

FUENTES MANTELICAS Y EVOLUCION DEL VOLCANISMO CANARIO

A. Aparicio*, F. Hernán**, C. R. Cubas** y V. Araña*

RESUMEN

Una selección de 74 muestras de rocas volcánicas de las islas Canarias se ha utilizado para delimitar la variabilidad de los magmas canarios. Relaciones isotópicas de Pb, Sr y Nd sitúan las fuentes magmáticas como una mezcla de HIMU y EM2. La presencia de una corteza con un grosor variable de sedimentos explicaría el proceso de contaminación observable en algunas islas.

El modelo condritico de tierras raras indicaría un proceso de diferenciación magmática por cristalización fraccionada como el más apropiado para la secuencia magmática canaria. Algunos cambios composicionales observados en rocas básicas pueden estar en relación con procesos de contaminación.

Palabras clave: Fuente magmática, contaminación.

ABSTRACT

A total of 74 samples of canarian volcanic rocks allows to show the variability of the magmatism. Isotopic relationships (Pb, Sr and Nd) limits the magmatic reservoirs to HIMU and EM2. The existence of sediments in the canarian crust would explain the contamination processes existing in some islands.

The chondritic REE pattern indicates a fractional crystallization process for the canarian magmatic sequence, chemical changes observed in some basic rocks could be related to contamination processes.

Key words: Magmatic reservoirs, contamination.

Introducción

Las islas Canarias están constituidas por un grupo de siete islas mayores asentadas en una zona de transición de corteza continental a oceánica. Las islas orientales se sitúan sobre una corteza continental (Banda *et al.*, 1981) con un espesor de 10 km de sedimentos mientras que en las occidentales se sitúan sobre una corteza oceánica en la que el espesor de los sedimentos no supera 1 km.

El volcanismo más antiguo se manifiesta en algunos diques de Fuerteventura (24 Ma) (Le Bas *et al.*, 1986) y ha continuado en diferentes ciclos hasta la actualidad, con la última erupción ocurrida en la isla de La Palma (1971) (fig. 1).

Las secuencias volcánicas subaéreas más primitivas están representadas en todas las islas por las Series Antiguas, de edades variables (Mioceno-

Plioceno) y constituidas por coladas básicas (basanitas, basaltos) de potencia métrica y subhorizontales. Su emisión fue fisural, originando volcanes en escudo que en Fuerteventura han podido recientemente ser reconocidos y delimitados (Ancochea *et al.*, 1991).

En algunas islas (Fuerteventura, Gomera y La Palma) por debajo de estas series volcánicas afloran los Complejos Basales que incluyen secuencias de rocas sedimentarias, plutónicas y volcánicas, atravesadas por una densa red de diques básicos. Algunos de estos sedimentos han dado edades Cretácicas (Valanginiense-Albiense y Cenomanense) (Robertson y Bernoulli 1982; Le Bas *et al.*, 1986; Renz *et al.*, 1992) aunque con indicios de posible Jurásico, lo que lleva a algunos autores a pensar que las islas Canarias emergieron sobre una corteza oceánica jurásica (Hayes y Rabinowitz, 1975; Roest *et al.*,

* Departamento de Volcanología. MNCN-CSIC. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

** Departamento de Edafología-Geología. Universidad La Laguna (Tenerife).

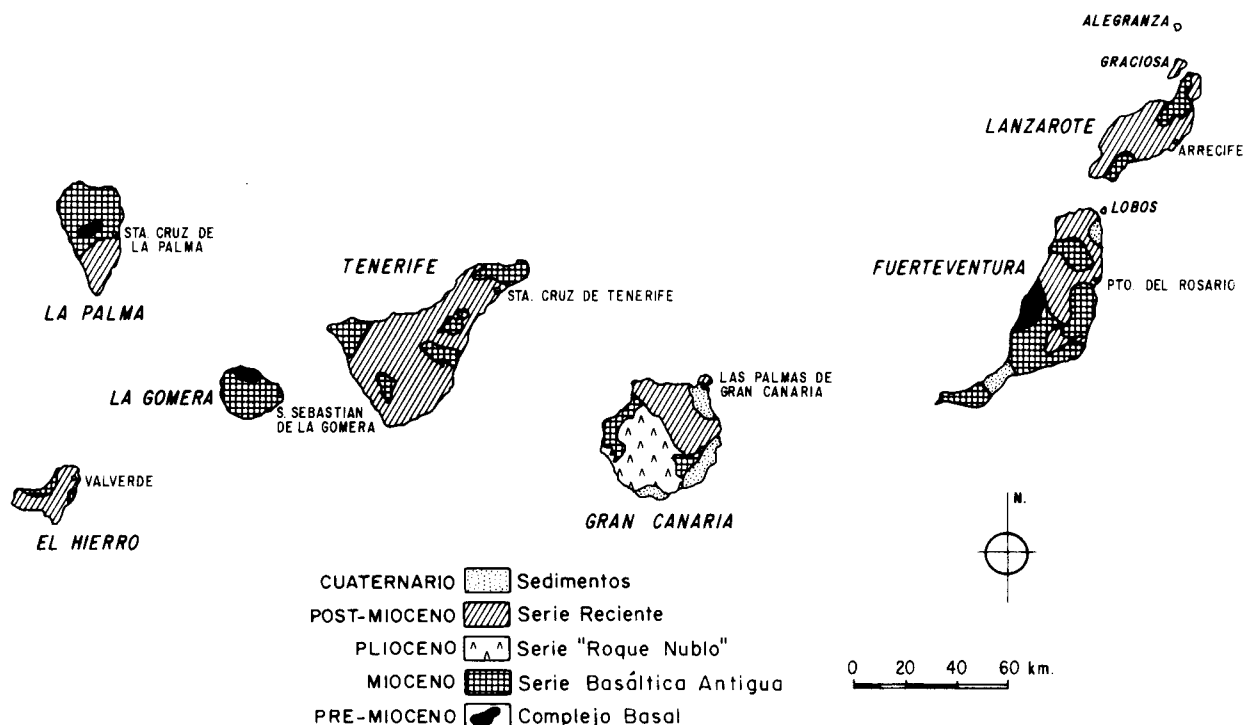


Fig. 1.—Mapa geológico esquemático de las islas Canarias.

1992; Watts, 1994). De hecho, Schmincke *et al.*, (1998) al estudiar cantos de gabro en sedimentos de diferentes islas definen también una edad jurásica para esta corteza.

