

# La serie volcánica submarina del Complejo Basal de Fuerteventura: crecimiento submarino y emersión de la Isla.

*The submarine volcanic succession of the Basal Complex of Fuerteventura: submarine growth and emersion of the Island.*

M. Gutiérrez <sup>(1)</sup>, R. Casillas <sup>(1)</sup>, Fernández <sup>(2)</sup>, K. Balogh <sup>(3)</sup>, A. Ahijado <sup>(1)</sup> y C. Castillo <sup>(4)</sup>.

<sup>(1)</sup> Departamento de Edafología y Geología. Facultad de Biología. C/Astrofísico Sánchez, s/n. 38206- La Laguna. Santa Cruz de Tenerife.

<sup>(2)</sup> Departamento de Geodinámica y Paleontología. Universidad de Huelva. Campus de La Rábida. 21819-Palos de la Frontera. Huelva.

<sup>(3)</sup> Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences. H-4001 Debrecen P.O. Box 51. Hungría.

<sup>(4)</sup> Departamento de Biología Animal. Facultad de Biología. C/Astrofísico Sánchez, s/n. 38206- La Laguna. Santa Cruz de Tenerife.

## ABSTRACT

Three lithological units have been distinguished in the volcanic succession of the Basal Complex of Fuerteventura Island, from bottom to top: the Submarine Volcanic Group, the Transitional Volcanic Group and the Subaerial Volcanic Group. These units record the submarine growth and the emersion of the Island. During these stages the volcanism is represented by an ultraalkaline and a strongly alkaline igneous series. The igneous activity was due to the presence of an anomalous zone in the sublithospheric mantle and influenced by the Cenozoic tectonic evolution of the northwestern part of the African plate.

**Key words:** Basal Complex, submarine growth, emersion, Fuerteventura, Canary Islands.

Geogaceta, 32 (2002), 55-58  
ISSN:0213683X

## Introducción.

Dentro del Complejo Basal de Fuerteventura, en el área de afloramiento de rocas consideradas anteriormente de origen submarino (Fúster *et al.*, 1968; Robertson y Stillman, 1979; Fúster *et al.*, 1980; Robertson y Bernouilli, 1982; Fúster *et al.*, 1984a; Fúster *et al.*, 1984b; Le Bas *et al.*, 1986; Stillman, 1987; Ibarrola *et al.*, 1989; Cantagrel *et al.*, 1993), se han identificado y cartografiado tres grandes unidades litoestratigráficas (Fig. 1) (Gutiérrez, 2000): el Grupo Volcánico Submarino, que representa el estadio de construcción submarina de la isla, el Grupo Volcánico de Transición, que marca el tránsito hacia el crecimiento subaéreo y el Grupo Volcánico Subaéreo, que se corresponde con los niveles más bajos de los Edificios Subaéreos Central y/o Septentrional Inferior definidos en la isla por Ancochea *et al.*, (1993) y Ancochea *et al.*, (1996).

## Grupo Volcánico Submarino (GVS)

Todo el estadio de crecimiento submarino de la isla de Fuerteventura debió de desarrollarse en un periodo de tiempo relativamente corto, localizado en el Oligoceno Medio-Superior.

## Unidades litoestratigráficas

En el GVS se han diferenciado varias formaciones en función de sus características estratigráficas, sedimentológicas y petrográficas:

1) *Formación basaltos y nefelinitas del Barranco del Tarajalito* (A). Se apoya de manera discordante sobre los sedimentos de fondo oceánico de la Serie Mesozoica. Esta formación se caracteriza por la aparición de rocas de afinidad ultraalcalina (nefelinitas, fonolitas nefelínicas) junto a otras fuertemente alcalinas (basanitas). En ella puede diferenciarse una asociación de facies volcánicas primarias de composición basáltica que está constituida por pequeños conos formados por lavas almohadilladas, brechas de fragmentos de almohadillas más o menos resedimentadas y brechas de almohadillas escoriáceas. Esta asociación de facies se generó a través de erupciones efusivas y fuentes de lavas submarinas. Además, consta de una asociación de facies volcanogénicas formada fundamentalmente por brechas, areniscas y limolitas volcánicas, depositadas a través de flujos gravitatorios en relación con la destrucción parcial de edificios volcánicos ultraalcalinos situados en la zona oriental.

