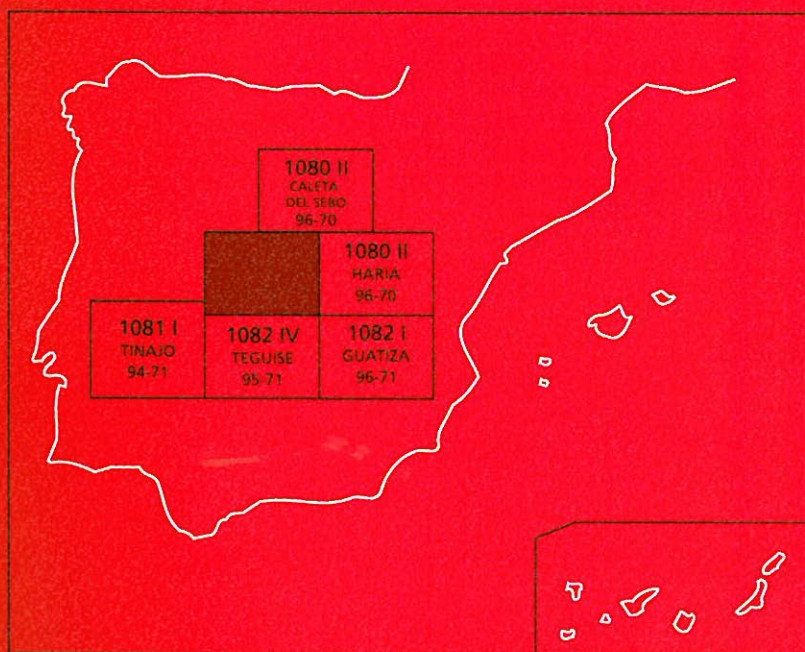




MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Segunda serie-Primera edición



ISLA DE LANZAROTE

SOO

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Se incluye mapa geomorfológico a la misma escala

SOO

Ninguna parte de este libro y mapa puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotocopias, grabación o por cualquier sistema de almacenar información, sin el previo permiso escrito del autor y editor.

© Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid
NIPO: 40504-012-9
ISBN: 84-7840-522-4
Depósito legal: M-3931-2004

La presente hoja y memoria a escala 1:25.000, Soo, ha sido realizada por GEOPRIN, S. A, con normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido en su realización los siguientes técnicos:

Dirección y supervisión del IGME

— Cueto Pascual, L. A. Ing. Téc. de Minas.

Realización de la cartografía

Equipo base:

— Gómez Sainz de Aja, J. A. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas.

— Barrera Morate, J. L. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas.

— Ruiz García, M.^a T. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas. Geomorfología.

Colaboradores:

— Hoyos, M. (Mus. C. Naturales, CSIC-Madrid). Dr. C. Geológicas. Geomorfología.

Redacción de la memoria

Equipo base:

— Balcells Herrera, R. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas.

— Barrera Morate, J.L. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas.

— Gómez Sainz de Aja, J.A. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas.

— Ruiz García M.^a T. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas

Colaboradores:

— Brändle, J. L. (Inst. Geol. Econ, CSIC-Madrid), Dr. C. Geológicas. Geoquímica.

— Hoyos, M. (Mus.C.Naturales, CSIC-Madrid), Dr. C. Geológicas. Geomorfología.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe, para su consulta, una documentación complementaria a esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- Muestras de roca y su correspondiente preparación microscópica.
- Informes petrológicos y mapas de situación de muestras.
- Fichas resumen de los puntos de interés geológico.
- Fotografías de campo de las unidades ígneas y sedimentarias cartografiadas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS	9
1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	10
2. ESTRATIGRAFÍA	11
2.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO	12
2.1.1. Período Mioceno. Edificio Famara. Episodios volcánicos y sedimentarios.	12
2.1.1.1. Tramo inferior.	13
2.1.1.1.1. Coladas y piroclastos basálticos (2 y 3)	14
2.1.1.2. Tramo medio.	14
2.1.1.2.1. Coladas y piroclastos basálticos (4 y 5)	14
2.1.1.3. Tramo superior.	15
2.1.1.3.1. Coladas y piroclastos basálticos (6 y 7)	16
2.1.1.3.2. Intrusivos básicos (8)	16
2.1.1.4. Diques básicos (1)	18
2.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO	18
2.2.1. Período Pleistoceno inferior. Episodios volcánicos y sedimentarios.	18
2.2.1.1. Edificio Tenegüime. Coladas y piroclastos basálticos. (11)	18
2.2.1.2. Depósitos de glaciés. Arenas y cantos. (11)	19
2.2.1.3. Edificio hidromagmático de Caldera del Cuchillo. (12)	19
2.2.1.4. Depósitos de abanicos de ladera (Primera generación. (13)	20
2.2.2. Período Pleistoceno medio. Episodios volcánicos y sedimentarios.	20
2.2.2.1. Arenas eólicas indiferenciadas (Pleistoceno-Holoceno). (14)	20
2.2.2.2. Alineación volcánica de Soo. Coladas basálticas, conos estrombolianos y edificios hidromagmáticos. (15, 16 y 17)	20
2.2.2.3. Coladas basálticas de las alineaciones de Rostros Dolores-Tinaché-Liria-Timbaiba (18)	22
2.2.3. Período Pleistoceno superior. Episodios volcánicos y sedimentarios	23
2.2.3.1. Arenas y conglomerados. Rasa marina jandiense (+2 m) (19)	23
2.2.3.2. Depósitos de caliche. (20)	23
2.2.3.3. Alineación La Quemada-Los Helechos. Coladas piroclastos basálticos y lapillis de dispersión (21, 22 y 23)	23

2.2.3.4.	Depósitos aluvial-coluvial. Arenas y arcillas. (24)	24
2.2.4.	Período Histórico. Erupciones de Timanfaya (Siglo XVIII)	24
2.2.4.1.	Tercer episodio. Coladas basálticas. (28)	24
2.2.5.	Período Holoceno y actual. Episodios sedimentarios.	25
2.2.5.1.	Arenas y conglomerados. Rasa marina erbanense (+ 0,5 m). (25)	25
2.2.5.2.	Depósitos de terrazas (26)	25
2.2.5.3.	Depósitos de deslizamientos gravitacionales (27)	25
2.2.5.4.	Depósitos de barrancos (29)	26
2.2.5.5.	Depósitos de ladera (30)	26
2.2.5.6.	Playas de arenas y de cantos (31)	26
3.	TECTÓNICA	27
4.	GEOMORFOLOGÍA	29
4.1.	DESCRIPCIÓN FISIGRÁFICA	29
4.2.	ANÁLISIS MORFOLÓGICO	30
4.2.1.	Estudio morfoestructural	30
4.2.2.	Estudio del modelado	30
4.2.2.1.	Formas endógenas	30
4.2.2.2.	Formas exógenas	31
4.3.	FORMACIONES SUPERFICIALES	33
4.3.1.	Depósitos eólicos	33
4.3.2.	Depósitos fluviales	33
4.3.3.	Depósitos endorréicos	34
4.3.4.	Depósitos de ladera	34
4.3.5.	Depósitos poligénicos	34
4.3.6.	Depósitos litorales	35
4.4.	EVOLUCIÓN DINÁMICA	35
4.5.	MORFODINÁMICA ACTUAL	36
5.	PETROLOGÍA y GEOQUÍMICA	37
5.1.	PRIMER CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	42
5.1.1.	Período Mio-Plioceno. Edificio Famara	42
5.2.	PRIMER CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA	43
5.3.	SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO, PETROLOGÍA	45
5.3.1.	Período Pleistoceno inferior	45
5.3.2.	Período Pleistoceno medio	45
5.3.3.	Período Pleistoceno superior	45
5.3.4.	Período Histórico. Erupciones de Timanfaya	47
5.4.	SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA	47
6.	HISTORIA GEOLÓGICA	49
7.	HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	50
7.1.	HIDROLOGÍA	51

7.2. HIDROGEOLOGÍA	54
7.3. PIEZOMETRÍA	57
7.4. CALIDAD DEL AGUA	57
7.5. RECURSOS HIDRÁULICOS NO CONVENCIONALES	59
8. GEOTECNIA	60
8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN	60
8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	60
8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS	60
8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA	60
8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables, o muy desfavorables	60
8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables	65
8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables	65
9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS	66
10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	66
10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG	67
11. BIBLIOGRAFÍA	67

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS

La hoja de Sóo corresponde al número 95-70 del mapa topográfico nacional a escala 1:25.000, editado por el Servicio Geográfico del Ejército. Se encuentra situada en el sector noroccidental de la isla de Lanzarote, limitando al norte con el océano Atlántico y la hoja de Caleta de Sebo, y al E y S, respectivamente, con las hojas de Haría y Teguiise. Aproximadamente un tercio de la hoja está ocupada por el mar.

Desde un punto de vista tanto geográfico como geológico y geomorfológico, la misma presenta dos dominios claramente diferentes. El sector oriental de la misma corresponde a las estribaciones occidentales del Macizo de Famara. Se trata de un potente relieve, constituido por un monótono apilamiento de coladas basálticas de edad miopliocena, en el cual se alcanzan las mayores alturas de la isla (Peñas del Chache, 670 m de altitud). Hacia el suroeste de este macizo aparece una zona con suave morfología, sólo interrumpida por los relieves de la alineación volcánica de Soo que constituye el segundo dominio diferenciado. Estos edificios debieron de surgir en la zona limítrofe con la costa e incluso alguno de ellos puede que comience su construcción en aguas someras, ya que presentan características de edificios litorales de tipo hidromagmático (Montaña Cavera y Montaña Chica). Asimismo, las coladas de estos edificios muestran una morfología avanzada sobre la línea de costa.

El edificio Famara se extiende ampliamente en las hojas de Caleta de Sebo, Haría, Guatiza, Teguiise y esta aquí estudiada. Su morfología original alargada o pseudocircular, propia de estos estratovolcanes miocenos, está actualmente muy modificada, presentando un profundo escarpe en su borde occidental. El origen de este escarpe ha sido objeto de amplias discusiones: así, mientras HARTUNG (1857) y FUSTER *et al.* (1968) consideran que se trata de un acantilado de erosión marina, HAUSEN (1959) sugiere un origen tectónico. En esta hoja no existen evidencias claras de actividad tectónica, aunque, sin embargo, las alineaciones estructurales de edificios volcánicos posteriores y las imágenes de satélite sugieren que el macizo de Famara está limitado por fracturas en sus bordes sur y oriental. Además en el escarpe occidental hay evidencias de haber sufrido grandes deslizamientos, similares a los observados en la isla de Fuerteventura, en el edificio Jandía (ITGE, en prensa). A partir de esta zona elevada, hacia el E y SE, se desarrolla un sistema de erosión pseudorradial, en forma de valles y barrancos. En esta hoja aparecen las cabeceras de los barrancos de Los Valles, Tenegüime, Chafarís, Cuchillo, Tenesía y Castillejos. El único barranco desarrollado que vierte hacia el escarpe occidental es el de la Pocela. Además, hay multitud de pequeñas barranqueras. Todos los barrancos mencionados están habitualmente secos y sólo en épocas de lluvias muy importantes pueden llevar algo de agua.

Como se ha comentado anteriormente, la morfología de la costa en el sector occidental de la hoja muestra formas avanzadas que corresponden a terrenos ganados al mar por las emisiones

pleistocenas de la Alineación de Soo. En el sector oriental, sin embargo, muestra formas más rectilíneas y aparecen fuertes acantilados, suavizados por los depósitos de ladera y de deslizamientos gravitacionales que cubren el escarpe.

Predomina el clima cálido y seco, con temperaturas medias de 18 a 22 °C. En las cumbres del macizo de Famara, las temperaturas son algo más bajas y los valores pluviométricos ligeramente superiores. No obstante, la pluviometría es muy baja, debido a que en este macizo no se alcanza la cota de inversión del alisio; como sucede en las islas occidentales y centrales del archipiélago, debido a su mayor altitud. Estos vientos ("alisios") contribuyen a rebajar la sensación de calor y en ocasiones pueden alcanzar gran intensidad.

La vegetación es muy escasa y está integrada por pequeños arbustos, predominado los tipos xerofíticos suculentos. Existe gran número de endemismos entre los que cabe destacar: aulaga (*Launaea arborescens*), tabaiba, cardón (*Euphorbia* s.p.) y algunas palmeras (*Phoenix canariensis*).

Los dos únicos núcleos de población son Soo y la Caleta de Famara. Además hay dos urbanizaciones localizadas respectivamente en La Isleta (Santa Sport) y en la playa de Famara. También existe una agrupación de casas en la zona de Los Valles, si bien el núcleo principal se sitúa dentro de la hoja de Teguiše.

1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Los primeros estudios geológicos de Lanzarote se realizaron en el siglo XIX por parte de HARTUNG (1857). En los inicios del siglo XX, HERNÁNDEZ PACHECO (1909) lleva a cabo un reconocimiento bastante exhaustivo de la isla y sus islotes. Posteriormente, en la segunda mitad de este siglo, se continúan las investigaciones con los trabajos de HAUSEN (1958) y, fundamentalmente, de FUSTER *et al.* (1968). Estos últimos realizan un estudio muy completo de la geología de la isla, estableciendo la cartografía general y definiendo las principales unidades volcánicas. Asimismo sintetizan la cartografía a escala 1:100.000. Este mapa de síntesis se basa en los trabajos cartográficos previos, realizados por los mismos equipos a escala 1:50.000, y publicados por el IGME-CSIC (1967a-h). Concretamente, para la realización de esta hoja han sido de especial utilidad los mapas geológicos a escala 1:50.000 de Haría y Teguiše, [IGME-CSIC (1967d y e)].

DRISCOLL *et al.* (1965) y LECOINTRE *et al.* (1967) realizan estudios paleontológicos de los niveles de playa levantados. Posteriormente estos estudios son continuados por MECO (1977, 1981, 1982 y 1983) y PETIT MAIRE *et al.* (1986) y más recientemente por ZAZO *et al.* (1993).

Los estudios paleomagnéticos fueron realizados por WATKINS *et al.* (1966) y CARRACEDO y SOLER (1992). Para la determinación de los valores de edad absoluta, se han consultado los trabajos de ABDEL MONEM *et al.* (1971), IBARROLA *et al.* (1988) y COELLO *et al.* (1992). Además, durante la realización de este proyecto (MAGNA) se han realizado nuevas dataciones que permiten reconstruir las diferentes fases de actividad volcánica existentes en la isla.

2. ESTRATIGRAFÍA

La historia geológica de Lanzarote comienza en el Mioceno medio (hace aproximadamente 15,5 m.a) con la emisión de las lavas basálticas del tramo inferior del macizo de Ajaches. Dada la proximidad de esta área con el norte de Fuerteventura, y la sincronidad de estas emisiones con las del vecino edificio mioceno de Tetir (Fuerteventura), cabe pensar en una progresión espacio-temporal de los eventos volcanológicos. De manera sucesiva, durante el Mioceno superior continúa concluyéndose este edificio basáltico, a la vez que hace su aparición subaérea el gran edificio de Famara, área NE de la isla. Esta nueva emisión es posible que sea el resultado de la propagación de la fisura eruptiva miocena que desde la península de Jandía en Fuerteventura se prolonga hasta el Banco de la Concepción, al NE de la isla de Lanzarote.

Al final del Mioceno, otra nueva erupción basáltica de cierta envergadura se instala en el Dominio central de la isla, conectando los dos dominios anteriores. De esta manera termina el primer ciclo volcánico distinguido en la isla, ciclo mioplioceno, que dio origen a los relieves más abruptos que hay en ella, en sus dos áreas extremas: Ajaches y Famara.

Un intenso proceso erosivo se desarrolla a continuación, desmantelando gran parte de los apilamientos lávicos construidos durante el Mioceno.

Desde el Plioceno superior hasta prácticamente la actualidad (año 1824) se han ido sucediendo de manera continua las emisiones volcánicas a través de fisuras cortas y, en su mayoría paralelas, que cubren todo el Dominio central y agrandan la isla por sus laterales. Durante este lapso de tiempo se define el segundo ciclo volcánico, compuesto por tres periodos; Plioceno, Pleistoceno-Holoceno e Histórico, que completan los cuatro distinguidos en Lanzarote.

El primer autor que definió una seriación temporal de las unidades volcánicas de Lanzarote fue HARTUNG (1857). Otros autores posteriores que fueron precisando y actualizando la estratigrafía de la isla fueron HERNÁNDEZ-PACHECO (1910) y HAUSEN (1958). Más recientemente, el IGME-CSIC (1967, a-h) publicó una cartografía geológica por hojas a escala 1:50.000 de toda la isla, que se sintetizó por FUSTER *et al.* (1968).

Los criterios utilizados para establecer la estratigrafía volcánica han sido variados. Por un lado, se han cartografiado individualmente todos aquellos edificios y sus coladas —es decir, cada una de las erupciones habidas— que están claramente diferenciadas del entorno que las rodea. Posteriormente, y debido al carácter fisural de las emisiones, se han agrupado las erupciones distinguidas según alineaciones volcánicas. Para agruparlas se han seguido criterios petrológicos, grado de conservación y similitud geocronológica, cuando la había. Aún y con eso, hay edificios que han quedado más aislados y no ha sido posible establecer entre ellos una estratigrafía relativa de superposición, como se ha hecho con otros. En estos casos, si no tenían dataciones geocronológicas, se han tratado como edificios independientes, o incorporado, siguiendo los criterios antes señalados, a alguna alineación ya definida.

Evidentemente, esta división estratigráfica de rango menor, que comprende alineaciones y edificios, es en algunos casos subjetiva, pero dada la información disponible, se considera útil y muy próxima a lo que debió de ocurrir realmente.

De los dos ciclos volcánicos que el Plan Magna ha distinguido en Lanzarote, ambos se encuentran representados en la hoja de Soó. El primer ciclo lo está con los afloramientos del Dominio Famara del periodo mioplioceno. El segundo ciclo está representado por los periodos pleistoceno-Holoceno e histórico. Del primero de ellos afloran varias alineaciones volcánicas subparalelas que recorren la hoja en sentido aproximado este-oeste, apoyándose sobre el apilamiento basáltico del Dominio de Famara. Del período histórico están presentes sólo materiales, la gran erupción de Timanfaya (1730-1736), con los ramales basálticos finales que se dirigen hacia el norte, en dirección a la playa de Famara.

