

Criterios geoquímicos de correlación y posible área fuente de las pelitas del Precámbrico superior-Cámbrico inferior de la Zona Centro-Ibérica (Macizo Ibérico, España)

I. VALLADARES, J. M. UGIDOS Y C. RECIO

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008 SALAMANCA

Resumen.—Se han obtenido datos químicos en pelitas de la Serie Inferior (Precámbrico superior) y de la Serie Superior (Cámbrico inferior) en los dominios centrales de la Zona Centro Ibérica (N de Cáceres-S de Salamanca), con el fin de proponer criterios geoquímicos cuantitativos y cualitativos de correlación. Las pelitas del Precámbrico superior muestran caracteres geoquímicos (bajo CaO: 0,47; Al_2O_3/Na_2O : 8,71; correlación $Al_2O_3-K_2O$: $r=0,958$) que son compatibles con la procedencia de un área fuente químicamente madura, excluyendo por tanto, la contribución directa de composiciones andesíticas/basálticas a los sedimentos. En las pelitas del Cámbrico inferior los valores de K_2O , Rb, Sr, Ba, Be, La, Th, ΣETR y $\Sigma ETRL/\Sigma ETRP$ son más altos que en las del Precámbrico superior. Esto indica un aumento de aporte de composiciones graníticas a las del Cámbrico inferior, al mismo tiempo que excluye un área fuente rica en rocas ígneas básicas. Por otro lado, las bajas relaciones Th/Sc y las altas relaciones La/Th indican una participación importante de composiciones máficas/ultramáficas en la génesis de estas rocas sedimentarias. Estos caracteres se consideran heredados, por reciclado “carnibalístico”, de sedimentos previos y preservados al menos desde el Proterozoico inferior o edades anteriores. Se sugiere que ambos grupos de pelitas se depositaron en un margen sin vulcanismo significativo y que su área fuente pudo ser el cratón del Oeste de África.

Palabras clave: pelitas, geoquímica, correlación, Precámbrico superior, Cámbrico inferior, Zona Centro Ibérica.

Abstrac.—Upper Precambrian shales show geochemical characteristics (low CaO: 0,47; Al_2O_3/Na_2O : 8,71; correlation $Al_2O_3-K_2O$: $r=0,958$) that are compatible with their derivation from a chemically mature source area, therefore excluding the direct contribution of andesitic/basaltic compositions to the sediments. The K_2O , Rb, Sr, Ba, Be, La, Th and ΣREE and the $\Sigma LREE/\Sigma HREE$ ratios are higher in Lower Cambrian shales than in those of Precambrian age. This indicates an increased contribution of granitic compositions to the Lower Cambrian shales, at the same time that excludes a source area rich in basic igneous rocks. On the other hand, the low Th/Sc and high La/Th ratios indicate an important participation of mafic/ultramafic compositions in generating these sediments. These characteristics are considered as inherited by cannibalistic recycling from previous sediments, and preserved at least since Lower Proterozoic times or even before. It is suggested that both groups of shales were deposited in a margin lacking significant vulcanism and their source area might have been the W Africa craton. Qualitative (positive correlations: SiO_2-Zr , $Al_2O_3-K_2O$, $Al_2O_3-TiO_2$, $Al_2O_3-Fe_2O_3+MgO$ in Upper Precambrian shales; negative correlation: (La/Yb)N-Zr in Lower Cambrian shales) and quantitative (higher contents in large-ion lithophile elements above referred to; higher Rb/Zr, (La/Yb)N, (Gd/Yb)N, Th/Yb, La/Sc and Th/Sc ratios in Lower Cambrian shales) geochemical criteria are proposed as a guide for correlating the Upper Precambrian and Lower Cambrian sediments in other areas of the Central Iberian Zone.

Key words: shales, geochemistry, correlation, Upper Precambrian, Lower Cambrian, Central Iberian Zone.

Valladares, I., Ugidos, J. M. y Recio, C. (1993): Criterios geoquímicos de correlación y posible área fuente de las pelitas del Precámbrico superior-Cámbrico inferior de la Zona Centro Ibérica (Macizo Ibérico, España). *Rev. Soc. Geol. España*, 6: 37-45

Los datos químicos de rocas sedimentarias de grano fino han mostrado ser una herramienta importante para el estudio tanto de la procedencia de los sedimentos como de variaciones en los procesos de reciclado sedimentario. Los

elementos de las tierras raras (ETR) y otros como Th y Sc son transferidos sin variaciones cuantitativas significativas a los sedimentos clásticos, por lo que proporcionan información sobre la fuente ya que, además, sus contenidos no

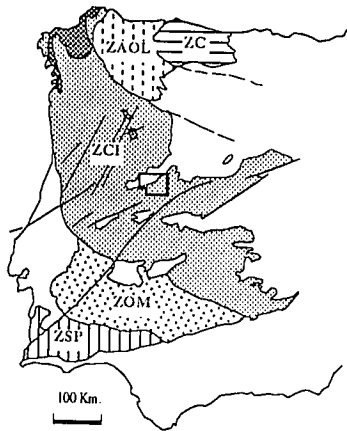


Fig. 1.—División en Zonas del Macizo Ibérico según Julivert *et al.* (1972) y situación del área estudiada. ZC: Zona Cantábrica, ZAOL: Zona Astur Occidental Leonesa, ZCI: Zona Centro Ibérica, ZOM: Zona Ossa Morena y ZSP: Zona Sur Portuguesa.

son afectados durante la diagénesis y el metamorfismo (véase, por ejemplo, Taylor y McLennan, 1985; McLennan, 1989; McLennan *et al.*, 1990; Veizer y Jansen, 1979, 1985). Las conclusiones más importantes obtenidas de este tipo de estudios han sido: a) la determinación de un notable cambio químico en la transición Arcaico-Proterozoico; b) la tendencia a aumentar el contenido en ETR a lo largo del tiempo en sedimentos clásticos debido al fraccionamiento de la corteza vía magmatismo granítico, y c) el carácter predominantemente “canibalístico” de los ciclos sedimentarios.

El término pelita se utiliza con preferencia al de pizarra ya que en muchas de las muestras analizadas no se observa estructura pizarrosa. Por tanto, aunque regionalmente se utiliza con frecuencia el término pizarra, se considera en este caso es más apropiado el de pelita.

