

# Características composicionales y procesos de evolución magmática en el Complejo Volcánico Central (I y II) de Fuerteventura (Islas Canarias)

*Compositional features and fractionation processes in the Central Volcanic Complex (I and II) of Fuerteventura (Canary Islands)*

E. Ancochea (\*), J.L. Brändle (\*), M.J. Huertas (\*), F. Hernán (\*\*), y C.R. Cubas (\*\*)

(\*) Dpto. Petrología y Geoquímica. Universidad Complutense - Inst. Geología Económica. C.S.I.C. Fac. C. Geológicas. 28040 Madrid.

(\*\*) Dpto. Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. 38206 Tenerife.

## ABSTRACT

The Central Volcanic Complex I (CVC-I) consists mainly of mildly alkaline basalts, many of them ankaramitic. The compositional differences observed are explained by fractionation and extraction (rates between 20% and 30%) of clinopyroxene (60%), olivine (20-25%) and titanomagnetite. The CVC-II shows two different stages. The lower one of mildly alkaline affinity has an age comprised between 20 and 22 Ma, the more alkalic upper one has a more recent age about 18 Ma. The crystallization models for the lower stage are different depending on the composition considered to be the most primary or less differentiated magma. The crystallization rates are comprised between 20 and 30%. The compositional variation observed in the basalts from the upper stage may be due to crystallization rates from 20-25%, mainly olivine (50-70%) and clinopyroxene. The transition to trachyandesites, both in the CVC-I and the CVC-II, supposes a change in crystallization which is then dominated by clinopyroxene and plagioclase. The further transition to trachytes is a process controlled by plagioclase extraction.

**Key words:** Canary Islands, Fuerteventura, Old Basaltic Series, geochemistry.

*Geogaceta*, 21 (1997), 13-16  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El Complejo Volcánico Central (CVC) es uno de los tres complejos volcánicos en los que Ancochea *et al.* (1991), Cubas *et al.* (1992), Hernán *et al.* (1993), Ancochea *et al.* (1993) y Ancochea *et al.* (1996) han dividido el volcanismo mioceno de la isla de Fuerteventura. En este trabajo se analizan las características composicionales y las causas de la variabilidad de las unidades inferiores (Complejos Volcánicos I y II: CVC-I y CVC-II).

El CVC se sitúa en la mitad Sur de Fuerteventura, excepto la península de Jandía (Fig. 1). Sus afloramientos actuales forman esencialmente un semicírculo que abarca la parte sur y este del sector. Las unidades inferiores (CVC-I y CVC-II) aparecen en dicha zona buzando hacia el mar. El CVC-I aflora en la parte más interna y profunda, con buzamientos de 20°-30°. El CVC-II se apoya a veces sobre el Complejo Basal, pero habitualmente lo hace sobre el CVC-I, del que a

veces le separa una brecha poligénica. Suele buzarse menos que el CVC-I (10°-20°). En ocasiones, especialmente en el SE, es difícil separar las unidades de los dos complejos y una posible separación puede establecerse por criterios composicionales.

La edad del CVC-I no se conoce con exactitud, pero es superior a los 22,5 Ma. El CVC-II tiene esencialmente entre 22,5 y 20 Ma, estando datados los tramos más altos en 18,3 Ma.

## Características composicionales de los Complejos

El CVC-I está formado casi exclusivamente por coladas de composición basáltica, con frecuencia ankaramíticas. En el CVC-II predominan los basaltos (coladas y piroclastos), pero hay mayor proporción de traquibasaltos y traquiandesitas. En los basaltos son más frecuentes los tipos olivínicos que los piroxénicos. La plagioclasa no suele aparecer