En la Tabla 2.1, se ha establecido la correlación volcanoestratigráfica entre estos cuatro periodos citados y las series basálticas del IGME-CSIC (1967a-h).

2.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO

2.1.1. Período Mioceno. Edificio Famara. Episodios volcánicos y sedimentarios

Durante el Mioceno tiene lugar una intensa actividad volcánica en la mayor parte del archipiélago. Concretamente en las canarias orientales se produce el emplazamiento en superficie del Complejo Basal (Fuerteventura) y se desarrolla una fisura de dirección NNE-SSO que se prolonga desde Fuerteventura a Lanzarote y al Banco de La Concepción. Asociados a esta fisura, se construyen tres edificios en Fuerteventura (Tetir, Gran Tarajal y Jandía) y al menos dos en Lanzarote (Ajaches al sur y Famara al norte). En el Dominio central de la isla de Lanzarote hay retazos de materiales volcánicos miocenos, pero debido a la pequeña extensión que ocupan no es factible su asignación. Según los datos de edades absolutas, parecen corresponder con los episodios tardíos de Los Ajaches y con una fase de intensa actividad y construcción del edificio Famara, en torno a 6,5 m.a. Los últimos episodios de actividad del edificio Famara se producen en el Plioceno.

Tabla 2.1. Correlación volcanoestratigráfica de la isla de Lanzarote.

IGME-CSIC (1967a-h)	PLAN MAGNA (1992-1995)
Serie basáltica IV	2.º CICLO PERÍODO HISTORICO Erupciones de 1730-36
Serie basáltica III	PERÍODO PLEISTOCENO-HOLOCENO Dominio isla de Lanzarote
Serie basáltica I	1.er CICLO PERÍODO MIOPLIOCENO Dominio Famara

Todo este conjunto de materiales basálticos que constituyen estos edificios se corresponden con la "formación basáltica más antigua" de HARTUNG (1857) o "The basaltic-table-land series" de HAUSEN (1958); posteriormente FUSTER *et al.* (1968) lo denominan como serie basáltica I, término que se ha mantenido hasta nuestros días.

El edificio Famara constituye un macizo elevado que ocupa el extremo norte de la isla de Lanzarote, aflorando dentro de las hojas de Caleta de Sebo, Haría, Teguiise y esta aquí estudiada. De forma marginal aflora en el borde noroccidental de la hoja de Guatiza. Está constituido por un monótono apilamiento de coladas basálticas con más de 650 m de espesor. En esta hoja las coladas presentan suaves buzamientos al E y SE, variables entre 3 y 6°. Intercalados entre el apilamiento lávico, se observan niveles de escorias y/o conos enterrados que constituyen pequeños salideros coetáneos con las emisiones lávicas. También aparecen diques e intrusivos básicos que cortan a la sucesión. Los diques son más abundantes en el tramo inferior, sin embargo, los intrusivos parecen más tardíos y cortan a todo el apilamiento constituyendo resaltes erosivos en las partes más altas (ejemplos: Peñas del Chache, La Triguera, Peña Pequeña, etc...)

Mientras que en los edificios miocenos de Fuerteventura e incluso en el edificio Ajaches (Lanzarote) existían algunos niveles sedimentarios locales, que facilitaban la separación cartográfica de los diferentes tramos o unidades; en este edificio no se han observado estos niveles, sino solamente algunos paleosuelos o almogres locales que dificultan la individualización cartográfica. Los datos geocronológicos tampoco resultan definitivos, ya que existen algunas contradicciones entre las muestras analizadas tanto en IBARROLA *et al.* (1988) como ABDEL MONEM *et al.* (1971) e incluso con las dataciones efectuadas en este proyecto (MAGNA). A pesar de ello, siguiendo en cierta medida los datos de IBARROLA *et al.* (1988), ya que son los que han estudiado un mayor número de muestras para este sector (10), puede indicarse que existen tres períodos de actividad principales. El más antiguo se sitúa en torno a los 10,2-8,3 m.a. y correspondería con el *tramo inferior* de la cartografía MAGNA. A continuación aparece un grupo de edades que corresponden a las etapas finales del Mioceno, con valores entre 6,7 y 5,3 m.a. Estos datos merecen analizarse con cierto detenimiento, pues aunque a primera vista parecen muy coherentes, se observan que los valores de 6 m.a. y 5,3 m.a. corresponden a muestras del extremo norte del edificio (Hoja de Caleta de Sebo), situadas respectivamente a 0 y 20 m sobre el nivel del mar. Sin embargo, en esta parte central del mismo edificio, los valores de 6,2 y 6,7 m.a. corresponden, respectivamente, a un intrusivo y a una colada que cartográficamente se situarían en el tramo superior. Además, para añadir más complejidad al asunto, hay que mencionar que durante la campaña de dataciones del Plan MAGNA se analizó una muestra situada estratigráficamente sobre la colada de 6,2 m.a. obteniendo una edad de 9,03 m.a. Este valor es difícilmente encajable en el esquema, pero en cualquier caso indica que estas últimas coladas del techo del apilamiento presentan una edad miocena. Por último, existen dos edades de IBARROLA *et al.* (1988) que señalan una actividad póstuma de edad pliocena (3,8 y 3,9 m.a.).

2.1.1.1. *Tramo inferior*

Está constituido por coladas basálticas (2) intensamente atravesadas por diques (1), entre las que aparecen algunos conos enterrados y/o niveles piroclásticos (3). Aflora exclusivamente en la parte baja del acantilado de Famara, estando en muchas ocasiones sepultado bajo depósitos de ladera. Una de las características de este tramo es el intenso grado de alteración que muestran sus materiales, presencia frecuente de rellenos secundarios de ceolitas y carbonatos rellenando vesículas. Durante la realización de este proyecto se intentaron datar las coladas de este tramo en la parte baja del barranco de la Pocela, junto a la Urbanización Famara, pero se desestimaron por no ser lo suficientemente frescas. No obstante, IBARROLA *et al.* (1988) han da-

tado dos muestras pertenecientes a esta unidad en 10,2 y 8,3 m.a tomadas, respectivamente, a nivel del mar y a 100 m de cota, junto a la segunda galería de Famara. En conjunto se estima que la potencia de este tramo es inferior a 200 m.

2.1.1.1.1. Coladas y piroclastos basálticos (2 y 3)

Estos materiales afloran fundamentalmente a lo largo del escarpe de Famara, en la parte baja del mismo. Se describen conjuntamente en un solo epígrafe las coladas y los centros de emisión o depósitos piroclásticos que aparecen intercalados entre ellas. Mayoritariamente esta unidad está constituida por un monótono apilamiento de coladas basálticas con suaves buzamientos hacia el ESE. En varios puntos se han medido inclinaciones variables entre 5 y 8° al E con direcciones aproximadas N25°E; N35°E. Predominan las coladas delgadas de tipo "pahoehoe" con espesores individuales entre 1 y 2,5 m. También se han muestreado coladas más masivas de tipo "aa" con bases escoriáceas características. Ambos tipos se caracterizan por su color gris-negruzco e intenso grado de alteración, con frecuentes rellenos secundarios de ceolitas y carbonatos. Composicionalmente predominan los tipos basálticos olivínicos y olivínico-piroxénicos, estando el olivino alterado a iddingsita. Intercalados entre el apilamiento lávico suelen aparecer algunos "sills" de composición semejante, que pueden confundirse con coladas. También se han observado algunos niveles piroclásticos de poco espesor, casi incartografiables.

En la base del acantilado, entre Punta de Gayo y Los Mariscales aparece un cono enterrado de grandes dimensiones, constituido por lapillis, escorias y escasas bombas de composición basáltica. Estos materiales piroclásticos se ordenan en capas con colores de alteración amarillo-marón. En esta zona, ocupada por el centro de emisión, aumenta la densidad de diques.

2.1.1.2. Tramo medio

Está constituido principalmente por un potente apilamiento de coladas basálticas (4), entre las que se intercalan niveles de almagre y/o paleosuelos. Además aparecen algunos conos enterrados (5). Asociados con estos centros de emisión, suele encontrarse mayor densidad de diques y de cuerpos intrusivos. La separación entre este tramo (medio), con respecto al inferior y superior, obedece fundamentalmente a criterios de campo. También, a escala de todo el edificio, se han utilizado criterios geocronológicos, si bien para esta hoja no se dispone de dataciones de esta unidad. Además, no existen discordancias evidentes entre estas unidades; localmente se han observado algunos niveles de almagre o paleosuelos que pueden constituir pequeñas interrupciones en la actividad efusiva dentro de un mismo tramo. En algún punto aislado existe un delgado nivel de cantos algo redondeados que aparecen entre materiales piroclásticos.

2.1.1.2.1. Coladas y piroclastos basálticos (4 y 5)

Estas unidades ocupan una considerable extensión dentro del dominio oriental de la hoja. Afloran tanto en el escarpe occidental del macizo de Famara como en las laderas de los barrancos de la vertiente oriental. Entre otros, cabe citar los barrancos de Tenesí, Chafarís, Tenegüime y Valle de los Castillejos. En las laderas de estos barrancos se observa que el tramo medio del edificio está constituido por un potente apilamiento, de coladas delgadas buzantes unos 6-8° al E y ENE. Intercalados entre este apilamiento, aparecen numerosos conos enterrados, algunos de grandes dimensiones, como los observados en el barranco del Cuchillo, barranco de Cha-

farís y en las proximidades de la Triguera. Otros depósitos piroclásticos de menor entidad se han cartografiado en Los Risquettes, en la ladera sur de La Mesa, laderas de Cerro Terroso y en la divisoria entre los valles de los Castillejos y Rincón.

En general, todos los centros de emisión citados corresponden a actividad de tipo estromboliana, y están constituidos por lapillis, escorias y escasas bombas. Localmente, como ocurre en el edificio del barranco Chafarís, hay niveles brechoides y abundantes fragmentos lávicos. Composicionalmente son todos basálticos, predominando los tipos olivínicos y olivínico-piroxénicos. Las capas de lapilli suelen presentar colores de alteración amarillo-marrón y marrón-rojizo. Asociados con muchos de estos centros de emisión, afloran diques, "sills" y otros cuerpos intrusivos. En el centro de emisión del barranco del Cuchillo son además abundantes los "spatter" y bombas acintadas. El edificio señalado en las proximidades de La Triguera está constituido mayoritariamente por lapilli de tonos amarillo-negruzcos y rojizos, entre los que destacan algunas capas con escorias y bombas de composición basáltica. Concretamente se ha observado una bomba de más de 1 m de diámetro con abundantes nódulos duniticos. En el km 17,600 de la carretera Teguisse-Haría hay un pequeño cono enterrado que aparece muy bien expuesto en la trinchera de la carretera. Está constituido por lapillis finos de color amarillo-naranja y capas con escorias basálticas de tamaños de 6-8 cm. Además, hay bombas de hasta 40-60 cm de diámetro. En la ladera de Cerro Terroso hay unos niveles piroclásticos que pueden corresponder a un cono enterrado. Tienen una potencia de 30 y 25 m, respectivamente, y están constituidos mayoritariamente por lapillis compactos de color amarillo-marrón muy ceolitizados. El nivel superior tiene una granulometría algo más gruesa, con capas de escorias y bombas de hasta 30 cm de diámetro.

Las coladas suelen ser de tipo "aa", con bases escoriáceas y espesores individuales variables, entre 0,6 y 1,5 m. Composicionalmente predominan los tipos basálticos olivínicos con matriz negruzca y afanítica. Entre ellas se intercalan algunos "sills" de composición basáltica, muy semejante a la de las coladas. En conjunto estos materiales dan lugar a relieves escalonados. También se han observado niveles de paleosuelos o almagres. Como ejemplo puede citarse el cartografiado en las laderas de los barrancos del Cuchillo, Madre del Agua y Chafarís. En el escarpe occidental del macizo también se han visualizado niveles de almagre que en muchas ocasiones dan lugar a "nacientes".

Los espesores de esta unidad lávica varían entre 120 y 200 m.

2.1.1.3. Tramo superior

Este tramo aparece constituyendo los relieves más importantes del sector occidental de la hoja. Está integrado mayoritariamente por potentes coladas basálticas (6) con disyunción columnar. Entre ellas se intercalan frecuentemente niveles piroclásticos y conos enterrados (7). La proporción de diques es inferior a la observada en los dos tramos subyacentes sin embargo, son relativamente frecuentes los cuerpos intrusivos (8).

El período de emisión de esta unidad está aún oscuro, ya que existen datos geocronológicos contradictorios: así, IBARROLA *et al.* (1988) han datado las primeras coladas de este tramo (km 24 de la carretera de Haría a Teguisse) en 6,2 m.a. Sin embargo, una muestra tomada en el mismo apilamiento unos 70-80 m más arriba (en el km 22,7 de la misma carretera) ha suministrado una edad de 9,03 m.a. (MAGNA). Por otra parte, un intrusivo que perfora esta unidad en Peña de la Peque-

ña fue datado por COELLO *et al.* (1992) en 6,7 m.a. Según esto, podría pensarse, a pesar de las contradicciones, que el tramo superior comenzó a emitirse hace al menos 6 m.a. Sin embargo, los problemas se plantean cuando se intentan establecer cronologías entre este sector del edificio y el sector norte (véase hoja de Caleta de Sebo); ya que los autores anteriormente citados (COELLO *et al.* (1992) e IBARROLA *et al.* (1988) presentan edades sustancialmente más jóvenes para unidades aflorantes más al norte que parecen corresponder con éstas.

2.1.1.3.1. Coladas y piroclastos basálticos (6 y 7)

Estas coladas aparecen coronando el apilamiento del macizo de Famara. Se caracterizan por sus mayores potencias individuales y por presentar disyunción columnar muy acusada. Están muy poco afectadas por la intrusión filoniana. Sólo aparecen algunos diques aislados relacionados con conos enterrados, como por ejemplo en el Rincón de La Paja o en el Rincón del Castillejo. Si son frecuentes sin embargo, las intercalaciones piroclásticas. En general, son coladas "aa" con bases escoriáceas muy desarrolladas y potencias individuales superiores a 3 m. En algunos casos se han observado coladas de hasta 8-10 m de potencia. Composicionalmente predominan los basaltos olivínicos con matriz negruzca. Los fenocristales tienen tamaños variables en general inferiores a 8 mm. Existen también algunas coladas con nódulos duníticos. Estructuralmente suelen adoptar una disposición subhorizontal, si bien se ha observado una ligera inclinación hacia el sur, en el sector sur de la hoja y en la hoja de Guatiza. Sin embargo, las coladas del sector norte de la hoja parecen ligeramente inclinadas hacia el norte. Estas inclinaciones son muy poco perceptibles, solamente desde el mar o desde las proximidades de Guatiza se tienen perspectivas que permiten realizar estas afirmaciones.

En el sector comprendido entre Peñas del Chache y la Ermita de Las Nieves hay una gran proporción de materiales piroclásticos, concretamente hay dos conos enterrados con sus diques asociados, en el Rincón de la Paja y Rincón del Castillejo. Además hay capas de lapilli intercaladas entre las coladas, a modo de "sandwich". Relacionados con estos centros de emisión aparecen coladas de gran potencia y escaso recorrido. Estos edificios están constituidos mayoritariamente por capas de lapillis basálticos de color rojizo y anaranjado con tamaños centimétricos. Además se observan escorias y bombas de hasta 40 cm de diámetro. Las capas presentan buzamientos máximos de 25-30°. Composicionalmente son basaltos olivínicos. En algunas bombas se han muestreado nódulos duníticos de varios centímetros de tamaño.

En la parte superior del apilamiento, en la zona de Peñas del Chache, abundan los piroclastos finos en capas subhorizontales, en algunas ocasiones constituyen un recubrimiento superficial, indicándose en el mapa las coladas basálticas (6) con una sobrecarga de puntos que representan a estos lapillis.

2.1.1.3.2. Intrusivos básicos (8)

En el edificio Famara son relativamente frecuentes los "sills" e intrusivos básicos. Tienen una composición basáltica semejante a las coladas que atraviesan, y por ello resulta, en muchas ocasiones, complicada su individualización cartográfica. Posiblemente sea esta una de las razones por las cuales las dataciones radiométricas en este edificio presentan algunos problemas de correlación e incluso datos anómalos. No obstante, esta es una hipótesis aún sin confirmar. Lo que sí parece evidente es que en este edificio ha existido una actividad tardía, con

carácter puntual, que queda puesta de manifiesto por estos numerosos apuntamientos intrusivos.

Muchos de los cuerpos intrusivos muestran una morfología característica y atraviesan el apilamiento de coladas basálticas o encajan en materiales piroclásticos. Otros, sin embargo, se sitúan en el techo del apilamiento y resulta dudosa su génesis, pues no se sabe si son intrusivos o centros de emisión que han llegado a extruir (salideros), o incluso "descuelgues" locales de coladas algo más tardías. Al primer grupo pueden asignarse los afloramientos existentes en el escarpe occidental, situados en las proximidades de Punta de Gayo, Montaña Ganada y Cerro Terroso. A este mismo grupo pertenecen los intrusivos de La Triguera, Peña de La Pequeña y los localizados en los conos enterrados de las Cabeceras de los barrancos de Chafarís y del Cuchillo. Por el contrario, los afloramientos de Peñas del Chache, Peña de Guantevén, ladera norte del barranco de Tenegüime y Valle de los Castillejos se han asignado al segundo grupo; ya que sus morfologías y características son algo más dudosas. Estudiando en detalle la distribución de estos cuerpos, se observa que siguen pautas NNE-SSO, pudiendo señalarse, al menos, tres lineaciones subparalelas. Estas directrices coinciden con el régimen fisural del edificio Famara. Posteriormente se reactivan en el Cuaternario dando lugar a las alineaciones de edificios de La Quemada-Los Helechos y Corona.

La alineación más oriental estaría constituida por los afloramientos de Peña Pequeña, La Triguera y el situado algo más al sur, en la divisoria con el barranco de Tenegüime. Todos ellos tienen carácter masivo y composicionalmente son basaltos olivínicos de matriz afanítica. Prolongando hacia el sur esta alineación, aparece el centro de emisión de Peña del Pico. Este centro de emisión se ha considerado que es el que ha dado lugar a la colada "intracanyon" del barranco de Tenegüime, datada por COELLO *et al.* (1992) en 1,4 m.a.