La escasez de datos geoquímicos procedentes de rocas sedimentarias de la Zona Centro Ibérica y la posible utilidad de los mismos en áreas de gran extensión en las que resulta difícil establecer correlaciones precisas por métodos tradicionales, ha motivado el planteamiento del presente trabajo con las siguientes finalidades; a) aportar da-

tos químicos de pelitas del Precámbrico superior y del Cámbrico inferior de la Zona Centro Ibérica; b) establecer posibles diferencias entre la composición de pelitas precámbricas y cámbricas separadas por discordancia, de acuerdo con los datos tectónicos y de campo; c) definir posibles criterios geoquímicos de correlación estratigráfica, y d) considerar las características de la posible área fuente de estos sedimentos.

Estratigrafía

En la Zona Centro Ibérica (Fig. 1) (Julivert *et al.*, 1972), cuyo límite sur ha sido redefinido recientemente (Díez Balda *et al.*, 1990 b), los materiales del Precámbrico superior-Cámbrico inferior ocupan una gran extensión y se incluyeron durante mucho tiempo bajo la denominación de “Complejo Esquisto Grauváquico”. En la mitad sur de la provincia de Salamanca y norte de la de Cáceres (Fig. 2), Robles y Alvarez Nava (1988), Nozal y Robles (1988) y Martín Herrero (1989) dividieron el “Complejo Esquisto Grauváquico” en tres Series (Inferior, Media y Superior) separadas por discordancias que correlacionaron con los Grupos Domo Extremeño, Ibor y Valdelacasa de los Montes de Toledo (Alvarez Nava *et al.*, 1988). La Serie Inferior (en adelante, SI), está constituida por una alternancia de areniscas y pizarras con características turbidíticas que contiene intercalaciones de niveles conglomeráticos y tramos detríticos desorganizados. Esta Serie tiene un espesor mínimo de 6000-7000 m (Díez Balda *et al.*, 1990 a; San José *et al.*, 1990) y ha sido correlacionada con el Grupo Domo Extremeño de edad Rifeense superior (Robles y Alvarez Nava, 1988; Martín Herrero, 1989) y con el Alcudiense inferior (Peláez *et al.*, 1989). La SI ocupa la mayor extensión geográfica al norte de la provincia de Cáceres, mientras que hacia el NE, ya en la provincia de Salamanca no aparece (Díez Balda *et al.*, 1990 a).

Discordante sobre la anterior se encuentra la Serie Media. Generalmente, no aparece completa e incluso puede llegar a faltar, de manera que su distribución geográfica esta restringida al suroeste de la provincia de Salamanca

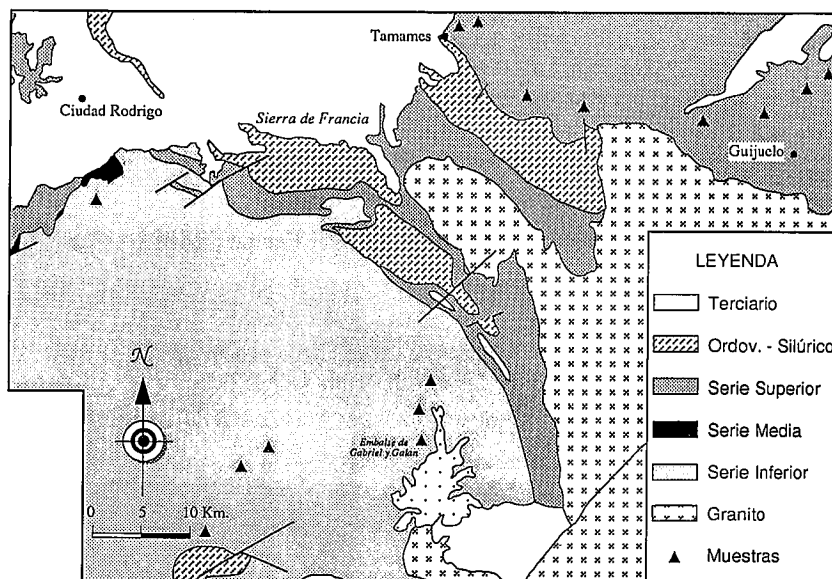


Fig. 2.—Esquema geológico de la región estudiada, modificado de las Hojas del Mapa geológico de España E 1:50.000, MAGNA n.º 525, 526, 527, 550, 551, 552, 574, 575 y Díez Balda *et al.* (1990 a) y situación de las muestras analizadas.

(oeste y sur de Ciudad Rodrigo, Fig. 2). Esta Serie está constituida por un tramo basal de pizarras negras ligeramente laminadas, un tramo intermedio de materiales detrítico-carbonatados con brechas calcáreas intercaladas y un tramo superior de pizarras negras, con características de delantal (apron) de talud (Valladares, datos no publicados); su espesor máximo supera los 500 m y ha sido correlacionada con el Grupo Ibor, por lo que se le atribuye una edad Vendiciense superior (Robles y Alvarez Nava, 1988; Nozal y Robles, 1988; Martín Herrero, 1989) y con el Alcudiense superior (Peláez *et al.*, 1989).

La Serie Superior (en adelante, SS) se encuentra discordante tanto sobre la Media como sobre la Inferior. En la base presenta un nivel de megabrechas de matriz arenoso-calcárea, con cantos predominantemente calcáreos y un espesor de unos 45 m. Por encima se disponen areniscas, limolitas, pizarras, conglomerados, tramos de pizarras negras y localmente algunos niveles carbonatados, que corresponden a las Formaciones Monterrubbio y Aldeatejada, según Díez Balda (1980). En continuidad estratigráfica se encuentran las Formaciones Areniscas de Tamames y Calizas de Tamames que contienen respectivamente faunas de trilobites (García de Figuerola y Martínez García, 1972) y arqueociatos (Perejón, 1972) de edad Cámbrico inferior (Ovetiense). El espesor de esta Serie supera los 4.000 m y se correlaciona con el Grupo Valdelacasa (Robles y Alvarez Nava, 1988; Nozal y Robles, 1988; Díez Balda *et al.*, 1990 a) y con el episodio Pusiense III de San José *et al.* (1990). Al conjunto de la Serie se le atribuye una edad Cámbrico inferior (Díez Balda *et al.*, 1990 a; Martín Herrero *et al.*, 1990). Corresponde a una secuencia de somerización (Gabaldón y Hernández Urroz, 1989) desde plataforma externa-talud, según las zonas (Valladares, datos no publicados), a plataforma interna y llanura de mareas (Valladares y Corrales, 1980). La mayor extensión geográfica de esta Serie (Fig. 2) se da al NE del sinclinal de la Sierra de Francia (Díez Balda *et al.*, 1990 a).