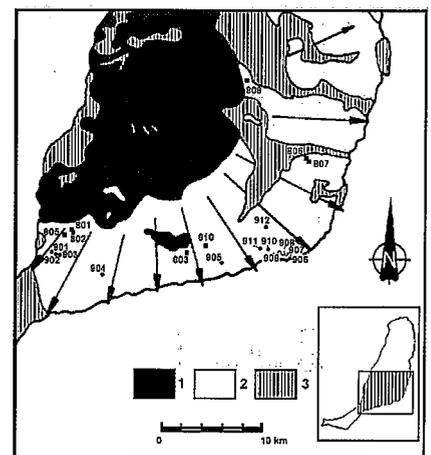


Fig.1.- Esquema geológico del CVC y posición de las muestras analizadas. 1: Complejo Basal, 2: CVC, 3: Post-CVC-II. CVC-I: cuadrados negros, CVC-II inferior: círculos negros; CVC-II superior: círculos blancos.

Fig.1.- Geological sketch of CVC and the position of the samples. 1: Basal Complex, 2: CVC, 3: Post-CVC. CVC-I: filled squares, Lower CVC-II: filled circles; Upper CVC-II: open circles.

Nº	CVC-I								CVC-II: tramo inferior								CVC-II: tramo superior			
	801	802	803	805	806	807	808	810	901	902	903	904	905	910	911	912	906	907	908	909
SiO <sub>2</sub>	46.34	45.23	44.37	44.59	56.49	45.59	41.96	41.42	44.54	43.46	43.22	45.28	44.34	46.17	44.76	44.87	44.52	44.03	52.40	42.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.41	13.78	12.94	11.25	18.00	12.73	10.03	10.08	12.26	13.13	10.64	13.50	11.19	13.66	13.50	13.11	13.71	13.78	17.71	11.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.99	4.74	6.78	4.29	5.08	4.35	10.08	7.34	3.62	5.68	5.46	7.67	5.82	5.31	4.90	2.96	3.56	5.04	4.35	4.94
FeO	6.85	7.77	6.92	8.00	0.86	8.39	4.26	6.38	8.70	8.14	7.93	5.40	7.21	7.18	7.86	9.47	9.32	8.19	3.30	8.49
MgO	6.01	7.81	6.09	10.80	1.33	8.41	9.10	9.08	11.53	6.27	12.03	6.15	10.69	6.78	7.73	9.03	6.58	6.32	2.33	11.86
MnO	0.16	0.17	0.17	0.17	0.20	0.16	0.20	0.20	0.17	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.15	0.17
CaO	10.83	10.78	10.94	11.64	3.79	10.88	14.36	13.26	9.85	11.35	11.73	11.44	11.71	10.73	10.53	11.10	11.57	11.73	5.62	10.50
Na <sub>2</sub> O	3.15	2.79	2.57	2.09	5.75	2.86	1.08	1.51	2.47	2.59	1.83	2.61	2.54	2.93	2.68	2.42	3.02	2.65	5.00	2.33
K <sub>2</sub> O	0.88	1.06	1.23	0.81	3.32	0.70	1.06	1.79	0.78	1.18	0.64	1.08	0.86	1.11	1.06	0.86	1.11	1.08	3.29	1.14
TiO <sub>2</sub>	3.39	3.49	4.25	3.16	1.39	3.52	3.84	4.07	2.97	4.92	3.83	3.55	3.25	3.74	3.80	3.16	4.08	4.12	2.08	3.87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.50	0.55	0.77	0.40	0.48	0.51	0.69	0.93	0.68	0.80	0.41	0.51	0.44	0.55	0.54	0.52	0.63	0.64	0.80	0.51
H <sub>2</sub> O	0.45	0.63	1.86	1.05	2.77	0.64	2.74	1.74	1.11	1.05	0.81	1.72	0.58	0.60	1.27	1.07	0.35	1.20	2.23	0.77
Total	98.96	98.80	98.89	98.85	99.46	98.74	99.40	98.80	98.68	98.74	98.69	99.08	98.80	98.92	98.80	98.74	98.62	98.95	99.26	98.49
Cr	105	279	48	614	5	356	440	479	571	161	896	256	668	180	284	323	183	175	5	574
Ni	107	165	83	275	5	214	109	99	320	92	293	134	291	134	165	193	84	82	5	358
Co	55	49	47	58	8	55	55	78	54	53	75	45	55	46	44	55	40	48	16	73
Sc	27	26	27	35	4	29	43	34	24	30	34	30	33	27	252	30	29	29	9	28
V	402	378	455	356	69	345	437	443	254	423	358	389	342	365	361	353	399	419	108	384
Rb	23	27	30	5	77	12	26	36	22	27	18	26	23	26	23	23	28	25	85	32
Ba	279	299	413	183	942	264	447	501	264	319	153	306	211	272	293	282	298	332	707	309
Sr	574	651	788	558	908	573	540	1169	591	780	519	694	555	603	624	554	706	716	665	565
Nb	53	65	67	36	121	50	65	99	41	56	33	50	39	50	67	54	56	55	94	44
Zr	240	276	343	221	651	262	255	426	217	355	195	260	240	281	314	240	289	287	525	217
Y	27	20	30	17	44	27	25	28	25	32	24	27	23	24	26	27	30	31	42	24
Th	-	7.6	-	3.5	11.2	3.5	6.0	10	5.0	5.0	5.0	5.0	3.17	3.80	5.0	5.0	4.23	5.0	8.61	5.0

