

MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS

Número 1

*

Enero 1983

SUMARIO

	<u>Página</u>
CARLOS AUERNHEIMER	
El Estroncio como indicador de Paleoambientes Sedimentarios	3
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)	31
R. SOLER y JOSE, W. MARTINEZ DEL OLMO, A. G. MEGIAS y J. A. ABEGER MONTEAGUDO	
Rasgos básicos del Neógeno del Mediterráneo Español	71
A. G. MEGIAS, G. LERET, W. MARTINEZ DEL OLMO y R. SOLER	
La Sedimentación Neógena en las Béticas: Análisis Tectosedimentario	83
MIGUEL ANGEL COLLADO y FERNANDO ROBLES	
Estudio de las Asociaciones de Moluscos de la Turbera Holocena de Torreblanca (Castellón) ..	105

MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS

Número 1

*

Enero 1983

SUMARIO

	<u>Página</u>
CARLOS AUERNHEIMER	
El Estroncio como indicador de Paleoambientes Sedimentarios	3
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)	31
R. SOLER y JOSE, W. MARTINEZ DEL OLMO, A. G. MEGIAS y J. A. ABEGER MONTEAGUDO	
Rasgos básicos del Neógeno del Mediterráneo Español	71
A. G. MEGIAS, G. LERET, W. MARTINEZ DEL OLMO y R. SOLER	
La Sedimentación Neógena en las Béticas: Análisis Tectosedimentario	83
MIGUEL ANGEL COLLADO y FERNANDO ROBLES	
Estudio de las Asociaciones de Moluscos de la Turbera Holocena de Torreblanca (Castellón) ..	105

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 ⁽¹⁾

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 Lorenz 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.

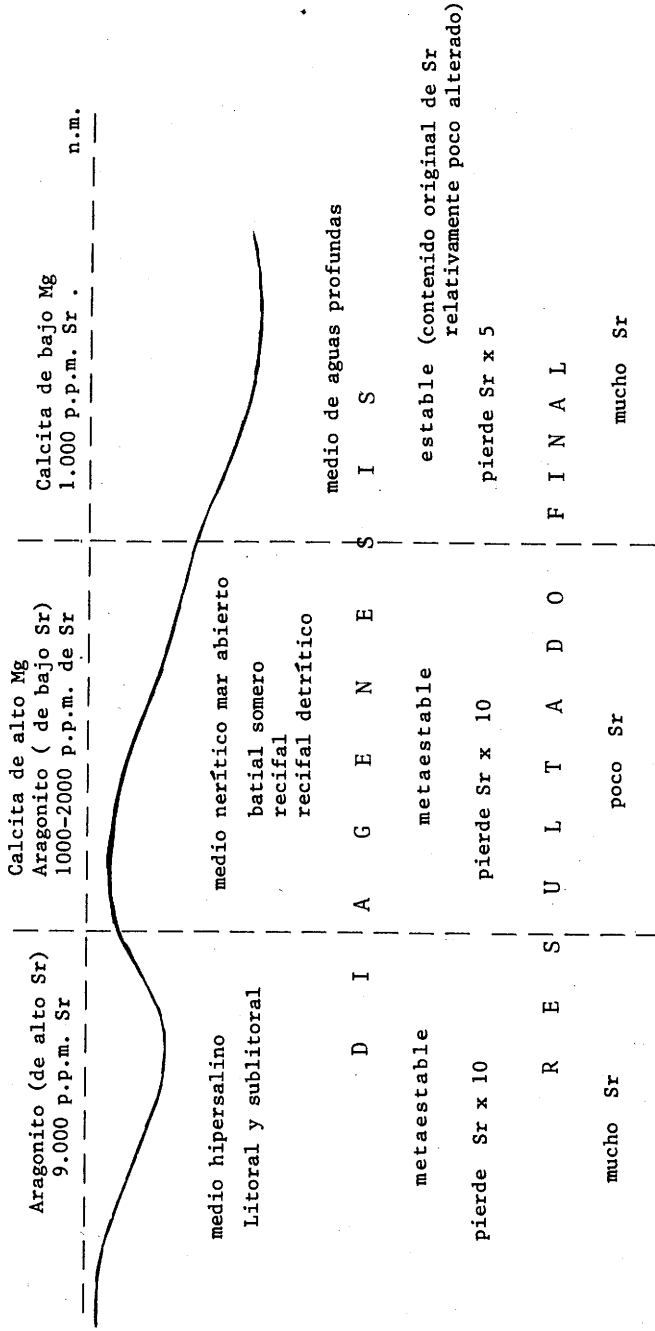


Fig. 1.- Hipótesis de Veizer 1977, de pérdidas de Estroncio, debido a la diagénesis