Datos geoquímicos

Se han analizado 15 muestras (a partir de 3-4 Kg por muestra) representativas de pelitas de la SI (7) y de la SS (8), previamente seleccionadas, muy homogéneas y sin evidencias de alteración, en el Service d'Analyses de Roches et Minéraux du Centre de Recherches Pétrographiques et Géochemiques de Nancy (Francia), mediante espectrometría de emisión ICP empleando dos espectrómetros multielemento y un espectrómetro secuencial. Datos químicos en la Tabla 1.

Elementos mayores

SI y SS presentan bajos contenidos en CaO, lo que sugiere áreas fuente con esta característica original predominante. Este aspecto es común a sedimentos del Proterozoico superior de otras zonas europeas (Dabard, 1990). El índice de alteración química (SI: 67-71; SS: 68-73) es similar en los dos grupos de rocas y típico de pelitas (Taylor y McLennan, 1985). La SI muestra un alto índice de correlación $K_2O-Al_2O_3$ (mol), por lo que la mayor parte del

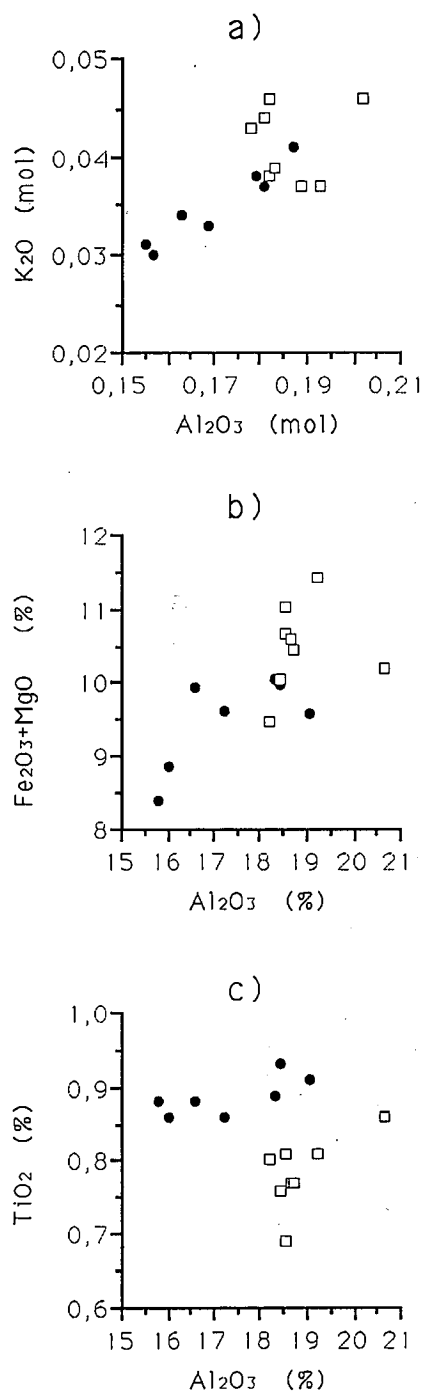


Fig. 3.-Diagramas $Al_2O_3-K_2O$ (mol) (a), $Al_2O_3-Fe_2O_3+MgO$ (b) y $Al_2O_3-TiO_2$ (c). Las pelitas de la Serie Inferior (SI) muestran correlación (a: $r=0,958$; b: $r=0,706$; c: $r=0,731$). Puntos: Serie Inferior. Cuadrados: Serie Superior.

K_2O debe estar en fases minerales (filosilicatos) con la misma relación K_2O/Al_2O_3 , mientras que la SS carece de esta correlación (Fig. 3a) lo que indica minerales (filosilicatos y feldespatos) con diferentes relaciones K_2O/Al_2O_3 . La relación Al_2O_3/Na_2O es alta en ambas Series (SI: 7,43-10,12; SS: 9,37-14,36).

La SI muestra mayores contenidos en SiO_2 , TiO_2 y Na_2O que la SS, y menores en K_2O . La relación K_2O/Na_2O es mayor en la SS (1,82-3,37) que en la SI (1,31-1,92). Las representaciones $Fe_2O_3+MgO-Al_2O_3$ y $TiO_2-Al_2O_3$ (Fig. 3b y 3c) ponen de manifiesto la co-

Tabla 1.—Valores medios, máximos, mínimos y desviación estandar para las pelitas de las Series Superior e Inferior (SS y SI).

	Serie Superior				Serie Inferior			
	Media (n=8)	DesvStd	Max	Min	Media (n=7)	DesvStd	Max	Min
SiO ₂	59,20	1,28	60,89	56,65	62,32	2,57	66,57	59,67
TiO ₂	0,78	0,05	0,86	0,69	0,89	0,03	0,93	0,86
Al ₂ O ₃	18,87	0,78	20,64	18,20	17,34	1,27	19,03	15,78
Fe ₂ O ₃	7,59	0,47	8,46	6,91	7,18	0,42	7,58	6,55
MgO	2,90	0,20	3,22	2,58	2,32	0,25	2,58	1,86
MnO	0,09	0,04	0,17	0,05	0,05	0,01	0,06	0,04
CaO	0,54	0,21	0,89	0,25	0,47	0,14	0,61	0,29
Na ₂ O	1,74	0,28	1,98	1,29	2,01	0,23	2,27	1,56
K ₂ O	3,90	0,36	4,35	3,52	3,26	0,38	3,84	2,84
P ₂ O ₅	0,25	0,02	0,30	0,22	0,27	0,03	0,32	0,22
Al ₂ O ₃ /Na ₂ O	11,13	1,96	14,36	9,37	8,71	0,99	10,12	7,43
K ₂ O/Na ₂ O	2,33	0,62	3,37	1,82	1,64	0,23	1,92	1,31
Rb	144,50	14,79	169,00	129,00	109,29	14,94	131,00	87,00
Sr	127,88	44,43	178,00	58,00	93,57	15,27	108,00	70,00
Ba	756,75	199,01	1186,00	557,00	580,57	72,44	719,00	525,00
Be	3,64	0,33	4,09	3,20	2,70	0,38	3,20	2,00
K/Rb	224,00	5,07	231,00	213,00	249,29	21,55	271,00	207,00
Th	11,00	1,07	12,00	9,00	8,57	1,27	10,00	6,00
Zr	147,63	15,69	183,00	133,00	208,29	23,22	237,00	179,00
Nb	15,00	1,31	17,00	13,00	14,29	1,11	15,00	12,00
V	115,38	7,52	127,00	106,00	129,86	16,79	155,00	104,00
Sc	19,07	1,05	21,29	18,00	18,89	2,49	21,50	14,10
Ni	48,13	20,63	98,00	35,00	38,86	12,14	55,00	19,00
Co	17,00	4,75	28,00	13,00	13,71	4,46	23,00	11,00
Cu	37,13	5,57	49,00	31,00	36,00	9,80	48,00	20,00
Zn	144,88	95,92	382,00	104,00	112,14	13,01	127,00	94,00
Ga	23,00	1,77	26,00	20,00	20,00	2,94	23,00	16,00
Rb/Zr	0,98	0,12	1,17	0,82	0,53	0,12	0,73	0,38
La	46,89	7,00	57,08	36,83	33,30	4,85	40,56	27,84
Ce	90,82	9,99	107,15	75,06	73,01	11,26	87,92	56,34
Nd	40,25	5,67	47,84	31,43	32,05	4,21	38,77	27,00
Sm	8,03	1,01	9,32	6,57	6,99	0,78	8,24	6,30
Eu	1,59	0,20	1,84	1,23	1,47	0,16	1,70	1,34
Gd	6,63	0,87	7,72	5,26	5,98	0,82	7,20	5,10
Dy	5,51	0,72	6,71	4,73	5,29	0,66	6,17	4,34
Er	2,97	0,31	3,50	2,60	3,04	0,29	3,40	2,59
Yb	2,77	0,28	3,20	2,44	3,05	0,18	3,32	2,75
Lu	0,36	0,04	0,42	0,28	0,43	0,05	0,50	0,36
Y	35,87	5,11	46,25	31,55	34,94	5,03	40,15	24,83
ΣETR	218,29	26,30	251,92	176,15	175,29	24,16	212	147,00
(La/Yb)N	11,44	1,28	13,13	9,58	7,34	0,83	8,25	6,01
(Gd/Yb)N	1,95	0,16	2,14	1,64	1,58	0,15	1,78	1,39
ΣETRL	195,91	24,01	228,26	157,17	153,57	22,05	187,00	127,00
ΣETRP	20,79	2,48	24,53	17,75	20,14	1,95	23,00	18,00
ΣETRL/ΣETRP	9,44	0,65	10,41	8,54	7,52	0,56	8,04	6,62
Eu/Eu*	0,67	0,02	0,70	0,64	0,69	0,02	0,72	0,67
La/Th	4,26	0,56	5,19	3,51	3,95	0,76	5,11	2,94
Th/Yb	4,01	0,63	4,92	3,26	2,81	0,35	3,37	2,18
La/Sc	2,46	0,36	3,05	2,05	1,79	0,32	2,17	1,29
Th/Sc	0,58	0,04	0,64	0,50	0,45	0,03	0,49	0,42