En Tenerife y Gran Canaria por encima de la Serie Antigua se disponen Series Intermedias constituidas por una sucesión de magmas básicos (basanitas, basaltos, tefritas, traquibasaltos, hawaitas, mugearitas, benmoreitas) y félsicos (traquitas, fonolitas, riolitas) que en ocasiones dan origen a depósitos de tipo ignimbritas, ash-flow, surges y aglomerados. La edad de estas series varían de Plioceno a Pleistoceno. En todas las islas (excepto Gomera) el volcanismo reciente e histórico está constituido por piroclastos y coladas de composición básica (basanitas y basaltos).

El tipo de magmatismo es definido por todos los autores (Hernández Pacheco e Ibarrola, 1973; Fuster, 1975; Schmincke, 1982; Araña y Ortiz, 1991... etc.) como de tipo alcalino sódico subsaturado y sus composiciones básicas se proyectan en el campo de los OIB, con características de volcanismo intraplaca.

En épocas más recientes y en base a determinaciones isotópicas se ha tratado de localizar la fuente mantélica de los magmas canarios. Así, Hoernle *et al.*, (1991) deducen para la isla de Gran Canaria

diversos episodios volcánicos con diferentes fuentes, desde composiciones parecidas a HIMU, en un primer ciclo volcánico, pasando a características DM en otros episodios y en algunos casos fuentes que reflejan asimilación (EM1 y EM2). En Tenerife Simonsen *et al.*, (2000) encuentran un modelo mezcla de HIMU y EM1

Más recientemente Ovchinnikova *et al.*, (1995) realizan un estudio isotópico en rocas volcánicas de Lanzarote, La Palma y Tenerife y encuentran para las islas Canarias una fuente con mezclas de reservorios HIMU, DM y EM. En rocas volcánicas de Lanzarote, Thomas *et al.*, (1999) explican que el magma original procede de una mezcla de HIMU y OIB. Sin embargo, Schmincke *et al.*, (1998) asocia el magma original a la corteza oceánica e implican un tipo genérico MORB.

Datos y discusión

La diversidad encontrada en la génesis magmática de las islas resulta un hecho significativo en cuanto a la búsqueda de nuevos datos que corroboren los esquemas previos.

En base a ello se hizo un muestreo inicial de todas las islas, en el que se recolectaron un total de

Tabla 1.—Clasificación y localización de las rocas volcánicas y plutónicas seleccionadas de las Islas Canarias.

Muestra de roca	Clasificación Petrológica (TAS)	Isla	Localización	Observaciones	Serie
LT-1	Tefrita	Tenerife	Ca. Santiago del Teide-Arguayo	Colada	Serie IV
LT-2	Traquibasalto	Tenerife	Bco. Herques	Colada	Cañadas
LT-3	Traquiandesita	Tenerife	Roque Jana	Colada	Serie Antigua
LT-4	Traquita	Tenerife	Bco. Orchilla	Colada	Cañadas Sálicas
LT-5	Fonolita	Tenerife	Roque Negro (Pueblo)	Domo	Sálica Pitones
LT-6	Tefrita	La Palma	Degollada Franceses Roque Muchachos	Colada	Roque
LT-7	Basanita	La Palma	Teneguía	Colada	Histórica
LT-8	Tefrita fonolítica	La Palma	Ca. Barlovento a Garafía, Km 5,8	Colada	Antigua
LT-9	Fonolita	La Palma	Poblado Jedey	Pitón	Serie Roques
LT-10	Basalto	Gran Canaria	Ca. Agaete-San Nicolás	Colada	Antigua
LT-11	Fonolita tefrítica	Gran Canaria	Ca. Las Palmas-Agaete	Coladas	Subhistórica
LT-12	Riolita	Gran Canaria	Pista Mogán-Ayacate	Colada	Serie Traquítica
LT-13	Picrobasalto	Gomera	Ca. Arure-Gran Rey	Colada	Intermedia
LT-14	Traquiandesita Basáltica	Gomera	Ca. San Sebastián-Valle Gran Rey	Colada	Intermedia
LT-15	Traquita	Gomera	Ca. Playa Santiago	Pitón Domo	Serie domos
LT-16	Foidita	Hierro	Ca. Valverde-Frontera	Colada	Intermedia
LT-17	Foidita	Hierro	Caldera Tabaibal Manso	Colada	Subhistórica
LT-18	Basanita	Hierro	Ca. a Restinga	Colada	Reciente
LT-19	Basalto	Fuerteventura	Puerto Cotillo	Colada	Antigua
LT-20	Granito Cuarzotraquita	Fuerteventura	Montaña Tindaya	Domo	Intermedia
LT-21	Gabro	Fuerteventura	Betancuria (Pueblo)	Colada	Serie Basal
LT-22	Sienita	Fuerteventura	Ca. Betancuria-Pájara	Colada	Serie Basal
LT-23	Picrobasalto	Lanzarote	Ca. Teguiise-Haría, Km 12,7	Colada	Antigua
LT-24	Basalto	Lanzarote	Ca. Yaiza-El Golfo, km 0,8	Colada	Histórica
LT-25	Dunita	Lanzarote	Mña. Cuchillo		Manto

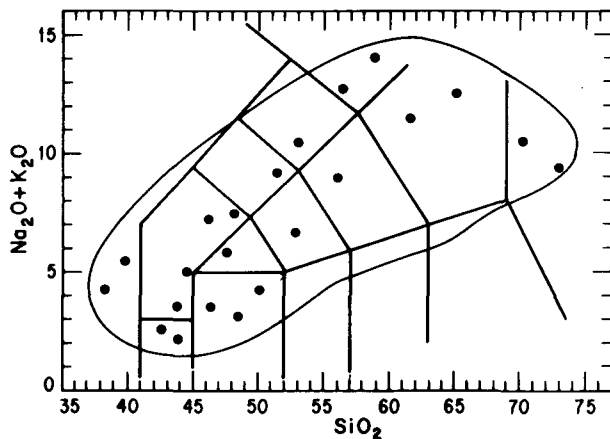


Fig. 2.—Delimitación del campo composicional de las rocas volcánicas canarias sobre el diagrama TAS. En puntos las muestras seleccionadas.

74 muestras (5 en Lanzarote, 10 en Fuerteventura, 17 en Tenerife, 7 en Hierro, 11 en Gomera, 14 en Gran Canaria y 10 en La Palma) en función de su litología, estratigrafía y tipo del yacimiento. El campo composicional delimitado por estas muestras se puede observar en la figura 2, en la que salvo rocas de tipo andesítico y dacítico el resto de las composiciones están presentes.