Tabla 1- Composición química de las rocas.

Table 1.- Chemical composition of the rocks.

como fenocristal en el CVC-I y es muy escasa en el CVC-II.

En las rocas del CVC-I intruye el dique-domo traquítico de los Morros de Pozo Negro (Muñoz, 1969 y Cubas *et al.*, 1989), en ese sector son también abundantes los diques sálicos, posiblemente relacionados con el domo. Éstos atraviesan el CVC-I, pero no las unidades posteriores al CVC-II, podrían pues pertenecer a los momentos finales del CVC-I o al CVC-II.

Se han efectuado análisis de elementos mayores y traza, ocho corresponden a

rocas del CVC-I y doce a las del CVC-II (Tab.1). Se ha procurado analizar muestras previamente datadas o equivalentes próximos. En la bibliografía existen además cuatro análisis de las traquitas (Muñoz, 1969 y Cubas *et al.*, 1989).

En el CVC-I las muestras 801, 802 y 805 se sitúan en el sector SW del Complejo (Fig.1), por debajo de una brecha poligénica sobre la que existe una colada datada en 22,5 Ma (Balcells *et al.*, 1994). Las muestras 806, 807 y 808 son del NE, y están situadas bajo un conjunto sedimentario que las separa del CVC-II. Las muestras 803 y 810 pertenecen al SE del CVC-I. En general se trata de rocas poco frescas, con frecuentes rellenos de ceolitas y carbonatos, lo que ha dificultado su datación y en algunos casos ha modificado parcialmente su quimismo.

En el CVC-II las muestras 901, 902, 903 y 904 pertenecen al sector SW, una muestra equivalente a la 904 ha sido datada en 21,1 y 21,7 Ma (Balcells *et al.*, 1994). El resto de las muestras son del sector SE: la 905 fue datada por Coello *et al.*, (1992) en 20,4 Ma (FUE-24), las muestras 906 a 911 pertenecen, de techo a muro, a un corte realizado en La Entallada, la más alta, la 906, corresponde a la muestra FUE-27, datada en 18,3 Ma (Coello *et al.*, 1992). La muestra 912 es

equivalente y próxima a la F-691-10, datada en 21,1 y 20,0 Ma (Balcells *et al.*, 1994), por lo que es comparable a otras del CVC-II.

Petrográficamente son en su mayoría basaltos; las muestras 805, 808, 810, 903, 905 y 909 son ankaramíticas y la 901 oceanítica. Las rocas del CVC-I se proyectan en el diagrama TAS esencialmente en el campo de los basaltos. Las muestras del CVC-II se proyectan en los campos de basaltos y basanitas, sin embargo, su contenido en nefelina normativo, siempre inferior al 5% y la ausencia de feldespatoides modales hace que deban ser consideradas como basaltos.