2) *Formación basaltos y fonolitas de la Herradura* (B). Está constituida principalmente por depósitos proximales (lavas almohadilladas, brechas de almohadillas escoriáceas y brechas de fragmentos de almohadillas) de composición basáltica. Eventualmente tuvieron lugar erupciones efusivas de coladas fonolíticas que dieron lugar a depósitos hialoclastíticos de la misma composición.

3) *Formación brechas, areniscas y limolitas de los Negros* (C). Está compuesta fundamentalmente por depósitos volcanogénicos donde predominan los fragmentos de composición basáltica, apareciendo ocasionalmente fragmentos de fonolitas. Estos niveles se depositaron a través de flujos gravitatorios, principalmente «debris-flow» y flujos granulares de densidad modificada. Algunos de los depósitos presentan una alta concentración de fragmentos bioclasticos (foraminíferos bentónicos, bivalvos, gasterópodos, etc.)

4) *Formación basaltos de La Gatera* (D). Formada por lavas almohadilladas de considerable tamaño, asociadas a depósitos autoclasticos (brechas de almohadillas y brechas de fragmentos de almohadillas).

5) *Formación areniscas y limolitas de Toscano* (E). Está compuesta principal-

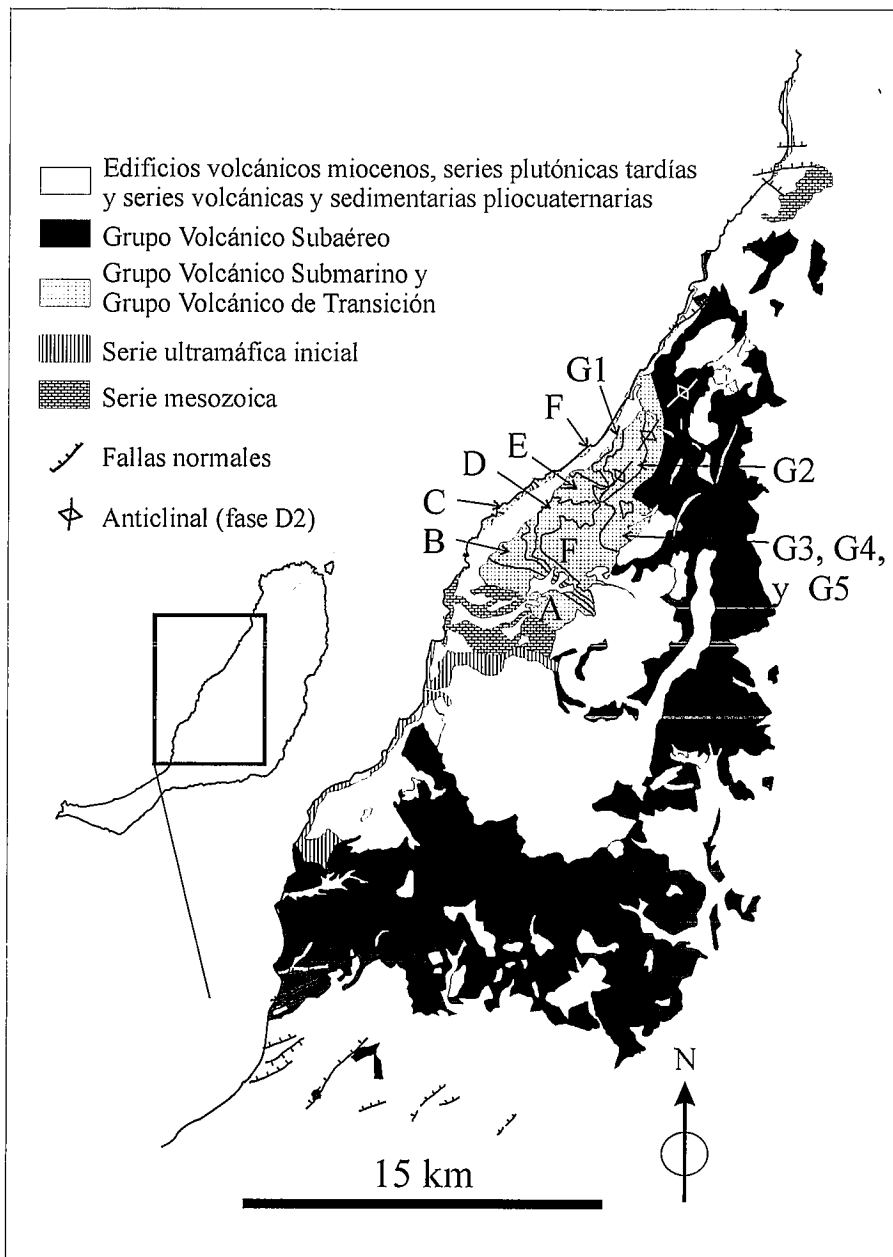


Fig. 1.- Mapa geológico de las principales unidades que componen el Complejo Basal de Fuerteventura. Las letras A a G indican la localización de las formaciones del Grupo Volcánico Submarino (GVS) y del Grupo Volcánico de Transición (GVT) descritas en el texto. Los datos de las rocas plutónicas y de las formaciones posteriores al Complejo Basal están tomadas del Mapa Geológico Nacional a escala 1:25.000 (hojas de Antigua, Los Molinos y Pájara, en edición).

Fig. 1.- Geological map showing the main lithologies of Fuerteventura Basal Complex. Letters A to G indicate the location of the different units of Submarine Volcanic Group (SVG) and Transition Volcanic Group (TVG) as mentioned in the text. Data from the plutonic rocks and lithological units post-Basal Complex are from the Spanish Geological Map, scale 1:25.000 (Antigua, Los Molinos y Pájara, in edition).

mente por alternancias de areniscas y limolitas, depositadas a través de flujos gravitatorios, que se han sedimentado en las partes distales de los abanicos que rodean al edificio submarino.

6) *Formación basaltos del Valle (F)*. Consiste fundamentalmente en lavas almohadilladas y depósitos autoclásticos asociados (brechas de almohadillas y