De estas muestras se seleccionaron un total de 22 rocas volcánicas (Tablas 1 y 2) abarcando todas las composiciones conocidas en las Islas Canarias (tefritas, basanitas, picrobasaltos, basaltos, basaltos andesíticos, tefritas fonolíticas, fonolitas y riolitas) (Aparicio *et al.*, 2002). Las composiciones más abundantes corresponden a los términos basaníticos, abundantes en las series Antiguas y Recientes (Históricas) de todas las islas, y basaltos (más abundantes en las series históricas de Lanzarote).

Tabla 2.—Elementos mayores, menores, tierras raras e isótopos de rocas volcánicas y plutónicas de las islas Canarias.

Muestra	LT-1TE	LT-2TB	LT-3TA	LT-4TR	LT-5FO	Muestra	LT-6TE	LT-7BS	LT-8TE	LT-9FO	LT-10BA
Isla	Tenerife	Tenerife	Tenerife	Tenerife	Tenerife	Isla	La Palma	La Palma	La Palma	La Palma	Gran Canaria
SiO ₂	47,9	47,25	54,7	60,5	58	SiO ₂	46	44,25	51	56,3	48,4
TiO ₂	2,76	2,86	1,19	0,81	0,23	TiO ₂	3,56	3,71	2,52	1,13	3,71
Al ₂ O ₃	17,83	16,36	20,24	19,57	21,79	Al ₂ O ₃	17,1	13,97	17,97	20	14,88
Fe ₂ O ₃	3,04	4,42	2,85	2,93	1,05	Fe ₂ O ₃	2,5	1,98	4,42	0,67	6,77
FeO	5,98	6,52	3,45	0,29	1,25	FeO	8,64	10,16	4,56	3,44	5,39
MnO	0,19	0,2	0,21	0,19	0,17	MnO	0,19	0,18	0,24	0,17	0,12
MgO	4,41	6,02	1,52	1,29	0,43	MgO	3,98	9	2,09	0,88	4,44
CaO	9,02	9,39	4,65	1,43	1,93	CaO	10,11	10,97	7,56	4,51	9,23
Na ₂ O	5,19	4,07	5,98	6,96	9,17	Na ₂ O	4,94	3,57	6,45	8,35	2,9
K ₂ O	2,23	1,7	2,77	4,3	4,63	K ₂ O	2,2	1,45	2,65	4,35	1,17
P ₂ O ₅	1,2	0,9	0,24	0,14	0,02	P ₂ O ₅	0,59	0,45	0,38	0,09	0,38
H ₂ O	0	0,05	1,92	1,2	1,04	H ₂ O	—	—	—	—	2,42
Total	99,75	99,74	99,72	99,61	99,71	Total	99,81	99,69	99,84	99,89	99,81
MG	47,42	50,54	31,05	43,99	25,88	MG	39,44	57,32	30,37	27,95	40,8
Cr	10	90	10	10	10	Cr	10	210	10	10	80
Ni	1	61	1	1	1	Ni	3	100	1	2	57
Co	17	26	3	1	1	Co	28	44	12	6	37
Sc	11	16	2	1	1	Sc	12	28	5	2	27
V	153	194	28	10	18	V	257	309	116	74	356
Cu	6	49	1	3	1	Cu	18	109	7	10	87
Pb	5	3	8	9	12	Pb	4	3	8	15	3
Zn	115	116	123	104	126	Zn	119	117	140	103	116
Bj	1	1	1	1	1	Bj	1	1	1	1	1
Cd	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	Cd	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Sn	2	2	2	3	1	Sn	2	2	4	1	2
W	2	2	2	2	5	W	1	1	2	2	1
Mo	3	3	5	2	11	Mo	2	3	5	8	2
As	2	2	2	2	2	As	3	2	2	2	2
Sb	2	3	1	1	1	Sb	4	7	1	1	5
K	18.512	14.112	22.995	35.696	38.435	K	18.263	12.037	21.998	36.111	9.713
Rb	46	39	74	112	132	Rb	51	31	75	134	26
Cs	0,4	0,3	0,9	0,7	1,3	Cs	0,5	0,3	0,8	1,6	0,3
Ba	681	584	769	1.313	1.516	Ba	653	467	780	1.202	221
Sr	915	868	1.127	382	1.271	Sr	1.018	936	1.208	1.354	544
Tl	0,6	0,8	0,5	0,5	0,5	Tl	0,8	0,2	0,2	1	0,2
Ga	23	23	27	26	33	Ga	24	23	29	31	26
Ta	7,2	6,9	12	15,6	3,9	Ta	7	5,3	10,7	6,5	3,9
Nb	108,8	100,4	172,5	224,7	157,5	Nb	105,2	80,3	155,9	151,4	50,7
Hf	8,1	7,8	13,6	17,5	13,4	Hf	7,5	7,4	12,7	12,3	9
Zr	368	357	646	825	758	Zr	359	322	616	702	368
Ti	16.546	17.146	7.134	4.856	1.379	Ti	21.342	22.241	15.107	6.774	22.241
Y	36	36	41	43	21	Y	37	33	42	26	35
Th	7,8	6	11,3	17,8	18,6	Th	5	5,8	8,4	21	2,2
U	2	1,5	2,3	4,2	5,8	U	1,3	1,8	2,6	7	0,8
La	76,8	75	110	144,9	128,9	La	68,9	74,9	103,4	135,3	39,7
Ce	143,8	144,6	199,2	241,7	173	Ce	133,9	143,5	193,9	198,2	88,4
Pr	16,92	17,32	21,46	25,4	13,44	Pr	15,96	16,65	22,3	18,28	11,63
Nd	67,2	69,8	78,8	86,2	35,3	Nd	63,9	67	84	58,4	51,4
Sm	12,7	12,8	13,2	13,1	4,2	Sm	11,8	12,4	14,4	8,2	10,7
Eu	3,97	3,99	4,07	3,74	1,18	Eu	3,9	3,85	4,29	2,32	3,41
Gd	10,21	10,11	9,73	8,57	2,64	Gd	9,44	9,28	10,31	6,21	9,27
Tb	1,45	1,44	1,43	1,42	0,48	Tb	1,38	1,32	1,51	0,8	1,34
Dy	7,7	7,54	7,96	8,07	2,98	Dy	7,47	6,8	8,27	4,63	7,24
Ho	1,42	1,38	1,51	1,58	0,65	Ho	1,42	1,26	1,57	0,9	1,37
Er	3,45	3,47	4,14	4,3	2,15	Er	3,62	3,14	4,21	2,59	3,39
Tm	0,48	0,47	0,59	0,69	0,38	Tm	0,47	0,41	0,58	0,4	0,46
Yb	2,53	2,42	3,35	3,61	2,41	Yb	2,63	2,14	3,12	2,55	2,61
Lu	0,35	0,33	0,46	0,54	0,39	Lu	0,34	0,27	0,45	0,38	0,37
Den	2,6	2,64	2,47	2,38	2,38	Den	2,66	2,74	2,54	2,44	2,63
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0,512902	0,512902	0,512924	0,512906	0,512857	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0,512902	0,512881	0,512908	0,512914	0,512942
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0,703092	0,703092	0,7032	0,703163	0,703247	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0,703042	0,703135	0,703075	0,70314	0,703433
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	19,656	19,656	19,784	19,769	19,717	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	19,829	19,525	19,8	19,636	19,581
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	15,604	15,604	15,627	15,628	15,626	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	15,624	15,615	15,631	15,595	15,631
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	39,44	39,44	39,511	39,614	39,754	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	39,746	39,345	39,3706	39,45	39,404
Eu*	1,06	1,06	1,09	1,07	1,08	Eu*	1,12	1,09	1,07	0,99	1,04
(La/Yb) _n	20,65	21,09	22,33	27,31	36,4	(La/Yb) _n	17,82	20,65	22,55	36,1	10,34
(Sm/Nd) _n	0,58	0,56	0,51	0,46	0,36	(Sm/Nd) _n	0,56	0,58	0,52	0,43	0,58

