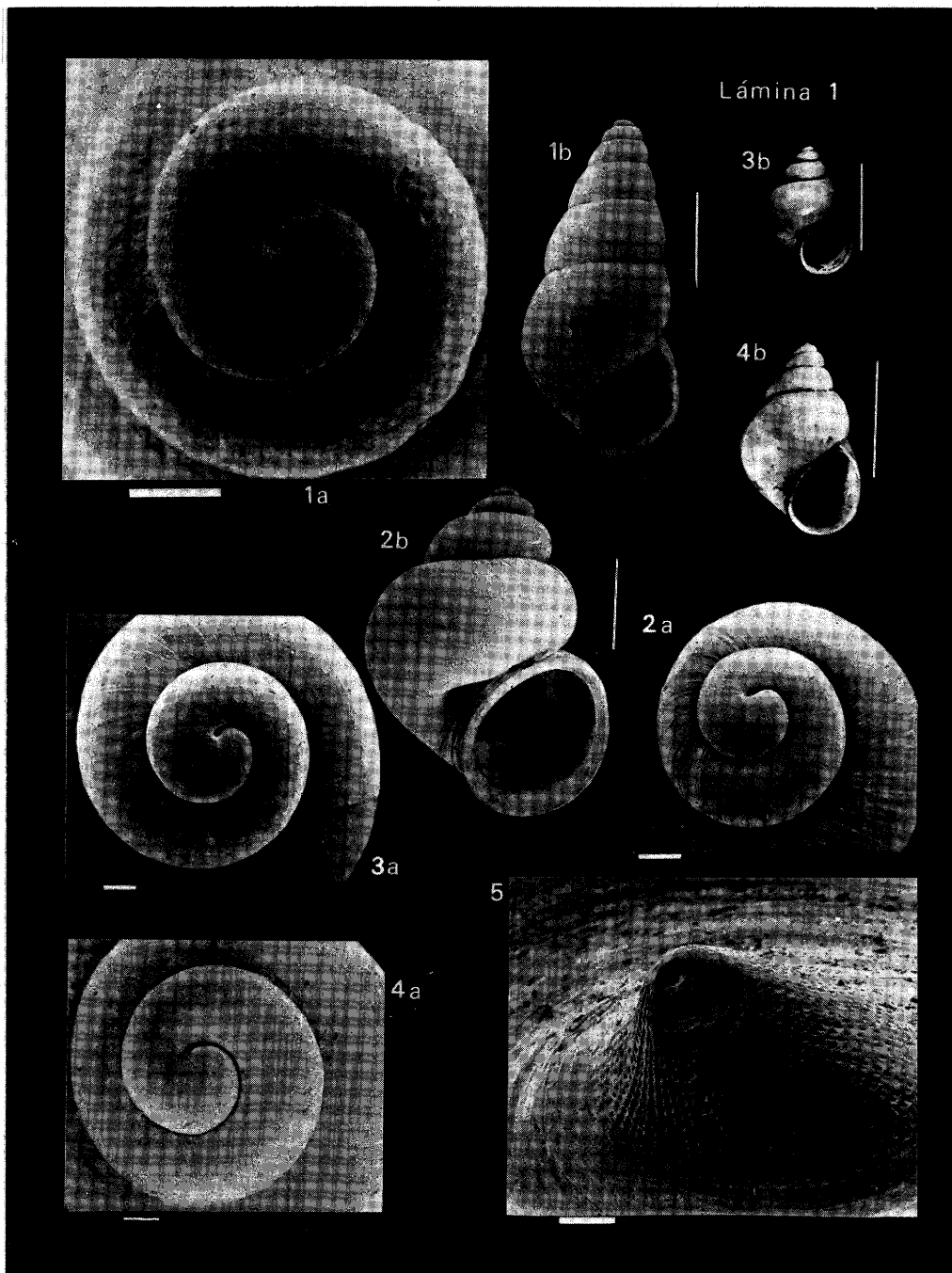


Lámina 1.- Fig. 1: *Hydrobia* *cf.* *acuta* (Drap.). 1a: ápice, foto M.E.B.; 1b: individuo adulto, foto M.E.B.;  
 Fig. 2: *Mercuria confusa* (Frau.). 1a: ápice, foto M.E.B.; 1b: individuo adulto, foto M.E.B.;  
 Fig. 3: *Bithynia leachi* (Shep.). 1a: ápice, foto M.E.B.; 1b: individuo adulto;  
 Fig. 4: *Bithynia tentaculata* (L.). 4a: ápice, foto M.E.B.; 4b: individuo adulto; Fig. 5: *Acroloxus lacustris* (L.). Apice, foto M.E.B. Equivalencia aproximada de las barras: verticales: 1b y 2b: 1 mm.; 3b y 4b: 5 mm.; horizontales: 1a, 2a, y 5: 0.1 mm.; 3a y 4a: 0.2 mm.