brechas de fragmentos de almohadillas), depósitos sineruptivos resedimentados (brechas de fragmentos de almohadillas resedimentadas) y niveles volcanogénicos (areniscas y brechas volcánicas). La presencia de corales coloniales incrustados en la corteza externa de algunas lavas almohadillas, las muestras de abrasión significativa en

los cantos en algunos niveles volcanogénicos y la existencia de estructuras tractivas en niveles altos de esta formación, sugieren una relativa somerización del edificio. La composición de los materiales es fundamentalmente basáltica, restringiéndose los materiales sílicos a algunos niveles volcanogénicos de grano fino.

**Características petrológicas**

Desde el punto de vista geoquímico y petrográfico se han diferenciado dos series: una serie ultraalcalina, limitada a la base de este grupo (Formación basaltos y nefelinitas del Barranco del Tarajalito, A) y una serie fuertemente alcalina, que se solapa en la base con la anterior y que pasa a dominar el resto de esta secuencia.

La *serie ultraalcalina* está constituida fundamentalmente por melanefelinitas y nefelinitas s.s. y fonolitas nefelínicas, apareciendo además sus equivalentes plutónicos (ijolitas, melteigitas, sienitas nefelínicas) como enclaves o como fragmentos en los niveles volcanogénicos.

Diversos criterios petrográficos, geoquímicos y geocronológicos sugieren una conexión genética entre la serie volcánica ultraalcalina definida en el Grupo Volcánico Submarino y los complejos ultraalcalinos definidos en otros sectores de la isla (Esquinzo, Ajui-Solapa y Punta del Peñón Blanco, Barrera *et al.*, 1981; Le Bas *et al.*, 1986; Stillman, 1987; Sagredo *et al.*, 1998; Sagredo *et al.*, 1996; Ahijado, 1999; Fernández *et al.*, 1997; Balogh *et al.*, 1999).

La *serie fuertemente alcalina* está constituida fundamentalmente por diversos tipos de basaltos/basanitas y fonolitas. En cuanto a los términos básicos se han diferenciado basaltos/basanitas olivínico-piroxénicos, basaltos/basanitas piroxénicas, basaltos/basanitas anfibólicos y basaltos/basanitas piroxénico-anfibólicos. Estas rocas incorporan enclaves de piroxenitas y anfibololitas, en muchos casos comagmáticos, y enclaves accidentales de ijolitas relacionados con la serie ultraalcalina (fragmentos de roca de caja arrancados por el magma durante su ascenso). Los términos más diferenciados de esta serie se corresponden con fonolitas, que contienen en ocasiones enclaves comagmáticos de sienitas.