GA = Gabro, SI = Sienita, DU = Dunita, TE = Tefrita, TB = Traquibasalto, TA = Traquiandesita, TR = Traquita, FO = Fonolita, BS = Basanita, BA = Basalto, TF = Tefrita fonolítica, FT = Fonolita tefrítica, RI = Riolita, AB = Andesita basáltica, FD = Foidita, GR = Granito (Cuarzo traquita)

Tabla 2.—Elementos mayores, menores, tierras raras e isótopos de rocas volcánicas y plutónicas de las islas Canarias

Muestra	LT-11FT	LT-12RI	LT-13PB	LT-14TAB	LT-15TR	Muestra	LT-16FD	LT-17FD	LT-18BS	LT-19BA	LT-20GR
Isla	Gran Canaria	Gran Canaria	Gomera	Gomera	Gomera	Isla	Hierro	Hierro	Hierro	Fuerteventura	Fuerteventura
SiO ₂	52,55	72,55	42,45	52,6	64,45	SiO ₂	38	39,7	43,5	46,2	69,4
TiO ₂	2,01	0,66	3,33	2,36	0,21	TiO ₂	3,46	4,8	3,73	3,95	0,12
Al ₂ O ₃	18,37	13,34	11,45	18,31	18,16	Al ₂ O ₃	10,74	14,95	11,59	15,91	16,94
Fe ₂ O ₃	4,46	0,95	3,59	4,17	1,42	Fe ₂ O ₃	5,82	3,58	4,52	6,12	1,33
FeO	2,86	2,05	9,94	4,69	0,77	FeO	7,89	9,58	9,52	7,79	0,35
MnO	0,18	0,19	0,17	0,22	0,2	MnO	0,22	0,18	0,19	0,18	0,3
MgO	1,72	0,16	12,04	1,87	0,27	MgO	13,01	9,02	10,02	5,47	0,19
CaO	6,69	0,3	14,01	8,3	1,28	CaO	15,09	12,02	12,39	10,32	0,12
Na ₂ O	7,45	5,6	2,21	5,15	7,32	Na ₂ O	3,32	4,28	2,66	2,65	5,47
K ₂ O	2,88	3,69	0,36	1,48	5,08	K ₂ O	0,87	1,15	0,88	0,85	4,87
P ₂ O ₅	0,34	0,06	0,34	0,68	—	P ₂ O ₅	1,31	0,59	0,64	0,47	0,03
H ₂ O	0,31	0,34	—	0,07	0,72	H ₂ O	0,1	—	—	0,06	0,88
Total	99,82	99,89	99,89	99,9	99,88	Total	99,83	99,85	99,64	99,97	100
MG	30,84	8,94	61,96	28,3	19,03	MG	63,85	55,67	56,79	42,3	17,96
Cr	10	10	650	10	10	Cr	390	120	480	20	10
Ni	1	1	270	1	1	Ni	239	85	267	9	1
Co	13	1	62	13	1	Co	56	44	64	38	1
Sc	6	6	35	6	1	Sc	27	26	27	21	1
V	176	11	303	118	6	V	309	328	335	331	16
Cu	14	1	70	8	2	Cu	73	92	122	19	3
Pb	12	9	3	8	14	Pb	5	3	3	3	12
Zn	116	167	91	118	147	Zn	115	124	114	113	67
Bi	1	1	1	1	1	Bi	1	1	1	1	1
Cd	0,2	0,2	0,5	0,3	0,2	Cd	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2
Sn	2	7	1	2	3	Sn	2	3	3	2	2
W	2	3	1	2	2	W	1	1	1	1	3
Mo	5	1	1	6	1	Mo	2	2	2	2	3
As	2	2	2	2	2	As	2	2	2	2	2
Sb	1	1	6	2	1	Sb	8	5	8	4	1
K	23.908	30.632	2.988	12.286	42.171	K	7.222	9.546	7.305	7.056	40.427
Rb	55	81	5	41	143	Rb	26	26	23	24	193
Cs	1,3	0,2	0,2	0,5	1	Cs	0,3	0,3	0,3	0,2	2,7
Ba	1.447	507	190	576	678	Ba	503	335	335	295	560
Sr	1.720	15	538	1.271	109	Sr	1.309	893	811	775	102
Tl	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	Tl	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
Ga	31	32	18	23	29	Ga	20	26	23	25	30
Ta	6,8	10,1	3,3	7,8	16,9	Ta	6,9	5,2	5	4,3	8,8
Nb	136,1	168,6	46,7	119,6	270	Nb	106,2	72,5	69,5	56,7	116,1
Hf	11,7	23,6	5,5	8,9	22,1	Hf	8	8,7	7,4	8	10,7
Zr	626	969	218	429	958	Zr	395	368	319	327	373
Ti	12.050	3.957	19.963	14.148	1.259	Ti	20.743	28.776	22.361	23.680	719
Y	30	76	22	37	37	Y	42	34	30	32	19
Th	14,1	9,9	2,3	8,7	22,6	Th	6,8	3,5	3,6	3,6	31,2
U	3	2,8	0,7	2,6	6,4	U	2,2	1,1	1,2	1	10,4
La	112,1	109,6	31,6	102,2	156	La	111,2	52	56,2	43,2	69,1
Ce	184,2	224,6	67,8	190,1	258,8	Ce	218,6	108,5	112,9	93,2	101,7
Pr	18,88	27,89	8,59	21,75	23,65	Pr	26,67	14,08	13,86	12,07	9,67
Nd	65,9	107,1	37,2	81,9	69,6	Nd	107,4	60,9	59,2	51,6	30,1
Sm	10,4	20,3	7,1	13,3	9	Sm	19,6	12,4	11,6	10,5	4,5
Eu	2,99	5,36	2,37	4,05	2,04	Eu	5,88	4	3,64	3,33	1,02
Gd	6,98	15,5	6,18	9,51	5,17	Gd	14,37	9,99	9,5	9,13	2,92
Tb	1,04	2,51	0,86	1,38	0,94	Tb	1,93	1,43	1,3	1,29	0,52
Dy	5,79	14,71	4,58	6,97	5,62	Dy	9,35	7,48	6,52	6,66	2,86
Ho	1,04	2,8	0,84	1,23	1,15	Ho	1,61	1,31	1,15	1,24	0,58
Er	2,88	7,32	2,09	3,36	3,5	Er	3,62	3,26	2,73	2,99	1,76
Tm	0,41	1,09	0,29	0,47	0,54	Tm	0,45	0,37	0,34	0,42	0,3
Yb	2,47	5,72	1,45	2,51	3,28	Yb	2,31	2,22	1,87	2,19	1,69
Lu	0,36	0,82	0,21	0,37	0,48	Lu	0,27	0,26	0,22	0,29	0,31
Den	2,49	2,34	2,81	2,55	2,35	Den	2,82	2,78	2,77	2,69	2,32
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0,51291	0,51292	0,512937	0,512924	0,512913	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0,512928	0,512949	0,512957	0,512916	0,512885
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0,703175	0,706776	0,703028	0,703012	0,703428	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0,703099	0,702962	0,703006	0,703128	0,705479
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	19,368	19,599	19,848	19,925	19,886	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	19,599	19,582	19,389	19,599	19,821
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	15,556	15,618	15,642	15,648	15,642	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	15,648	15,614	15,566	15,628	15,648
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	39,187	39,415	39,564	39,676	39,622	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	39,461	39,307	39,061	39,477	39,775
Eu*	1,07	0,92	1,09	0,91	0,91	Eu*	1,06	1,09	1,05	1,03	0,85
(La/Yb) _n	30,89	13,03	14,83	32,16	32,16	(La/Yb) _n	32,76	15,93	20,45	13,42	27,81
(Sm/Nd) _n	0,48	0,58	0,58	0,39	0,39	(Sm/Nd) _n	0,56	0,62	0,6	0,62	0,46

