

# Geoquímica de los materiales Pelíticos Cámbricos al Noroeste de Zafra (Badajoz)

*Geochemistry of Cambrian pelitic materials from Northwest of Zafra (Badajoz).*

A. López-Munguira (\*), D. Morata (\*\*) y F. Nieto (\*\*\*)

(\*) Area de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Univ. Extremadura. 06071 Badajoz.

(\*\*) Dpto. Cristalografía, Mineralogía, Estratigrafía. Geodinámica, Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias del Mar. Univ. Cádiz. 11510 Puerto Real (Cádiz).

(\*\*\*) Dpto. Mineralogía y Petrología-I.A.C.T. Facultad de Ciencias. Univ. Granada-CSIC. Avda. Fuentenueva s/n 18002 Granada.

## ABSTRACT

Cambrian formations from NW of Zafra are composed of pelitic sequences distributed along the Lower Cambrian (LC) up to the Middle-Upper Cambrian (MUC). These sedimentary sequences have a more sandstone component in LC with respect to MUC. Chemical characteristics of LC and MUC pelites present some differences, with higher  $Al_2O_3$  contents and lower  $SiO_2$  in the MUC pelites. Normalization with respect to PAAS shows the similarities between Cambrian pelites and this normalization value. Nevertheless, Cambrian pelites are characterized by lower CaO and Sr contents than PAAS. Major and trace element absolute values and ratios (Zr/Ni, Zr/Co, etc.) allow us to propose a mainly felsic source area for this Cambrian sequence in contrast to the more mafic source area for Precambrian pelites outcropping at this region.

**Key words:** geochemistry, pelites, Cambrian, Ossa-Morena, Zafra.

Geogaceta, 20 (3) (1996), 662-665

ISSN: 0213683X

## Introducción

La composición química de los materiales pelíticos puede servir de buen indicador tanto de la procedencia de los sedimentos y composición química del área fuente como de las posibles variaciones en los procesos de evolución y reciclado de los mismos. En el presente trabajo se aborda el estudio de los materiales pelíticos del Cámbrico al NW de Zafra. Este estudio completa el iniciado por López-Munguira *et al.*, (1990) sobre las metapelitas precámbricas del límite de la Zona de Ossa-Morena y Zona Centro-Ibérica y pone de manifiesto las diferencias existentes entre ambas series, similares litológicamente.

## Contexto Geológico

El area objeto de estudio está ubicada en los alrededores de Zafra (*Unidad de Alconera*) y pertenece al flanco norte del anticlinorio Olivenza-Monesterio y a la parte central del sinclinorio adya-

cente Zafra-Llerena, también conocido como el Dominio Zafra-Monesterio (Apalategui *et al.*, 1990), situado en la denominada Zona de Ossa-Morena (Jullivert *et al.*, 1974). En este dominio las rocas cámbricas comienzan con materiales terrígenos, conglomerados, arcosas e intercalaciones lutíticas rojas a techo, que corresponden a la *Formación Torreárboles*, del Cámbrico Basal (CB). Sobre esta formación se sitúa la *Formación Alconera*, compuesta por materiales carbonatados y terrígenos finos y que, junto con la *Formación La Lapa*, predominantemente terrígena, constituyen el Cámbrico Inferior (CI). El Cámbrico Medio-Superior (CMS) está compuesto por una formación volcánico-sedimentaria (las *capas de Playón*) en la que se intercalan materiales volcánicos ácidos y básicos con lutitas (Fig.1) (Liñán *et al.*, 1995).

López-Munguira *et al.*, (1993) muestran la existencia en esta secuencia cámbrica de un metamorfismo incipiente, cuyo grado aumenta desde la diagénesis profunda en el Cámbrico

medio hasta la anquizona en el Cámbrico Inferior, con un gradiente de presión intermedia.

## Materiales y Métodos

Se han seleccionado 12 muestras de metapelitas de origen detrítico para su estudio geoquímico, 6 del CI y 6 del CMS (Figura 1). Previo a su estudio geoquímico, estas muestras fueron estudiadas mediante difracción de rayos-X (DRX) para determinar la mineralogía global de las mismas. Los análisis químicos han sido obtenidos mediante fluorescencia de rayos-X, en un espectrómetro Philips PW 1040/10 en el Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada. A fin de evitar el efecto de la orientación preferencial de los filosilicatos en los análisis químicos, estos se han realizado sobre perla. Los contenidos en FeO se determinaron mediante valoración volumétrica con  $Cr_2O_3K_7$ . Los resultados de los análisis químicos (elementos mayores y trazas) se recopilan en la tabla 1.