La segunda alineación (o central) la constituyen los intrusivos relacionados con los centros de emisión del barranco del Cuchillo y barranco de Chafarís. Además, se ha asignado a esta alineación el afloramiento de las Peñas de Guantevén. Estos dos intrusivos relacionados con los centros de emisión muestran zonas centrales, de enfriamiento lento, de tipo subvolcánico con texturas microgranudas. La roca es un basalto olivínico con matriz afanítica. En cuanto al afloramiento de la Peña de Guantevén, como se ha comentado anteriormente, existen ciertas dudas en cuanto a considerarlo como un intrusivo o una colada. Desde luego constituye un relieve prominente que destaca por erosión diferencial. Además, en la cartografía de IGME-CSIC (1967e) ya fue considerado como un pitón.

La tercera alineación definida coincide, en gran parte, con el escarpe de Famara y se prolonga desde las proximidades de Cerro Terroso (al sur) hasta La Mesa, al norte del valle de los Castillejos. Se han asignado seis pequeños cuerpos intrusivos, que, de norte a sur, se denominan La Mesa, Valle los Castillejos, Montaña Ganada, Galería de Famara y Cerro Terroso (2). Los dos primeros son los que pueden ofrecer ciertas dudas en cuanto a su asignación. Así, el afloramiento de La Mesa, según se observe desde un lado u otro, se puede considerar un intrusivo o una colada que se adapta al relieve. En cuanto al afloramiento situado en la divisoria del Valle de los Castillejos, parece que es un "salidero" relacionado con un centro de emisión. Ejemplos de este tipo son también muy frecuentes en la isla de La Gomera, en la cual se observan centros de emisión en los que al aumentar la tasa de fusión comienzan a aparecer lavas muy masivas que están saliendo de este punto. Los cin-

co restantes afloramientos señalados se sitúan a lo largo del escarpe y muestran contactos rectilíneos que "cortan" bruscamente al apilamiento lávico. Algunos de ellos se encuentran en puntos inaccesibles y por tanto no han podido ser muestreados. Todos ellos son de composición basáltica olivínica, con fenocristales de hasta 6-8 mm de tamaño máximo, y matriz fina de tipo afanítico.

Por último, hay que mencionar otros dos cuerpos intrusivos que afloran en el escarpe de Famara en el sector norte de la hoja, en las proximidades de Punta de Gayo y de Montaña Ganada; definirían una alineación más noroesteada que los anteriores y también subparalela al escarpe. Composicionalmente son también basaltos afaníticos, con pequeños fenocristales de olivino. El cuerpo intrusivo situado más al norte presenta además algunos enclaves de tipo piroxenítico.

2.1.1.4. *Diques básicos (1)*

En general, la densidad de la intrusión filoniana en el edificio Famara es inferior a la observada en los edificios miocenos de Fuerteventura, concentrándose los diques en el tramo inferior y en los conos enterrados a lo largo del apilamiento. Aunque no presentan una estructura muy definida, se observa que los diques muestran cierta convergencia hacia el O, definiendo groseramente una pauta radial. Además existe otra directriz fundamental que sigue una pauta NNE-SSO, esta orientación coincide con las alineaciones de cuerpos intrusivos y con las alineaciones volcánicas cuaternarias. Se trata de la directriz característica del edificio Famara.

Todos los diques muestreados son de composición básica, con potencias comprendidas entre 0,2 y 1,2 m, si bien alguno puede presentar espesores algo mayores. Composicionalmente predominan los basaltos olivínicos, aunque también aparecen tipos afaníticos y olivínico-piroxeníticos. Localmente se ha observado algún dique de composición olivínico-piroxenítico-plagioclásico. Aunque la mayoría de los diques son subverticales, en algunos puntos del sector costero occidental afloran diquecillos divagantes de poco espesor (<20 cm), con terminaciones digitadas. En este mismo sector se han observado algunos "sills" intercalados entre el apilamiento de coladas. Algunos de ellos se sitúan en lugares de difícil acceso y no han podido ser comprobados ni muestreados, por este motivo no se han representado en cartografía. Concretamente, por encima de la casa del Servicio Hidráulico, en el escarpe de Famara, se observan varios "sills" potentes de composición básica. Asimismo, en el sector oriental de la hoja, en el barranco de Chafarís se han muestreado dos "sills" de la misma naturaleza. Uno de ellos tiene un borde de enfriamiento característico y corta ligeramente al apilamiento de coladas, ya que no es totalmente horizontal. Composicionalmente es un basalto afanítico con fenocristales aislados de olivino.

2.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO

2.2.1. **Período Pleistoceno inferior. Episodios volcánicos y sedimentarios**

2.2.1.1. *Edificio Teneguime. Coladas y piroclastos basálticos (9 y 10)*

Este edificio se localiza en la zona de cabecera del barranco de Teneguime, en las proximidades de la Peña del Pico, junto al borde oriental de la hoja. El cono piroclástico está constituido por

lapillis, escorias y escasas bombas de color rojizo. Se encuentra adosado a una ladera formada por coladas basálticas del estratovolcán de Famara. En la parte central del mismo aflora un salidero masivo de composición basáltica. Este salidero se considera que ha emitido la colada que se canalizó por el barranco a modo "intracanyon" recorriendo parte de las hojas de Haría y Guatiza. En esta última hoja, en las proximidades de Montaña Temeje, COELLO *et al.* (1992) dataron estas coladas en 1,4 m.a. Por otra parte, las coladas de Mala fueron datadas por estos mismos autores en 1,8 m.a. Por este motivo, se han agrupado los tres edificios que emitieron coladas "intracanyon" y que constituyen la Alineación volcánica de Teneguïme-Mala-Atalaya de Haría.

2.2.1.2. *Depósitos de glacia. Arenas y cantos (11)*

Estos depósitos constituyen pequeñas superficies de acumulación en la parte alta del macizo de Famara. Concretamente uno de los mejores afloramientos se localiza en las proximidades de Montaña Ganada. Está constituido por arenas y cantos empastados en una matriz areno-arcillosa. Superficialmente muestra cierto encalichamiento. En algunas ocasiones se ha observado componente de naturaleza eólica. En cuanto a los cantos, son de composición basáltica con tamaños variables desde 2-20 cm. La potencia suele ser bastante reducida (1-3 m).

2.2.1.3. *Edificio hidromagmático de Caldera del Cuchillo (12)*

En la esquina suroccidental de la hoja se observan los restos de un gran cráter muy desmantelado por la erosión y parcialmente recubierto por las coladas de las alineaciones de Rostros-Coruja y Tinajo. Tiene unos 1.400 m de diámetro y una altura máxima desde su base de 120 m. La morfología y las estructuras sedimentarias que presentan indican, inequívocamente, una actividad hidromagmática. Este edificio se alinea con los de Halcones y Caldera Blanca y constituyen una alineación de edificios de tipo litoral de dirección N65°E. En el flanco oriental del edificio se observa la intersección con otro cráter algo más antiguo. En esta zona de intersección de las dos calderas aparece una brecha con matriz cinerítica. En general, estos edificios están constituidos por capas de cineritas de color amarillento con líticos de hasta 10-15 cm de tamaño máximo y tobas palagoníticas de color marrónáceo. La mayoría de los fragmentos líticos son de composición basáltica, con tamaños inferiores a 2 cm, pero hay también nódulos duníticos de hasta 10-12 cm de diámetro. Se observan diferentes estructuras sedimentarias, tales como estratificación planar, y cruzada, granoselecciones, huellas de impacto y "bomb sag".

A unos 2 km al ENE se prolonga la alineación en un antiguo edificio hidromagmático, sobre el que posteriormente se levantó el cono de Montaña Mosta. Aflora solamente una porción del arco, abierto hacia el norte, y está también constituido por brechas, tobas palagoníticas y capas de cineritas de color amarillento de tipo "wet surge". Las brechas presentan fragmentos basálticos de hasta 30 cm de diámetro y abundantes nódulos duníticos de hasta 10 cm de diámetro.

CARRACEDO y BADIOLA (1991) consideran que estos edificios responden a morfologías de tipo "tuff-ring". No hay evidencias claras de si estos edificios emitieron coladas o no, pero lo que parece deducirse es su situación próxima a la costa y que tal vez fueron atacados por

la acción del oleaje. Este hecho es muy evidente en el caso de Montaña Halcones (Hoja de Tinajo).

2.2.1.4. *Depósitos de abanicos de ladera (Primera generación) (13)*

Esta unidad aflora únicamente en el escarpe suroccidental del macizo de Famara, constituyendo pequeños afloramientos que aparecen adosados a los escarpes de materiales basálticos. Tienen una forma en planta pseudotriangular, algo lobulada, con el vértice agudo apuntando hacia la zona de cabecera.

Se trata de un depósito detrítico constituido por arenas y gravas heterométricas, algo encalichadas, con tamaños variables entre 2 y 60 cm. La matriz es de tipo areno-arcillosa y los fragmentos son casi exclusivamente basálticos. No presentan estratificación ni ordenación interna y tienen potencias variables, mínimas en la zona de cabecera (1-2 m) y máximas en la base (10-15 m).

Estos materiales debían constituir una superficie casi continua, pero posteriormente ha sido incidiada por la red de drenaje. Además, actualmente aparecen fosilizados por los depósitos de ladera de las siguientes generaciones. Su edad, por tanto, se estima que debe de ser posterior al desarrollo del macizo de Famara y anterior a estos depósitos citados (¿Pleistoceno inferior-medio?).

2.2.2. **Período Pleistoceno medio. Episodios volcánicos y sedimentarios**

2.2.2.1. *Arenas eólicas indiferenciadas (Pleistoceno-Holoceno) (14)*

Estos materiales ocupan una gran parte del sector central y occidental de la hoja, extendiéndose ampliamente hacia el sur, en la hoja de Tegui. A efectos cartográficos se han agrupado en una sola unidad todas las arenas eólicas, si bien, analizando en detalle estos materiales, se observa que hay un sustrato de arenas eólicas "endurecidas" que son anteriores a los edificios de la Alineación de Soo, y otras (la mayoría) que recubren a estos mismos edificios y llegan hasta casi la actualidad. Estas últimas son arenas móviles que presentan las clásicas morfologías de dunas con formas en planta de tipo herradura. En las islas estos campos de dunas se conocen con el nombre local de "Jable".

Son arenas biodetríticas, de grano fino, constituidas, por diminutos caparazones de moluscos. Se caracterizan por sus colores blanco-crema y por presentar estratificación cruzada. En la vecina hoja de Tegui existen numerosas explotaciones de áridos llevadas a cabo en estos mismos materiales, al NE de Tiagua. Se han observado en estos afloramientos potencias superiores a 10 m. Además, en estas canteras se comprueba que las arenas que constituyen el sustrato están endurecidas y cementadas por caliche. Asimismo, es frecuente observar niveles de color anaranjado (salmón) que constituyen paleosuelos que indican una interrupción en el proceso de formación de la duna. Estos paleosuelos han sido estudiados por MECO (*com. pers.*) en la isla de Fuerteventura y corresponden al Pleistoceno.

2.2.2.2. *Alineación volcánica de Sóo. Coladas basálticas, conos estrombolianos y edificios hidromagmáticos (15, 16 y 17)*

La alineación volcánica de Sóo presenta una orientación SO-NE y está integrada por seis edificios principales: Montaña Mosta, Pico Colorado, Caldera Trasera, Montaña Cavera. Estos dos

últimos, situados en el extremo NE de la fisura, presentan características hidromagmáticas. Además existen tres pequeños centros de emisión adventicios, sin cráter, localizados en los alrededores de Caldera Trasera.

Montaña Mosta. Se encuentra situada en el extremo suroccidental de la alineación. Se trata de un edificio de planta ligeramente episoidal con una dimensión mayor en sentido E-O de unos 475 m y otra perpendicular de 350 m de longitud. Tiene un cráter bien conservado abierto hacia el norte. El edificio se sitúa de forma discordante sobre un antiguo centro de emisión hidromagmático asignado a la fase de actividad de la Caldera del Cuchillo. La altura desde su base es de unos 24 m. El edificio está constituido fundamentalmente por piroclastos gruesos, en general superiores a 4-6 cm, también se observan algunos "spatter" y retazos de coladas de composición basáltica. En la ladera sur, sin embargo, abundan los lapillis rojizos de menor granulometría, ordenados en capas buzantes unos 25-30° al sur.

El edificio Pico Colorado. Se sitúa en una posición central de la fisura eruptiva y parece que presenta una ramificación local en sentido NNO-SSE, ya que existen dos conos adventicios que así parecen indicarlo. Tiene un cráter de aspecto pseudocircular con un diámetro de 480 m. El punto culminante del edificio es el vértice Soo con 293 m, estando situada la base del edificio en torno a los 200 m de altura. Está constituido por lapillis con tamaños de 1,5-3 cm, escorias y bombas de hasta 50 cm de diámetro. Localmente se han observado laminaciones combadas con piroclastos de color gris que recuerdan a pulsos de actividad de tipo "dry surges", si bien en general el edificio es de tipo estromboliano. Los centros de emisión adventicios situados al NNO no presentan cráter y están constituidos por piroclastos rojizos y emplastes lávicos de composición basáltica olivínica. Continuando en el sentido de la alineación, hacia el NE, entre este edificio y Montaña Juan del Hierro, se sitúa también otro pequeño centro de emisión sin cráter, constituido por lapillis rojizos y grises de tamaños centimétricos y escorias y bombas basálticas.

Montaña Juan del Hierro. Es un edificio piroclástico de planta irregular ligeramente alargada hacia el NO, con una dimensión mayor, en este sentido, de unos 1.100 m. La dimensión menor, medida perpendicularmente a la anterior, es de unos 600 m. Tiene un cráter ligeramente elipsoidal hacia el NO, con ejes de 425 m y 325 m, respectivamente.

Montaña Chica. Tiene una forma en planta algo irregular y subredondeada, ligeramente alargada hacia el NE. Presenta un cráter elipsoidal muy bien conservado con una pequeña abertura en el flanco N. Está constituido por piroclastos amarillentos de tipo lapilli, tobas palagoníticas y cineritas. Son depósitos que corresponden a fases hidromagmáticas y en conjunto se puede clasificar como un "tuff-cone". Tiene una morfología muy aplanada, con alturas variables entre 20 y 60 m, para un radio del cráter del orden de 175-250 m.

Montaña Cavera. Se encuentra situada en el extremo noreste de la alineación. Se trata de un edificio mixto que comienza con actividad hidromagmática y termina con fases estrombolianas. Tiene una forma en planta pseudocircular con cráter circular, bien conservado, abierto hacia el sur. Tiene también una morfología aplanada con alturas máximas de 40-65 m para un radio de cráter de 185 m. El flanco occidental del edificio está constituido esencialmente por piroclastos amarillentos de tipo "wet-surges", con lapilli acrecionario y tobas palagoníticas. Presentan estratificación difusa y planar. El flanco oriental y la parte culminante del occidental son lapillis y escorias rojizas y negruzcas del episodio estromboliano.

En general, las coladas de esta alineación aparecen recubiertas por las arenas eólicas de "El Jable", siendo el acantilado costero donde mejor se observa su naturaleza. Son coladas de basaltos afaníticos grises con pequeños fenocristales de olivino. Suelen ser algo vesiculares y afieltradas con algún nódulo de olivino de pequeño tamaño. Parece que el mayor volumen de lavas corresponde al conjunto de edificios centrales de la alineación (Pico Colorado, Caldera Trasera y Montaña Juan del Hierro). Estas coladas debieron, ganar terreno al mar y muestran morfologías avanzadas sobre la línea de costa. En las proximidades de la Caleta de Famara se observa que estas coladas son posteriores a unas arenas eólicas encalichadas (probablemente del Pleistoceno inferior) y a su vez quedan sepultadas bajo el campo de dunas subactual.

2.2.2.3. *Coladas basálticas de las alineaciones de Rostros Dolores-Tinaché-Liria-Timbaiba (18)*

Estas coladas aparecen fundamentalmente en el extremo occidental de la hoja y en pequeños afloramientos aislados en el campo de dunas de El Jable. Sus centros de emisión se localizan fuera de la hoja concretamente dentro de las hojas de Tinajo y Teguisse. En esa zona existe un conjunto de edificios distribuidos en varias alineaciones que se encuentran muy próximos en el espacio y en el tiempo, siendo prácticamente imposible detectar qué coladas proceden de una u otra alineación. Por este motivo se han agrupado estas coladas en una única unidad indiferenciada. Este grupo de edificios aflora en un área algo más extensa que la definida por las localidades de Tinajo, Tiagua, Mozaga y Mancha Blanca. La descripción detallada de estos centros de emisión se realiza en la memoria de las hojas de Tinajo y Teguisse. No obstante, conviene señalar que las alineaciones definidas por ellos siguen pautas ONO-ESE.

Las coladas que afloran en el extremo occidental de la hoja son claramente posteriores al edificio Caldera del Cuchillo, observándose cómo cubren parcialmente el sector occidental del cráter y rellenan el fondo de la caldera. La relación con las coladas de la alineación de Soo es algo más confusa, pero también parece que éstas aquí descritas sean posteriores a ellas. Composicionalmente son coladas basálticas afaníticas con fenocristales de olivino aislados y escasos nódulos duniticos de pequeño tamaño. En muestra de mano se caracterizan por un aspecto afieltrado y algo vacuolar. A nivel de afloramiento exhiben canales lávicos y acumulaciones de bloques en los laterales, dejando superficies con aspecto de malpaís degradado.

Las coladas que aparecen en el sector centro-sur constituyen pequeños "islotas" semicubiertos por el campo de arenas eólicas. En el afloramiento próximo a la Urbanización Vista Graciosa se observa que estas coladas se apoyan sobre unas arenas eólicas blanquecinas y compactas con abundantes nidos de antóforas. Las coladas tienen composición basáltica y presentan frecuentes nódulos duniticos.

2.2.3. Período Pleistoceno superior. Episodios volcánicos y sedimentarios

2.2.3.1. *Arenas y conglomerados. Rasa marina jandiense (+ 2 m) (19)*

En las dos islas más orientales del archipiélago (Lanzarote y Fuerteventura), los depósitos marinos pleistocenos han sido designados por MECO *et al* (1987) como "jandiense". Estos materiales corresponden a los inicios del Pleistoceno superior y ya fueron descritos y caracterizados paleontológicamente por MECO (1975 y 1977).

