

# 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>

# 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**

## **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).

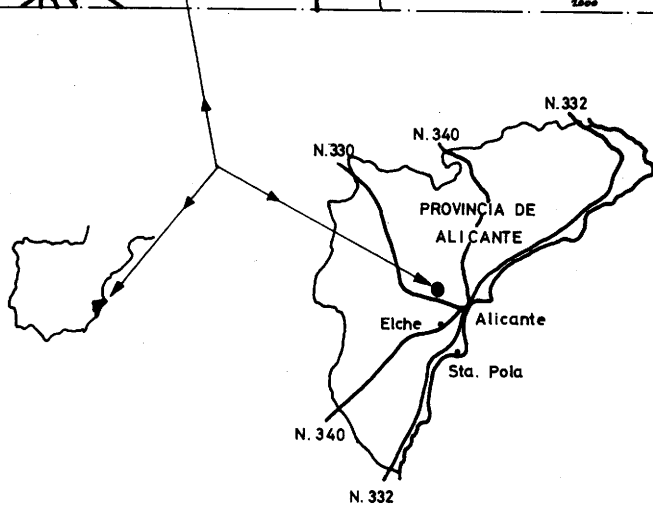
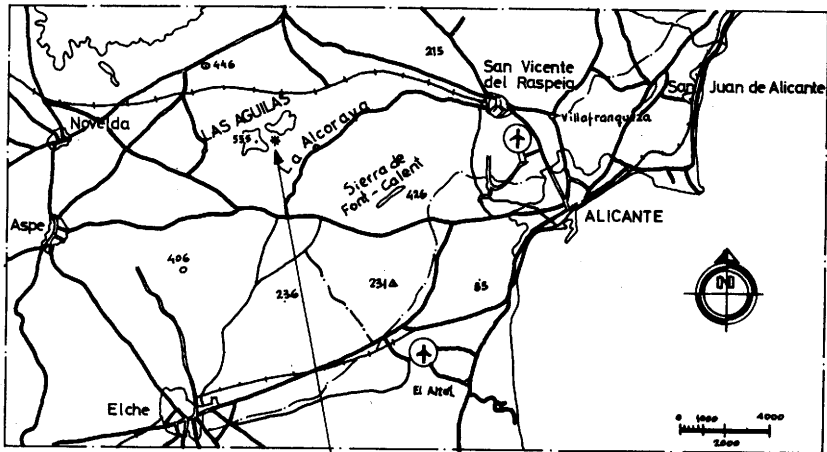


Fig. 1.- Localización geográfica de la sección estudiada



## **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).

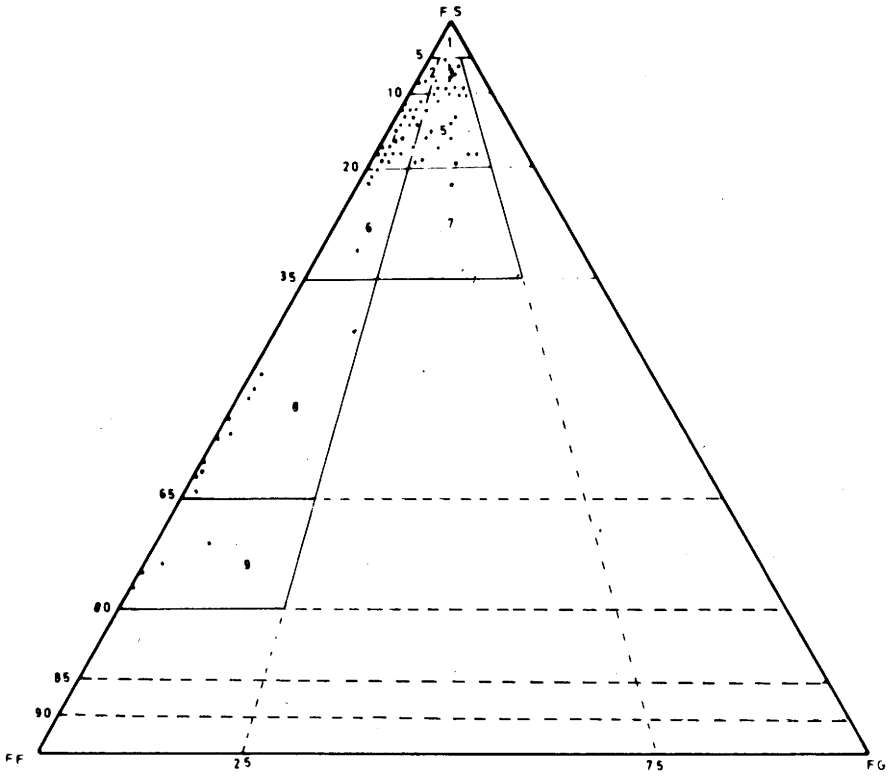


Fig. 2.- Clasificación de las muestras según fracciones. (FS = fracción soluble; FF = fracción fina insoluble; FB = fracción gruesa insoluble)