**Grupo Volcánico de Transición (GVT)**

Las rocas volcánicas que constituyen el GVT marcan el tránsito hacia el vulca-

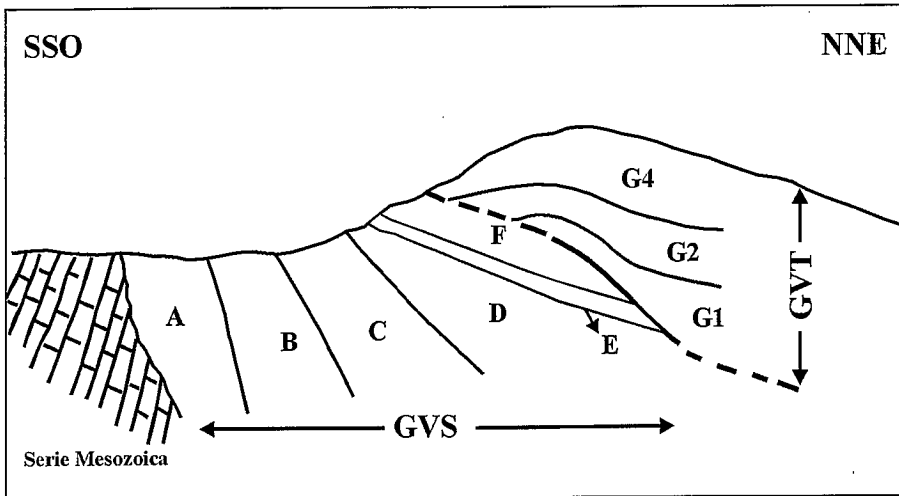


Fig. 2.- Corte geológico esquemático, en dirección NNE-SSO, del GVS y del GVT.

Fig. 2.- Schematic geological section, oriented in a NE-SW trend, illustrating the relationship between SVG and TVG.

nismo subaéreo, que se produciría en el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior. Aunque alguna de las formaciones que lo componen se depositaron bajo el mar, todas ellas presentan evidencias de haberse formado una vez que la isla estaba parcialmente emergida.

#### Unidades litoestratigráficas

1) *Formación traquitas de la Caleta del Barco*. Constituida fundamentalmente por niveles de brechas piroclásticas generadas en erupciones altamente explosivas (G1) y coladas sálicas masivas formadas durante periodos de emisión efusiva (G2) (Fig. 1).

2) *Formación basaltos flogopítico-anfibólicos de Piedra de Fuera* (G3). Formada por coladas subaéreas que eventualmente llegaron al mar, originando deltas de lava; lavas almohadillas y brechas de almohadillas escoriáceas extrudidas en aguas someras. Aparecen también diques de considerable espesor. Este episodio de vulcanismo está ligado temporal y espacialmente a la emisión de traquitas de la formación G 61 y 62.

3) *Formación conglomerados y areniscas de Janey* (G4). Constituida por conglomerados y areniscas depositados en ambientes muy someros por flujos gravitatorios que transportaron el sedimento desde las playas de la parte ya emergida de la isla. Los clastos proceden de la erosión y retrabajamiento de los materiales de las formaciones anteriores y de otras unidades del Complejo Basal (Grupo Volcánico Submarino y Serie Mesozoica), emergidos en ese momento.

4) *Formación calcirruditas y calcarenitas del Barranco de la Fuente*

*Blanca* (G5). Está constituida por conglomerados, calcirruditas y calcarenitas que proceden de la destrucción de un arrecife coralino que bordeaba a la isla. Esta formación se corresponde con los niveles bioclásticos estudiados por Robertson y Stillman (1979).

#### Características petrológicas

Los materiales volcánicos básicos emitidos durante este periodo tienen afinidad fuertemente alcalina. Por otro lado, su estrecha relación espacial y temporal con las rocas traquíticas plantea la posibilidad de que ambos tipos de rocas estén genéticamente relacionadas y que la fraccionación de la kaersutita, durante un proceso de cristalización fraccionada condujera a la saturación en sílice del magma residual y originara los términos traquíticos. Otra posibilidad es que, aunque ambos tipos de roca aparezcan asociadas, no tengan ninguna relación genética entre ellas.