Los mejores afloramientos de esta hoja aparecen en la Caleta de Famara. En este punto se observa que la rasa está constituida por unos niveles de areniscas biodetríticas, muy cementadas, con cantos inferiores a 2 cm y un conglomerado muy oscuro de cantos basálticos con tamaños de hasta 6-8 cm. Los fósiles característicos de estos niveles jandienses son los *Strombus bubonius* Lamarck. También suelen aparecer *Patellas* de diversa morfología, atribuidas al grupo de la *Patella ferruginea* Gemelin, [MECO (1991a)] y *Murex Saxatilis* Linné. ZAZO *et al.* (1993) han datado este afloramiento por el método Th/U, obteniendo una edad de $(126 \pm 4,9) 10^3$ años. Establecen asimismo correspondencia entre estos depósitos y los tirrenienses del sur de la Península Ibérica.

2.2.3.2. Depósitos de caliche (20)

Estos materiales ocupan una extensión bastante reducida, aflorando únicamente en el sector suroriental de la hoja. Constituyen un delgado recubrimiento sobre las coladas basálticas del estratovolcán de Famara, en las proximidades de Cerro Terroso y Dise Blanco. Por analogías, con otras hojas, así como con la isla de Fuerteventura, puede inferirse que la fase de encalichamiento principal se produce con posterioridad al episodio eólico plioceno y se prolonga hasta los inicios del cuaternario.

Se trata de un depósito poco potente (<1 m), constituido por carbonato cálcico y conocido con el nombre local de caliche. Presenta tonalidades blanco-crema y es característico de climas desérticos o subdesérticos. En estas condiciones de extrema aridez se desarrollan estos suelos duros o en "costra". La escasez de lluvias implica un lavado muy escaso, que, unido a la falta de materia orgánica, hace que el horizonte A prácticamente desaparezca y en el B sólo se deposite calcio. En algunas ocasiones este horizonte B alcanza una potencia excepcional. Por el momento, el origen de estos suelos es algo incipiente si bien una mayoría de autores defienden como válido la infiltración o percolación del carbonato cálcico.

2.2.3.3. Alineación La Quemada-Los Helechos. Coladas, piroclastos basálticos y lapillis de dispersión (21, 22 y 23)

Los volcanes que constituyen esta alineación muestran una orientación NE-SO (característica del Dominio Famara) y aparecen fundamentalmente en la hoja de Caleta de Sebo. En esta aquí estudiada, aflora el flanco sur del edificio La Quemada (señalado en este mapa como La Pescosa) y un pequeño centro de emisión, situado al SSO del anterior, conocido con el topónimo El Valle.

Edificio La Quemada (La Pescosa). Presenta un cráter circular bien conservado, con un diámetro de unos 350 m. El edificio se sitúa en la zona limítrofe de tres hojas a escala 1:25.000 (Caleta de Sebo, Haría y Soo). Tiene una forma en planta irregular, con unas dimensiones del orden de 1.060 por 700 m. La altura desde su base es de unos 150 m. Está constituido por una alteración de lapillis y escorias negruzcas dispuestas en capas que buzan periclinamente hacia el exterior del edificio. Composicionalmente es un basalto afanítico con fenocristales de olivino y algún nódulo dunitico aislado.

En esta hoja prácticamente no hay afloramientos de coladas de esta alineación, ya que si existieron están cubiertas por un manto de lapilli negro producto de la dispersión de estos edificios.

En la hoja de Caleta de Sebo y Haría se describen más ampliamente las coladas de esta alineación ya que se canalizaron preferentemente hacia el SE, llegando a alcanzar la costa E entre Arrieta y Punta Mujeres. Además otro brazo lávico se dirigió hacia el NO, ocupando el Valle de Guinate y "descolgándose" por el escarpe de coladas basálticas miocenas hasta la costa occidental en Bajo Risco.

En cuanto al pequeño edificio de El Valle, se encuentra ligeramente desplazado hacia el sur de esta alineación. Sin embargo ha sido asignado a ella, ya que presenta características comunes y parece de la misma fase de actividad. Tiene una forma en planta algo redondeada, alargada hacia el norte, con dimensiones respectivas de 175 por 125 m. Su cráter está bien conservado, y tiene forma de herradura, abierta hacia el sur. Está constituido por escorias y lapilli grueso con tamaños superiores a 4 cm y, en menor medida, por bombas y "spatter" de composición basáltica y tamaños comprendidos entre 30 y 50 cm. No hay evidencias de que haya emitido coladas, ya que todo este valle e incluso el barranco de Tenesía, situado más al sur, están recubiertos por piroclastos de dispersión. Esto parece indicar que durante el tiempo de actividad de los volcanes de esta alineación el viento soplabla con componente norte.

2.2.3.4. *Depósitos aluvial-coluvial. Arenas y arcillas. (24)*

Se han asignado a esta unidad aquellos depósitos detríticos que rellenan pequeñas cuencas o depresiones. En general presentan espesores bajos (inferiores a 5 m) y están constituidos por arenas, limos y arcillas de colores marrón-rojizo. Estos materiales alcanzan un gran desarrollo en la vecina hoja de Teguisse. Sin embargo, en esta que nos ocupa se restringen al área de cabecera del barranco de Manguía o a los Valles, ambos localizados en la esquina SE de la hoja. En el sector occidental de la hoja aparecen relleno la caldera volcánica de El Cuchillo y el cráter de Pico Colorado. Constituyen zonas endorreicas, en las cuales los materiales piroclásticos se alteran y se mezclan con los depósitos mencionados.

2.2.4. **Período Histórico. Erupciones de Timanfaya (siglo XVIII)**

2.2.4.1. *Tercer episodio. Coladas basálticas (28)*

Estos materiales afloran en esta hoja de manera muy escasa, limitándose a un único afloramiento localizado en el extremo sur de la misma, en la Hoya del Huerto. Constituyen la terminación septentrional de un brazo lávico que, procedente del área de Montaña Colorada-Montaña de Las Nueces, alcanza Mozaga y bordea el edificio Lomo San Andrés. Después se bifurca en dos ramales: uno al norte, aquí descrito, y otro hacia el sur, que llega a la costa junto a Arrecife (Puerto Naos). Estas coladas pueden haber recorrido desde su centro de emisión más de 15 km.

Son coladas basálticas afaníticas de tipo "pahoehoe", muy vesiculares y esponjosas, con color gris en la parte masiva y negro en superficie. Es frecuente la existencia de tubos volcánicos y estructuras cordadas (hoja de Teguisse). La parte superficial de la colada parece una "corteza de pan" y "cruje" al pisarla. La potencia visible en esta zona es de unos 3 m.

Como se ha comentado anteriormente, los centros de emisión de estas coladas son Montaña Colorada y Montaña de Las Nueces. Ambos constituyen los últimos episodios de actividad del

volcanismo del siglo XVIII (Timanfaya). Según datos de CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1991), estos centros de emisión entraron en actividad durante los meses de marzo y abril de (1736).2.2.5. Período holoceno y actual. Episodios sedimentarios.

2.2.5.1. Arenas y conglomerados. *Rasa marina erbanense (+0,5m)* (25)

Los depósitos marinos del Holoceno superior se conocen con el nombre de Erbanense (de Erbani, el antiguo nombre de Fuerteventura), [MECO *et al.* (1987) y MECO (1988)]. Se trata de pequeños afloramientos que aparecen de forma discontinua a lo largo del litoral de las islas de Lanzarote y Fuerteventura, a alturas que oscilan entre 0,5 y 1 m, esto es, algo más bajos que los depósitos jandienses. Concretamente en esta hoja sólo se han cartografiado tres retazos localizados en La Caleta de Famara, Caleta del Caballo y Playa Mejías. Están rellenando pequeñas cubetas, constituidas por areniscas y conglomerados de cantos basálticos, con una potencia inferior a un metro.

Esta unidad fue definida por MECO (1991b) en la playa de la Jaqueta (isla de Fuerteventura). Los restos faunísticos encontrados y clasificados por MECO (*op. cit.*), son semejantes a la fauna actual, con numerosos *Theridium vulgatum* Bruguiere, *Patella* de variada morfología semejantes a las encontradas en la rasa jandiense y otras especies, como *Columbella rustica* (Linné), *Linga Columbella* (Lamarck), *Conus mediterraneus* (Bruguiere), *Erosaria spurca* (Linné) y *Thais haemastoma* (Linné).

Según las dataciones radiocarbónicas llevadas a cabo por MECO *et al.* (1987) y MECO (1991b) en los afloramientos de La Jaqueta y Corralejo (isla de Fuerteventura), se han obtenido edades respectivas de 1.400 BP. y 3.640 \pm 160 BP.

2.2.5.2. Depósitos de terrazas (26)

Estos materiales tienen una representación areal muy escasa, habiéndose cartografiado únicamente un pequeño afloramiento localizado en el barranco de Tenesía. Es un depósito que aparece seccionado por el cauce del barranco y está constituido por arenas y gravas heterométricas. Los constituyentes son de naturaleza basáltica, muy heterométricos, con tamaños máximos de 20-25 cm. La potencia es muy reducida (1-2,5 m).

2.2.5.3. Depósitos de deslizamientos gravitacionales (27)

Estos materiales afloran únicamente en el borde occidental del macizo de Famara, en el cuadrante NE de la hoja. Se trata de un depósito muy caótico constituido por material detrítico grueso (arenas, cantos y bloques) de composición basáltica. Los bloques son angulosos y en general no presentan ningún tipo de ordenación interna. Sin embargo, las arenas eólicas que aparecen intercaladas se caracterizan por su color blanco-crema y por presentar estratificación cruzada de bajo ángulo. El depósito es muy heterométrico, pudiendo existir bloques de gran tamaño. Como ejemplo puede citarse que en la documentación complementaria a esta memoria, existente en el centro de documentación del ITGE, hay fotos del depósito en el que aparecen bloques de varios metros cúbicos, mayores que una caseta del servicio hidráulico, junto a Los Mariscales.

El origen de estos depósitos parece estar relacionado con la existencia de deslizamientos en este sector del edificio Famara. Además, en muchos casos se observa que las cabeceras de estos afloramientos se alinean y definen una posible línea de deslizamiento.

La edad de estos depósitos es bastante variable, ya que el fenómeno que los produce parece haberse repetido en el tiempo. Esta hipótesis se ve apoyada, además, en la existencia de varias pasadas de arenas eólicas intercaladas. Esta unidad se ha considerado como la segunda generación de depósitos de ladera, pues es claramente posterior a los abanicos encalichados (13) de la primera generación. Y por otra parte, es anterior a los coluviones (30) de la tercera generación de abanicos.

2.2.5.4. *Depósitos de barrancos (29)*

En esta hoja, estos materiales tienen una representación areal muy escasa, habiéndose cartografiado solamente un afloramiento, localizado en el barranco de Tenesía.

Está constituido por arenas y gravas heterométricas de composición basáltica. En menor medida existe una fracción de naturaleza limo-arcillosa. La potencia es muy reducida, entre 1 y 2,5 m.

2.2.5.5. *Depósitos de ladera (30)*

Esta unidad aparece fundamentalmente representada en el sector oriental de la hoja, debido al enorme relieve que la caracteriza.

Los depósitos se sitúan en las laderas de los principales relieves, siendo los más importantes los localizados en la vertiente occidental del macizo de Famara. Además, se han cartografiado pequeños afloramientos en las laderas del Valle de los Castillejos y de Tabayesco.

Están constituidos por material detrítico grueso, arenas, cantos y bloques angulosos y subangulosos; muy heterométricos de composición basáltica. En general no presentan ordenación ni estructuración interna, estando los cantos englobados por una matriz arenosa.

Una de las características fundamentales de estos afloramientos es su forma en planta pseudotriangular, con el vértice agudo apuntando hacia la zona de cabecera. Normalmente, se imbrican e indentan formando conos o abanicos coalescentes muy característicos. En el escarpe de Famara se han observado varias generaciones: la primera está constituida por unos conos encalichados y seccionados por las barranqueras (13), la segunda son los depósitos de deslizamientos gravitacionales (27) y esta aquí descrita correspondería a la tercera y última generación. La distinción entre estas dos últimas generaciones no siempre es factible.

2.2.5.6. *Playas de arenas y de cantos (31)*

La playa más importante de la hoja es la playa de Famara, se localiza al pie del macizo de Famara y se extiende hasta La Caleta de la Villa. Tiene una forma en planta arqueada y una longitud de unos 4 km. Además, hay otros retazos de depósitos de playas en el extremo occidental de la hoja. Estos últimos afloramientos se localizan en las proximidades de La Isleta, concretamente en Los Risquetes, Lajial y Peña Grande. Son delgados cordones de cantos situados sobre las coladas basálticas cuaternarias que pueden corresponder a episodios de fuertes mareas. Están situados a aproximadamente 0,5 m sobre el nivel del mar.

La playa de Famara está constituida mayoritariamente por arenas de color gris claro, procedentes de la disgregación de los materiales circundantes. Además, el campo de arenas eólicas pleisto-holocenas alimenta esta playa. Asimismo, estos depósitos de playas se indentan con los coluviones y materiales de ladera que cubren los escarpes miocenos, siendo en ocasiones problemática su individualización.

3. TECTÓNICA

La hoja de Sóo comprende, en su casi totalidad, áreas geográficas correspondientes al Dominio estructural de Famara. Solamente el edificio hidromagmático de Caldera del Cuchillo podría considerarse excluido de este dominio.

De todos los elementos estructurales propios que definen la evolución tectónica en terrenos volcánicos, en esta hoja están representados varios de ellos a saber: diques, lineamientos indicadores de posibles fallas, alineaciones volcánicas (fisuras eruptivas) e intrusivos.

Los diques, intrusivos y las posibles fallas están asociadas con el edificio basáltico mioplioceno de Famara, mientras que las alineaciones volcánicas pertenecen al volcanismo cuaternario presente en el dominio.

Los diques afloran preferentemente en el acantilado de Famara, cortando a lavas y piroclastos que integran el gran edificio. Muchos de los diques corresponden a los conos de tefra enterrados de los tramos inferior y medio. Otros parecen tener un carácter más regional y representar la fisuración general que afecta al dominio. La mayoría de los diques tienen potencias ligeramente inferiores a un metro y se encuentran en los tramos inferior y medio, por lo que su edad es claramente miocena. Sin embargo, algunos pocos atraviesan también los tramos lávicos superiores. Aunque resulta difícil discernir en ocasiones los diques de la pauta regional de fisuración, se ha hecho un intento de seleccionarlos e individualizarlos del resto. En su mayoría presentan direcciones entre N25°-50°E, con buzamientos subverticales. Otra segunda dirección dominante es la N140°-165°E y, por último, hay otra casi E-O, minoritaria. En todos los casos, los buzamientos son subverticales.

La posible falla existente en Famara parece corresponder con el lineamiento espectacular de su acantilado oeste. La orientación de este lineamiento es NNE-SSO, concordante, en cierta medida, con la fisuración eruptiva que se instala en Famara durante el Cuaternario, y con la dirección preferente de uno de los enjambres filonianos basálticos. Asimismo, esta directriz estructural coincide con la alineación de las islas de Lanzarote-Fuerteventura-Banco de la Concepción y con la malla filoniana principal del Complejo Basal de Fuerteventura. Quiere decirse que aunque la acción marina ha provocado, sin duda, el retroceso rápido de la línea de costa en Famara, el carácter tan rectilíneo que ésta presenta obedece a una directriz de debilidad estructural evidente. En campo no se han apreciado estructuras propias de fallas, debido probablemente a que están ocultas bajo depósitos de vertiente y de deslizamientos gravitacionales. La disposición de las curvas batimétricas, en el entorno de La Caleta de Famara sugiere la posible existencia de depósitos deslizados, que confirmarían esta hipótesis.

Es frecuente la presencia de intrusivos basálticos miopliocenos asociados al volcanismo del edificio Famara. En esta hoja de Soo pueden contabilizarse siete u ocho de carácter mayor y otros

tantos de menor rango. Casi todos ellos parecen tener una edad tardía en la zona, pues perforan hasta las últimas lavas del apilamiento. Su distribución geométrica es algo dispersa, aunque tienden a concentrarse en un pasillo amplio de dirección NNE-SSO, siguiendo la elongación del macizo de Famara. Resulta importante destacar que varios de ellos tienen una forma elongada y se alinean entre sí, siguiendo esta misma pauta de orientación. Quiere esto decir que durante su emplazamiento los conductos de emisión de los últimos episodios lávicos del edificio Famara estuvieron sometidos a un campo de esfuerzos regional de componente NNO-SSE, que como puede apreciarse en las otras hojas adjuntas (Caleta del Sebo, Haría, Guatiza), es el régimen tectónico primordial en el Dominio estructural de Famara.

Importante también como elemento estructural a destacar es la inclinación actual del apilamiento lávico mioplioceno. Tanto la superficie culminante como las lavas inferiores presentan un ligero buzamiento ($<15^\circ$) hacia el SE, que en parte se considera primario, pero que parece tener también algún componente de basculamiento, tal y como se deduce de los datos geomorfológicos. Los lineamientos NNE-SSO (posibles fallas) que delimitan el macizo por ambos lados actuarían de bisagras para este movimiento.

Las alineaciones volcánicas de la hoja están representadas prioritariamente por la Alineación de Soo, definida por seis edificios piroclásticos mayores, alineados a $N45^\circ E$. Observando en su conjunto la mitad norte del Dominio de Famara, se aprecia que esta orientación es la misma que la de Montaña Amarilla-Las Agujas (en la isla de La Graciosa) y la de Los Helechos-La Corona. En su extremo SSO aflora un gran cono hidromagmático bastante desmantelado (Caldera del Cuchillo) que estratigráficamente se considera más antiguo y, por tanto, excluido de dicha alineación.

La Alineación de Soo es una fisura eruptiva de unos 6 km de longitud, de la edad pleistoceno media. Sin duda, por la orientación que presenta pertenece al Dominio estructural de Famara. El edificio más representativo de ella es el de la Caldera Trasera, localizado en el vértice Soo (293 m). Los seis conos que integran la fisura tienen formas subredondeadas, con cráteres abiertos hacia el NNE o NE. Aunque su extensa superficie de arenas cubre una parte de la zona volcánica, de los datos de campo se desprende que la propagación del volcanismo en la fisura tuvo un sentido NE. Este sentido de desplazamiento parece bastante general en muchas de las fisuras eruptivas de Lanzarote y sus islotes. En la Alineación de Soo existen también unos pocos centros, se emitió al cono de Caldera Trasera, que se disponen de manera cruzada a la directriz principal de la fisura. Aunque son pocos los datos manejados, podría deducirse que la apertura de la fisura estuvo controlada por una tectónica ligeramente compresiva de componente NNO-SSE.