- 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, constituidos 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	$\bar{x}$ 0.57	59.99	1872.74	404.33	4627.52	397.39	76.78	4937.77	15.33 145872.71
	s 0.51	8.79	1228.01	140.35	1578.89	134.19	17.62	2214.82	8.12 34033.09
1.B	$\bar{x}$ 1.24	15.58	263.26	137.97	4962.45	839.33	133.57	4488.50	11.41 322020.20
	s 1.78	5.66	107.66	46.08	925.97	141.70	25.00	2004.75	3.46 28073.69
2	$\bar{x}$ 3.69	12.41	212.04	44.86	5837.94	947.17	53.16	1579.58	7.19 325608.81
	s 2.02	5.20	20.74	11.22	802.66	166.07	7.14	398.05	1.90 20960.44
3	$\bar{x}$ 5.58	7.31	220.14	68.77	6618.20	403.06	51.81	1597.27	8.43 337705.73
	s 2.71	2.89	31.64	34.22	2092.82	156.41	15.84	665.22	3.08 18111.01
4.C	$\bar{x}$ 4.42	3.19	162.70	28.80	5908.31	189.20	56.16	1541.36	4.84 360056.59
	s 1.16	0.87	26.83	11.37	2492.65	11.22	14.30	407.02	0.57 8166.98
4.D	$\bar{x}$ 3.07	5.87	176.01	35.01	29789.97	173.23	77.78	2231.35	4.98 321148.39
	s 0.57	6.27	12.62	12.42	5458.34	25.79	15.34	552.77	0.39 16833.26
T	$\bar{x}$ 3.19	18.75	516.75	134.97	6736.73	536.68	76.56	2866.73	9.57 300081.26
	s 2.74	20.51	817.61	147.12	5434.88	302.55	36.65	2048.48	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