#### Grupo Volcánico Subaéreo (GVSA)

El GVSA está compuesto por coladas vesiculadas de composición basáltica-traquibasáltica y niveles fragmentarios monomícticos que parecen corresponder con zonas escoriáceas entre estas coladas de emisión subaérea, intensamente intruidas por los diques del complejo filoniano. Estos materiales probablemente correspondan a los niveles más bajos de los Edificios subaéreos Miocenos Central y/o Septentrional Inferior definidos por Ancochea *et al.*, (1993) y Ancochea *et al.*, (1996).

#### Evolución estructural

Los materiales estudiados han sido afectados por dos fases de deformación tectónica. En relación a la primera de estas fases, de carácter contractivo (D1), se originaría un cabalgamiento que daría lugar a una discordancia progresiva observada dentro del GVS (Fig. 2). Posteriormente, la propagación de este cabalgamiento hacia el NE conduciría al desarrollo de estructuras simultáneas con la formación del Grupo Volcánico de Transición y responsables de la discordancia observada entre este grupo y el Grupo Volcánico Submarino (Fig. 2). Esta fase compresiva podría estar relacionada a escala regional con el choque de las placas Africana e Ibérica, responsable de la formación de la cadena montañosa del Alto Atlas.

La segunda fase deducida (D2), de carácter extensional, daría lugar a la formación de grandes pliegues antiformalles ("roll over anticlines") de dirección NNE-SSO, en relación con el funcionamiento de grandes "semigraben arqueados". La posición cartográfica actual del Complejo Basal se debe a su localización en el núcleo de estas estructuras de plegamiento. Estas estructuras afectan tanto al Grupo Volcánico Submarino como al Grupo Volcánico de Transición. La mayoría de los diques del complejo filoniano intruirían durante los últimos estadios de esta fase, a lo largo de la cresta del anticlinal principal ("roll over anticline") y aprovechando posiblemente las fracturas que se generan en esta zona durante la formación de los "graben" de colapso. Estos diques alimentarían un edificio volcánico en escudo de considerable altura (entre 2500 y los 4000 mts), que equivaldría al Edificio Mioceno Central Inferior. La extensión asociada a esta fase D2 tiene dirección E-O o ONO-ESE. Esto sugiere que durante este periodo el vulcanismo y crecimiento de la isla de Fuerteventura se desligaron de la tectónica compresiva regional y se rigieron por un campo de esfuerzos más local.

La actividad magmática durante esta fase D2 estaría probablemente relacionada con la existencia de una zona anómala mantélica que parece extenderse hacia el este, y que podría ser responsable a su vez de los episodios de actividad magmática de edad Oligocena registrados en las Islas Salvajes (Mitchel-Thomé, 1976; Bravo & Coello, 1978, Geldmacher *et al.*, 2001) y en el Alto Atlas (Harmand y Cantagrel, 1984; Klein y Harmand, 1985; Bouabdli *et al.*, 1988). El afloramiento de las rocas más antiguas del Complejo Basal (corte-

za oceánica y sedimentos mesozoicos) probablemente se haya visto favorecido por el levantamiento isostático que se produce en respuesta al adelgazamiento cortical asociado a la actuación de las estructuras extensionales y a la erosión térmica de la base de la litosfera como consecuencia del continuo ascenso de la pluma o zona anómala mantélica.

### Conclusiones

De todo lo expuesto se deduce que el Complejo Basal de Fuerteventura no presenta únicamente el episodio de crecimiento submarino de la isla, tal como se extrae de la definición que se recoge en los trabajos de investigación realizados anteriormente (Fúster *et al.*, 1984a; Fúster *et al.*, 1984b; Le Bas *et al.*, 1986; Stillman, 1987; Ibarrola *et al.*, 1989; Cantagrel *et al.*, 1993), sino que, como hemos visto, incluye una considerable proporción de materiales entre los que se encontraría el Grupo Volcánico de Transición, el Grupo Volcánico Subaéreo y los complejos plutónicos, hipoabisales y filonianos asociados a los edificios subaéreos (serie gabroide-piroxenítica y complejos anulares), que se formaron una vez que la isla estaba ya emergida. Todo ello registra una larga y variada historia tectónica relacionada con la evolución de este sector de la Placa Africana.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido elaborado dentro de los proyectos de investigación BTE2000-0823 de la DGI (MCT) y PI2000/026 de la DGUI del Gobierno de Canarias, y gracias a la beca investigadora de postgrado concedida por la Dirección General de Universidades e Investigación del Gobierno de Canarias a M. Gutiérrez. Queremos agradecer también la colaboración prestada por el Excmo. Cabildo Insular de Fuerteventura y al Regimiento de In-

fantería Ligera nº 9 (Soria) de Puerto del Rosario.