Por último, el cono piroclástico de la erupción de Tenegüime, que aflora en el límite oriental de la hoja, pertenece a una grieta eruptiva de longitud 6 km, que engloba emisiones volcánicas diacrónicas producidas durante el Pleistoceno inferior (Atalaya de Haría, Mala y Tenegüime). Estratigráficamente, esta emisión del volcán de Tenegüime (1,4 m.a.) parece ligada a la del volcán de Mala (1,8 m.a.) y al edificio de Atalaya de Haría, ambas en la hoja de Haría y localizadas en el extremo NE de la fisura. Uniendo estos tres centros eruptivos (considerados estratigráficamente los primeros del período pleistoceno-holoceno) definirían una fractura de dirección $N-25^\circ E$, que coincide con las alineaciones de intrusivos y con las direcciones primitivas del régimen tectónico del Dominio de Famara.

Los movimientos verticales de la isla, durante el Cuaternario en esta costa noroccidental han quedado reflejados por las rasas marinas jandienses y urbanenses. Ambas rasas aparecen como depósitos discontinuos entre La Caleta de Famara y La Isleta.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La hoja de Soo está formada en gran parte, aproximadamente en un 60% de su superficie, por materiales de origen volcánico y el resto de origen sedimentario, de los que los materiales eólicos son los que mayor extensión ocupan.

El relieve de la hoja presenta dos zonas claramente diferenciadas, una que ocupa algo menos de la mitad oriental y otra que ocupa el resto hacia la parte occidental. La primera se caracteriza por importantes elevaciones que corresponden a las estribaciones del desmantelado macizo mioplioceno de Famara y la segunda por los malpaíses cuaternarios que han sido recubiertos en su mayor parte por los mantos eólicos pleistoceno-holocenos.

Así, las mayores altitudes de la hoja aparecen en la zona oriental, constituyendo el llamado "Risco de Famara". Estas altitudes son de N a S: Los Risquettes (464 m), La Mesa (552), Matos Verdes (496 m), Montaña Ganada (583 m), Rincón de Famara (588 m), La Montaña (634 m), El Castillejo (624 m), Risco de las Nieves (608 m) y Pico de Maramajo (453 m). La altitud más elevada de toda la hoja es la de Las Peñas del Chache (670 m), que corresponde a un intrusivo básico que da un pequeño resalte sobre la superficie estructural de coladas miopliocenas.

En el lado oriental de esta importante línea de cumbres se desarrolla un escarpe de fuertes pendientes (>40%), que en su momento funcionó como acantilado. En su parte norte este escarpe termina en el mar y en su parte sur su pendiente se va suavizando hasta enlazar con los campos eólicos del centro de la hoja. Hacia el lado oriental se encuentran algunas planicies que representan una superficie estructural degradada, de las que surgen hacia el E y S, con una pauta más o menos radial, una serie de barrancos como Los Valles, Tenegüime, Chafarís, Cuchillo, Tenesía y Castillejos. Los interfluvios son bastante alomados.

En el área occidental de la hoja el relieve aparece mucho más suavizado, con malpaíses y mantos eólicos con pendientes entre 5 y 7%. Sobre estos relieves aplanados destacan unos pocos conos volcánicos en dirección NE-SO como Montaña Cavera, Montaña Chica, Montaña Juan del Hierro, Caldera Trasera, Pico Colorado, Montaña Mosta y Caldera del Cuchillo, cuya cota más alta está en Caldera Trasera, con 293 m.

La red hidrográfica en el área occidental es prácticamente inexistente. En la parte oriental está caracterizada por la presencia de una serie de barrancos que funcionan como ramblas, pues en la actualidad permanecen secos durante todo el año.

El clima, al igual que en el resto de la isla, es cálido y seco, con temperaturas medias anuales de 18-22 °C y con una alto grado de insolación la mayoría de los días del año.

Únicamente el ambiente es ligeramente más húmedo en las parte altas del macizo de Famara, donde las precipitaciones medias anuales alcanzan los 250 mm, los valores más altos de la isla

[MARZOL, (1988)]. Estas medidas medias van disminuyendo hacia el E, hasta valores por debajo de los 100 mm en la zona de La Isleta.

La vegetación es muy escasa, con predominio de los tipos herbáceos, de carácter xerófito, como aulagas, tabaibas y cardones.

Adjunto a esta memoria se acompaña un mapa geomorfológico realizado a escala 1:25.000.

4.2. ANÁLISIS MORFOLÓGICO

4.2.1. Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista morfoestructural, la mayoría de los autores [MARINONI y PARQUARÉ, (1994); ROMERO, (1987); CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA, (1993), etc.] dividen la isla de Lanzarote en tres dominios: uno al norte, constituido fundamentalmente por el macizo de Famara; otro al sur, formado por el macizo de los Ajaches, en su gran parte, y otro central, de transición, constituido por las alineaciones volcánicas centrales, fundamentalmente.

La hoja de Soo está incluida en su totalidad en el Dominio de Famara.

Este dominio está constituido por el macizo mioplioceno de Famara propiamente dicho, con una dirección NNE-SSO y por una serie de edificios volcánicos cuaternarios de distintas edades que van desde el Pleistoceno inferior hasta coladas históricas que en parte se emitieron sobre los basaltos de Famara.

Se encuentran, en la hoja una serie de elementos morfológicos de carácter estructural, en el área del macizo de Famara, ya descritos en parte en el capítulo anterior. Así, el más destacable es el gran escarpe del Risco de Famara, que atraviesa la hoja de N a S, con una dirección N30°E, que marca una línea de debilidad, lo cual provoca grandes deslizamientos en su ladera oeste; el escarpe es la continuación del aflorante en la hoja de Caleta del Sebo, al norte de ésta. Parece observarse asimismo un lineamiento topográfico de dirección N45°E que marcaría las cabeceras de los glaciares al SE de la hoja, pudiendo indicar la existencia de una fractura que favorecería la formación de los mismos. Esta dirección puede encuadrarse en una de las direcciones estructurales principales del macizo de Famara.

En la parte occidental de la hoja el único elemento estructural que condiciona el relieve son los conos volcánicos de la alineación de Soo, con una dirección de N45°E.

Estos factores influyen pues en el relieve resultante. Se puede decir, por tanto, que el relieve de la hoja está condicionado en primer lugar por factores endógenos, tanto de carácter volcánico como estructural, y también por factores exógenos, pues la erosión ha remodelado de manera importante el relieve original, especialmente en el macizo de Famara.

4.2.2. Estudio del modelado

4.2.2.1. Formas endógenas

El primitivo relieve volcánico del macizo de Famara, en el área oriental de la hoja, ha sido profundamente transformado por los agentes externos. En el área central los malpais cuaterna-

rios han sido recubiertos por mantos eólicos y solamente en el extremo oeste, donde las formaciones volcánicas no han sido cubiertas, es donde el relieve está caracterizado por el modelado volcánico. Las formas más características son los conos volcánicos y los malpaíses o coladas de lava.

Los conos volcánicos más significativos son la Caldera del Cuchillo y los que constituyen la alineación de Soo. La Caldera del Cuchillo de edad del Pleistoceno inferior aparece con forma semicircular, habiendo sido en gran parte sepultada por coladas posteriores; se presenta muy desmantelada, con un diámetro de 1.400 m y una altura de 120 m. Está constituida por cineritas y tobas palagoníticas.

Los conos de la alineación de Sóo presentan formas circulares o elípticas, con un buen grado de conservación, cuyas alturas van de 24 a 99 m sobre su nivel de base y con medidas en planta que van desde 175 m, como eje menor, hasta 1.100 m, como eje mayor. Son edificios constituidos por piroclastos, salvo los de Montaña Mosta, Montaña Chica y Montaña Cavera que en parte están formados por cineritas y tobas palagoníticas. Las coladas de esta alineación aparecen bastante degradadas, son de carácter algo vesicular y afieltradas.

En el ángulo SO de la hoja afloran otras coladas algo posteriores, con malpaíses algo degradados, en los que se pueden observar canales lávicos y acumulaciones de bloques.

En el extremo NE se encuentra parte de los relieves miopliocenos de Famara, cubiertos por lapillis de dispersión de edificios de la alineación La Quemada-Los Helechos.

4.2.2.2. *Formas exógenas*

Las formas exógenas producidas por denudación o acumulación se agrupan según los procesos o sistemas morfogenéticos siguientes:

Eólicos

Toda el área central y parte de la occidental de la hoja aparece cubierta por arenas eólicas. Se depositan sobre los malpaíses de la alineación de Soo suavizando el relieve. Hacia el este se indentan con los depósitos de los conos de deyección. Los campos de dunas no presentan en líneas generales una morfología definida, sólo en algunas zonas próximas a la costa aparecen barjanas algo desmantelados.

Fluviales

El modelado fluvial ha actuado exclusivamente en los relieves del macizo de Famara, conformando barrancos en V, que han incidido en los apilamientos basálticos y presentan direcciones que van variando desde O a E hasta N a S. Todos ellos surgen de las partes altas de las estribaciones del macizo y representan fundamentalmente los cursos altos, pues los cursos bajos aparecen en las hojas vecinas de Haría o Tegui. Forman paredes bastante escarpadas, con interfluvios alomados que a menudo son restos de superficies de glaci. Se trata de medios de alta energía, con cursos de agua esporádicos de carácter torrencial.

En algún caso, como ocurre en el barranco de Tenesía, dejan depósitos de gravas y arenas en su fondo, que pueden quedar colgados y formar terrazas al ser incidido el barranco nuevamente por el curso de agua.

En el borde occidental del macizo de Famara, al sur del mismo, se forman amplios abanicos aluviales a la salida de algunos cursos de agua. Estos abanicos coalescen entre sí, dando amplias acumulaciones de depósitos, con escasa pendiente, que pasan sin solución de continuidad hacia el norte a depósitos de ladera. Dichos depósitos suavizan y tapizan, en gran medida, los escarpes de los relieves occidentales del macizo.

Endorreicos

Se han señalado dos pequeñas zonas en el fondo de los cráteres de Caldera del Cuchillo y Pico Colorado que han funcionado con un carácter cerrado, acumulándose finos, procedentes de la alteración de los piroclastos de las paredes del cráter, arrastrados por el agua de lluvia. Los cráteres se rellenan de estos depósitos, dando lugar a una morfología de fondo plano.

Laderas

Las formas de ladera más significativas son los coluviones formados en las mismas, especialmente aquellos desarrollados en las laderas del escarpe de Famara, orientadas al oeste.

Se han distinguido dos generaciones de coluviones. Una primera, de edad del Pleistoceno medio, se caracteriza por el desarrollo de carbonatos en su superficie, produciéndose un encos-tramiento y formación de procesos edáficos. Presentan formas triangulares redondeadas y ocupan las partes más altas de dichas laderas, con una mayor pendiente.

La segunda generación aparece más desarrollada, ocupando posiciones más bajas en la ladera. Está formada por materiales sueltos, que suavizan las pendientes, sobre todo en sus partes más distales, enlazando hacia el sur con conos de deyección de amplio desarrollo.

Poligénicos

Se han distinguido retazos de superficies de glaciares en el ángulo SE de la hoja y el extremo de dos superficies en el borde E que aparecen en toda su extensión en la hoja de Haría, al E de ésta. Presentan formas más o menos triangulares o alargadas y se encuentran flanqueadas por barrancos, que comenzaron a formarse al bajar el nivel de base. Son superficies aplanadas y escalonadas, que ocupan lomos entre valles y que posiblemente presenten mayor pendiente que la original, debido a basculamientos sufridos durante el Pleistoceno.

También se han señalado pequeños valles alargados de origen aluvial-coluvial, con aporte de materiales finos, al sur de la hoja, que continúan en la hoja de Tegui, al sur de ésta. Dan lugar a zonas aplanadas con muy suave pendiente.

Otro accidente morfológico significativo de origen poligénico es el gran escarpe de Famara, que con una dirección N30°E jalona los apilamientos de coladas miopliocenas de Famara. Su origen, como se ha indicado ya, es de tipo erosivo y estructural, fundamentalmente.

Marino

Las formas de modelado más significativo son los restos de las distintas formas de abrasión o "rasas" formadas en diferentes épocas del Cuaternario.

En el área de Caleta de la Villa se encuentran restos de una superficie muy degradada que corresponderían a la denominada por MECO *et al.* (1987) "jandiense" y datada paleontológica-

mente por MECO (1975, 1977) como del Pleistoceno superior. Los depósitos correspondientes a esta rasa se sitúan en la actualidad a unos 2 m sobre el nivel del mar.

ZAZO *et al.* (1993) han reconocido al menos dos episodios pertenecientes a esta época jardiense en Lanzarote y otras islas, con fauna de *Strombus bubonius*, equivalentes a los del Tirenense encontrados en las costas mediterráneas españolas.

También se observan restos de una estrecha superficie de abrasión marina, denominada "erbanense" [MECO *et al.*, (1987); MECO, (1988)] a lo largo de la línea de costa, en el centro de la hoja, entre Punta Guerra y Playa Mejías. Dicha superficie se labra sobre las coladas de la alineación de Soo. Se encuentra a 0,5 m sobre el nivel del mar, habiendo sido datada paleontológicamente por MECO (1991b) como holocena.

Entre las playas actuales, la de mayor desarrollo es la playa de Famara, que bordea el macizo de Famara desde el sur de Los Mariscales hasta la Caleta de la Villa, con una longitud de unos 4 km.

Al O de la hoja se encuentran, asimismo, algunas pequeñas playas formadas por cordones de cantos, como en Los Risquetes, Lajjal y Peña Grande.

Antrópicos

Lo único destacable son algunas pequeñas explotaciones de materiales piroclásticos en el edificio de Caldera Trasera.

4.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

4.3.1. Depósitos eólicos

Aunque cartográficamente es difícil distinguirlos, existen al menos dos episodios en los que se han depositado arenas eólicas; uno anterior a las emisiones de la alineación de Soo y otro posterior. Los primeros depósitos aparecen compactados y encalichados, mientras que los otros están formados por arenas sueltas. Asimismo entre estos episodios se han encontrado paleosuelos, ya citados en el Capítulo 2.

Son arenas blanquecinas formadas por finos caparazones de moluscos, observándose a menudo estratificaciones cruzadas.

4.3.2. Depósitos fluviales

Los depósitos generados por corrientes fluviales están representados en esta hoja por materiales de fondo de barranco, terrazas y por depósitos de conos de deyección.

Los depósitos de fondo de barranco y de terrazas se han localizado únicamente en el barranco de Tenesía. Los primeros están formados fundamentalmente por arenas y gravas heterométricas basálticas, con cantos de hasta 20-25 cm y matriz limo-arcillosa, cuyas potencias oscilan entre 1 y 2,5 m. Las terrazas muestran litológicamente las mismas características y sus depósitos aparecen cortados por el barranco.

Los conos de deyección que aparecen en el borde occidental del macizo de Famara están constituidos por arenas, gravas y cantos de bordes angulosos y subangulosos, muy heterométricos. Se presentan envueltos en una matriz areno-arcillosa y muestran laminaciones y estratificación paralela discontinua.

4.3.3. Depósitos endorreicos

Se encuentran este tipo de depósitos, formados en un medio cerrado, en el fondo de los cráteres de Pico Colorado y de la Caldera del Cuchillo.

Están constituidos por arenas, limos y arcillas de color marrón-rojizo procedentes de la alteración de los piroclastos de las paredes del cráter. Su espesor es escaso, no alcanzando el metro.

4.3.4. Depósitos de ladera

Dentro de estos depósitos se han distinguido dos generaciones de coluviones y también depósitos de carácter gravitacional. Todos ellos alcanzan un importante desarrollo en el gran escarpe del Risco de Famara. También adquieren cierta importancia en los barrancos que van hacia el E, que inciden en los basaltos miopliocenos del macizo de Famara.

Los pertenecientes a la generación más antigua se han distinguido en las laderas del Risco de Famara. Se han desarrollado en ellos procesos de formación de carbonatos, con un encostramiento de su superficie. Aparecen incididos en las partes altas de la ladera y por la siguiente generación. Se trata de materiales detríticos groseros, heterométricos, sin clasificación ni ordenación interna, con cantos o bloques basálticos de bordes angulosos y subangulosos envueltos en una matriz arenosa.

La formación de la generación antigua se considera de edad del Pleistoceno inferior y medio y la segunda generación comenzaría su formación a partir del Pleistoceno superior.

Aunque en los depósitos citados también parece existir una componente gravitacional en su origen, se han distinguido otros depósitos en la zona septentrional de las laderas del escarpe de Famara, cuyo origen gravitacional aparece mucho más marcado. Se trata de cantos y grandes bloques de formas irregulares, con una matriz arenosa y un grado de cohesión bajo. Su edad es fundamentalmente Pleistoceno medio-superior, apareciendo bruscamente cortados, para dar bordes acantilados de cierta envergadura.

4.3.5. Depósitos poligénicos

Bajo este epígrafe se han distinguido dos tipos de depósitos, uno que constituye las superficies de glacis y otro el de los depósitos de origen aluvial-coluvial de pequeños valles al sureste de la hoja.

Los depósitos de glacis se ubican en las partes altas de los lomos situados al S y SE de la hoja, como por ejemplo el del Lomo de Enmedio. Están constituidos por arenas y cantos centimétricos (2-20 cm) de carácter basáltico empastados en una matriz areno-arcillosa. En algunos casos estos depósitos presentan un cierto grado de encalichamiento. Su potencia es escasa, superando el metro en raras ocasiones.

Los depósitos de carácter aluvial-coluvial son los encontrados en tres barrancos al sur del macizo de Famara, como por ejemplo el de Los Valles. Son barrancos que se cierran por emisiones volcánicas o conectan con zonas aplanadas de escasa escorrentía en la hoja de Teguiise, al sur de ésta. Están constituidos por arenas, limos y arcillas de tonos marrones o marrón-rojizo. Sus espesores en esta hoja son escasos, siempre inferiores a los 5 m.

4.3.6. Depósitos litorales

Los depósitos litorales en la hoja corresponden a los de las distintas rasas y a los depósitos de playa actuales.

Los más antiguos son los que corresponden a la rasa jandiense, constituidos por niveles de areniscas biodetríticas, muy cementadas con algunos cantos inferiores a 2 cm y de conglomerados de cantos oscuros basálticos con tamaños de hasta 6-8 cm.