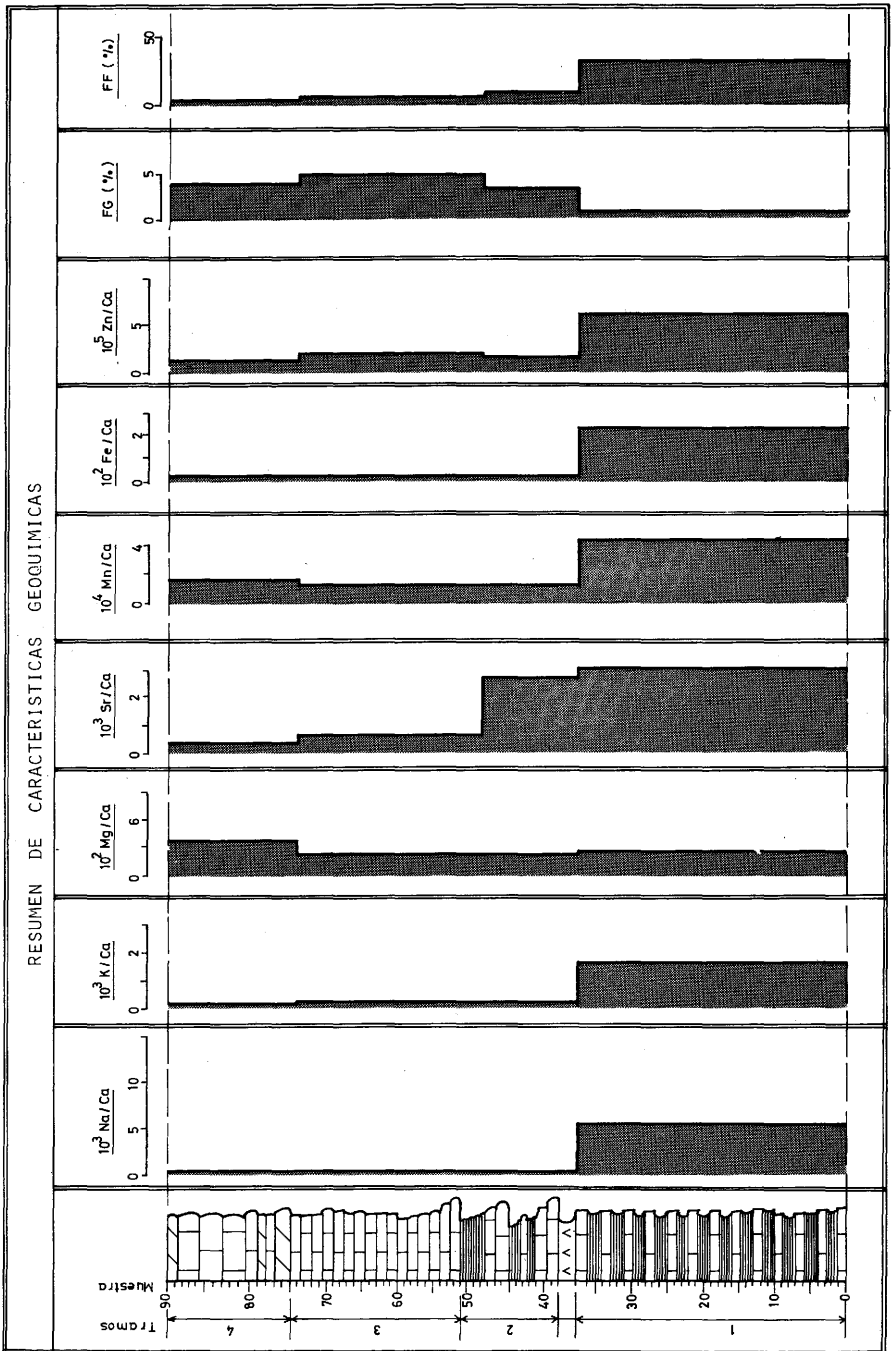


Fig. 3.- Columna de la Sierra de las Aguilas. Variación del contenido medio por tramos de la relación elemento/Calcio.