Todas se proyectan en el campo alcalino de MacDonald y Katsura (1964), pero poseen, según los casos, nefelina o hiperstena (habitualmente con olivino y a veces con cuarzo normativo). El contenido en estos minerales normativos permite señalar las primeras diferencias entre los distintos grupos de rocas (Fig.2). Los basaltos del CVC-I tienen hiperstena normativa o nefelina inferior al 1%, su proyección en el campo alcalino y la ausencia de piroxeno pobre en Ca (Brändle *et al.*, 1996), hacen que deban ser considerados de afinidad ligeramente alcalina.

Dentro de los basaltos del CVC-II pueden separarse dos grupos: los situa-

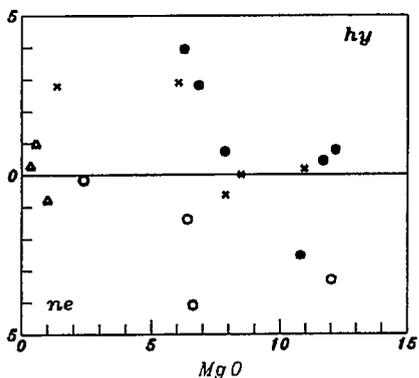


Fig.2.- Diagrama de MgO - hy y ne. X = CVC-I. Simbolos como en la fig.1

Fig.2.- MgO - hy & ne diagram. X = CVC-I. Another symbols as fig.1

dos estratigráficamente más bajos (con edades entre 21 y 20 Ma) tienen en su gran mayoría hiperstena normativa y tampoco tienen piroxeno pobre en calcio, mientras que los de los tramos más altos tienen nefelina normativa (rocas del techo del corte de La Entallada, 18,3 Ma).

Podemos pues distinguir un CVC-I ligeramente alcalino y un CVC-II con un tramo inferior ligeramente alcalino y uno superior moderadamente alcalino.

Las traquitas son peralcalinas, de las más peralcalinas de la isla, pues tienen egrina modal, del 6 al 9% de egrina normativa e incluso a veces Ns normativo. Son saturadas, sin cuarzo ni feldespatoides modales y normativamente con cuarzo menor del 2% o nefelina inferior al 1%. Estas características las diferencian claramente de las traquitas de los otros Complejos.

**Procesos de evolución magmática**

La composición de las rocas del CVC-I y del CVC-II denotan la existencia de procesos de evolución magmática de cierta entidad (Fig.3). En los basaltos el contenido en MgO (recalculado a 100 anhidro) varía del 11 al 6% en el CVC-I y del 12 al 6% en el CVC-II, al tiempo que el de níquel descende de 320 a 80 ppm y el de cromo de 900 a 50 ppm. Algunas rocas, especialmente en el CVC-I, están alteradas, por lo que estas rocas (803, 808, 810 y 902) no han sido consideradas en el análisis de los procesos de evolución.

**Complejo Volcánico Central I**

Ninguna de las rocas tiene composición de magma primario, pues aunque alguna supera las 200 ppm de Ni (Frey *et al.*, 1978), ninguna alcanza el valor-MG de 78 que los caracteriza (Green, 1971). La roca 805 es la que tiene valores más próximos a los de las rocas primarias y sería por tanto la menos evolucionada.

Al descender el valor MG y el MgO y progresar la evolución magmática (Fig.3), dentro de los términos basálticos, se aprecia: un marcado descenso en el contenido en Cr y Ni, un ligero descenso en Fe, Mn, Ca, Co y Sc y un aumento en Si, Ti, Na, P, V, Rb, Ba, Zr, Y, Nb y sobre todo Al.