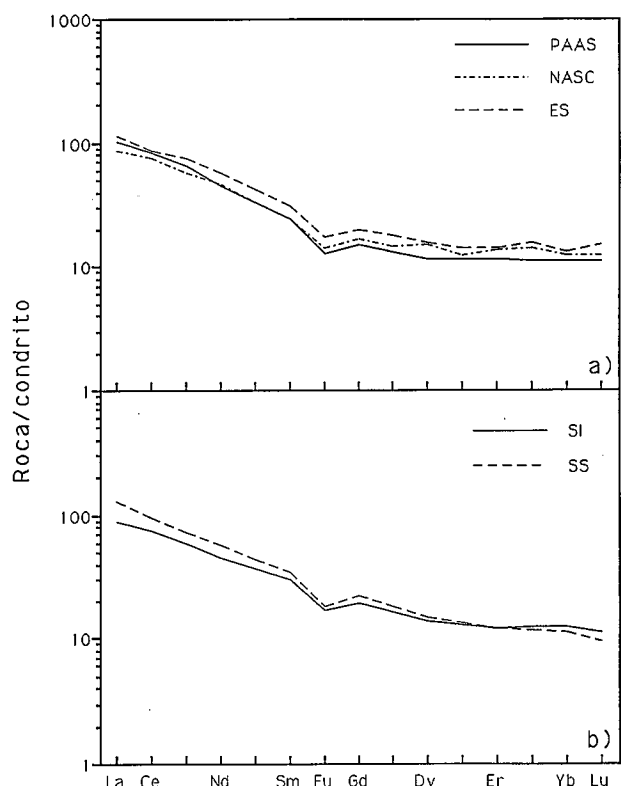


Fig. 4.-Normalización de pelitas post-arcaicas: (a) (PAAS: Post Archean Australian Shale; NASC: North American Shale Composite; ES: European Shale. Datos en: Taylor y McLennan, 1985) y (b) valores medios de las pelitas de las Series Inferior y Superior (SI y SS).

rrelación entre estos óxidos para la SI, lo que sugiere que Fe, Mg y sobre todo Ti se encuentran asociados a filosilicatos (Dabard, 1990), mientras que en la SS los rangos composicionales son más amplios para contenidos similares en Al_2O_3 . Por tanto, en la SS otros minerales, como óxidos de Fe y Ti, deben tener mayor importancia que en la SI.

Elementos traza, tierras raras y relaciones elementales

La SS tiene mayores contenidos en Rb, Sr, Ba, Be, La y Th y menores en Zr que la SI. Otros elementos como V, Sc, Ni, Co, Cu, Zn y Ga se mantienen en valores similares para ambas Series o, en todo caso, con un amplio rango de solapamiento (Tabla 1).

Los contenidos en ETR son similares a los de pelitas post-arcaicas de otras áreas (Fig. 4a) si bien las de la SS (Fig. 4b; Tabla 1) muestran mayores ΣETR y tierras raras ligeras ($\Sigma ETRL$) que las de la SI y éstas tienen un contenido más alto en tierras raras pesadas ($\Sigma ETRP$).

Las diferencias más acusadas entre SI y SS corresponden a las relaciones K/Rb, Rb/Zr, Th/Sc, Th/Yb, (La/Yb)N, (Gd/Yb)N y $\Sigma ETRL/\Sigma ETRP$ (Fig. 5), que permiten discriminar ambas Series. Los diagramas SiO_2 -Zr, Zr-TiO₂, (La/Yb)N-(Gd/Yb)N, y Zr-(La/Yb)N, son también eficaces en el mismo sentido (Fig. 6).