Los depósitos de la rasa erbanense son similares a los descritos para la jandiense y se localizan en playa Mejías, Caleta de Famara y Caleta del Caballo.

Entre las playas actuales, la playa de Famara está formada por arenas de tonos gris claro que indentan con los depósitos de arenas eólicas y de los coluviones del escarpe de Famara. Las playas de los Risquetes, Lajial y Peña Grande están formadas por cordones de cantos negros basálticos redondeados.

4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

La evolución del relieve de la hoja comienza a partir del apilamiento de las coladas de edad miopliocena que constituyen el macizo de Famara, el cual se conformó durante tres episodios.

Con posterioridad, en el Plioceno superior existe una gran etapa de calma eruptiva en la que predominan los procesos erosivos. Así, sobre la superficie del escudo de Famara se genera un paleorrelieve "penillanurizado" con una cobertera edafizada en el que sobresalen restos de algunos edificios volcánicos. Se genera un primer sistema de glacis.

Comienzan a funcionar determinadas fracturas, rejugando bloques con basculamientos sucesivos hacia el N y E, entre los que se generan asimismo nuevos glacis. Posiblemente entre también en funcionamiento una fractura que se situaría entre La Graciosa y el macizo de Famara y sería paralela al escarpe del Risco de Famara, en el que induciría importantes fenómenos de deslizamientos gravitacionales.

En esta etapa se produce el inicio del encajamiento de barrancos en el macizo.

Fundamentalmente, fuera del ámbito de la hoja, al E de la misma, sobre una plataforma de abrasión constituida al borde del macizo, surgen alineaciones de volcanes que aprovechan líneas de debilidad para sus emisiones; estos edificios volcánicos son de edad del Pleistoceno inferior y medio.

En la hoja, al O del macizo de Famara, en el Pleistoceno inferior aparecen sobre una plataforma en primer lugar centros de emisión de carácter hidromagmático, lo cual indicaría su proximidad a la línea de costa. A partir del Pleistoceno medio, sobre esta plataforma comienzan a acumularse arenas eólicas y lo seguirán haciendo hasta la actualidad en diferentes episodios.

También durante el Pleistoceno medio surgen los edificios de la alineación de Soo, algunos de los cuales están constituidos en parte por piroclastos hidromagmáticos. Las coladas emitidas por estos edificios ganan terreno al mar, hacia el N y hacia el O. También son emitidas las coladas que afloran al extremo oeste de la hoja procedentes de centros de emisión localizados fuera de la hoja. Al mismo tiempo, el clima existente favorece en este período los procesos de carbonatación y edafización en los relieves del macizo de Famara.

Ya en el Pleistoceno superior, surgen los edificios volcánicos de la alineación Los Helechos-La Corona, sobre relieves del macizo de Famara. Sus coladas se deslizan hacia el E y NE, cubriendo un amplio territorio y ganando terreno al mar. Por el oeste también se desbordan algunas coladas por el Risco de Famara. En la hoja aparecen en el ángulo NE, sobre todo en forma de mantos piroclásticos.

Al mismo tiempo, en el edificio de Famara se producen nuevos encajamientos de la red de barrancos, formándose algún depósito de terrazas y una nueva generación de coluviones en las laderas del Risco de Famara y en las de los barrancos del este del macizo. También en el borde E del macizo se producen acumulaciones de arenas eólicas, adosadas a las laderas de los barrancos.

En la costa tiene lugar una regresión marina que deja depósitos con fauna marina, de los cuales quedan algunos retazos ahora situados a unos 2 m sobre el nivel del mar.

Ya en el Holoceno, las salidas de cursos de agua de los barrancos del sur de la hoja han sido casi cerrados por las coladas emitidas y se constituyen así pequeños valles donde se depositan materiales finos de carácter aluvial-coluvial.

Una nueva regresión marina deja al descubierto una estrecha rasa, de la que quedan restos de sus depósitos en algún punto de la costa, a 0,5 m sobre el nivel del mar.

El relieve ya está plenamente configurado; en la costa se forman algunas playas, especialmente la de Famara, y el viento sigue arrastrando arenas que dan como resultado las extensas acumulaciones de estos materiales que han cubierto gran parte de los malpaíses pleistocenos situados en el centro y oeste de la hoja.

4.5. MORFODINÁMICA ACTUAL

La dinámica actual viene condicionada fundamentalmente, como en épocas pasadas, por los procesos internos, especialmente el volcanismo. Lanzarote es una isla volcánicamente activa y por tanto cualquier nueva emisión volcánica puede cambiar la configuración del relieve de la isla.

Por lo demás, los agentes externos están condicionados por la suave orografía y el clima cálido y seco, y es de prever sigan actuando como hasta ahora, retocando suavemente una morfología eminentemente volcánica.

De estos agentes externos, el que actúa con mayor intensidad es el mar, que modela la línea de costa, generando acantilados en el área oriental y retrabajando la costa occidental. El viento removiliza a su vez los depósitos eólicos preexistentes en el área centro y occidental.

5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA

En este capítulo se describen las características petrológicas y geoquímicas generales de los distintos episodios volcánicos representados en la hoja.

La caracterización petrológica parte del muestreo sistemático llevado a cabo en los episodios presentes en la hoja, completado con el realizado del mismo episodio en áreas adyacentes. El resultado del estudio petrográfico de cada muestra, así como su localización geográfica, figura en la ficha individual de cada una y en el mapa de muestras de la hoja, que se adjuntan a la información complementaria de la misma.

El estudio geoquímico incluye los análisis químicos realizados paralelamente, a los que se han añadido los disponibles en la bibliografía. Se parte de la consideración de dos grandes ciclos volcánicos constructivos dentro del conjunto de la isla: un primer ciclo, representado por los macizos miocenos de Ajaches, Dominio central y Famara (mioplioceno), y un segundo ciclo, constituido por el resto de emisiones, mayoritariamente cuaternarias, incluidas las de fecha histórica.

Como un estudio de este tipo se sale necesariamente fuera de los límites de una solo hoja, se hace primero un comentario de las características generales de los ciclos en ella representados y a continuación una referencia particular y comparativa en los episodios cartografiados en esta área.

En la Tabla 5.1 aparecen listados todos los análisis de elementos mayores, menores y la norma CIPW. La clasificación tipológica de las muestras se ha llevado a cabo mediante el diagrama TAS de clasificación de rocas volcánicas de la IUGS, [LE BAS *et al.* (1986)]. La denominación de las rocas obtenida en dicho diagrama aparece al pie de la tabla, junto con la localización geográfica de las muestras y su procedencia bibliográfica. Algunas diferencias que puedan encontrarse en los contenidos de algunos elementos de rocas similares pueden deberse, en parte, a la diversidad de procedencia de los análisis, principalmente a las técnicas analíticas empleadas.

Como también sucede en el conjunto de la isla de Lanzarote, se observa una escasa variedad petrográfica en el ámbito de la hoja de Soo. La práctica totalidad de las muestras son basaltos porfídicos con presencia de microfenocristales de olivino y generalmente augita, si bien esta última en proporciones menores, incluso pudiendo estar totalmente ausente. Dichos basaltos muestran tal homogeneidad que resulta prácticamente imposible, mediante simple estudio petrográfico, su asignación a uno u otro edificio.

Tabla 5.1. Análisis químicos, norma CIPW y parámetros geoquímicos de las muestras de las hoja

Época	MIO-PLICENO						
	13410	12741-13078	AG-1163	13106	12781-13086	12741-13078	12741-13078
SiO ₂	40.25	41.07	42.32	43.05	43.40	45.92	46.85
Al ₂ O ₃	12.09	13.22	11.39	14.93	13.33	19.59	18.41
Fe ₂ O ₃	5.34	7.75	12.58	12.44	8.26	7.36	6.78
FeO	6.36	3.87		0.46	3.14	0.57	0.65
MgO	12.43	11.54	12.68	6.89	10.44	2.88	1.52
CaO	11.70	11.79	10.55	11.14	11.20	7.05	7.61
Na ₂ O	2.22	2.87	2.99	3.32	2.71	5.46	5.44
K ₂ O	1.08	1.05	0.20	1.25	1.12	4.07	4.00
MnO	0.17	0.16	0.17	0.15	0.17	0.12	0.11
TiO ₂	3.01	2.72	3.11	3.44	2.52	1.61	1.63
P ₂ O ₅	0.77	0.81	0.67	0.66	0.79	0.45	0.54
H ₂ O	4.49	2.93	2.34	2.23	3.08	4.50	4.92
CO ₂					1.32	1.32	1.01
Total	99.91	99.74	99.00	99.96	100.16	100.10	99.47
Ce			80				
Cr			432				
La			48				
Nb			64				
Ni			253				
Rb			14				
Sr			631				
V			277				
Y			22				
Zr			128				
Or	6.38	6.21	1.18	7.39	6.62	24.05	23.64
Ab	5.75	7.60	25.30	23.80	22.25	19.76	22.43
An	19.84	20.09	17.07	22.14	20.90	16.93	14.00
Ne	7.06	9.04		2.33	0.37	14.33	12.79
Di	26.06	25.78	16.14	14.95	16.47	2.99	8.16
Wo							0.26
Hy			2.08				
Ol	15.09	11.76	15.43	7.17	12.87	4.05	
He		4.22	12.58	12.44	5.93	7.36	6.78
Mt	7.74	5.11			3.37		
Il	5.72	5.17	0.36	1.29	4.79	1.46	1.61
Pf			4.97	4.70		1.43	1.33
Ap	1.78	1.88	1.55	1.53	1.83	1.04	1.25
Cc					3.00	3.00	2.30
ID	19.19	22.84	26.48	33.51	29.24	58.14	58.85
FEMG	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IP	0.40	0.44	0.45	0.46	0.43	0.68	0.72

- 13410 Basanita. Colada en Punta del Gallo. Famara. FUSTER *et al.* (1968).
 12741-13078 Basanita. Colada en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968)
 AG-1163 Basanita. Colada en Risco de Famara, 1200 m al NO del vértice Peñas del Chache; cota 110 m. MAGNA.
 13106 Tefrita. Colada en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968).
 12781-13086 Basanita. Colada en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968).
 12741-13078 Tefrita fonolítica. Dique en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968).
 12741-13078 Tefrita fonolítica. Dique en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968).

Tabla 5.1. (Continuación).

Epoca	MIO-PLIOCENO ENCLAVES					
Muestra	12708-13076	12708-13076	13104	13410	12781-13086	13106
Si O ₂	41.75	41.85	42.50	43.10	47.35	53.35
Al ₂ O ₃	16.43	17.62	16.24	16.56	19.91	20.38
Fe ₂ O ₃	9.72	8.09	3.61	4.03	1.40	3.00
FeO	1.78	1.45	3.66	4.75	3.74	0.50
MgO	5.41	4.38	6.21	4.76	3.10	1.72
CaO	10.43	8.94	10.57	11.28	6.49	2.82
Na ₂ O	3.47	3.49	3.72	3.09	4.64	4.65
K ₂ O	2.77	3.30	2.38	2.88	4.40	6.90
MnO	0.13	0.15	0.16	0.14	0.08	0.05
TiO ₂	3.63	3.03	3.07	2.96	1.46	0.69
P ₂ O ₅	0.70	1.44	1.45	1.22	0.58	0.14
H ₂ O	3.58	5.62	5.43	4.83	6.46	5.89
CO ₂		0.46	0.02	0.44		
Total	99.80	99.82	99.05	100.04	99.61	100.09
Or	16.37	19.50	14.07	17.02	26.00	40.78
Ab	9.88	16.95	11.88	11.46	15.27	23.99
An	21.08	22.67	20.59	22.81	20.50	13.08
Ne	10.56	6.82	10.62	7.96	13.00	8.32
Di	16.24	3.92	17.33	17.56	6.38	
Ol	4.16	6.37	5.21	3.11	5.85	3.00
He	9.72	8.09	1.25			3.00
Mt			3.42	5.84	2.03	
Il	4.04	3.38	5.83	5.62	2.77	1.16
Ru						0.08
Pf	2.56	2.12				
Ap	1.62	3.34	3.36	2.83	1.34	0.32
Cc		1.05	0.05	1.00		
C						0.47
ID	36.80	43.27	36.56	36.44	54.27	73.09
FEMG	0.00	0.00	0.00	0.05	0.25	0.00
IP	0.53	0.53	0.54	0.50	0.62	0.74

12708-13076 Gabro. Pegmatitoide en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968).
 12708-13076 Gabro. Pegmatitoide en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968).
 13104 Gabro. Pegmatitoide al SO de Montaña Ganada en Risco de Famara. FUSTER *et al.* (1968).
 13410 Gabro. Pegmatitoide en Punta del Gallo. Famara. FUSTER *et al.* (1968).
 12781-13086 Monzonita. Pegmatitoide en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968).
 13106 Monzonita. Pegmatitoide en Risco de Famara, al SO de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968)

Tabla 5.1. (Continuación).

Epoca	MIO-PLIOCENO							
Muestra	AG-1202	13354	13358	13250	13352	13356	AG-1180	H-3
SiO ₂	41.32	39.00	41.40	41.87	42.50	42.60	43.60	41.85
Al ₂ O ₃	10.99	12.74	12.99	10.93	10.57	10.65	10.04	12.94
Fe ₂ O ₃	12.26	3.42	3.90	2.11	3.76	4.18	12.52	5.20
FeO		7.54	7.56	9.57	8.32	7.75		7.07
MgO	14.07	14.31	12.53	18.19	15.82	17.90	16.25	12.95
CaO	11.07	14.02	12.95	10.57	11.49	9.87	10.38	11.75
Na ₂ O	2.86	1.90	2.94	1.80	2.52	2.12	2.72	2.97
K ₂ O	0.80	0.61	1.32	0.45	0.85	0.40	0.65	0.41
MnO	0.16	0.19	0.16	0.17	0.16	0.15	0.18	0.20
TiO ₂	0.17	2.32	2.71	2.16	1.87	2.07	2.25	3.21
P ₂ O ₅	3.39	1.16	0.90	0.75	0.67	0.53	0.66	0.82
H ₂ O	0.64	2.98	1.21	1.80	1.29	1.94	0.74	0.99
CO ₂	3.06				0.17			
Total	99.99	100.19	100.57	100.37	99.99	100.16	100.00	99.66
Ce	52						91	
Cr	419						596	900
La	21						41	
Nb	64						58	
Ni	281						459	500
Rb	19						18	
Sr	660						681	
V	280						198	
Y	21						21	
Zr	144						149	
Or	4.73		2.90	2.66	5.02	2.36	3.84	2.42
Ab	24.20			5.74	4.61	11.12	20.33	10.54
An	13.45	24.43	18.35	20.42	15.02	18.36	13.27	18.86
Lc		2.83	3.85					
Ne		8.71	13.48	5.14	9.06	3.70	1.45	7.91
Di		24.89	31.77	21.65	29.08	21.48	20.86	26.85
Hy	17.80							
Ol	12.08	22.38	16.13	34.06	24.98	30.06	21.58	16.57
Ln		1.92						
He	12.24						12.52	
Mt	0.03	4.96	5.65	3.06	5.45	6.06		7.54
Il	0.32	4.41	5.15	4.10	3.55	3.93	0.39	6.10
Pf							3.48	
Ap	7.85	2.69	2.09	1.74	1.55	1.23	1.53	1.90
Cc	6.96				0.39			
C	0.49							
ID	28.93	11.54	20.22	13.54	18.69	17.18	25.63	20.87
FEMG	0.00	0.14	0.14	0.17	0.15	0.11	0.00	0.08
IP	0.51	0.30	0.48	0.32	0.48	0.37	0.52	0.44

AG-1202 Basanita. Colada en Risco de Famara al SO de Montaña Ganada; cota 140 m. MAGNA.
 13354 Foidita. Colada en el km 24.900 de la carretera de Tegui-se-Haría, al SE de Montaña Ganada. FUSTER *et al.* (1968).
 13358 Basanita. Colada en Cabeza del Barranco Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968)
 13250 Picrobasalto. Colada en Lomo del Valle de Juana Gutiérrez (cerro 468). FUSTER *et al.* (1968).
 13352 Basanita. Colada en Tabayesco. FUSTER *et al.* (1968).
 13356 Picrobasalto. Colada en Peñas del Chache. Risco de Famara. FUSTER *et al.* (1968).
 AG-1180 Basanita. Colada 350 m al NO de Peña de la Pequeña, en El Agujero; cota 470 m. MAGNA.
 H-3 Basanita. Colada en lo alto del Risco de Famara, en Peñas del Chache; cota 671 m. HAUSEN (1958).

Tabla 5.1. (Continuación).

Epoca	PLEISTOC. INF. ENCLAVES		PLEISTOCENO MEDIO		
	13037	13044	AG-1134	12861	13043
Muestra	13037	13044	AG-1134	12861	13043
SiO ₂	41.85	44.10	44.97	45.60	43.75
Al ₂ O ₃	2.03	1.63	12.01	13.17	11.88
Fe ₂ O ₃	1.01	0.65	12.35	2.84	0.74
FeO	6.79	6.61		8.75	6.96
MgO	45.08	43.07	11.67	11.28	44.23
CaO	0.85	1.15	10.69	10.93	0.87
Na ₂ O	0.18	0.18	3.36	2.60	0.22
K ₂ O	0.10	0.08	1.01	0.98	
MnO	0.11	0.11	0.17	0.19	0.11
TiO ₂	0.07	0.06	3.06	2.36	0.06
P ₂ O ₅		0.02	0.72	0.44	0.08
H ₂ O	0.61	0.11		1.22	0.31
Total	98.66	97.77	100.00	100.36	99.16
Ce			95		
Cr	2400	9200	351		2300
La			42		
Nb			63		
Ni	3500	3200	238		360
Rb			24		
Sr			798		
V			238		
Y			23		
Zr			147		
Or	0.59	0.47	5.97	5.79	
Ab	1.52	1.52	25.93	15.58	1.86
An	4.22	3.40	14.71	21.37	3.79
Ne			1.36	3.48	
Di		1.71	18.40	24.07	
Hy	7.99	19.90			43.17
Ol	82.07	69.55	14.39	19.23	38.57
He			12.35		
Mt	1.46	0.94		4.12	1.07
Il	0.13	0.11	0.36	4.48	0.11
Pf			4.88		
Ap		0.05	1.67	1.02	0.19
C	0.08				10.13
ID	2.11	2.00	33.25	24.85	1.86
FEMG	0.07	0.08	0.00	0.22	0.10
IP	0.20	0.23	0.55	0.41	0.03

13037 Harzburgita. Enclave en vértice SE Caldera del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).
 13044 Lerzolitita. Enclave en bomba en Punta Cuchillo. SAGREDO (1969).
 AG-1134 Basanita. Colada 1200 m de La Santa, por la carretera hacia el NE; cota 6 m. MAGNA.
 12861 Basalto. Colada en Punta de Penedo. FUSTER *et al.* (1968).
 13043 Peridotita. Enclave en bomba volcánica de Montaña Mosta. SAGREDO (1969).