**Resultados y Discusión**

El estudio mediante DRX refleja una mineralogía global de todas las muestras formada por cuarzo + feldespato + mica, con presencia de bertierina en algunas muestras del CMS, y esmectita a lo largo de toda la columna (López-Munguira *et al.*, 1993). Además, se ha detectado la presencia de cloritas en algunas muestras del CI, así como la presencia de rutilo, circon, apatito y pirita como minerales accesorios. Es de destacar la relativa abundancia de hematites en los niveles pertenecientes al CB.

En la figura 2a y 2b se representa la composición química media y rangos de variación de las muestras correspondientes al CI y CMS, normalizadas respecto al PAAS (*Post-Archean Australian Shales*, en Taylor & McLennan, 1985). En general, se pone de manifiesto la similitud de las muestras analizadas con el valor del PAAS, excepto para el MnO, MgO y, sobre todo, el CaO, con concentraciones inferiores a las del PAAS (Fig. 2a). Es de resaltar las mayores concentraciones en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en las muestras del CMS (valor medio del 22.89%) y menores valores de SiO<sub>2</sub> (media de 62.04%) con respecto a las muestras del CI (valores medios de 19.56% y 67.00%, respectivamente) debido, principalmente, al carácter más arenisco del CI y más pelítico para el CMS.

El grado de oxidación, expresado como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO, presenta valores medios superiores para las muestras del CI (3.25) que para las del CMS (2.63), alcanzándose los valores más altos en la muestra ZL-11, perteneciente al Cámbrico Basal, como consecuencia de la presencia de hematites. Sin embargo, los contenidos en Fe, expresado como FeO<sub>3</sub>, son inferiores a los del PAAS (figura 2a), siendo más altos en el CMS (valor medio de 5.37%) que en el CI (media de 3.89%). La dispersión observada en ambos niveles está condicionada por las proporciones variables de cloritas y fases accesorias tales como pirita, hematites, etc.

La buena correlación positiva mostrada entre el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y el TiO<sub>2</sub> ( $r = 0.90$  para el CI y  $0.98$  para el CMS) confirma el carácter inmóvil del TiO<sub>2</sub>. Por otro lado, la buena correlación encontrada entre el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y el K<sub>2</sub>O ( $r = 0.87$  en el CI y  $0.97$  en el CMS) indica que el K se halla concentrado, preferencialmente, en los filosilicatos y/o feldespatos. Las bajas concentraciones en CaO, muy por debajo de los valores promedios de las PAAS, se deben al carácter pelítico de la