En el paso a traquiandesitas algunas pautas varían sustancialmente, como reflejo de un cambio importante en el proceso evolutivo. Así existe: un importante descenso en Ti, Fe, Ca, Ni, Co, Sc y V, y un aumento notable de casi todos los otros elementos.

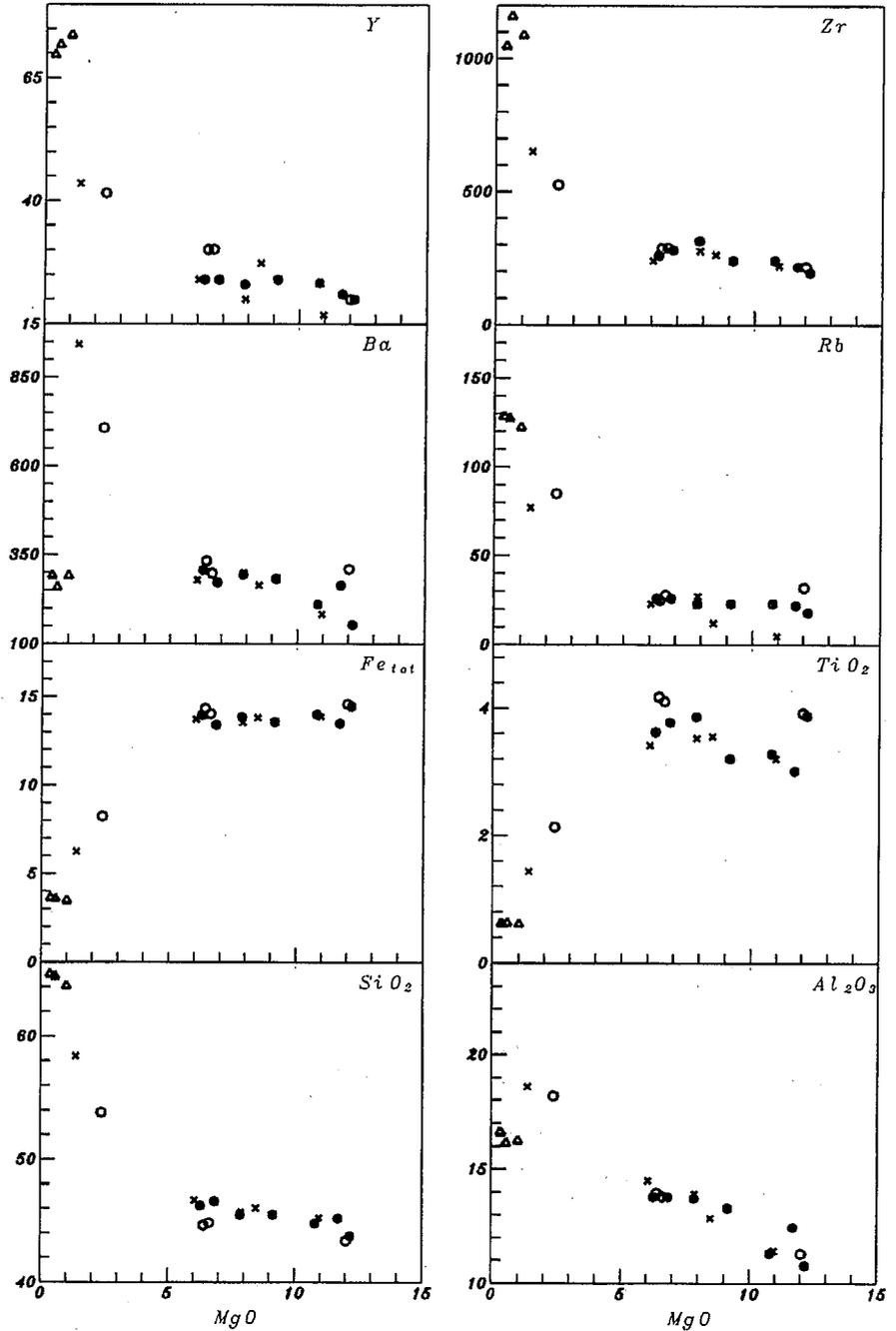


Fig.3.- Diagramas de evolución MgO - elementos. Símbolos como fig.2

Fig.3.- Evolution MgO vs other elements. Symbols as fig.2

La modelización mediante ajuste de ecuaciones (Stormer y Nicholls, 1978), permite una aproximación cuantitativa al proceso (Tab.2). En el caso de los basaltos el proceso estaría controlado por la cristalización y extracción de clinopiroxeno (60%), con olivino en segundo lugar (20%), menor participación de titanomagnetita y escasa o nula participación de plagioclasa. Los residuales para estos modelos son bajos, lo que apoya su verosimilitud.

Los modelos del paso basalto evolucionado a traquiandesita dan residuales mucho peores, obteniéndose los mejores resultados para un proceso en el que la

cristalización fuese casi a partes iguales de clinopiroxeno y plagioclasa, sin olivino. La tasa de cristalización sería elevada, del orden del 70% (Tab.2).

**Complejo Volcánico Central II**

Cuatro rocas superan las 200 ppm de Ni y tres de ellas tienen valores de MG superiores a 62, es decir poco evolucionadas, pero no primarias. En el tramo bajo la 901 y la 903 son las más primitivas, en el tramo alto lo es la 909.

En el tramo bajo al descender el valor MG y el MgO se observan tendencias de

Modelo	OI	Cpx	Plg	Ti-Mt	% Extr	Res.
805 a 807	17	59	12	12	24,6	0,30
805 a 802	21	68	-	11	23,2	0,10
805 a 801	26	61	3	10	30,5	0,35
801 a 806	1	42	39	18	70,0	23,9