GA = Gabro, SI = Sienita, DU = Dunita, TE = Tefrita, TB = Traquibasalto, TA = Traquiandesita, TR = Traquita, FO = Fonolita, BS = Basanita, BA = Basalto, TF = Tefrita fonolítica, FT = Fonolita tefrítica, RI = Rioilita, AB = Andesita basáltica, FD = Foidita, GR = Granito (Cuarzo traquita)

Tabla 2.—Elementos mayores, menores, tierras raras e isótopos de rocas volcánicas y plutónicas de las islas Canarias

Muestra	LT-21GA	LT-22SI	LT-23PB	LT-24BA	LT-25DU	Muestra	LT-21GA	LT-22SI	LT-23PB	LT-24BA	LT-25DU
Isla	Fuerteventura	Fuerteventura	Lanzarote	Lanzarote	Lanzarote	Isla	Fuerteventura	Fuerteventura	Lanzarote	Lanzarote	Lanzarote
SiO ₂	42	67,07	42,69	48,4	42,16	Sr	587,4	20,4	622	418	16,8
TiO ₂	2,57	0,42	2,12	2,32	0,2	Tl	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2
Al ₂ O ₃	15,8	17,18	14	14,36	0,82	Ga	24,5	38,6	21	22	2,8
Fe ₂ O ₃	9,05	1,46	7,26	3,54	4,93	Ta	1,2	17,4	4,1	2,6	0,1
FeO	7,48	0,49	6,15	7,96	6,83	Nb	14	240,7	59	34,5	1,2
MnO	0,17	0,09	0,18	0,15	0,14	Hf	3,1	29,5	5,4	4,7	0,5
MgO	8,3	0,07	11,24	10,17	43,45	Zr	100	1,045,7	216	185	13,1
CaO	12,12	0,22	11,76	9,65	1,05	Ti	15,407	2,518	12,709	13,908	1,199
Na ₂ O	1,82	7,09	1,64	2,75	0,23	Y	13,6	34,7	27	21	1,5
K ₂ O	0,21	5,14	0,5	0,4	0,04	Th	1,3	19,5	3	1,3	0,1
P ₂ O ₅	0,09	0,22	0,52	0,27	0,03	U	0,3	8	0,8	0,3	0,1
H ₂ O	0,38	0,5	1,87	—	—	La	10,4	192	42	18,2	0,5
Total	99,99	99,95	99,93	99,97	99,88	Ce	23,8	366,3	85,3	38	1,3
MG	48,63	6,47	61,23	61,92	87,3	Pr	3,24	37,01	10,51	5,04	0,23
Cr	—	—	420	440	—	Nd	15,1	98,4	43,7	23,1	1,1
Ni	167	2	213	265	1495	Sm	3,7	13,3	8,6	5,6	0,4
Co	51,8	0,5	56	49	88,8	Eu	1,38	1,76	2,72	1,95	0,13
Sc	—	—	27	22	—	Gd	3,79	6,71	7,12	5,44	0,36
V	427	26	247	191	55	Tb	0,57	1,19	1,05	0,79	0,05
Cu	94	2	86	88	2	Dy	3	6,88	5,54	4,37	0,3
Pb	5	8	3	3	5	Ho	0,52	1,26	1,03	0,77	0,06
Zn	125	80	101	101	77	Er	1,29	4,17	2,5	1,97	0,15
Bi	5	5	1	1	5	Tm	0,16	0,61	0,33	0,23	0,05
Cd	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	Yb	0,97	4,57	1,86	1,44	0,14
Sn	3	8	2	2	2	Lu	0,13	0,78	0,24	0,17	0,02
W	1	1	1	1	1	Den	2,75	2,33	2,73	2,69	2,9
Mo	2	2	1	1	2	143Nd/144Nd	—	—	0,512944	0,512901	0,512906
As	5	5	2	2	5	87Sr/86Sr	—	—	0,70333	0,703184	0,7033
Sb	5	5	7	5	5	206Pb/204Pb	—	—	19,179	19,016	—
K	1.743	42.669	4.151	3.321	332	207Pb/204Pb	—	—	15,572	15,59	—
Rb	7,9	187,1	20	15	1,2	208Pb/204Pb	—	—	39,98	38,935	—
Cs	0,3	0,8	0,1	0,2	0,1	Eu*	—	—	1,06	1,07	—
Ba	120	48	373	200	2	(La/Yb) _n	—	—	15,36	8,6	—
						(Sm/Nd) _n	—	—	0,6	0,74	—