## **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.

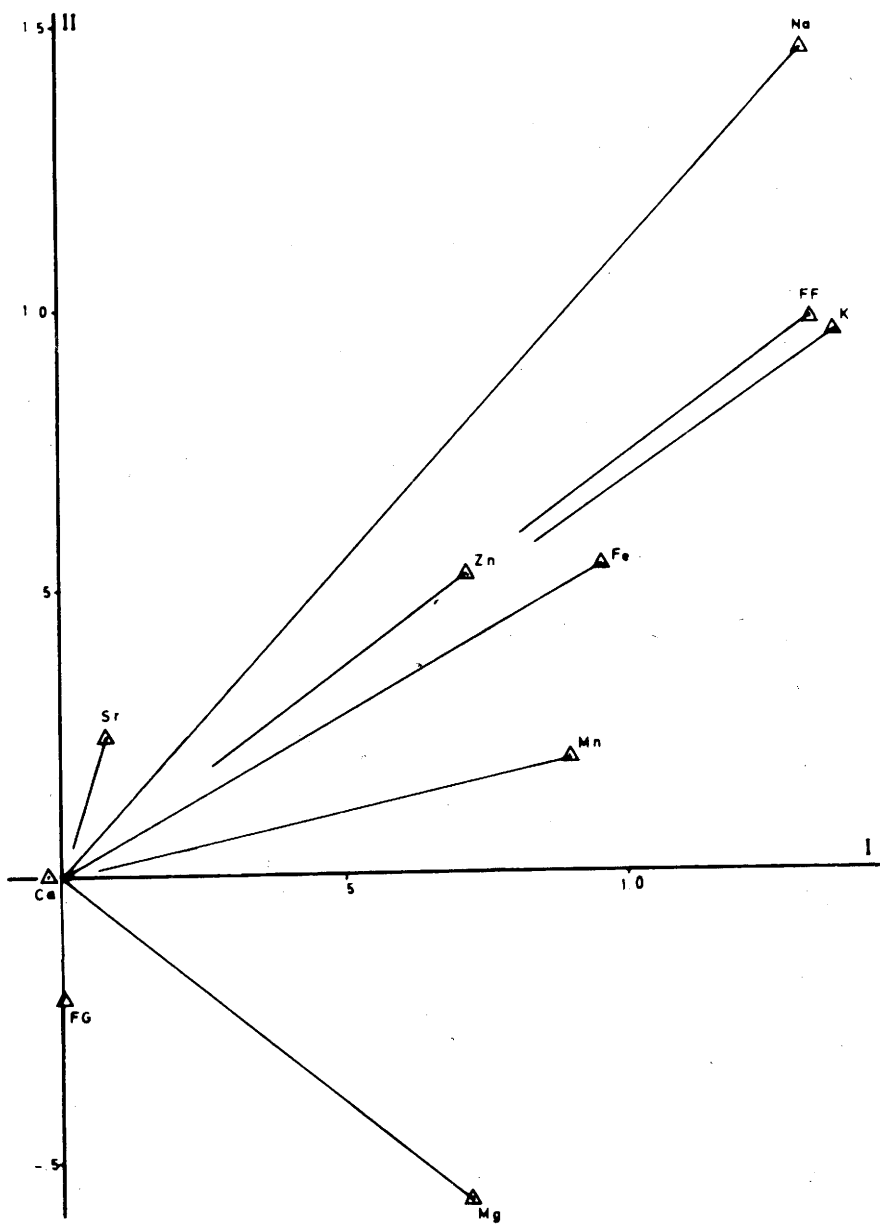


Fig. 4.- Primer análisis de correspondencias. Puntos-variables. Ejes I y II

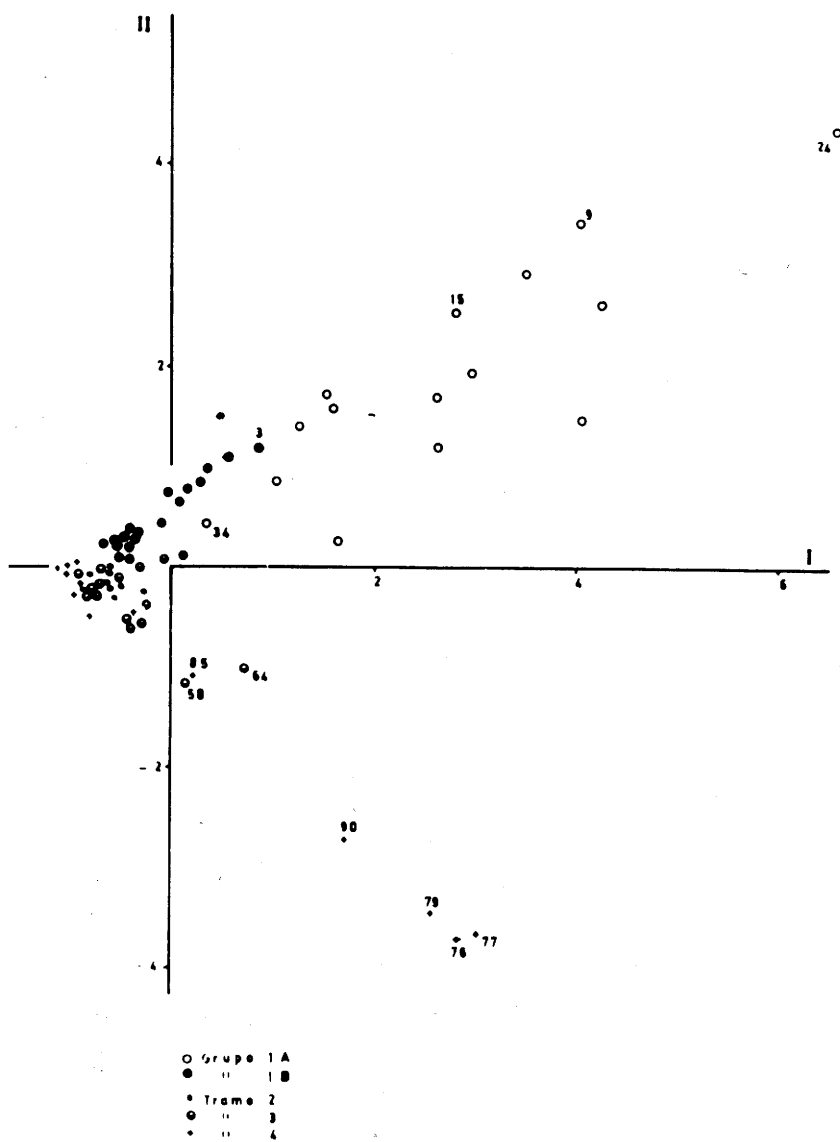