901 a 910	42	23	27	8	29,5	0,22
901 a 911	54	21	23	2	19,3	0,21
901 a 904	67	5	27	1	21,8	0,29
905 a 910	20	59	8	13	31,2	0,37
905 a 911	19	70	-	11	22,9	0,35
905 a 904	36	54	2	8	23,4	0,55
909 a 906	54	29	8	9	24,2	0,25
909 a 907	69	26	-	5	19,8	0,30
906 A 908	1	45	36	18	70,9	13,7
908 a traq.	-	17	65	18	45,7	6,35

Tabla 2. Modelos de cristalización

Table 2. Crystallization model

evolución similares a las del CVC-I. En el tramo alto las pautas son relativamente parecidas, con la diferencia esencial de que Ca, Sr y Sc aumentan. En el paso a traquiandesitas, como en el CVC-I, cambian notablemente algunas pautas. Las variaciones son similares a las del CVC-I.

En el tramo bajo los modelos de cristalización varían según se parta de la muestra 901 o de la 905, pues, como hemos indicado, la primera tiene tendencias oceaníticas, mientras que la segunda es ankaramítica. El paso a basaltos evolucionados (910, 911 y 904) desde la 901 implica cristalizaciones y extracción de un 20 a un 30% de cristales, que en su mayoría son de olivino (40-60%) y el resto de clinopiroxeno y plagioclasa, en el caso de las rocas 910 y 911, y esencialmente de plagioclasa en la 904. Si se parte de la roca 905 la cristalización es de similar proporción (20-30%) pero esencialmente de clinopiroxeno (50-70%) seguido de olivino. Los residuales en todos los casos son bajos.

En el tramo alto el paso de basaltos más primarios (909) a evolucionados se

realiza por un 20-25% de extracción de olivino (50-70%) y clinopiroxeno. Como en el CVC-I, los modelos del paso basalto evolucionado a traquiandesitas tienen residuales altos y una cristalización en tasas elevadas (70%) controlada por clinopiroxeno y plagioclasa.