GA = Gabro, SI = Sienita, DU = Dunita, TE = Tefrita, TB = Traquibasalto, TA = Traquiandesita, TR = Traquita, FO = Fonolita, BS = Basanita, BA = Basalto, TF = Tefrita fonolítica, FT = Fonolita tefrítica, RI = Riolita, AB = Andesita basáltica, FD = Foidita, GR = Granito (Cuarzo traquita)

Los términos traquíticos y fonolíticos son también abundantes en las islas de Tenerife, Gran Canaria y Gomera, bien en forma de coladas en las series intermedias, o en forma de domos o pitones más antiguos. Escasas son las andesitas basálticas y riolitas, aunque han podido ser determinadas en algunas series volcánicas.

Los diagramas tierras raras/Condrita (fig. 3) muestran una gran concordancia entre las rocas de las diferentes islas. Los términos menos evolucionados corresponden a las basanitas de Tenerife, y los más diferenciados a las fonolitas de Roque Negro (Tenerife). En el gráfico se han incluido a título comparativo los modelos condríticos de tres rocas plutónicas, dos de ellas del Complejo Basal de Fuerteventura (un grabo y una sienita) y el otro a una dunita de los frecuentes enclaves de esta composición incluidos en los basaltos de las erupciones históricas de Lanzarote. Se aprecia que el grabo mantiene el mismo modelo que el resto de las rocas volcánicas y corresponde al magma menos evolucionado, mientras que la sienita, con un modelo similar, se sitúa en la zona de las más evolucionadas junto a

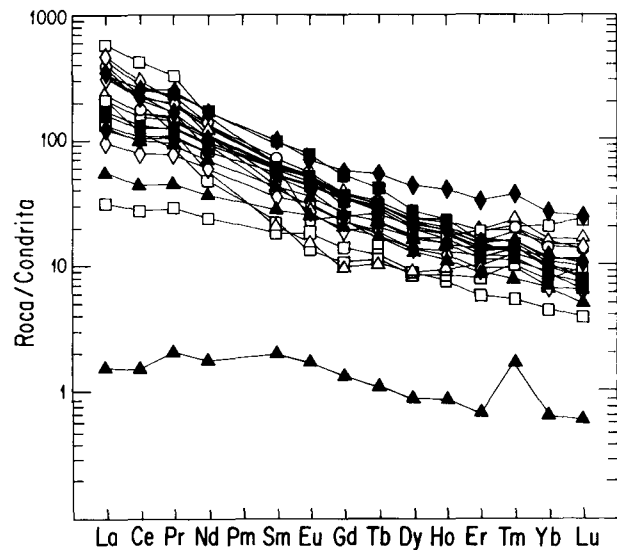


Fig. 3.—Modelos condríticos para las rocas volcánicas y plutónicas de las Islas Canarias.
□ Fuerteventura; ◆ Hierro; ▲ Tenerife; △ Lanzarote; ■ La Palma; ◇ Gran Canaria; ○ Gomera.

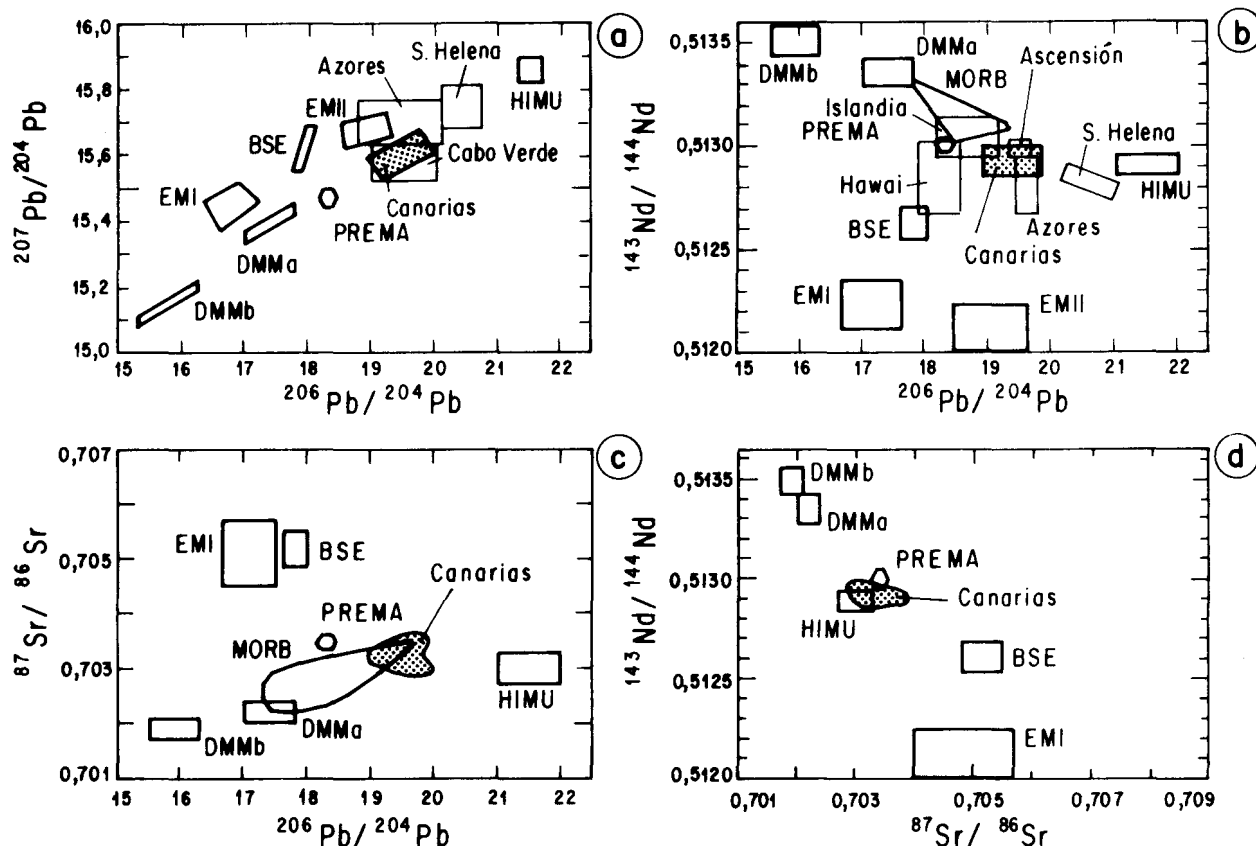


Fig. 4.—Diagramas $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (a), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (b), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (c) y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (d) con la proyección de las lavas volcánicas canarias mostrando una cierta dispersión en cuanto a los diferentes reservorios establecidos.

fonolitas de Tenerife, Gomera y Gran Canaria. La dunita se aparta de la secuencia establecida y se aproxima bastante a los valores condriticos.