Fig. 5.- Primer análisis de correspondencias. Puntos-observaciones. Ejes I y II



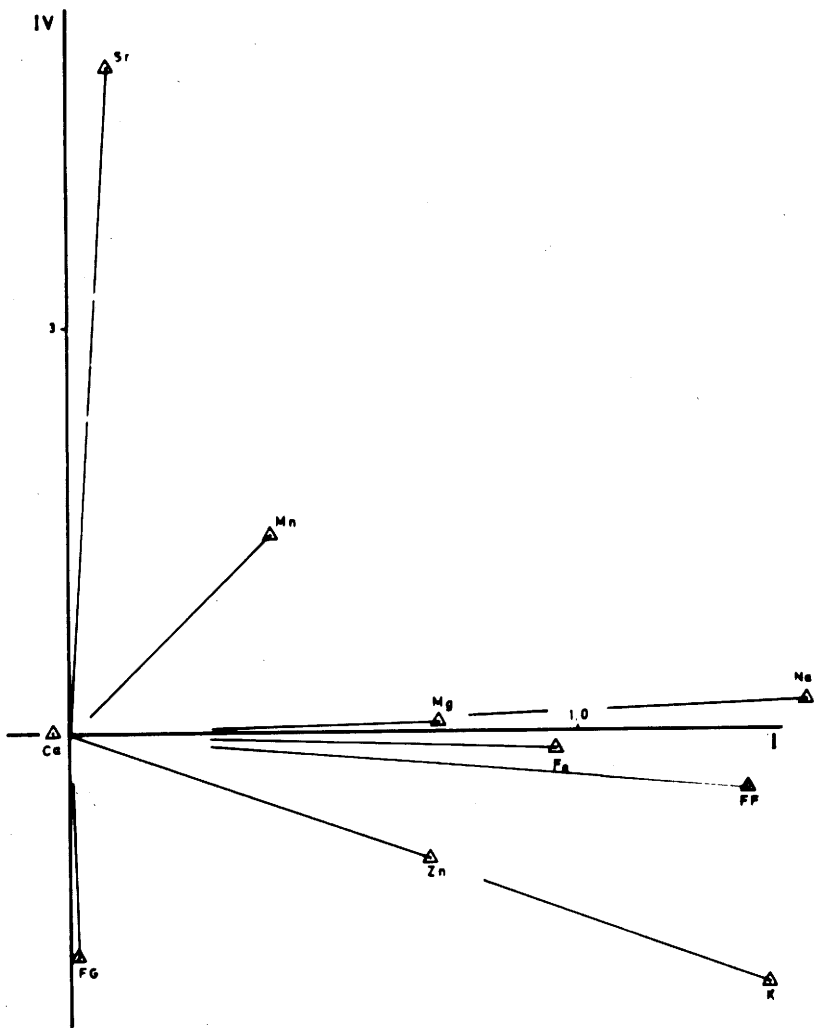


Fig. 6.- Primer análisis de correspondencias. Puntos-variables. Ejes I y IV

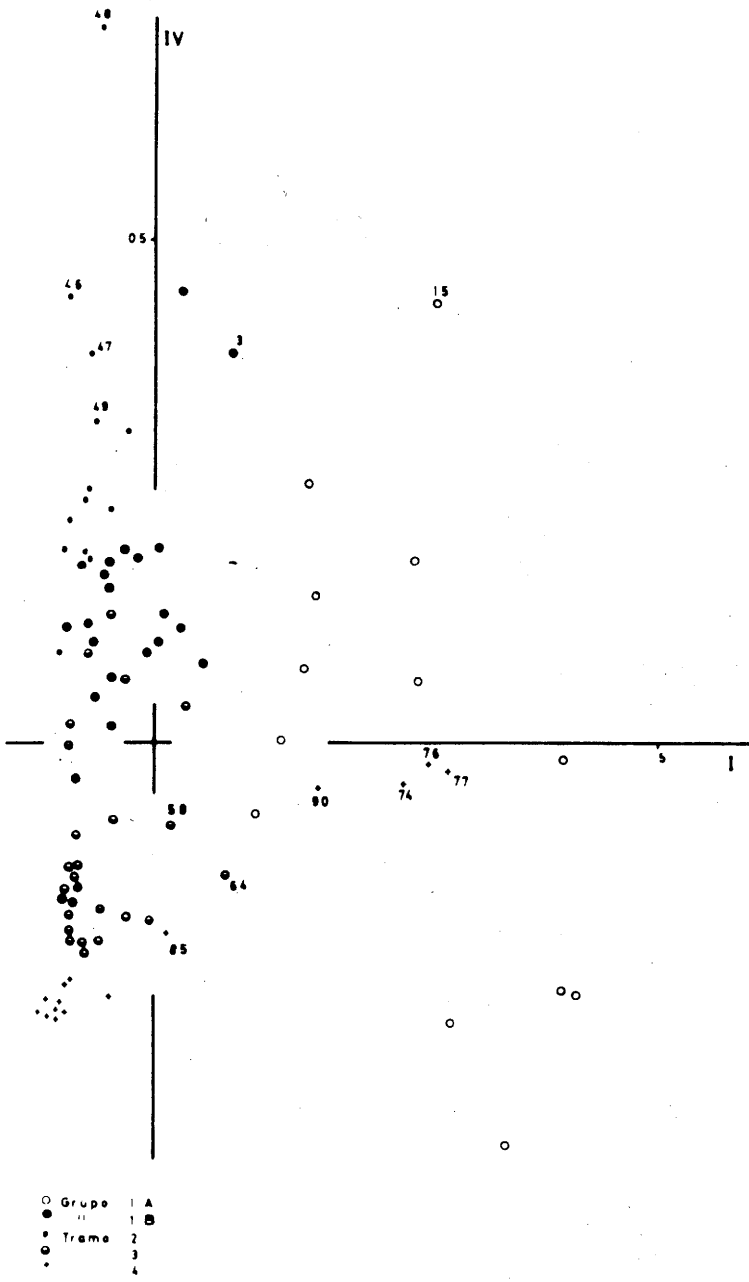