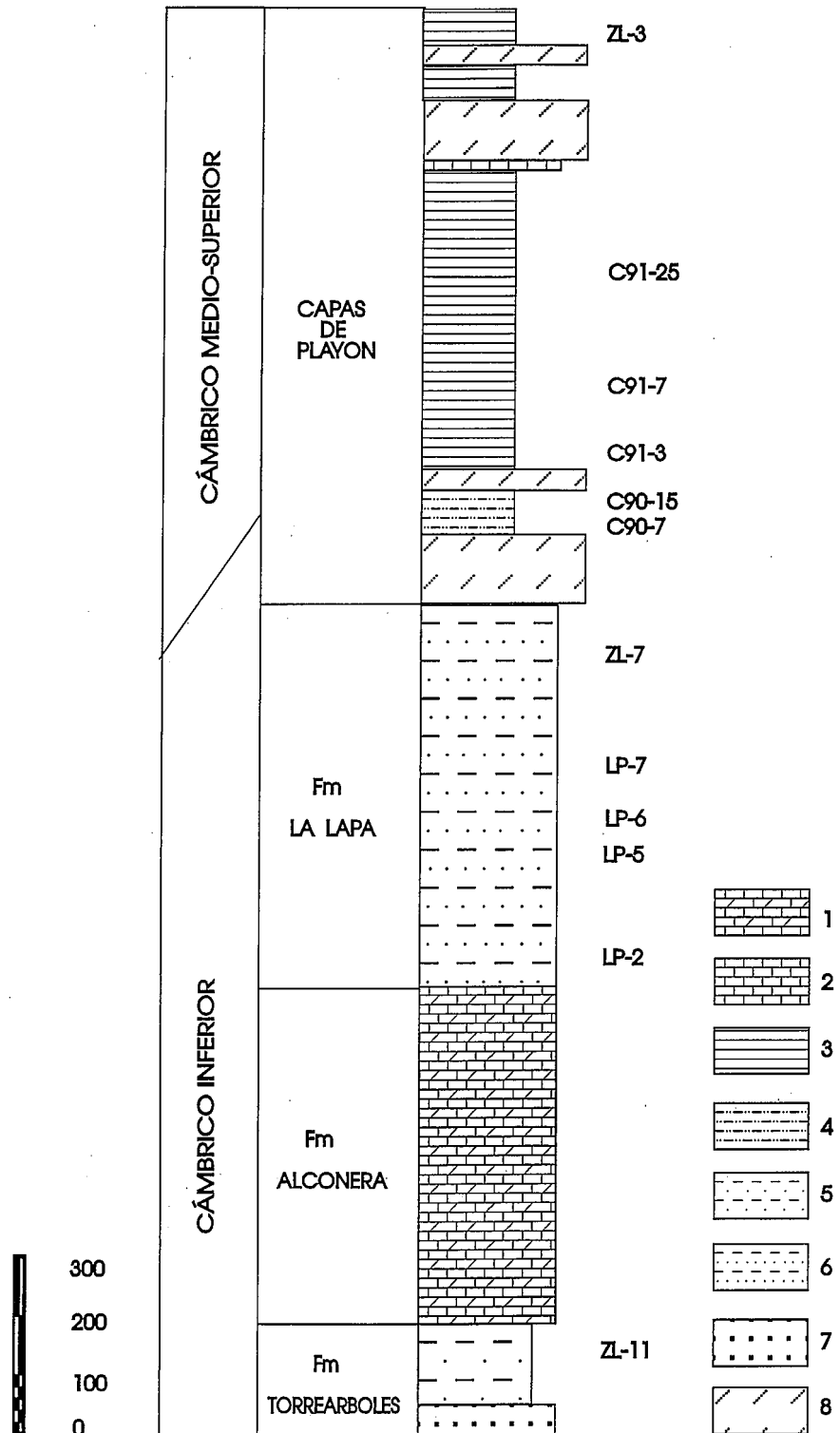


Fig. 1.- Columna estratigráfica de la Unidad de Alconera, con ubicación de las diferentes muestras analizadas. Leyenda: 1.- calizas, dolomías y margas; 2.- calizas; 3.- lutitas; 4.- lutitas y limos; 5.- lutitas y areniscas; 6.- areniscas y lutitas; 7.- arcosas; 8.- rocas volcánicas.

Fig. 1.- Stratigraphic section of the Alconera Unit, with location of the analyzed samples. Legend: 1.- limestones; 2.- limestones, dolomites and marls; 3.- shales; 4.- shales and siltstones; 5.- shales and sandstones; 6.- sandstones and shales; 7.- arkoses; 8.- volcanic rocks.