En la tabla 2 se muestran las relaciones isotópicas de las rocas volcánicas seleccionadas. Las determinaciones de Nd, Pb y Sr muestran, en general, escasa variabilidad en el conjunto de rocas básicas y sálicas, hecho ya observado por autores anteriores (Sun, 1980; Schmincke, 1982; Sigmarsson *et al.*, 1992, y Thirlwall *et al.*, 1997).

En general se puede hablar de ausencia de contaminación, salvo casos aislados, como las riolitas (cuarzo traquitas) de Mña Tindaya en Fuerteventura y de Mogán (Gran Canaria) que presentan unos valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ relativamente altos. El valor más bajo corresponde a una foidita de las coladas históricas de los volcanes de Orchilla (Hiero).

Sobre un gráfico $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ el campo definido por las vulcanitas canarias se situaría próximo a EM2 (fig. 4). En este mismo gráfico se corrobora la observación de Schmincke (1982) de que las rocas más jóvenes presentan los valores más

bajos de isótopos de Pb, las lavas más recientes de Lanzarote, Gran Canaria y Hierro presentan los valores más bajos. El gráfico $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ sitúa el campo de las vulcanitas canarias próximo a MORB, PREMA e HIMU. En el diagrama $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ se sitúan en un margen de los valores MORB y próximos a HIMU. En el gráfico $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ se sitúan en el campo HIMU-PRIMA. Por otro lado los valores de $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ se integran en los determinados por Sun y Mc Donough (1989) como significativos de EM2. En los diagramas Ba/Nb-Ba/La y Rb/Nb-Ba/Th (fig. 5) la mayor parte de las muestras se concentran en el HIMU con dispersión a valores EM2. En resumen, resultaría significativo para las islas Canarias la derivación de sus magmas de una fuerte HIMU más o menos mezclada con un reservorio del tipo EM2 lo que implicaría una variable contaminación terrígena.

En Gran Canaria, Thirlwall *et al.*, (1997) calculan que algunos tipos de magmas se llegan a mezclar con un 8% de sedimentos que hacen variar su composición.

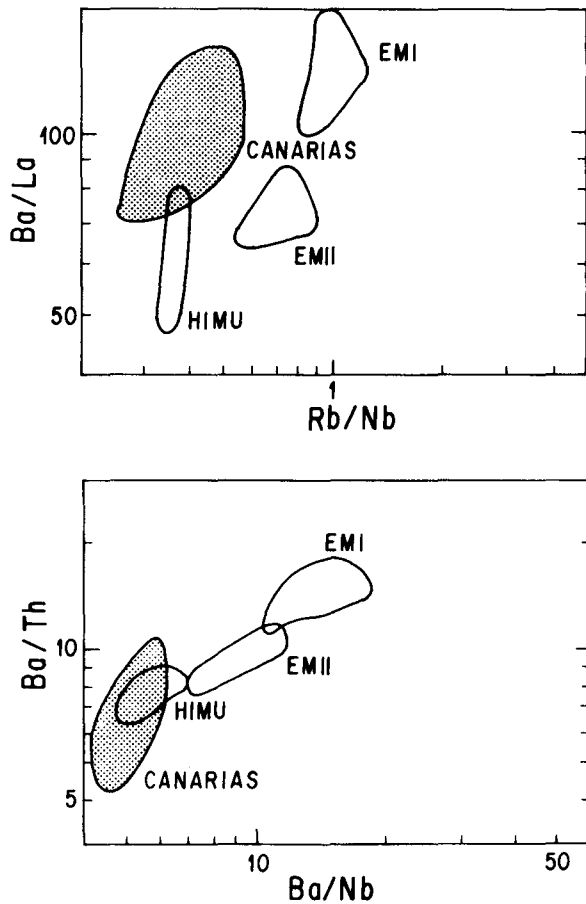


Fig. 5.—Diagrama Ba/Nb-Ba/Th y Rb/Nb-Ba/La mostrando la dispersión de las rocas volcánicas canarias en los campos HIMU y EM2.

En la isla de Lanzarote, Sigmarsson *et al.*, 1992 en las erupciones históricas de 1730-1736 observan el crecimiento de las relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,70303 – 0,70316) junto al crecimiento en SiO_2 de las lavas, aunque lo achacan a variaciones composicionales en el material fundido (piroxenitas granatíferas a lherzolitas granatíferas) y así explican el paso de basanitas-basaltos a tholeitas.

En este sentido, Ovchinnikova *et al.*, (1995) consideran también que la fuente magmática para Canarias es única, con una mezcla de reservorios HIMU y EM, si bien la proporción de HIMU es variable quedando más reducida en Lanzarote frente a EM, aunque estos autores no ven clara la procedencia del componente EM para las islas occidentales. Los basaltos de Tenerife muestran dos tipos de fundidos con diferentes características isotópicas (Simonsen *et al.*, 2000), una de ellas HIMU representando una corteza oceánica subducida y la otra una fuerte enriquecida EM1.

Como se indicó anteriormente, el espesor de los sedimentos en las islas Canarias (Banda *et al.*, 1981, 1992) varía de Este a Oeste desde 10 km a 1 km; sin embargo, la presencia de enclaves sedimentarios en rocas volcánicas sólo han sido reconocidas en Lanzarote (Bustillo *et al.*, 1994; Araña y Bustillo, 1992), en donde el 80% de los mismos corresponden a rocas silíceas y que como estos mismos autores explican, la fusión de estas rocas produciría una cierta contaminación en los basaltos de esta serie. Conviene recordar que en los magmas básicos en las islas Canarias predomina la composición basanítica y no sería incierto que una contaminación en sílice pudiera transformar el magma basanítico en basáltico teniendo en cuenta además la escasa presencia de basaltos en Canarias. Las erupciones históricas de Lanzarote representarían, pues, un caso de variabilidad magmática por contaminación cortical, además de explicar la componente EM2 en la fuente magmática.