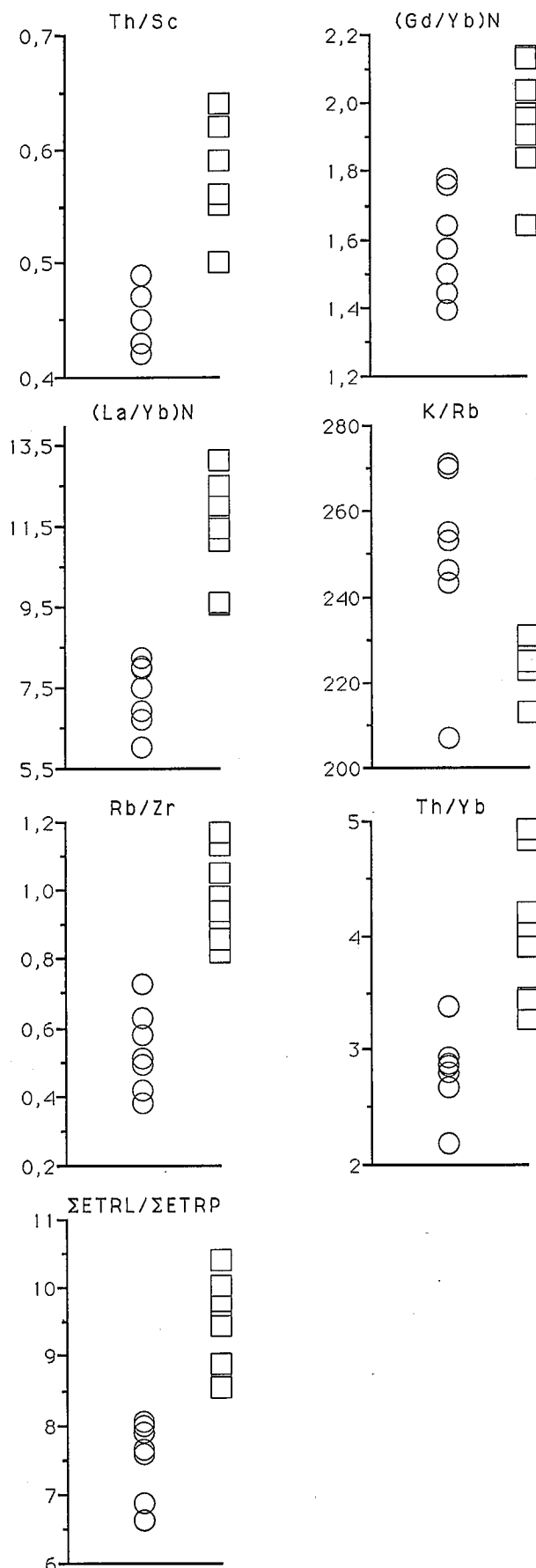


Fig. 5.-Diferencias más significativas entre varias relaciones elementales de las pelitas de las Series Inferior y Superior (SI y SS). Circulos: Serie Inferior. Cuadrados: Serie Superior.

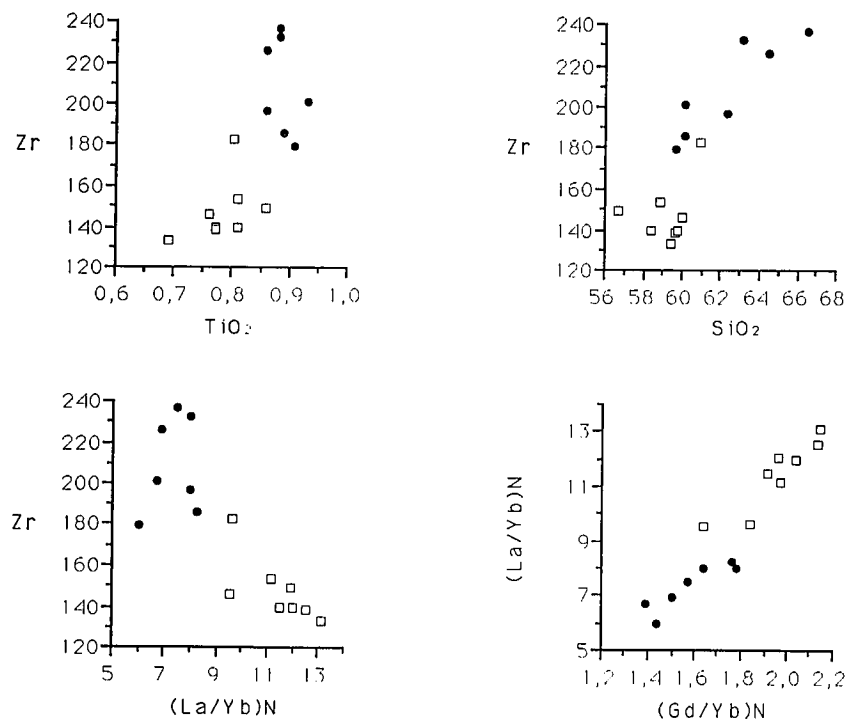


Fig. 6.—Diagramas TiO_2 -Zr, SiO_2 -Zr (SI: $r=0,894$), $(La/Yb)N$ -Zr (SS: $r=0,731$) y $(Gd/Yb)N$ - $(La/Yb)N$ (SI: $r=0,898$; SS: $r=0,912$). Símbolos como en Fig. 3.

Discusión y conclusiones

Los datos químicos de la SI: relación K_2O/Na_2O relativamente alta, Al_2O_3/Na_2O alta y contenidos bajos en CaO indican una madurez química poco compatible con actividad volcánica significativa en tiempos del Proterozoico superior. Además, las correlaciones de Fe, Mg y Ti con Al y K con Al sugieren también una larga historia de meteorización y reciclado sedimentario que ha contribuido a que estos elementos se encuentren predominantemente en filosilicatos. El área fuente, por tanto, debía de presentar este tipo de características y las pelitas (turbiditas) de la SI se depositaron en un margen sin vulcanismo significativo asociado a un dominio cratónico.

Las relaciones Th/Sc, La/Sc, Th/Yb, La/Th, $\Sigma ETRL/\Sigma ETRP$ y La/Yb son similares a las típicas de pelitas arcaicas asociadas a cinturones de rocas máficas y ultramáficas (greenstones) (Tabla 2), si bien la relación Eu/Eu* es menor y ΣETR más alta, por lo que requieren también participación granítica (s.l.) de origen intracortical.

El conjunto de características geoquímicas de la SI indica, tanto su madurez química, resultado de reciclado sedimentario (área fuente químicamente madura), como afi-

nidades con sedimentos generados en zonas activas. Teniendo en cuenta que la sedimentación es sobre todo un proceso "canibalístico" y que hasta el 70-90% del material sedimentario puede derivar de sedimentos previos (Taylor y McLennan, 1985; McLennan y Taylor, 1991), es probable que los materiales del área fuente de la SI tuvieran, en su origen, una importante participación de composiciones máficas-ultramáficas que formaron parte, posteriormente, del área cratonizada que actuó de área fuente.