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	Atenuación	Potencia m.	Núm. muestras	Litología	Aloquímicos principales	FACIES Nº		
CAPRALA	S	S-II			21	4	Micrita fosilifera-agregados s.c. fuertem. lutítica (intercalaciones de yeso).	Foram. planctónicos, agregados y espículas	1 A		
		S-I			36	7	Micrita foliífera s.c. fuert. lutítica	Foram. planctónicos	1 B		
	C	C-III	C-III b	C-III a (a)	1.5	1	Litoesparudita media	Foram. planctónicos	Algas, briozoos, equinodermos Briozoos. equinodermos	4	
			C-III a	C-III a (b)	61.5	9	Biomcrita muy fina fuert. terrígena Alternancia de (a) con algunas capas de (b)	Foram. planctónicos			
		C-II	C-II b			9	3	Bioesparita gruesa terrígena			
			C-II a			50	10	Bioesparita media débilm. terrígena	Equinodermos, algas	7	
			C-I c			52.5	9	Bioesparudita fina	Briozoos	4	
			C-I b			34	7	Bioesparita gruesa débilm. terrígena	Algas, Foram. bentónicos	4	
		L	C-I	C-I a		2.5	1	Bioesparita fina terrígena	Briozoos		
						219	14	Micrita fosilifera s.c. fuert. lutítica	Espículas, foram. planctónicos	1 B	
						100.5	7	Packed Biomicrita fina débilm. lutítica	Foram. planctónicos	2	
		G	G-III	G-III b			5	Sparse Biomicrita fina	Foram. planctónicos	Algas, foram. bentónicos Algas, equinodermos	7
					G-III a (a)	55.75	4	Alternancia de (a) con delgadas intercalaciones de (b)			
	G-II		G-II a		G-III a (b)	39	4	Bioesparita media-rudita fina			
						75	6	Bioesparita (pobrem. lavada) media-gruesa			
			G-II b			176.5	17	Packed Biomicrita media Bioesparita gruesa	Algas, equinodermos 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	3		
					7	7	Sparse Agregado-Biomicrita s.c. muy fuertemente lutifica	Foram. planctónicos	1 B		
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	7	Alternancia de (b) con algunas capas de (a) Sparse Biomicrita fina fuert. lutifica	Foram. planctónicos y agregados	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	Briozoos, equinodermo	4
		B-II			57.2	12	Bioesparudita fina	Briozoos, equinodermos	4
		B-I			19	3	Bio-Litoesparudita media (débilm. terrig.)	Briozoos, pelecipodos	
	E	E-I			25	12	Micrita Agregado-fosilífera 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 microespartal fina débilm. lutítica	Foram. planctónicos	2
		H-I			53.5	11	Biomicrita la microespartal media lutít.	Foram. planctónicos	2
		K-I			30	1	Micrita fosilífera fina s.c. fuertemente lutítica	Foram. planctónicos	
MONTEALEGRE	J	J-II	J-II b		27.5	5	Bioesparudita fina fuertem. arenosa	Equinodermos, briozoos	6
			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 ³ Sr Ca		
	α	σ	α	σ	α	σ	α	σ	
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).