Con esta misma explicación puede también entenderse los altos valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, que las dos riolitas analizadas en Gran Canaria y Fuerteventura presentan. Esto podría ser indicativo de una fuerte contaminación cortical, en dos islas donde la cobertura sedimentaria es todavía muy potente.

Conclusiones

La fuente magmática de las rocas volcánicas canarias es el resultado de la mezcla de dos tipos de fundidos HIMU y EM1.

Un cierto grado de contaminación en el magma original puede deducirse de las anomalías isotópicas encontradas. Las composiciones toleíticas corresponderían a contaminación de magmas más básicos a partir de sedimentos encontrados en las bases de algunas islas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado dentro del proyecto FEDER «Recursos educativos del volcanismo canario».

A M. C. Sendra, J. Arroyo, M. Castillejo y J. M. Hontoria por la ayuda en la composición del trabajo.

Referencias

- Aparicio, A., Hernán, F., Cubas, C. R., y Araña, V. (2002). Los Litotipos Canarias. Ed. La casa de los volcanes. Lanzarote 32 pp.
- Ancochea, E., Cubas, C. R., Hernán, F. y Brandle, J. L. (1991). Edificios volcánicos en la Serie I de Fuerteventura. Rasgos generales del edificio central. *Geogaceta*, 9: 60-62.

- Araña, V. y Ortiz, R. (1991). The Canary Islands: Tectonics, Magmatism and Geodynamic framework. En: *Magmatism in extensional structural settings. The Phanerozoic African plate*. Springer-Verlag. Berlín: 209-249.
- Banda, E., Dañobeitia, J. J., Suriñach, E. y Ansorge, J. (1981). Features of crustal structure under the Canary Islands. *Earth Planet. Sci. Letters*, 55: 11-24.
- Banda, E., Ranero, C. R., Dañobeitia, J. J. y Rivero, A. (1992). Seismic boundaries of the eastern Central Atlantic Mesozoic crust from multichannel seismic data. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 104: 1340-1349.
- Bustillo, M. A. (1992). Volcanologic concerns of the siliceous metasedimentary xenoliths included in historic lava-flows of Lanzarote (Canary Islands). *Acta Volcanologica*, 2: 1-6.
- Bustillo, M. A., Nishimura, A., Araña, V. y Hattori, I. (1994). Paleocene radiolarians from xenoliths hosted in Holocene lavas of Lanzarote (Canary Islands). *Geobios*, 27: 181-188.
- Fuster, J. M. (1975). Las islas Canarias: Un ejemplo de evolución espacial y temporal del vulcanismo oceánico. *Estudios Geol.*, 31: 439-463.
- Hayes, D. E. y Rabinowitz, P. D. (1975). Mesozoic magnetic lineations and the magnetic quiet zone of Northwest Africa. *Earth Planet. Sci. Letters*, 104: 398-416.
- Hernández Pacheco, A. e Ibarrola, E. (1973). Geochemical variation trends between the different Canary Islands in relation to their geological position. *Lithos*, 6: 389-402.
- Hoernle, K., Tilton, G. y Schmincke, H. U. (1991). Sr-Nd-Pb isotopic evolution of Gran Canaria: evidence for shallow enriched mantle beneath the Canary Islands. *Earth Planet. Sci. Letters*, 106: 44-63.
- Le Bas, M. J., Rex, D. C. y Stillman, C. J. (1986). The early magmatic chronology of Fuerteventura, Canary Islands. *Geol. Mag.*, 123: 287-298.
- Ovchinnikova, G. V., Belyatskii, B. V., Vasil'eva, I. M., Levskii, L. K., Grachev, A. F., Araña, V. y Mitjavila, J. (1995). Sr-Nd-Pb isotope characteristics of the mantle sources of basalts from the Canary Islands. *Petrology*, 3: 172-182.
- Rena, O., Bernoulli, D. y Hottigner, L. (1992). Cretaceous ammonites from Fuerteventura, Canary Islands. *Geol. Mag.*, 129: 763-769.
- Roberston, A. H. F. y Bernoulli, D. (1982). Stratigraphy, facies and significance of Late Mesozoic and Early Tertiary Sedimentary rocks of Fuerteventura (Canary Islands) and Maio (Cape Verde Islands). In: *Geology of the Northwest African Margin* (Ed. V. Rad, K. Hinz, M. Sarnthein, E. Seibold). Springer Verlag, pp. 498-525.
- Roest, W. R., Dañobeitia, J. J., Verhoef, J. y Collette, B. J. (1992). Magnetic anomalies in the Canary Basin and the Mesozoic evolution of the Central North Atlantic. *Mar. Geophys. Res.*, 14: 1-24.
- Schmincke, H. U. (1982). Volcanic and chemical evolution of the Canary Islands. En: *Geology of the Northwest Africa Margin* (Ed. V. von Rad, K. Hinz, M. Sarnthein, E. Seibold). Springer Verlag N. Y.: 273-306.
- Schmincke, H. U., Klügel, A., Hansteen, T. H., Hoernle, K. y Bogaard P. van der (1998). Samples from the Jurassic ocean crust beneath Gran Canaria. La Palma and Lanzarote. *Earth Planet. Sci. Letters*, 163: 343-360.
- Sigmarrsson, O., Condomines, M. e Ibarrola, E. (1992). U^{238} - Th^{230} radioactive disequilibria in historic lavas from the Canary Islands and genetic implications. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 54: 145-156.
- Simonsen, S. L., Neumann, E. R. y Seim, K. (2000). Sr-Nd-Pb isotope and trace-element geochemistry evidence for a young HIMU source and assimilation at Tenerife (Canary Islands). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 103: 299-312.
- Sun, S. (1980). Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs. *Phil Trans. R. Soc. London A* 297: 409-445.
- Sun, S. y Mc. Donough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. En: *Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication*, 42: 313-345.
- Thirlwall, M. F., Jenkins, C., Vroon, P. Z. y Matley, D. P. (1997). Crustal interaction during construction of ocean islands: Ph-Sr-Nd-O isotope geochemistry of the shield basalts of Gran Canaria, Canary Islands. *Chemical Geol.*, 135: 233-262.
- Thomas, I. E., Hawkesworth, C. J., Van Calsteren, P., Turner, S. P. y Rogers, N. W. (1999). Melt generation beneath ocean islands: A U-Th-Ra isotope study from Lanzarote in the Canary Islands. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 63: 4081-4099.
- Watts, A. B. (1994). Crustal structure, gravity anomalies, and flexure of the lithosphere in the vicinity of the Canary Islands. *Geophys. J. Int.*, 119: 648-666.

Recibido el 8 de febrero de 2003.

Aceptado el 26 de abril de 2003.