La ausencia de circones entre 2.000 y 650 m.a. en rocas sedimentarias del Cámbrico inferior de otras áreas de la Zona Centro Ibérica (Lancelot *et al.*, 1985; Wildberg *et al.*, 1989) excluye áreas fuente más jóvenes que el Proterozoico inferior para los sedimentos de la SI. Rocas sedimentarias de estas edades o más antiguas tienen con frecuencia características geoquímicas (ETR, Sc, Th) similares a las de la SI, indistinguibles de las que muestran pelitas arcaicas de terrenos de alto grado (ver Taylor y McLennan, 1985, cap. 8; McLennan y Taylor, 1991). En consecuencia, se sugiere que las características geoquímicas de la SI reflejan una acusada herencia arcaica.

El importante registro sedimentario en la SI (más de 7 Km de espesor), con gran abundancia de sedimentos finos,

Tabla 2—Comparación entre pelitas arcaicas, post-arcaicas (datos en: Taylor y McLennan, 1985) y de las Series Inferior y Superior (SI y SS). Nótese la afinidad de SI con pelitas arcaicas, excepto para ΣETR y Eu/Eu* (véase texto).

	Arcaico	Post-Arcaico	S. Inferior	S. Superior
Th/Sc	0,43±0,07	1±0,1	0,45±0,03	0,58±0,04
La/Sc	1,3±0,2	2,7±0,3	1,79±0,3	2,46±0,36
La/Th	3,3±0,3	2,8±0,2	3,95±0,76	4,26±0,56
Th/Yb	2 (Variab.)	4-6	2,81±0,33	4,01±0,63
ΣETR	102±15	185±15	175,29±24	218,29±26
$\Sigma ETRL/\Sigma ETRP$	7,4±0,8	10±0,1	7,52±0,56	9,44±0,65
La/Yb	11,5±2,5	15,5±1,3	10,89±1,24	16,92±1,89
Eu/Eu*	0,99±0,05	0,65±0,2	0,69±0,02	0,67±0,02

Tabla 3.—Criterios geoquímicos de correlación, cuantitativos (a) y cualitativos (b), para las Series Inferior y Superior (SI y SS) propuestos a partir de Tabla 1 y Figs. 3, 5 y 6.

a)	Serie Inferior			Serie Superior		
TiO ₂	0,89	±	0,03	0,78	±	0,05
Al ₂ O ₃ /Na ₂ O	8,71	±	0,99	11,13	±	1,96
K ₂ O/Na ₂ O	1,64	±	0,23	2,33	±	0,62
Rb	109,29	±	14,94	144,50	±	14,79
Be	2,70	±	0,38	3,64	±	0,33
K/Rb	249,29	±	21,55	224,00	±	5,07
Zr	208,29	±	23,22	147,63	±	15,69
Rb/Zr	0,53	±	0,12	0,98	±	0,12
(La/Yb)N	7,34	±	0,83	11,44	±	1,28
(Gd/Yb)N	1,50	±	0,15	1,95	±	0,16
ΣETRL	153,57	±	22,05	195,91	±	24,01
ΣETRL/ΣETRP	7,52	±	0,56	9,44	±	0,65
Th/Yb	2,81	±	0,35	4,01	±	0,63
La/Sc	1,79	±	0,32	2,46	±	0,36
Th/Sc	0,45	±	0,03	0,58	±	0,04

b)	Correlación	
SiO ₂ -Zr	Positiva	No Correlación
Al ₂ O ₃ -K ₂ O (mol)	Positiva	No Correlación
Al ₂ O ₃ -TiO ₂	Positiva	No Correlación
Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃ + MgO	Positiva	No Correlación
(La/Yb)N-Zr	No Correlación	Negativa

las afinidades geoquímicas citadas y la ausencia de circones de edades entre 2.000-650 m.a. en la Zona Centro Ibérica indican, para esta Serie, un área fuente de gran extensión y estable desde el final del Proterozoico inferior. Se sugiere que el cratón del Oeste de Africa podría ser dicha área, como ya indicaron también otros autores (Lancelot *et al.*, 1985; Schwab *et al.*, 1988; Wildberg *et al.*, 1989), ya que reúne las condiciones citadas.

En la SS, la relación Th/Sc es también muy baja y la relación La/Th alta respecto a las típicas de pelitas post-arcaicas, así como la relación Eu/Eu* que es ligeramente superior a la propia de rocas de estas edades. Igualmente, las relaciones Th/Yb y La/Yb son algo bajas respecto a las esperables para estas rocas de edades post-arcaicas. El menor contenido en Zr puede ser debido al fraccionamiento de circón en sedimentos de tamaño de grano superior al de las pelitas (Taylor y McLennan, 1985; McLennan, 1989). La mayor relación (La/Yb)N y menor contenido en Yb y Lu (Fig. 4) en la SS se atribuye al fraccionamiento de circón y/o posibles minerales residuales (granate) producidos en la formación de granitos.

Por tanto, la SS mantiene parte de las afinidades geoquímicas de la SI si bien hay cambios significativos (Figs. 3, 5 y 6) que implican un mayor aporte de composiciones graníticas que da lugar a incremento de K, Rb, Sr, Ba, Be, ETR y Th y reducción de la relación Eu/Eu* en la SS. Tales granitos no forman parte de episodios magmáticos calcoalcalinos (s.s.) dada la ausencia de registro geoquímico andesítico en las pelitas de la SS. Corresponden, más probablemente, a episodios de fusión intracortical (postcolisión continental) que debieron dar lugar a granitos de edades pan-africanas (cadomienses), dada la presencia de circones con estas edades en la Zona Centro Ibérica (Lancelot *et al.*, 1985; Wildberg *et al.*, 1989). Entonces, la SS debió tener su origen a partir del mismo cratón (Oeste de

Africa) que la SI, con el aporte añadido de composiciones derivadas de la erosión de granitos originados en su zona noroccidental en tiempos pan-africanos (Black, 1987).

Además, el margen NO del cratón del Oeste de Africa corresponde, durante el Precámbrico terminal-Cámbrico inferior, a un margen en extensión con desarrollo de estructuras de tipo horsts y grabens (Bernardin y Roussel, 1987; Lefort *et al.*, 1988), que es el mismo contexto que caracteriza la Zona Centro Ibérica (Ortega y González Lodeiro, 1986; Ortega *et al.*, 1988; Peláez *et al.*, 1989). Por tanto, esta Zona se sitúa en el mismo contexto paleogeográfico que otras zonas internas del cinturón hercínico europeo (Zona Moldanubiense, Gebauer *et al.*, 1987; Wildberg *et al.*, 1989) y que la Zona Meguma (Keppie y Krogh, 1987; Schenk, 1983; Schenk y Lane, 1982), ya que todas ellas tienen en común la presencia de circones de 2.000 y 650 m.a. (sin que se hayan encontrado circones de edades intermedias), la abundancia de sedimentos finos y un gran espesor de sedimentos, que supera los 10 Km. Corresponderían todas ellas al borde externo del continente Gondwana (Schwab *et al.*, 1988).