### Referencias:

- Ahijado, A. (1999): *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid, 392 pp.
- Ancochea, E., Brändle, J.L., Cubas, C.R., Hernán, F. y Huertas, M.J. (1993): *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 27, 151 pp.
- Ancochea E., Brändle J.L., Cubas C.R., Hernán F. y Huertas, M.J. (1996): *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 70, 183-204.
- Balogh, K., Ahijado, A., Casillas, R. y Fernández, C. (1999): *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 90 (1-2), 81-101.
- Barrera, J. L., Fernández-Santfán, S., Fúster, J.M. e Ibarrola, E. (1981): *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 92(4), 309-321.
- Bouabdli, A., Dupuy, C. y Dostal, J. (1988): *Lithos*, 22, 43-58.
- Bravo, T. y Coello, J. (1978): *Aula de Cultura de Tenerife. Museo de Ciencias Naturales*, 15-36.
- Cantagrel, J. M., Fúster, J. M., Pin, C., Renaud, U. e Ibarrola, E. (1993): *C. R. Acad. Sci. París*, 316, 1147-1153.
- Fernández, C., Casillas, R., Ahijado, A., Perelló, V. y Hernández-Pacheco, A. (1997): *Jour. Struct. Geol.*, 19, 41-57.
- Fúster, J. M., Cendrero, A., Gastesi, P., Ibarrola, E. y López Ruiz, J. (1968): *Instituto «Lucas Mallada». Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 239 pp.
- Fúster, J. M., Muñoz, M., Sagredo, J., Yébenes, A., Bravo, T. y Hernández-Pacheco, A. (1980): *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 17, 351-390.
- Fúster, J.M., Barrera, J. L., Muñoz, M., Sagredo, J. y Yébenes, A. (1984a): *Mapa y Memoria explicativa de la Hoja de Pájara (1106 III) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:25.000. Instituto Geológico y Geominero de España.*
- Fúster, J.M., Yébenes, A., Barrera, J.L., Muñoz, M. y Sagredo, J. (1984b): *Mapa y Memoria explicativa de la Hoja de Betancuria (1106 IV) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:25.000. Instituto Geológico y Geominero de España.*
- Geldmacher, J.; Hoernle, K.; van der Bogaard, P.; Zankl, G. y Garbeschönberg, D. (2001). *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 111, 55-87.
- Gutiérrez, M. (2000). *Tesis Doctoral*. Universidad de La Laguna. 533 pp.
- Harmand, C. y Cantagrel, J.M. (1984): *Jour. African. Earth Sci.*, 2(1), 51-55.
- Ibarrola, E., Fúster, J. M. y Cantagrel, J. M. (1989): *Abstracts ESF Meeting on Canarian Volcanism, Lanzarote*, 124-128.
- Klein, J.L. y Harmand, C. (1985): *110e Congr. Natl. Soc. Sav., Montpellier, Sci.*, VI, 147-152.
- Le Bas, M.J., Rex, D.C. y Stillman, C.J. (1986): *Geol. Mag.*, 123(3): 287-298.
- Mitchell-Thomé, R.C. (1976): *Gebrüder Borntraeger*. 382 pp.
- Robertson, A.H.F. y Bernoulli, D. (1982): En: *Geology of the Northwest African Continental Margin* (Von Rad, Hiaz Sarnthein y Seibold, eds), *Springer-Verlag*, 498-525.
- Robertson, A.H.F. y Stillman, C.J. (1979): *Geol. Mag.*, 116 (3), 203-219.
- Sagredo, J., Muñoz, M. y Galindo, C. (1996): *Geogaceta*, 20 (2), 506-509.
- Sagredo, J., Ancochea, E., Brändle, J. L., Cubas, C. R., Fúster, J. M., Hernández-Pacheco, A. y Muñoz, M. (1989): *Abstracts ESF Meeting on Canarian volcanism, Lanzarote*, 100-103.
- Stillman, C.J. (1987): En: *Mafic Dyke Swarms* (Halls y Fahrig, eds), *Geological Association of Canada Special Paper*, 33pp.