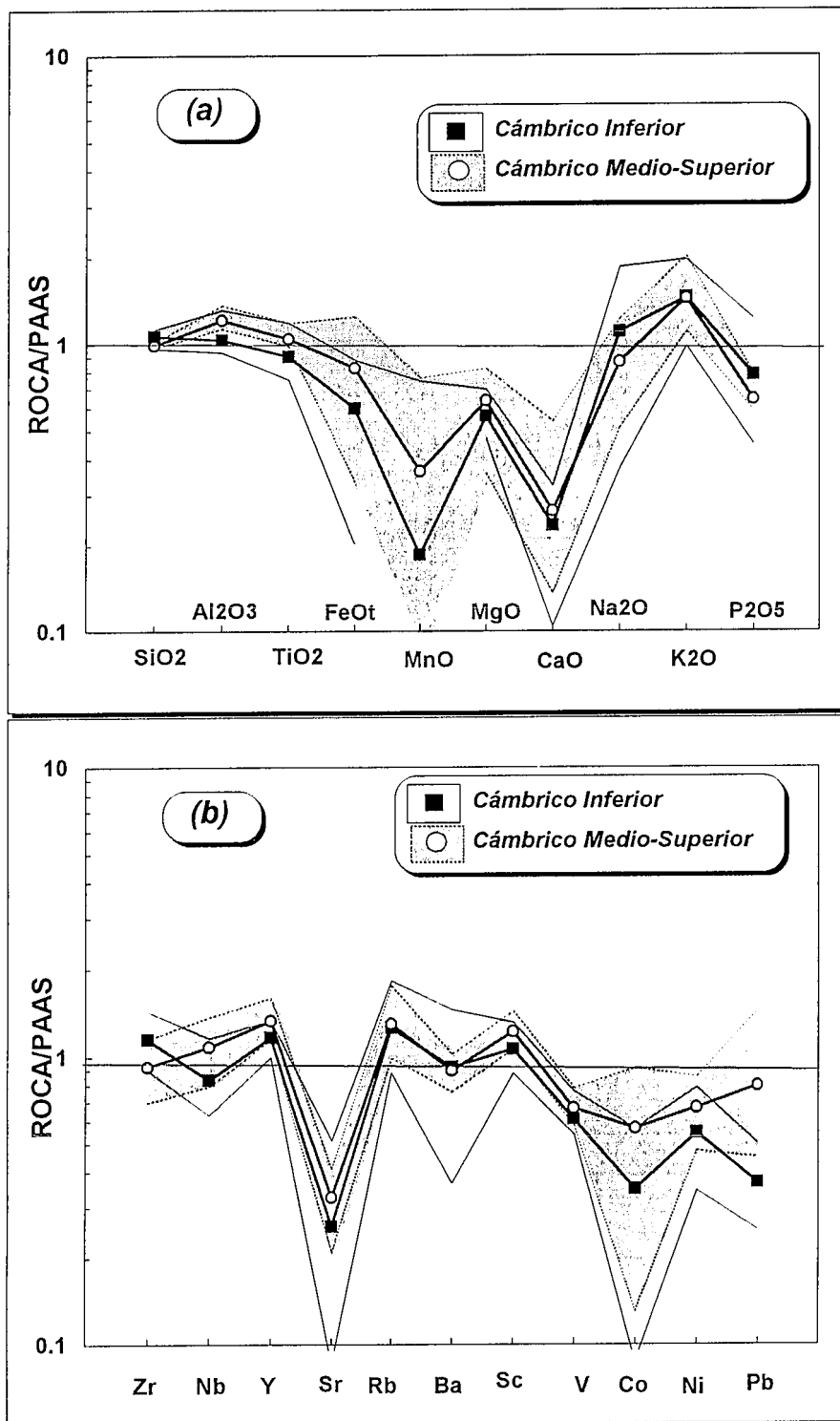


Fig. 2.- Espectro composicional de los valores medios y rangos de variación de las pelitas normalizadas respecto al PAAS (Taylor & McLennan, 1985). (a) Variación de elementos mayores. (b) Variación de elementos traza.

Fig. 2.- PAAS (Taylor & McLennan, 1985) normalized pattern for mean values and variation ranges. (a) Major element variations. (b) Trace element variations.

secuencia y a que las plagioclasas son fundamentalmente albiticas. Por otro lado, estos bajos contenidos en CaO indican áreas fuente con esta

característica original predominante.

Los valores de los índices de meteorización (CIW) y alteración (CIA), son ligeramente superiores en las

muestras del CMS (valores medios de 90.64 y 73.88, respectivamente) con respecto a las del CI (valores promedios de 87.52 y 69.46), siendo en ambos casos superiores a los valores del PAAS (CIW = 81.33 y CAI = 69.38), como consecuencia de los contenidos en  $Al_2O_3$  ligeramente superiores en las muestras del Cámbrico de Zafra con respecto al valor de normalización PAAS (ver Figura 2a).