Fig. 7.- Primer análisis de correspondencias. Puntos-observaciones. Ejes I y IV

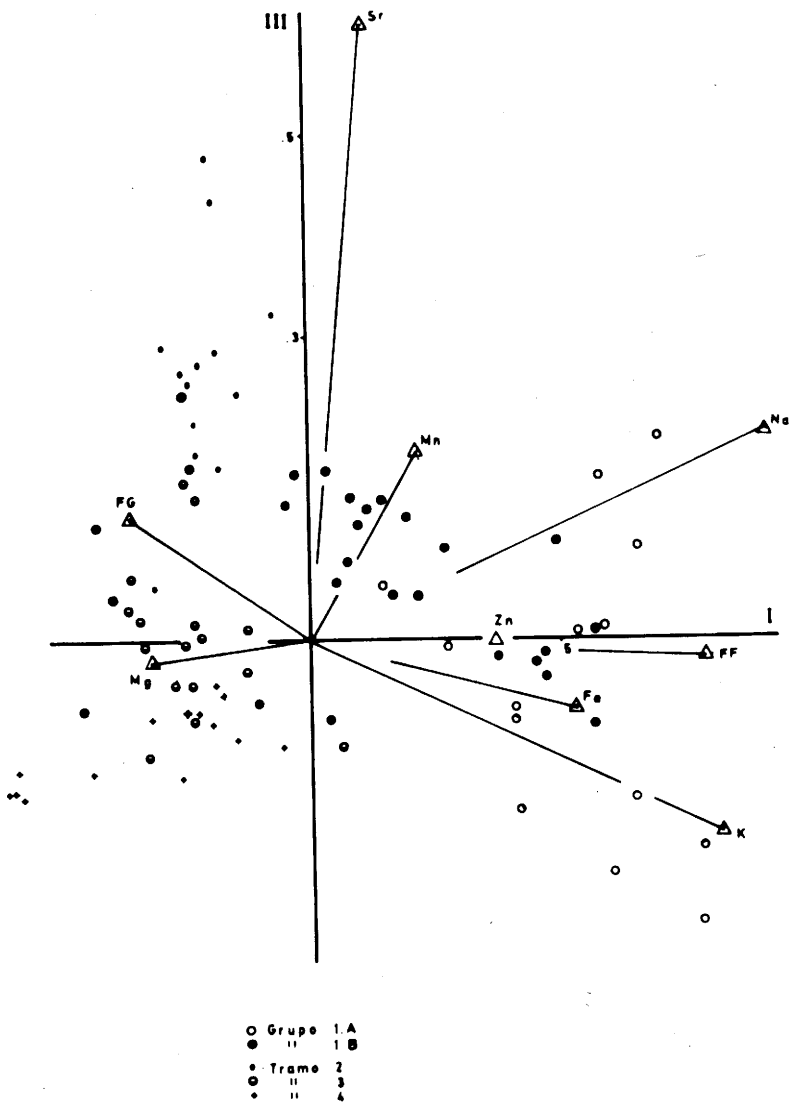


Fig. 8.- Segundo análisis de correspondencias. Ejes I y III

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).