5.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA

5.1.1. Período Mio-plioceno. Edificio Famara. Tramo inferior. Coladas y piroclastos basálticos (2 y 3)

Las emisiones correspondientes a este tramo corresponden a basaltos olivínicos y basaltos olivínico piroxénicos, si bien estos últimos pueden contener fenocristales aislados de augita, aunque en cantidades despreciables frente a los olivinos.

Se trata de rocas de textura porfídica, con abundantes microfenocristales de tamaños variados, entre 0,2 y 2,5 mm. El olivino se presenta como cristales idiomorfos-subidiomorfos, con abundantes, microfracturación y posterior transformación a opacos, presentando procesos de alteración generalizados, con iddingsitización o alteración más compleja a clorofaeita-serpentina-iddingsita-opacos. Algunos ejemplares presentan hábito esquelético.

Los fenocristales de augita, cuando aparecen, son de tamaños menores (rara vez superiores a 1 mm), de tendencia idiomorfa, con zonado tanto concéntrico como en "reloj de arena" y/o maclado. Abundan igualmente los ejemplares con bordes titanados de color rosado. Los cristales de menor tamaño (entre 0,3-0,5 mm) tienden a aparecer formando glomérulos de aspecto radial.

La matriz contiene abundantes microlitos de plagioclasa maclada polisintéticamente, augita y opacos granulares dispersos. Es característico de esta serie miocena la presencia de cristales pequeños de anfíbol de color pardo-marrón, pleocroicos, así como de biotita de nucleación incipiente.

Con carácter secundario y rellenando microvesícula aparecen calcita, ceolita, analcima y rara vez sílice criptocristalina.

Apenas se han observado nódulos en estas coladas, con la excepción de esporádicos microenclaves granudos de tipo piroxenítico en la muestra AG-1163. *Tramo medio. Coladas y piroclastos basálticos (4 y 5).*

Asignados al tramo medio aparecen de nuevo rocas muy parecidas a las del tramo anterior. Predominan los basaltos olivínico-piroxénicos y olivínicos, de textura porfídica, con abundantes olivinos de hábito esquelético, junto con augita idiomorfa zonada.

Las muestras son por lo general muy vesiculares, con relleno de calcita, vidrio y ceolita en las vacuolas.

Se han muestreado igualmente vidrios palagonitizados de composición basáltica, formados por microfenocristales idiomorfos de olivino, menores de 2 mm y parcialmente iddingsitizados, en una pasta vítrea muy vesicular de palagonita, de color naranja-rojiza. Se observan de vez en cuando pequeños fragmentos arrastrados de composición basáltica, en gran parte alterados y con procesos de vitrificación.

Tramo superior. Coladas, piroclastos e intrusivos basálticos (6, 7 y 8)

Coladas y piroclastos. Al igual que en los tramos anteriormente descritos, predominan *basaltos olivínicos y olivínico-piroxénicos*. Destaca el alto grado de cristalinidad de alguno de los ejem-

plares, con presencia de olivinos de tamaños centimétricos. Son cristales idiomorfos o de hábito esquelético, si bien en ocasiones se observan ejemplares alotriomorfos.

La augita, menos abundante (o ausente en algunos basaltos olivínicos) y de menor tamaño, puede presentarse en cristales de hasta 2 mm en los ejemplares con mayor grado de cristalinidad.

El aspecto de la matriz es muy variable, pasándose de matrices micro o criptocristalinas a otras fluidales con marcada orientación, que en ocasiones siguen igualmente los fenocristales.

Al igual que en el tramo inferior, junto a la plagioclasa, augita y opacos aparecen con cierta frecuencia pequeños cristales de anfíbol de color pardo-marrón, pleocroicos, en ocasiones xenomorfos o definiendo cristales bien desarrollados. En el primer caso suele estar relacionado con inclusiones en los grandes fenocristales de olivino. Junto al anfíbol es posible encontrar, igualmente, escasa biotita tabular o de nucleación incipiente de color rojizo.

Intrusivos. Los intrusivos relacionados con el tramo superior presentan composiciones y texturas idénticas a los ejemplares de coladas descritas anteriormente.

Mención aparte merece la muestra AG-1245 tomada en el núcleo central del intrusivo de la cabecera del barranco de Chafarís. Se trata de un gabro de textura granuda, constituido por abundantes cristales idiomorfos de augita titanada, con ligero pleocroísmo rosado, presentando zonado y abundantes inclusiones de plagioclasa tabular. Aparecen plagioclasa de tendencia idiomorfa y feldespatos potásico, en proporciones cercanas al 8%, y abundantes ceolitas. Son igualmente abundantes los opacos, en ocasiones de hábito esquelético. Por el contrario, son escasos y de pequeño tamaño los cristales de aegirina de color verde. Como minerales accesorios se observa apatito y escasa calcita intersticial.

Diques. (1) Los diques se caracterizan por la escasez de plagioclasa, llegándose, en la mayoría de los casos, a rocas clasificadas como basanitas normativas, dada la ausencia de feldespatoides.

Son rocas porfídicas, constituidas por abundantes microfenocristales de olivino, de tendencia idiomorfa, alterados en gran parte a serpentina y, en menor medida, a iddingsita y clorofaeita.

La matriz, por su parte, contiene abundante augita titanada de hábito tabular, formando glóbulos radiales y con zonado concéntrico o en "reloj de arena". No aparece plagioclasa y sí, por el contrario, abundante vidrio.

Como consecuencia de procesos de desvitrificación, se observa la presencia de sílice criptocristalina.

5.2. PRIMER CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA.

En el primer ciclo magmático de la isla se distinguen dos tendencias de variación geoquímica claramente diferenciadas, y en ambos casos alcalinas. Una de ellas, la más antigua, correspondiente al edificio Ajaches, sigue una evolución que va desde términos basálticos hasta tipos diferenciados (traquitas), entre los que se suceden términos intermedios (traquibasaltos). La siguiente, posterior en el tiempo y generadora de Famara y el Dominio central, se caracteriza por

su carácter más subsaturado y mayor alcalinidad, en la que los tipos dominantes son basanitas y donde no existen episodios diferenciados. Esto último queda reflejado en la Tabla 5.1.

La práctica totalidad de los materiales del edificio Famara corresponden a basanitas, existiendo también algunas tefritas, incluso tefritas-fonolíticas y piroclastos. Los términos foidíticos son de carácter subordinado, (Fig. 5.1, Tabla 5.1).

Las basanitas muestran escasa variación en sus contenidos elementales, salvo en el MgO, que es el que tiene mayores oscilaciones, presenta un bajo índice de diferenciación y un carácter subsaturado, el cual en la norma se refleja por la aparición de ciertas cantidades (bajas) de nefelina. Petrográficamente, por el contrario, no se aprecia este mineral y todas estas rocas se clasifican como basaltos.

Los tipos tefríticos y tefrítico fonolíticos no son frecuentes en este edificio, así como tampoco en el de Ajaches, en el sur de la isla. Su presencia es pues anómala, si bien, dados sus contenidos en álcalis (9,44-9,53% en peso), alúmina (18,41-19,59%) y el bajo contenido en MgO con respecto a la basanita, es de esperar composiciones de este tipo. Igualmente es de destacar la presencia en ellas de pequeñas cantidades de Wo y Pf normativas.

La roca más básica y subsaturada corresponde a una foidita (13354), también poco común en Famara. Presenta un contenido bastante llamativo en feldespatoides (Ne, Lc y Lu) normativos, que explican ese carácter fuertemente subsaturado y alcalino.

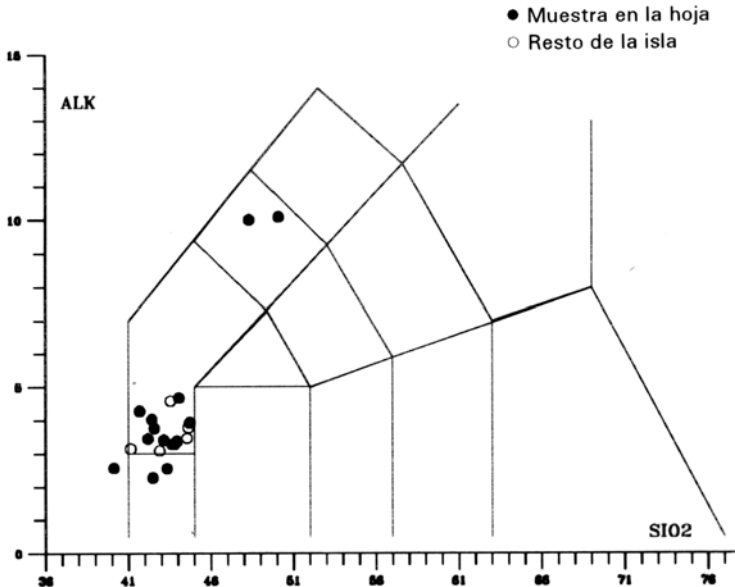


Fig. 5.1. Diagrama TAS del periodo Mio-plioceno.

En el diagrama de variación óxidos/SiO₂, (Fig. 5.2), las muestras quedan agrupadas dentro de estrechos márgenes de contenido en SiO₂ y se separan relativamente bien de las emisiones cuaternarias.

Las pegmatitoides asociadas a las emisiones de Famara son de composición gabroide, (Tabla 5.1). Se caracterizan por presentar contenidos relativamente altos de Al₂O₃ y en algunos casos también de CaO. El MgO suele ser bajo, al contrario que en otros enclaves composicionalmente similares encontrados en emisiones cuaternarias de la isla.

5.3. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA

5.3.1. Período Pleistoceno inferior

Edificio hidromagmático Caldera de El Cuchillo

Está compuesto por tobas palagoníticas, constituidas por abundantes fragmentos basáltico (de tipo olivínico preferentemente), bastante redondeados, opacos y restos de vidrios. La pasta es vidrio palagonítico de color amarillo-anaranjado, vesicular. Existen rellenos posteriores de calcita.

5.3.2. Período Pleistoceno medio

Alineación de Sóo. Coladas de los edificios Pico Colorado, Juan del Hierro y otras sin asignación clara. (15, 16 y 17)

Se trata de basaltos olivínicos caracterizados por el escaso tamaño de los fenocristales de olivino y rara vez de augita, nunca mayores de 1 mm. En ocasiones no se puede hablar de fenocristales propiamente dichos. El grado de alteración de los microfenocristales es variable, si bien parece observarse un menor grado de iddingsitización respecto de los basaltos homólogos propios del edificio de Famara.

Edificios estrombolianos

Las muestras correspondientes a los edificios no presentan diferencia alguna respecto a las coladas procedentes de ellos, tratándose de basaltos olivínicos con escasos fenocristales de tamaño reducido (nunca mayores de 1 mm). Las texturas son hipocristalinas. Al igual que en el caso anterior, no se observan minerales secundarios, apareciendo las microvesículas rellenas, en parte, sólo por vidrio.

Edificios hidromagmáticos

Tanto en Montaña Cavera como en Montaña Chica, se han muestreado tobas de lapillis formadas por vidrio pardo-anaranjado (palagonita) y pequeños cristales de olivinos idiomorfos-subidiomorfos, junto a pequeños fragmentos de rocas basálticas.

5.3.3. Período Pleistoceno superior

Alineación La Quemada-Los Helechos (21, 22 y 23)

Las emisiones de estos volcanes son basaltos olivínicos de textura porfídica con escasos microfenocristales de tamaño reducido de olivino. La matriz es de bajo grado de cristalinidad, entre

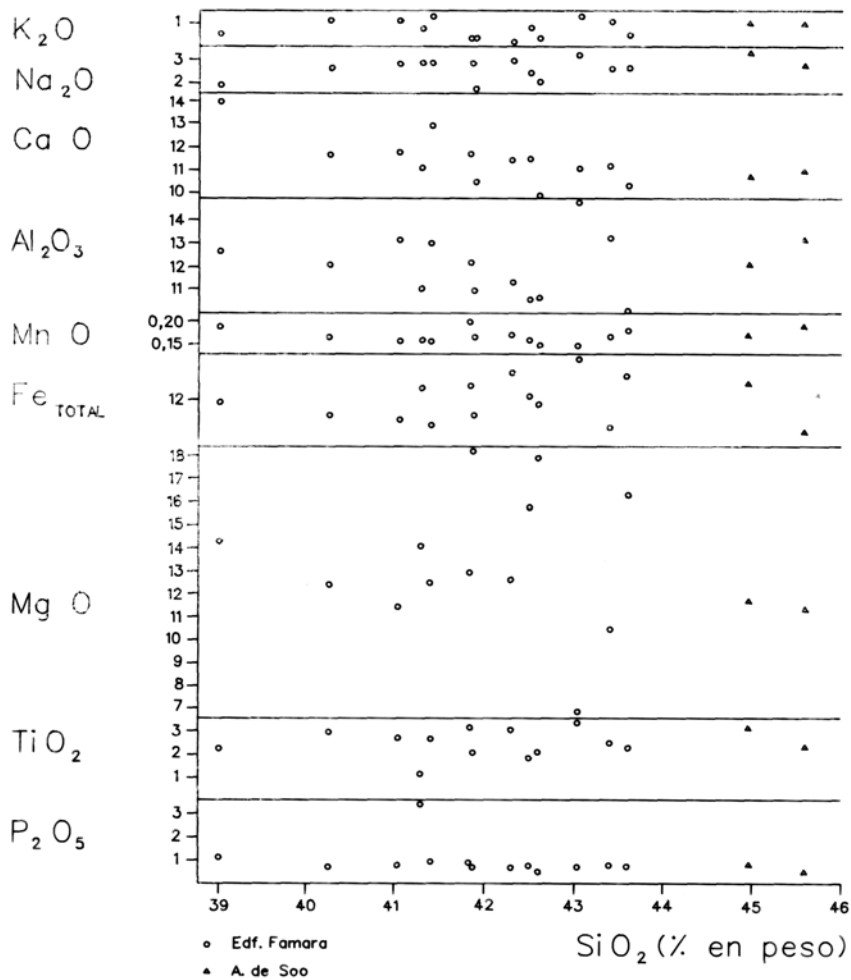


Fig. 5.2. Diagrama de variación de elementos mayores.

micro y criptocristalina, estando formada por una masa oscura y de difícil identificación, con posible plagioclasa, augita, opacos y vidrio.

De manera excepcional, se observan pequeños cristales de olivino xenomorfo de hasta 1 mm, con extinción ondulante y maclado mecánico, posiblemente disgregados de rocas duníticas subyacentes.

Con carácter secundario y rellenando microvesículas, se observa escasa ceolita.

5.3.4. *Periodo histórico. Erupciones de Timanfaya*

Los materiales emitidos son basaltos olivínicos poco porfídicos, característicos por la ausencia de auténticos microfenocristales, dado el escaso tamaño de los olivinos. La roca está formada por abundante plagioclasa de hábito tabular, maclada polisintéticamente, olivino, augita de pequeño tamaño, opacos aciculares o de aspecto esquelético y vidrio intersticial o rellenando microvesículas.

5.4. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA

El segundo ciclo magmático se caracteriza por la presencia de términos de naturaleza básica, con tipos basálticos y basaníticos, estando ausentes rocas con mayor grado de diferenciación. El período de erupciones históricas del siglo XVIII (erupciones de Timanfaya), muestra otra vez más variación, con una evolución desde basanitas en los primeros episodios a basaltos en los

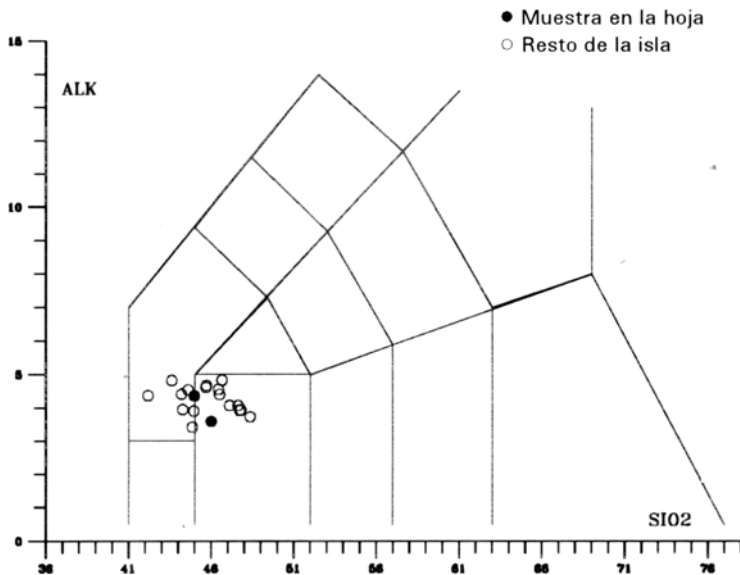


Fig. 5.3. Diagrama TAS del período Pleistoceno medio.

finales, y aunque la tendencia general es alcalina, en estos finales se observan afinidades toleíticas. En la erupción de 1824, los materiales emitidos son únicamente basanitas.

En la hoja está representado por emisiones de la alineación de Soo y del grupo de Rostros-Coruja-Timbaiba, las cuales corresponden a rocas basálticas y basaníticas, según se observa en el diagrama TAS de clasificación de rocas volcánicas, (Fig. 5.3). Son rocas bastante similares en contenidos elementales, subsaturados, destacando el mayor grado de alcalinidad de la roca basanítica, Tabla 5.1. En la Figura 5.4. se han representado las muestras de la erupción de Timanfaya, cuya evolución geoquímica va desde términos basaníticos y basálticos alcalinos hasta basaltos toleíticos en las etapas finales.

Enclaves.