La normalización de los elementos traza respecto al PAAS (Fig. 2b) muestra, como rasgo más significativo, la fuerte anomalía negativa en Sr, coherente con el gran empobrecimiento en CaO de las muestras de la secuencia. La buena correlación entre el  $Al_2O_3$  y el Rb ( $r = 0.94$  para el CI y  $0.96$  para el CMS) indica que este elemento (a semejanza del  $K_2O$ ) se concentra, preferencialmente, en filosilicatos y/o feldespatos (dada la afinidad K-Rb, con coeficientes de correlación  $r = 0.95$  para el CI y  $0.99$  para el CMS). Los contenidos en Zr, Nb y Y son similares a los del PAAS, así como los del Rb y Ba. Merece la pena destacar las bajas concentraciones en metales de transición, con respecto al PAAS, especialmente en V, Co y Ni. Destaca el comportamiento similar del V y Sc con el del  $TiO_2$  (con valores de  $r = 0.82$  y  $0.80$  para el CI y  $r = 0.95$  y  $0.93$  para el CMS, respectivamente), con estrechos rangos de variación, debido a la afinidad de estos elementos trazas con respecto al  $TiO_2$ . Además, es interesante destacar el hecho de que las concentraciones de estos elementos de transición es mayor en las muestras del CMS que en las del CI, con mayores concentraciones de estos elementos en los niveles más altos de la secuencia. Este fenómeno puede ser debido a la mayor posibilidad de alteración de rocas básicas (traquibasaltos) intercaladas en la secuencia, cuya presencia empieza a ser importante a partir del Cámbrico Medio (Fig. 1).

**Conclusiones**

El conjunto de características químicas de las muestras analizadas refleja su alto grado de madurez química, con bajos valores en  $SiO_2/Al_2O_3$  (valores medios de 3.49 en el CI y 2.72 en el CMS) altas relaciones  $Al_2O_3/Na_2O$  (20.92 en el CI y 25.18 en el CMS) y  $Al_2O_3/K_2O$  (3.65 en el CI y 4.69 en el CMS), así como altos valores en los índices CIW y CIA con respecto a los valores de normalización de las PAAS, lo que indica el mayor grado de meteorización que han sufrido estas rocas.

El comportamiento de elementos móviles tales como Ca, Mg, Na, Sr, así como el de los inmóviles (Ti, Al, Zr, Nb, Y), apuntan a bajas concentraciones iniciales en el área fuente o, por otro lado, a un reciclado de sedimentos. Como la concentración de elementos inmóviles es similar a la de las PAAS, parece más adecuado pensar en áreas fuentes empobrecidas en elementos tales como Ca y Mg. Además, las relaciones entre elementos tales como Zr/Ni y Zr/Co son relativamente altas, con una disminución en tales relaciones desde el CI al CMS. Este fenómeno puede interpretarse como consecuencia de un área fuente de naturaleza fundamentalmente félsica, aunque con disminución progresiva de su importancia a lo largo de la secuencia cámbrica, desde el CI hasta el CMS, y mayor participación de áreas fuentes más básicas, responsables de las mayores concentraciones de elementos tales como Ni y Co.

Los contenidos en MgO y FeO ligeramente superiores en el CMS indican una mayor concentración de filosilicatos máficos en estos niveles, mientras que los mayores contenidos en Na<sub>2</sub>O en el CI indican mayores concentraciones de albitas, coherente con el carácter más arcósico de esta secuencia.

Las características geoquímicas de esta pelitas cámbricas son diferentes a las establecidas por López-Munguira *et al.*, (1990) para las pelitas precámbricas, en las que la mayor concentración de biotita y cloritas magnesianas es responsable de los mayores contenidos en MgO. Igualmente estas pelitas tienen contenidos en CaO sensiblemente superiores a los de las pelitas cámbricas, debido a la mayor concentración de plagioclasas cálcicas en las primeras. Estas secuencias precámbricas se caracterizan también por mayores contenidos en elementos de transición (Ni, Co, Cr), lo que ha sido interpretado por López-Munguira *et al.*, (1990) como consecuencia de la influencia de componentes máficos en el área fuente de estas pelitas.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación PB92-0961 (DGICYT) y el Grupo 4065 de la Junta de Andalucía.