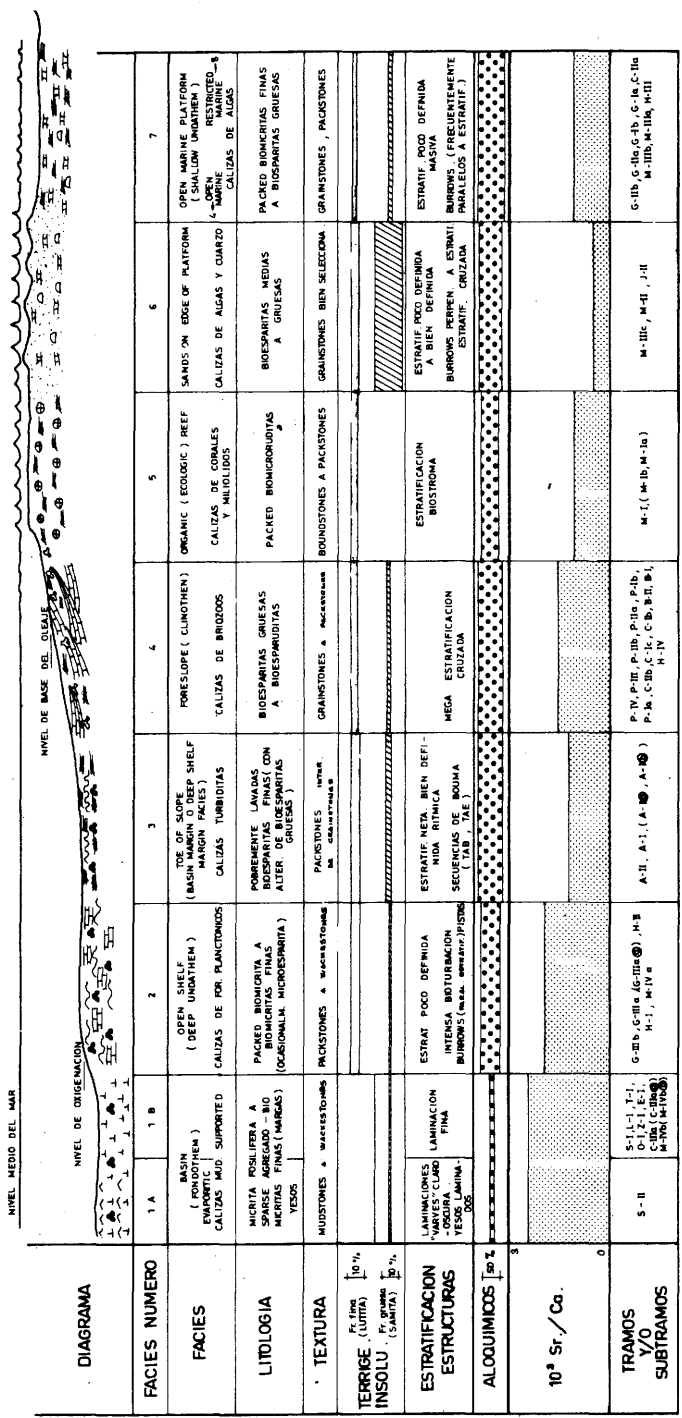


Fig. 2.- Cuadro de facies del Mioceno Medio de Elda-Petrel

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	$10^3\text{Sr}/\text{Ca}$
SERIE UMBRIA				
UNIDAD M				
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