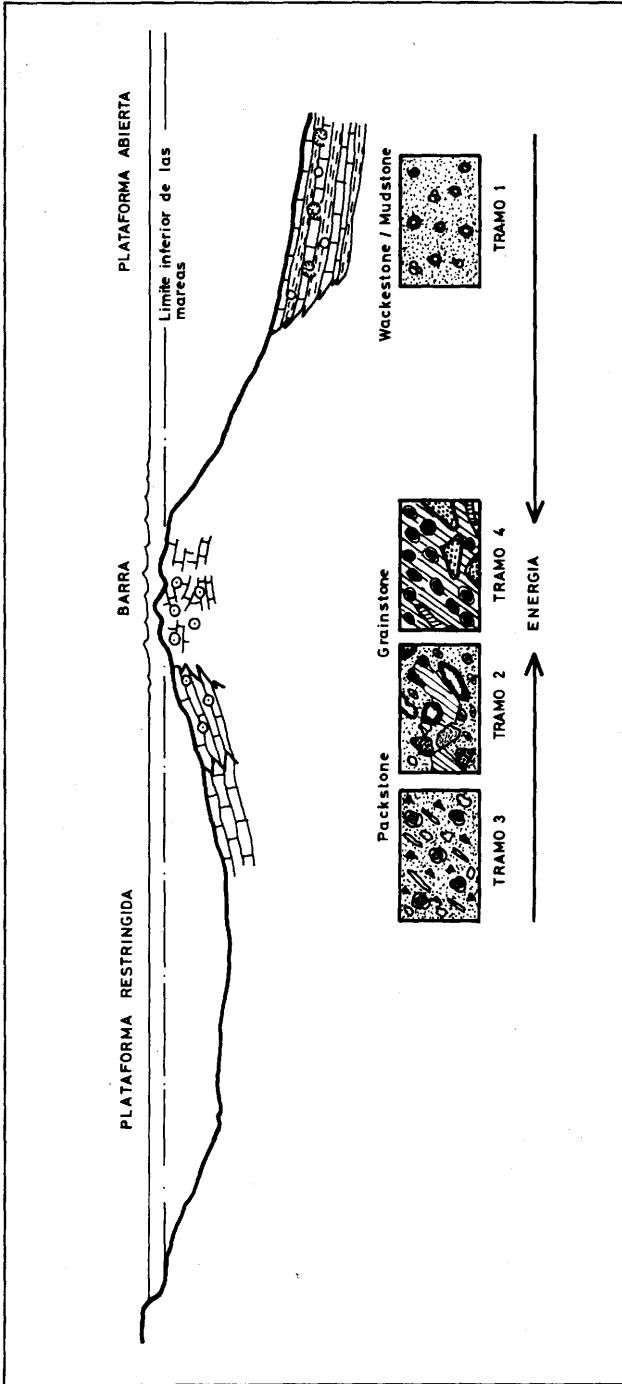


Fig. 9.- Medios de sedimentación de los cuatro tramos de la serie

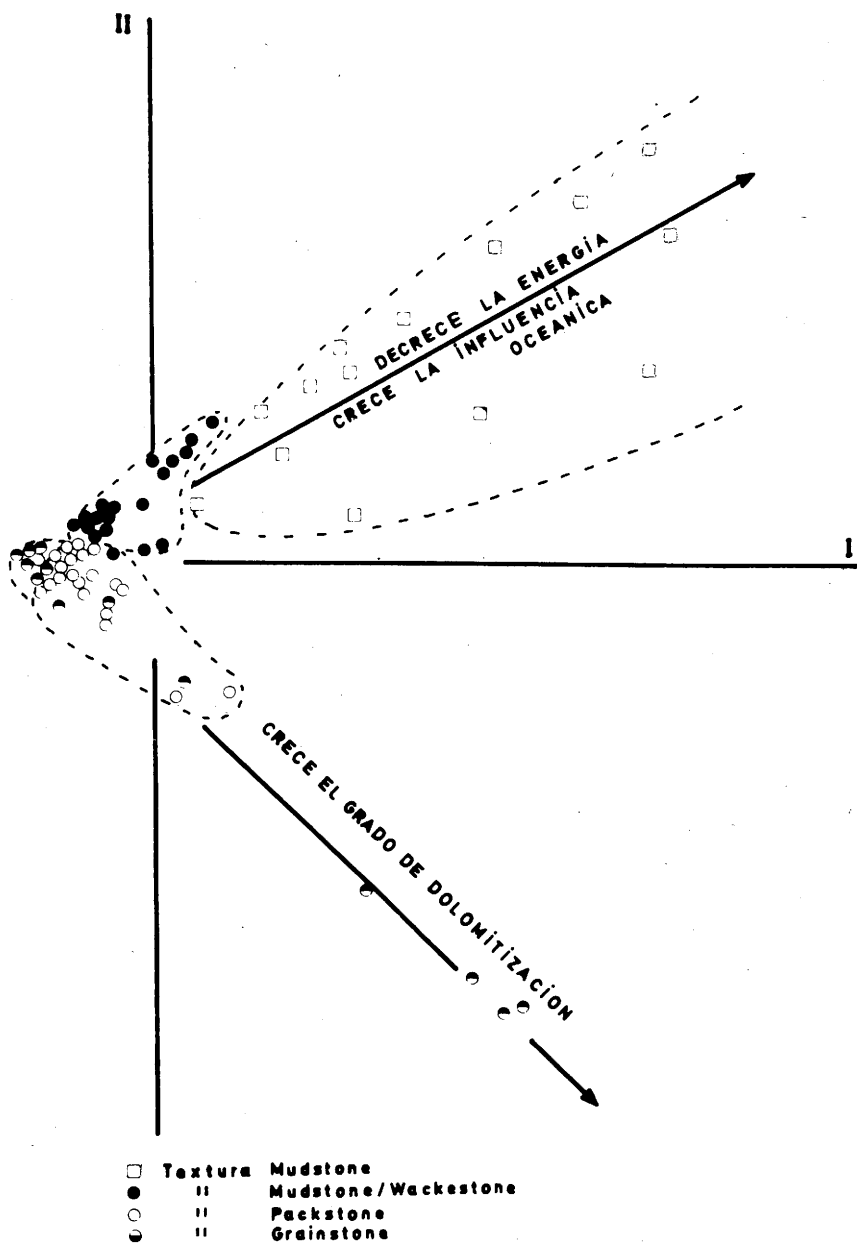


Fig. 10.- Primer análisis de correspondencias. Interpretación de Ejes I y II

## **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**

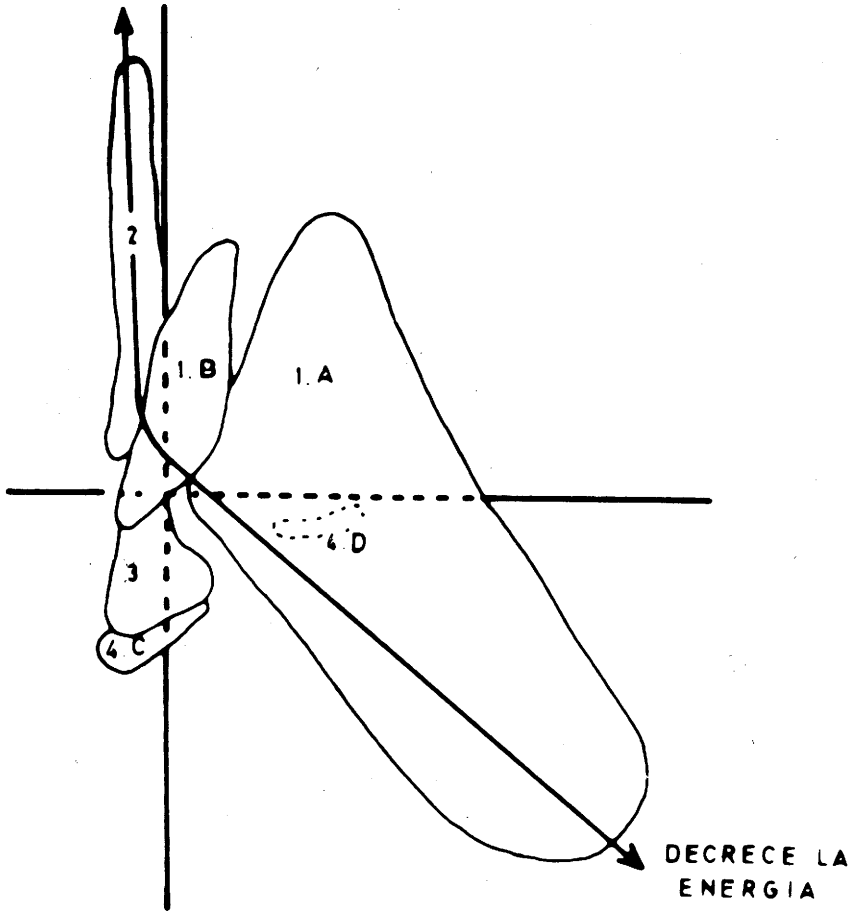
Encontramos altas concentraciones de Sr en medios hipersalinos (con predominio de aragonito de alto Estroccio) o de aguas profundas, tales como el tramo 1, y bajas concentraciones de Sr en medios litorales, neríticos y batiales superficiales, tales como el tramo 4, en concordancia con las observaciones 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)