Estos datos difieren, como ya indicaron Herranz *et al.* (1986), de los que se conocen en la Zona Ossa Morena (Quesada, 1990) donde están presentes sucesiones ígneas calcoalcalinas y depósitos de tipo flysch sincrónicos con los considerados en este trabajo. Los datos aportados no registran vulcanismo calcoalcalino en los materiales aquí estudiados, por lo que ambas zonas debían estar alejadas entre sí durante el Precámbrico terminal-Cámbrico inferior. En este sentido, Lefort *et al.* (1988) interpretan, a partir de datos geofísicos, que el límite entre Ossa Morena y Centro Ibérica, según la última redefinición de éste (eje Badajoz-Córdoba, Díez Balda *et al.*, 1990 b), sería una falla transformante mayor activa durante el Paleozoico inferior. La Zona Ossa Morena estaría en este tiempo (Pre-

cámbrico superior-Cámbrico inferior) en una posición alejada de la Zona Centro Ibérica; tiene caracteres típicos de la microplaca Avalon-Armorica, es decir, abundante vulcanismo calcoalcalino, mientras que la Zona Centro Ibérica tiene caracteres propios del borde NO del continente de Gondwana en un margen de tipo Atlántico, como ya habían señalado Schwab *et al.* (1988).

Se concluye: a) la eficacia de los datos geoquímicos para discriminar entre las pelitas de las SI y SS por lo que su utilización combinada puede ser válida como criterios de correlación estratigráfica (Tabla 3) para diferenciar el Precámbrico del Cámbrico en otras áreas de la Zona Centro Ibérica, donde, con en ésta, el contenido orgánico es escaso y muchas veces de valor bioestratigráfico poco preciso, y b) el área fuente de ambas Series sería el cratón del O de Africa y esta Zona Centro Ibérica correspondería a un margen en extensión en el NO de Gondwana.

El presente trabajo se ha financiado mediante una Acción Concertada de la Universidad de Salamanca y el Proyecto n.º SC1-O397 del Programa SCIENCE de la CEE.

Referencias

- Alvarez Nava, H., García Casquero, J. L., Gil, A., Hernández Urroz, J., Lorenzo, S., López Díaz, F., Mira, M., Monteserín, V., Nozal, F., Pardo, M. V., Picart, J., Robles, R., Santamaría, J. y Solé, J. (1988): Unidades litoestratigráficas de los materiales precámbrico-cámbricos de la mitad suroriental de la Zona Centro-Ibérica. *II Congr. Geol. España, SGE, Granada* 1: 19-22.
- Bascones, L. y Rodríguez Alonso, M. D. (1990): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 526 (Serradilla del Arroyo) del Mapa geológico Nacional a escala 1/50.000. I.T.G.E. Madrid. 68 p.
- Bernardin, C. y Roussel, J. (1987): Structure and crustal geometry of the Hercynian Meseta (Morocco) and its Atlantic continental margin from gravity interpretation. In: *IGCP Project 233. Tectonothermal evolution of West African Orogens*, Nouakchott, Abstracts: 25-26.
- Black, R. (1987): Introduction to West African orogens. In: *IGCP Project 233. Tectonothermal evolution of West African Orogens*, Nouakchott, Abstracts, 27-36.
- Dabard, M. P. (1990): Lower Brioverian formations (Upper Proterozoic) of the Armorican Massif (France): geodynamic evolution of source areas revealed by sandstone petrography and geochemistry. *Sedim. Geol.*, 69: 45-58.
- Díez Balda, M. A. (1980): La sucesión estratigráfica del Complejo Esquisto Grauváquico al sur de Salamanca. *Estudios Geol.*, 36: 131-138.
- Díez Balda, M. A., García Casquero, J. L., Monteserín, V., Nozal, F., Pardo, M. V. y Robles, R. (1990 a): Cizallamientos subverticales posteriores a la segunda fase de deformación hercínica al sur de Salamanca (Zona Centro Ibérica). *Rev. Soc. Geol. España*, 3: 117-126.
- Díez Balda, M. A., Vegas, R. y González Lodeiro, F. (1990 b): Autochthonous sequences in the Central Iberian Zone: Structure. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (R. D. Dallmeyer y E. Martínez García, Eds.): 172-188, Springer Verlag, Berlín.
- Gabaldón, V. y Hernández Urroz, J. (1989): Los fosfatos del Precámbrico-Cámbrico de la Zona Centro-Ibérica. Un modelo de yacimiento de origen sedimentario. *XII Congr. Español de Sedim.*, Bilbao, Simposios: 283-297.
- García de Figuerola, L. C. y Martínez García, E. (1972): El Cámbrico Inferior de La Rinconada (Salamanca, España Central). *Studia Geol.*, 3: 33-41.
- García de Figuerola, L. C., Rodríguez Alonso, M. D., Bascones, L., Alvarez Nava, H., Picart, J. y Robles, R. (1990): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 550 (Fuenteguinaldo) del Mapa geológico Nacional a escala 1/50.000. I.T.G.E. Madrid. 71 p.
- Gebauer, D., Williams, I. S. y Compston, W. (1987): Detrital minerals of Pan-African ages in sediments and metasediments of the European Hercynides. In: *IGCP Project 233. Tectonothermal evolution of West African Orogens*, Nouakchott, Abstracts: 95-98.
- Herranz, P., Perejón, A., Peláez, J. R., San José, M. A., Pieren, A. P., García Hidalgo, J. F. y Vilas, L. (1986): Precambrian and Lower Paleozoic in central Ossa Morena terrane. Problems, stratigraphic synthesis and tentative correlation. *Inter. Conf. Iberian Terranes and their regional correlation*. Oviedo, Abstracts: 48.
- Julivert, M., Fontboté, J. M., Ribeiro, A. y Conde, L. (1972): Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares a escala 1/1.000.000. I.G.M.E. Madrid.
- Keppie, J. D. y Krogh, T. E. (1987): Age of detrital zircons and sphene in the Meguma Group, Southern Nova Scotia: Clues for the origin of the Meguma terrane. In: *IGCP Project 233. Tectonothermal evolution of West African Orogens*, Nouakchott, Abstracts: 121.
- Lancelot, J. R., Allegret, A. y Iglesias, M. (1985): Outline of Upper Precambrian and Lower Paleozoic evolution of the Iberian Peninsula according to U-Pb dating of zircons. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 74: 325-337.
- Lefort, J. P., Max, M. D. y Roussel, J. (1988): Geophysical evidence for the location of the NW boundary of Gondwanaland and its relationship with two older satellite sutures. In: *The Caledonian-Appalachian Orogen* (A. L. Harris y D. J. Fettes, Eds.), *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 38: 49-60.
- Martín Herrero, D. (1989): Los materiales Precámbrico-Cámbrico al O y S de Ciudad Rodrigo (Salamanca): Series, discordancias y correlaciones. *Bol. Geol. Min.*, 100: 169-177.
- Martín Herrero, D., Albert, V., López Plaza, M. y Rodríguez Alonso, M. D. (1990): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 525 (Ciudad Rodrigo) del Mapa geológico Nacional a escala 1/50.000. I.T.G.E. Madrid. 96 p.
- Martín Herrero, D., Ugidos, J. M., Nozal, F. y Pardo, M. V. (1990): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 527 (Tamames) del Mapa geológico Nacional a escala 1/50.000. I.T.G.E. Madrid. 95 p.
- McLennan, S. M. (1989): Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. *Reviews Mineral.*, 21: 169-200.
- McLennan, S. M. y Taylor, S. R. (1991): Sedimentary rocks and crustal evolution: Tectonic setting and secular trends. *Jour. Geol.*, 95: 1-21.
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., McCulloch, M. T. y Maynard, J. B. (1990): Geochemical and Nd-Sr isotopic compositions of deep-sea turbidites: crustal evolution and plate tectonic associations. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57: 2015-2050.
- Nozal, F. y Robles, R. (1988): Series y correlación de los materiales anteordovícicos en los Montes de Toledo y el sur de Salamanca. *II Congr. Geol. España*, SGE, Granada 1: 139-143.
- Ortega, E. y González Lodeiro, F. (1986): La discordancia intra Alcudiense en el dominio meridional de la Zona Centroibérica. *Brev. Geol. Astúrica*, 3-4: 27-32.
- Ortega, E., Hernández Urroz, J. y González Lodeiro, F. (1988): Distribución paleogeográfica y control estructural de los ma-