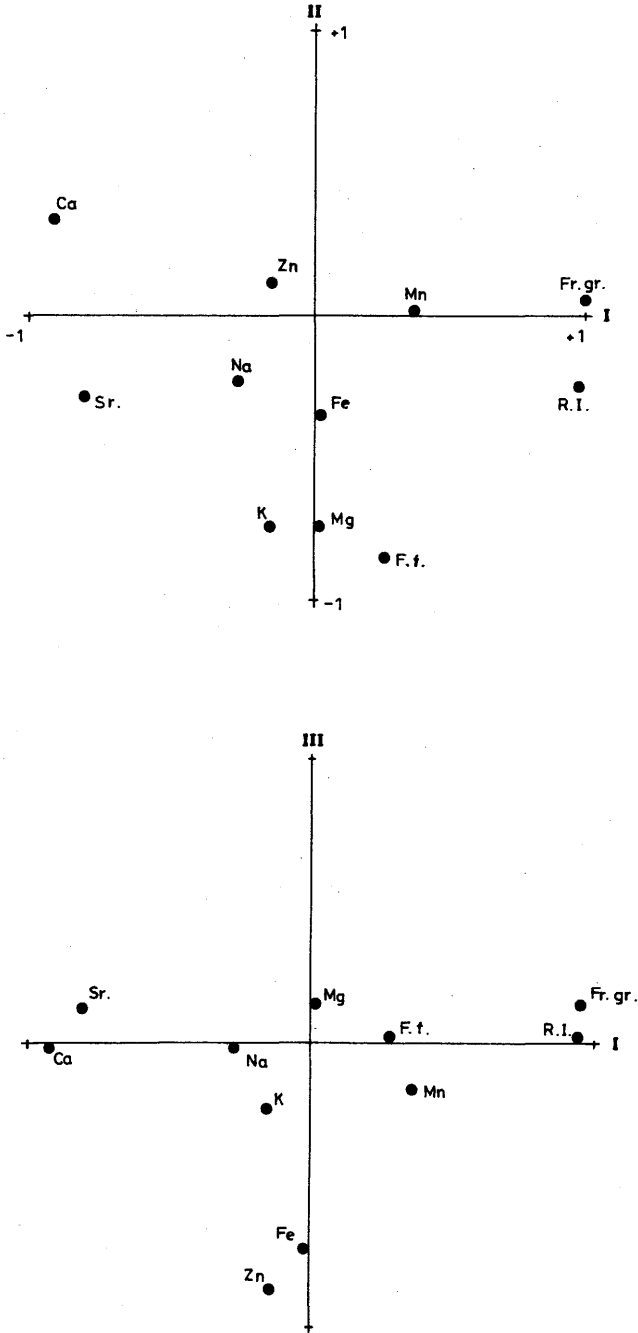


Fig. 3.- Análisis factorial de la Unidad M de la Serie de la Umbría.
Matriz rotada. Variables 11. Número de muestras 81

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

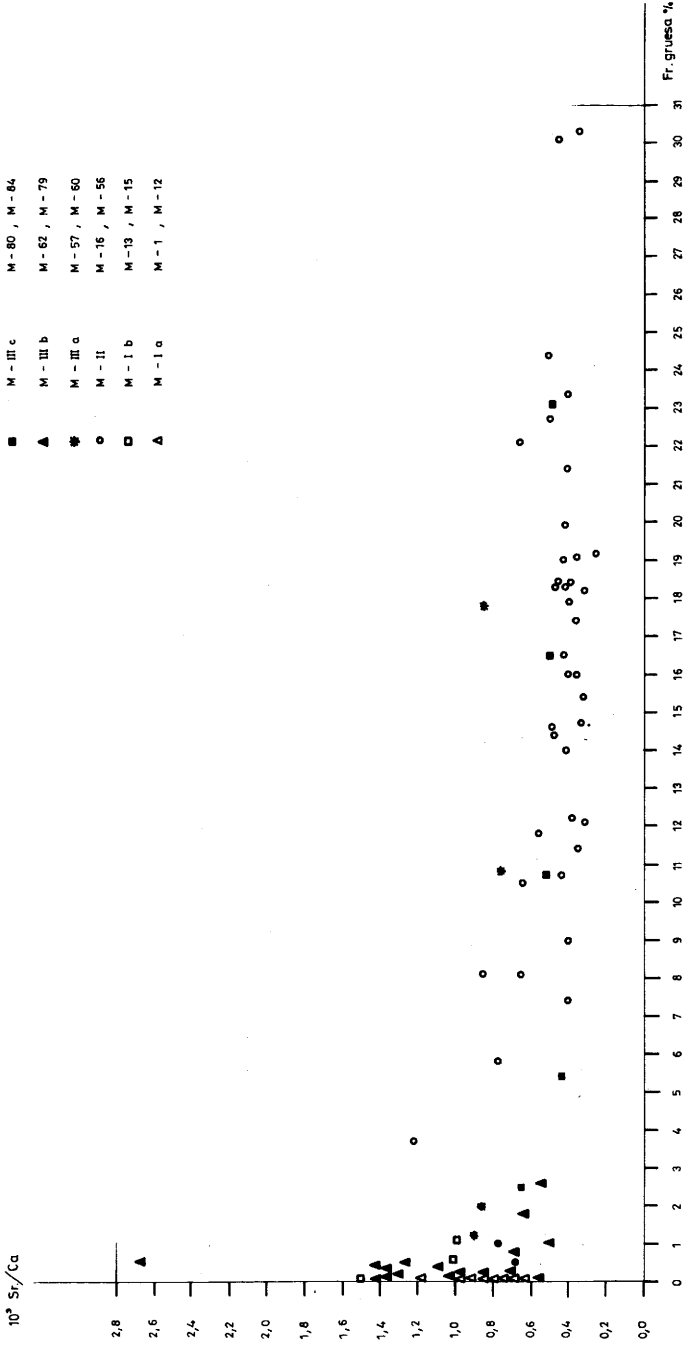


Fig. 4.- Serie Umbría. Unidad M. 10^3 Sr/Ca - Fr. gruesa %.
Total muestras. $r = -0,63$ $p < 0,001$.