	Cámbrico Inferior						Cámbrico Medio-Superior					
	ZL-11	LP-2	LP-5	LP-6	LP-7	ZL-7	C90-7	C90-15	C91-3	C91-7	C91-25	ZL-3
SiO <sub>2</sub>	69.18	70.79	65.72	67.95	60.64	67.74	63.74	61.32	62.30	60.90	63.03	60.94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.89	19.02	19.22	18.68	24.84	17.68	23.91	25.85	22.20	22.33	21.40	21.64
TiO <sub>2</sub>	0.81	0.75	0.92	0.91	1.19	0.86	1.08	1.19	1.00	1.01	0.98	1.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.37	1.05	4.04	3.40	3.02	1.68	1.28	1.39	5.12	5.06	4.09	7.62
FeO	0.48	0.37	1.26	1.12	1.00	4.20	1.49	0.93	1.45	2.51	2.50	1.23
MnO	0.08	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.04	0.05	0.05	0.08
MgO	1.09	1.12	1.31	1.04	1.35	1.53	0.78	0.95	1.42	1.81	1.71	1.72
CaO	0.39	0.42	0.31	0.26	0.14	0.33	0.19	0.18	0.39	0.34	0.28	0.70
Na <sub>2</sub> O	1.11	0.82	1.60	1.72	0.45	2.22	0.68	0.61	1.35	1.27	1.47	0.86
K <sub>2</sub> O	5.40	5.45	5.51	4.85	7.30	3.63	6.73	7.49	4.64	4.64	4.39	4.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.20	0.11	0.07	0.07	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.13
Zr	202	242	261	300	251	189	241	231	189	181	173	146
Nb	13	12	17	17	22	14	23	26	21	19	19	15
Y	33	28	35	29	36	27	35	43	31	41	32	33
Sr	24	17	76	62	28	103	42	43	67	80	82	78
Rb	191	178	211	192	292	141	256	281	176	197	175	158
Ba	943	237	611	635	692	459	492	563	664	601	545	629
Sc	19	14	18	14	21	16	21	23	18	20	17	18
V	98	81	88	85	114	82	104	117	93	97	87	100
Co	6	2	11	9	7	13	5	3	14	19	16	21
Ni	29	19	43	30	24	35	26	30	38	47	36	43
Cu	6	7	16	7	8	9	9	11	9	30	19	27
Zn	9	8	13	14	15	20	18	21	59	118	98	104
Pb	5	5	8	9	10	7	9	9	9	29	16	23
Ga	19	23	23	22	32	19	30	33	28	30	26	25
CIW	87.57	89.96	85.75	85.00	96.20	80.61	94.25	95.11	88.38	89.22	87.97	88.95
CIA	68.10	70.32	67.73	68.62	73.66	68.36	73.21	73.25	73.64	74.31	73.59	75.30

Tabla 1.- Análisis químicos (FRX) recalculados a anhidros de las pelitas cámbricas del NW de Zafra. Valores de elementos mayores en % en peso y elementos en traza en ppm. Índice de alteración por meteorización (CIW) calculado según Harnois (1988) como  $CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] \times 100$  (en proporciones moleculares). Índice químico de alteración (CIA) calculado según Nesbitt & Young (1982) como  $CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$  (en proporciones moleculares).

Table 1.- Chemical anhydrous recalculated analyses (XRF) for NW Zafra Cambrian pelites. Major elements in % in weight and trace elements in ppm. Chemical Index of Weathering (CIW, Harnois, 1988) as  $[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] \times 100$  (in molecular proportions). Chemical Index of Alteration (CIA, Nesbitt & Young, 1982) as  $[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$  (in molecular proportions).

#### Referencias

- Apalategui, O.; Eguiluz, L. & Quesada, C. (1990). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlín, pp 280-291.
- Harnois, L. (1988). *Sedim. Geol.*, 55, 319-322.
- Julivert, M.; Fontboté, J.M.; Ribeiro, A. & Conde, L. (1974). *Cont. Mapa Tect. Europa*. IGME. Madrid.
- Liñán, E.; Gámez-Vintaned, J.A.; Palacios, T.; Alvaro, J.; Gozalo, R.; Mayoral, E.; Moreno-Eiris, E.; Perejón, A.; Quesada, C. & Sánchez-García, T. (1995). *XIII Geological Meeting on the West of the Iberia Peninsula. Annual IGCP-339 meeting, regional IGCP-320 meeting*. Pre-Conference Field Guide, 9-21. Univ. Salamanca.
- López-Munguira, A.; Nieto-García, F. & Sebastián-Pardo, E. (1993). *Geogaceta*, 13, 69-71.
- López-Munguira, A.; Sebastián-Pardo, E. & Nieto-García, F. (1990). *Rev. Soc. Geol. España*, 3, 43-51.
- Nesbitt, H.W. & Young, G.M. (1982). *Nature*, 299, 715-717.
- Taylor, S.R. & McLennan, S.M. (1985). *The Continental Crust: Its composition and Evolution*. Blackwell Scientif. Pub., Oxford.