### Rocas traquíticas

Con respecto al resto de las rocas (Fig.3), las traquitas se caracterizan por tener: un contenido muy superior en Si, Na, K, Rb, Y, Zr y Nb y un contenido muy inferior en Ti, Al, Fe, Ca, P, Ba y Sr. La modelización del paso a traquita desde traquiandesitas supone unas tasas de cristalización del 45% (Tab.2), con un nuevo cambio en las condiciones de cristalización, que pasa a estar controlada por la plagioclasa (65%), con proporciones menores de piroxeno y magnetita. El olivino no interviene.

### Conclusiones

El CVC-I está constituido esencialmente por basaltos, con frecuencia ankaramíticos que tienen una afinidad moderadamente alcalina. Las diferencias composicionales entre los mismos pueden justificarse por procesos de cristalización y extracción (tasas del 20-30%) de clinopiroxeno (60%), olivino (20-25%) y titanomagnetita.

En el CVC-II puede distinguirse dos tramos: el inferior de afinidad moderadamente alcalina y de edad entre 20 y 22 Ma y el superior, más alcalino, y con una posible edad de 18 Ma. En el tramo inferior los modelos de cristalización son diferentes según cual sea el magma que consideremos como más primario, las tasas de cristalización están entre el 20 y el 30%. En el tramo superior las variaciones composicionales observadas entre los basaltos pueden ser debidas a cristalizaciones del 20-25%, sobre todo de olivino (50-70%) y clinopiroxeno.

El paso a traquiandesitas en ambos complejos, supone el cambio a una cristali-

zación dominada por clinopiroxeno y plagioclasa. En el paso a traquitas el proceso pasa a ser controlado por la extracción de plagioclasa.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el Proyecto PB94-0237.

### Referencias

- Ancochea, E., Cubas, C.R., Hernán, F. y Brändle, J. L. (1991): *Geogaceta*, 9: 60-62.
- Ancochea, E., Brändle, J.L., Cubas, C.R., Hernán, F. y Huertas, M.J. (1993): *Memor. R. Acad. Cienc. Exac. Fís. Nat. de Madrid*, 27: 151.
- Ancochea, E., Brändle, J.L., Cubas, C.R., Hernán, F. y Huertas, M.J. (1996): *Jour. Volc. Geoth. Res.*, 70: 183-204.
- Balcells, R., Barrera, J. L., Gómez, J. A., Cueto, L.A., Ancochea, E., Huertas, M.J., Ibarrola, E. y Snelling, N. (1994): *Bol. Geol. Min. España*, 105: 50-56.
- Brändle, J. L., Ancochea, E., Huertas, M.J., Cubas, C. R. y Hernán, F. (1996): *Geogaceta*, 20: 561-563.
- Coello, J., Cantagrel, J.M., Ibarrola, E., Jamond, C., Hernán, F., Fúster, J.M., Ancochea, E., Casquet, C., Díaz de Terán, J.R. y Cendrero, A. (1992): *Jour. Volc. Geoth. Res.*, 53: 251-274.
- Cubas, C.R., Fernández Santín, S., Hernán, F., Hernández-Pacheco, A. y De La Nuez, J. (1989): *Rev. Mat. y Proc.*, 6: 71-97.
- Cubas, C.R., Hernán, F., Ancochea, E. y Brändle, J. L. (1992): *Geogaceta*, 11: 79-81.
- Frey, F.A., Green, D. H. y Roy, S.D., (1978): *Jour. Petrol.*, 19: 463-513.
- Green, D.H. (1971): *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 268: 707-725.
- Hernán, F., Ancochea, E., Brändle, J. L. y Cubas, C.R. (1993): *Geogaceta*, 13: 62-64.
- Muñoz, M. (1969): *Estudios Geol.*, 25: 257-310.
- Macdonald, G. A. y Katsura, J. (1964): *Jour. Petrol.*, 5: 82-133.
- Stormer, J.C. y Nicholls, J. (1978): *Computer Geosciences*, 4: 143-159.