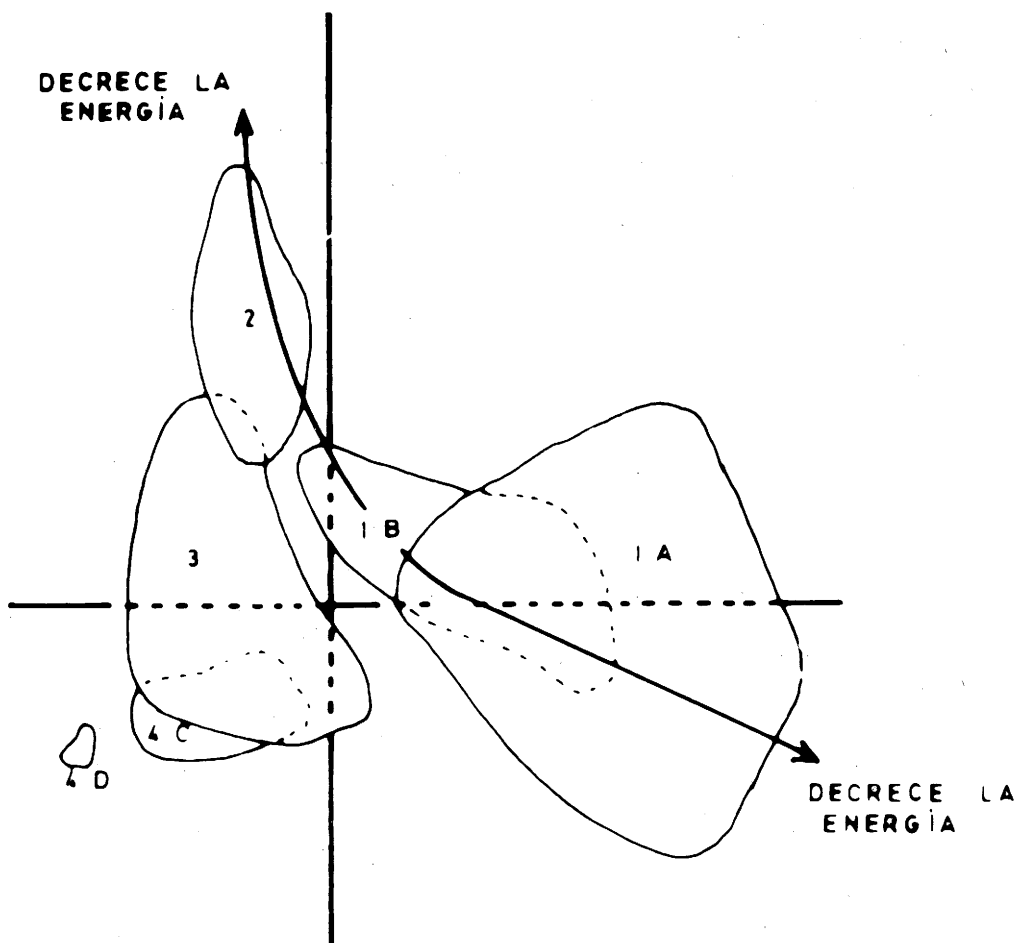


Fig. 12.- Segundo análisis de correspondencias. Interpretación de ejes I y III (1 A, 1 B, 2, 3, 4 C, y 4 D; tramos de la serie)

## 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  $\text{Fe}^{+2}$  como  $\text{S}_2\text{Fe}$  (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  $\text{FeCO}_3$  debida al predominio del aragonito, se ve compensada por la precipitación del Hierro como  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 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  $\text{Zn}^{+2}$  ( $r_i = 0.74 \text{ \AA}$ ) sustituye al  $\text{Ca}^{+2}$  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  $\text{Zn}^{+2}$  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.