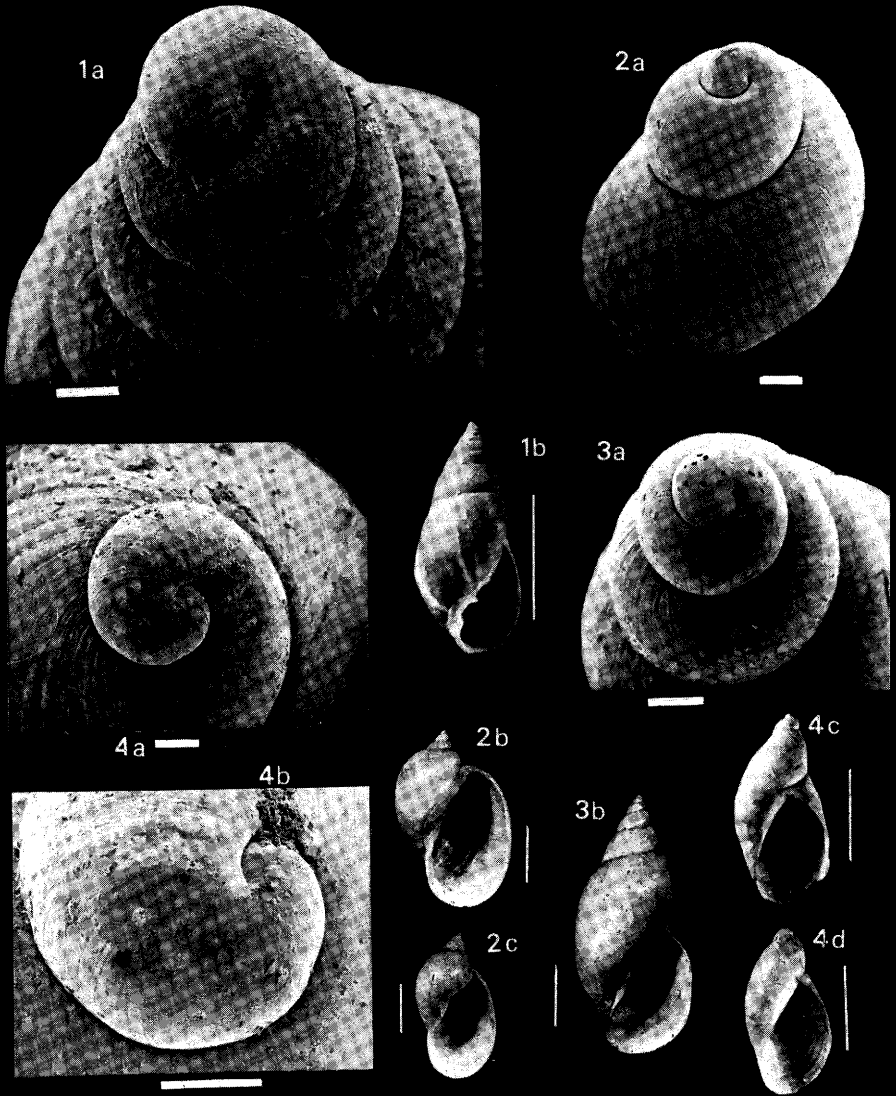


Lámina 2.- Fig. 1: *Ovatella myosotis* (Drap.). 1a: ápice, foto M.E.B.; 1b: individuo adulto.  
 Fig. 2: *Lymnaea peregra* (Mull.). 2a: ápice, foto M.E.B.; 2b y 2c: individuos adultos.  
 Fig. 3: *Lymnaea palustris* (Mull.). 3a: ápice, foto M.E.B.; 3b: individuos adultos.  
 Fig. 4: *Oxyloma elegans* (Irisco.). 4a y 4b: ápice, fotos M.E.B.; 4c: individuo adulto; 4d: individuo juvenil.  
 Equivalencia aproximada de las barras: verticales: 5 mm.; horizontales:  
 1a, 4a, 4b: 0.1 mm.; 2a, 3a: 0.2 mm.