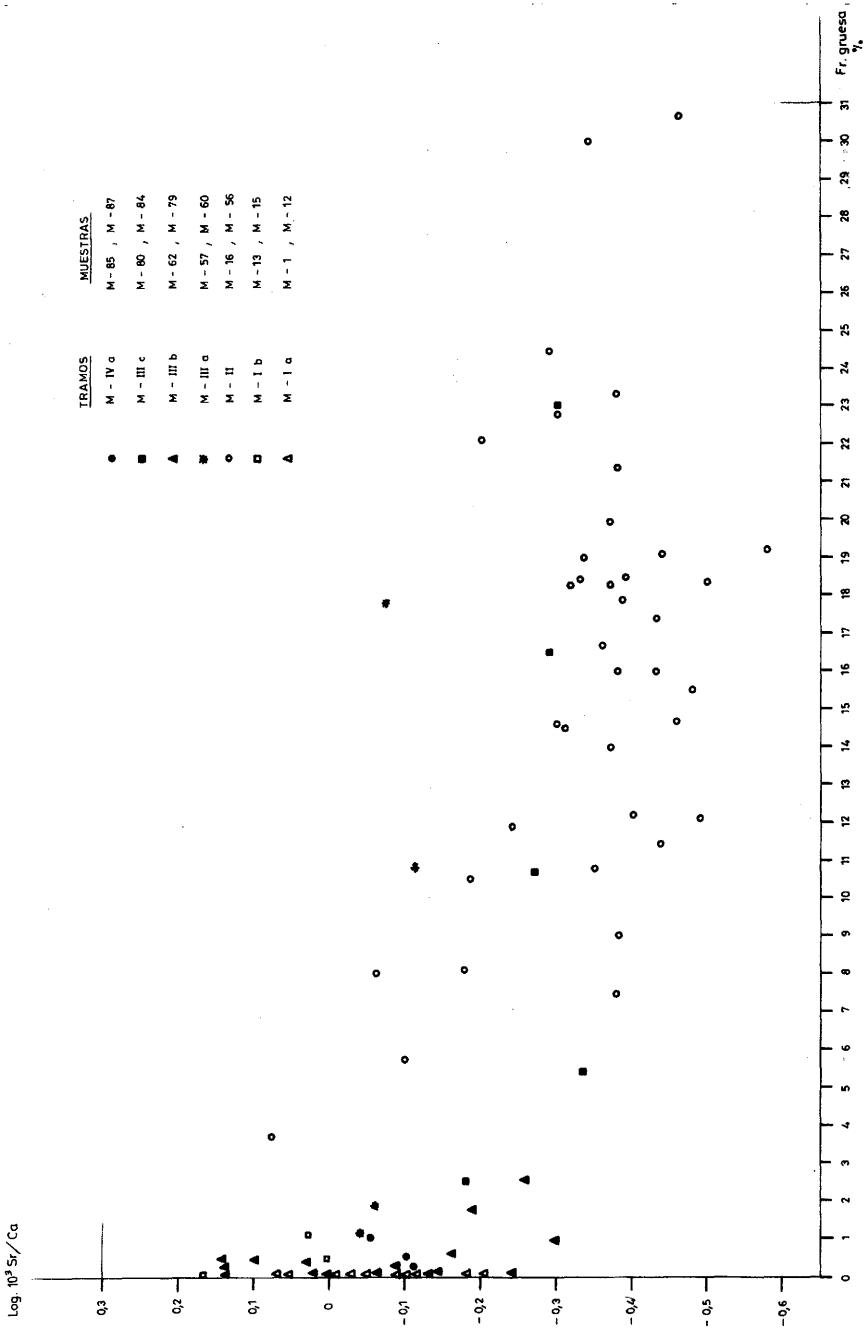


Fig. 5.- Serie Umbría. Unidad M. Log. 10³Sr/Ca - Fr. gruesa %.
Total 81 muestras. r = -0,74.

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 ± 7.31 de fracción gruesa y 4.98 ± 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., RONO, 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.