- teriales anteordovícicos en la parte suroriental del autoctono de la Zona Centroibérica. *II Congr. Geol. España*, SGE, Granada, Simposios: 85-89.
- Peláez, J. R., García Hidalgo, J. F., Herranz, P., Pieren, A. P., Vilas, L. y San José, M. A. (1989): Upper Proterozoic in Central Spain. *28th Intern. Geol. Congr.* Washington 2: 590.
- Perejón, A. (1972): Primer descubrimiento y descripción de arqueociatos en la provincia de Salamanca. *Studia Geol.*, 4: 143-149.
- Quesada, C. (1990): Precambrian successions in SW Iberia: their relationship to "Cadomian" orogenic events. In: *The Cadomian orogeny* (R. S. D'Lemos, R.A. Strachum y C. G. Topley, Eds.), *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 51: 353-362.
- Robles, R. y Alvarez Nava, H. (1988): Los materiales Precámbrico-Cámbricos del Domo de Las Hurdes: existencia de tres series sedimentarias separadas por discordancias, SO de Salamanca (Zona Centro Ibérica). *II Congr. Geol. España*, SGE, Granada 1: 185-188.
- Rodríguez Alonso, M. D. y Bascones, L. (1987): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 551 (Martiago) del Mapa geológico Nacional a escala 1/50.000. I.T.G.E. Madrid. 77p.
- Rodríguez Alonso, M. D., Bascones, L., Martín Herrero, D., García de Figuerola, L.C. y Ugidos, J. M. (1985): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 574 (Casar de Palomero) del Mapa geológico Nacional a escala 1/50.000. I.G.M.E. Madrid. 78 p.
- San José, M. A., Pieren, A. P., García Hidalgo, J. F., Vilas, L., Herranz, P., Peláez, J. R. y Perejón, A. (1990): Autochthonous sequences in the Central-Iberian Zone: Ante-Ordovician stratigraphy. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (R. D. Dallmeyer y E. Martínez García, Eds.): 147-159, Springer Verlag, Berlín.
- Schenk, P. E. (1983): The Meguma terrane of Nova Scotia, Canada-An aid in trans-Atlantic correlation. In: *Regional trends in the geology of the Appalachian-Caledonian-Hercynian-Mauritanides orogen* (P. E. Schenk, Ed.), Reidel Publ. Comp. NATO: 121-130.
- Schenk, P. E. y Lane, T. E. (1982): Pre-Acadian sedimentary rocks of the Meguma Zone, Nova Scotia-A passive continental margin juxtaposed against a volcanic island arc. *11th Int. Congr. Sedim. Field Excurs. Guide Book 5 B*: 85 p.
- Schwab, F. L., Nystuen, J. P. y Gunderson, L. (1988): Pre-Arenig evolution of the Appalachian-Caledonide orogen: sedimentation and stratigraphy. In: *The Caledonian-Appalachian orogen*, (A. L. Harris y D. J. Fettes, Eds.), *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 38:75-91.
- Taylor, S. R. y McLennan, S. M. (1985): *The continental crust: Its composition and evolution*. Blackwell, Oxford: 312 p.
- Ugidos, J. M., Rodríguez Alonso, M. D., Albert, V. y Martín Herrero, D. (1988): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 552 (Miranda del Castañar) del Mapa geológico Nacional a escala 1/50.000. I.G.M.E. Madrid. 49 p.
- Ugidos, J. M., Rodríguez Alonso, M. D., Martín Herrero, D. y Bascones, L. (1985): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 575 (Hervás) del Mapa geológico Nacional a escala 1/50.000. I.G.M.E. Madrid. 88 p.
- Valladares, I. y Corrales, I. (1980): Las series carbonatadas del Cámbrico Inferior de Salamanca. *IX Congr. Nac. Sedim.*, Salamanca, Guía de Sesiones de Campo: 15-25.
- Veizer, J. y Jansen, S. L. (1979): Basement and sedimentary recycling and continental evolution. *Jour. Geol.*, 87: 341-370.
- Veizer, J. y Jansen, S. L. (1985): Basement and sedimentary recycling-2: time dimension to global tectonics. *Jour. Geol.*, 93: 625-643.
- Wildberg, H. G. H., Bischoff, L. y Baumann, A. (1989): U-Pb ages of zircons from meta-igneous and meta-sedimentary rocks of the Sierra de Guadarrama: implications for the Central Iberian crustal evolution. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 103: 253-262.

Recibido el 18 de mayo de 1992;
 aceptado el manuscrito revisado el 20 de
 noviembre de 1992