Los enclaves incluidos en las emisiones cuaternarias son de composición ultramáfica, correspondiendo generalmente a peridotitas: lertzolitas, harzburgitas y dunitas, habiendo sido estudiados con detalle por SAGREDO (1969), Tabla 5.1. En la mayoría de los casos como ya señala dicha autora, no se presentan tipos larzolíticos o harzburgíticos puros, sino intermedios entre esas composiciones y las dunitas. Destacando los elevados contenidos en MgO, debido a la alta proporción de minerales olivino y su baja alcalinidad. Suelen presentar en la norma hyperstena normativa, mostrando una cierta afinidad toleítica, puesta ya de manifiesto por SAGREDO (op.cit.).

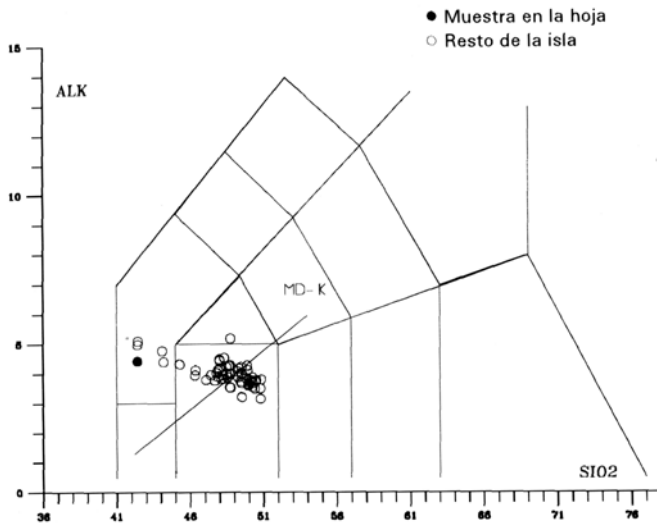


Fig. 5.4. Diagrama TAS de de las emisiones históricas de Timanfaya.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

La isla de Lanzarote forma con la de Fuerteventura un dominio común, alargado según una dirección N35-40°E. Se levanta sobre un fondo marino profundo de unos 3.000 m de profundidad, en la zona occidental, y de 1.500 m en el borde africano.

En Lanzarote, a diferencia de Fuerteventura, no se ha observado en superficie el Complejo Basal. Por tanto, las rocas más antiguas que afloran son los materiales basálticos del Mioceno. Estas rocas aparecen, fundamentalmente, en dos macizos localizados al norte y sur de la isla y que reciben, respectivamente, los nombres de Dominio de Famara y Dominio de Los Ajaches. Dada la localización de esta hoja, en el sector norte de la isla, los materiales miocenos (aflorantes) pertenecen al Dominio de Famara. Este edificio constituye la "fase de escudo", de formación inicial de la isla, y debía, ocupar una extensión considerablemente mayor a la observada actualmente. Según las dataciones radiométricas de IBARROLA *et al.* (1988), el período de emisión del edificio Famara es bastante dilatado, señalando estos autores tres períodos de actividad principal. El más antiguo tuvo lugar entre 10 y 8 m.a. (aproximadamente), después hay un período de calma, reiniciándose la actividad hace unos 6,7 m.a. hasta 5,3 m.a. Por último existe una actividad puntual de carácter tardío, de edad pliocena (3,9-3,8 m.a.). Aunque a grandes rasgos esto parece bastante coherente, si se analizan las edades una a una y su localización exacta, existen ciertos problemas ya comentados en apartados anteriores. Con todo, parece lógico pensar que la actividad final (pliocena) se restringe a centros de emisión puntuales y/o cuerpos intrusivos que perforan el apilamiento lávico. Después de esta importante fase de construcción se inicia la actividad erosiva, instalándose una superficie de erosión y/o de acumulación en el techo del estratovolcán. Esta superficie es en ocasiones ocupada por glaciares. Continuando la actividad erosiva, se desarrolla una red de drenaje, a favor de la cual se canalizan las coladas "intracanyons" en el Cuaternario antiguo. Estos centros de emisión tienen carácter puntual y se alinean según las pautas estructurales del edificio Famara (NNE-SSO). En esta hoja aparece únicamente el volcán del barranco de Tenegüime, cuya colada se canalizó por este barranco, dejando "hombreras" en las hojas de Haría y Guatiza. Concretamente en esta última hoja, COELLO *et al.* (1992) dataron estas coladas en 1,4 m.a.

Uno de los elementos morfológicos principales de esta hoja es el escarpe occidental del macizo de Famara. Su origen y edad han sido muy discutidos (véase apartado de Geomorfología). Adosados a este escarpe, aparecen varias generaciones de abanicos. Los más antiguos de debieron producirse en el Pleistoceno inferior y se encuentran actualmente encalichados y seccionados por la red de drenaje.

Asimismo, también durante el Pleistoceno inferior existe una actividad volcánica en el Dominio central de la isla y en la zona de transición al Dominio Famara. Las alineaciones volcánicas en el Dominio central suelen seguir pautas ENE-OSO, mientras que en el Dominio Famara predominan las alineaciones de edificios NE-SO. Muchos de estos volcanes debieron de surgir en zonas próximas a la costa e incluso en zonas de aguas someras, dando lugar a fases de alta explosividad de tipo hidromagmático. En esta hoja se encuentran la Caldera de El Cuchillo y el cráter hidromagmático anterior a Montaña Mosta.

Asimismo, en estas épocas pleistocenas debía de existir un fuerte régimen de vientos, que favorecido por un clima árido y seco, provocó el desarrollo de un extenso campo de dunas que cubre una gran parte de esta hoja y el sector septentrional de la de Teguisse. Posteriormente estas arenas se remobilizan hasta épocas actuales, existiendo auténticas dunas vivas que aparecen en la zona de El Jable.

Durante el Pleistoceno medio se reinicia la actividad volcánica, controlada también por un régimen fisural de componente NE-SO. Esto da lugar a la Alineación volcánica de Soo integrada por varios edificios. Los dos edificios del extremo NE de la alineación surgieron probablemente en zonas costeras o incluso en la plataforma marina, ya que muestran fases de actividad hidromagmática (Montaña Chica y Montaña Cavera). Las coladas de estos edificios debieron de ganar terreno al mar, puesto que muestran morfologías avanzadas sobre la línea de costa. También durante esta época en los sectores limítrofes, hay una intensa actividad magmática produciéndose diversas alineaciones volcánicas de pautas N45°E, N60°E. Algunas de las coladas de estas alineaciones alcanzan la costa en el extremo occidental de la hoja.

En el Pleistoceno superior, hace aproximadamente unos 100.000 años, se generan unos depósitos marinos conocidos como rasa marina jandiense. Hoy en día se encuentran muy deteriorados debido a la actividad humana, en zonas costeras, y al arrasamiento que han sufrido en épocas holocenas (rasa marina erbanense). Esta última rasa aparece situada entre 0,5 y 1 m sobre el nivel del mar, mientras que la rasa jandiense se encuentra a alturas de 2-3 m. Durante esta misma época, de finales del Pleistoceno, la actividad volcánica se desplaza al interior del edificio Famara y está controlada por su régimen estructural, apareciendo la alineación volcánica (NE-SO) de La Quemada-Los Helechos. En esta hoja, esta alineación está escasamente representada, pero al norte de la misma se observa que estas coladas se adaptan al relieve del estratovolcán y alcanzan ambas costas.

Durante el Cuaternario final (Holoceno) se continúa el encajamiento de la red de drenaje y el retroceso de los acantilados. Asimismo, adosados a las laderas de los relieves miocenos, aparecen potentes depósitos detríticos de tipo coluvionar. Además, hay que señalar que durante el siglo XVIII tuvo lugar en Lanzarote una intensa fase de actividad volcánica que cambió la fisonomía de la isla (episodios de Timanfaya). Se trata de la erupción histórica más importante del archipiélago y una de las mayores del mundo, sólo superada en volumen de material emitido por la de Lakagigar en Islandia (año 1783). Sin embargo, la erupción de Timanfaya supera a ésta en cuanto a tiempo de duración de la actividad eruptiva, casi seis años en Timanfaya.

Concretamente en esta hoja, sólo aflora de forma marginal el extremo norte de un brazo lávico que no llegó a alcanzar esta costa ya que los centros de emisión de esta erupción se localizan en las hojas de Tinajo y Yaiza, siendo éstas las que aparecen más afectadas por estas emisiones históricas.

7. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

La principal bibliografía consultada para la redacción de este capítulo ha sido el reciente Plan Hidrológico de Lanzarote, [CABILDO INSULAR DE LANZAROTE y GOBIERNO DE CANARIAS (1992)], el trabajo de síntesis sobre las Aguas Subterráneas de España del ITGE (1989) y el de ITGE (1992). Estudios hidrogeológicos como el SPA/15 (1975) y MAC-21 (1976), aunque anti-

guos, son todavía, gran interés y sirven aún de base para la mayoría de los trabajos posteriores mencionados, pues sus conclusiones siguen siendo válidas en cierta medida, y además, en muchos casos, desde entonces no se ha generado nueva información en los estudios recientes. La ausencia de datos referidos a esta zona concreta hace que algunos de los que se citan se refieran al conjunto de la isla.

7.1. HIDROLOGÍA

Climatología

La isla de Lanzarote es una de las más áridas del archipiélago canario, pudiéndose clasificar su clima como desértico, cálido y seco. No hay grandes oscilaciones térmicas entre diferentes zonas de la isla, pero se observan fuertes contrastes térmicos, con oscilaciones entre 15 y 17°C en un mismo día, siendo la oscilación media anual de 8 °C, [MARZOL (1988)]. Las temperaturas medias suelen ser de 20-22 °C y la insolación es generalmente elevada, existiendo mayor nubosidad en la zona del macizo de Famara.

Los vientos son frecuentes y de intensidad moderada durante gran parte del año, con una componente dominante NNE.

Pluviometría

El régimen de lluvias de la isla está caracterizado por su escasez anual (máximo inferior a 300 mm/año y una media de apenas 155 mm/año, ITGE 1990), baja intensidad e irregularidad en el tiempo y en el espacio. Las máximas precipitaciones corresponden a los meses de invierno (diciembre-enero), frente a unas precipitaciones insignificantes en los meses de verano (junio, julio y agosto).

La escasa pluviosidad se debe en parte a la baja altitud de sus relieves (el punto culminante de la isla, Las Peñas del Chache, situado en esta hoja, apenas llega a los 670 m sobre el nivel del mar), que no alcanzan la cota de inversión del alisio (alrededor de 700 m), principal portador de lluvia al archipiélago. En esta hoja, en concreto en su parte más oriental, se hallan parte de los relieves más abruptos de la isla, lo que permite ciertas acumulaciones de nubosidad, que dan lugar a un mayor frescor y al aumento relativo de la humedad ambiental en esa zona, acompañada de una pluviosidad algo mayor a la del conjunto de la isla. Ocurre lo contrario en el resto de la hoja, altitudinalmente mucho más bajo y caracterizado por una mayor sequedad ambiental y escasez de precipitaciones.

El mapa de isoyetas de la isla, (Fig.7.1), refleja perfectamente esto último, indicando que es el sector oriental (Famara) de la hoja donde la pluviometría tiene una mayor importancia cuantitativa, decreciendo considerablemente hacia el oeste (inferior a 150 mm/año).

Las estaciones pluviométricas ubicadas en la hoja indican una precipitación media del orden de 117 en mm/año. En la Tabla 7.1, se observan los valores mensuales de precipitaciones según el SPA/15 (1975) y el Servicio Hidráulico de Las Palmas [en MARZOL (1988)].

El Plan Hidrológico de Lanzarote (*op. cit.*), al efectuar el balance hidrológico de la isla, determinó una evapotranspiración del 89% y una escorrentía superficial de 1,6 mm/año, citados como 2 hm³/año en ITGE (1990).

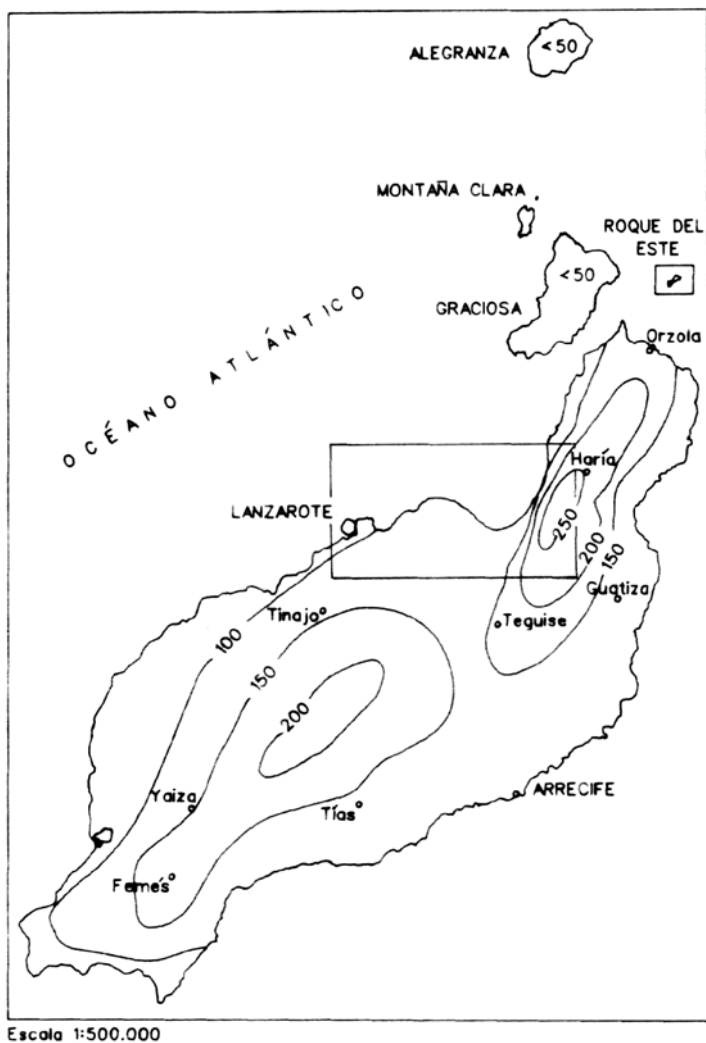


Fig. 7.1. Esquema de isoyetas de la isla de Lanzarote. Modificado de MARZOL (1988).

Por zonas, los mayores valores de infiltración se obtienen en aquellas áreas ocupadas por materiales más permeables, como son los malpaíses basálticos cuaternarios y los depósitos eólicos.

En la Tabla 7.2 se resumen las principales características hidrológicas de la isla.

Tabla 7.1. Precipitaciones medias mensuales (mm) en la hoja de Soo. SPA/15 (1975) y Marzol (1988) (*).

ESTACION	O	N	D	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	Total
LA SANTA	9,1	16,3	22,4	22,6	11,5	7,5	4,1	0,6	0,0	0,0	0,0	1,3	95,4
Soo	11,3	18,0	21,8	23,1	11,7	6,8	4,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,8	99,5
Soo (*)	11,7	20,2	25,6	23,6	18,0	10,8	4,3	0,1	0,0	0,0	0,0	2,7	117,0

Tabla 7.2. Resumen de las características hidrológicas. (Plan hidrológico de Lanzarote, 1992).

Precipitación	155,7 mm/año
Escorrentía superficial	1,6-2 mm/año
Infiltración	4,1 mm/año
EVT	150 mm/año

Cuencas y cauces principales

En esta área, la zona occidental carece de una red hidrográfica de consideración, dada la relativa juventud de los materiales que los integran. En el macizo de Famara, por el contrario, la red de drenaje tiene un desarrollo mucho más importante, estando caracterizada por barrancos amplios y encajados, con barranqueras y cauces tributarios de menor entidad y que en conjunto definen una red jerarquizada. Los barrancos principales son Maramajo, La Pocela (vertientes hacia el oeste) y Tenegüime, Chafarís, Madre del Agua, Cuchillo, etc., (vertientes hacia el este).

En general todos ellos están secos durante el año, dada las escasas precipitaciones que se producen. Incluso en los períodos de mayor pluviosidad es raro que circule agua por ellos.

Aprovechamiento de los recursos superficiales e infraestructuras hidráulicas básicas.

La infraestructura de aprovechamiento de las aguas superficiales es escasa, dada la ausencia de escorrentías de cierta entidad. El único embalse importante que existe en Lanzarote es la presa de Mala, situada en la vecina hoja de Haría.

Elementos de aprovechamiento de las aguas de lluvia y de la escorrentía superficial lo constituyen obras de menor envergadura, como son los aljibes y estanques, represamientos sobre los cauces de los barrancos, como nateros, gavías y maretas.

No existe un inventario actualizado del número de estos depósitos ni de su capacidad real de almacenamiento. El Plan Hidrológico vuelve a citar datos del SPA/15 (1975), en el que se estimó

una capacidad de almacenamiento conjunta de 18.000 m³, utilizándose el 20% de ella a lo largo de un año normal.

7.2. HIDROGEOLOGÍA

Los recursos hidráulicos subterráneos de la isla de Lanzarote son muy escasos, lo que hace que actualmente la extracción de estas aguas sea cada vez más reducida y que la producción de agua desalada sea una práctica cada vez más común.

Características hidrogeológicas generales de los materiales volcánicos

En general, la sucesión e imbricación de coladas, depósitos piroclásticos, sedimentos, almargres e intrusivos hacen de las formaciones volcánicas un medio heterogéneo, que condiciona enormemente el flujo y almacenamiento del agua subterránea. Asimismo, los procesos posteriores al emplazamiento y consolidación de los materiales modifican también su comportamiento primario.

La permeabilidad por fracturación y la porosidad de los materiales volcánicos va asociada, en las coladas de lava, a la zona afectada por disyunción columnar y a los tramos escoriáceos de sus bases y techos. Los tramos impermeables o poco permeables se deben mayormente a la presencia de rocas compactas sin fisurar y sin conexión de vesículas, presencia de almargres y depósitos piroclásticos alterados; en general, estos hechos condicionan y afectan al movimiento del agua en sentido vertical. Por otro lado, los diques y cuerpos intrusivos que cortan las lavas y piroclastos representan barreras a la circulación horizontal, si bien en casos en que están fisurados pueden constituir zonas de permeabilidad preferente.

La elevada permeabilidad primaria de los materiales más modernos (malpaíses cuaternarios) contrasta con la de los más antiguos, como los basaltos miopliocenos de Famara, en los que los procesos de alteración, rellenos de fisuras y huecos y la compactación en profundidad los hacen más impermeables.

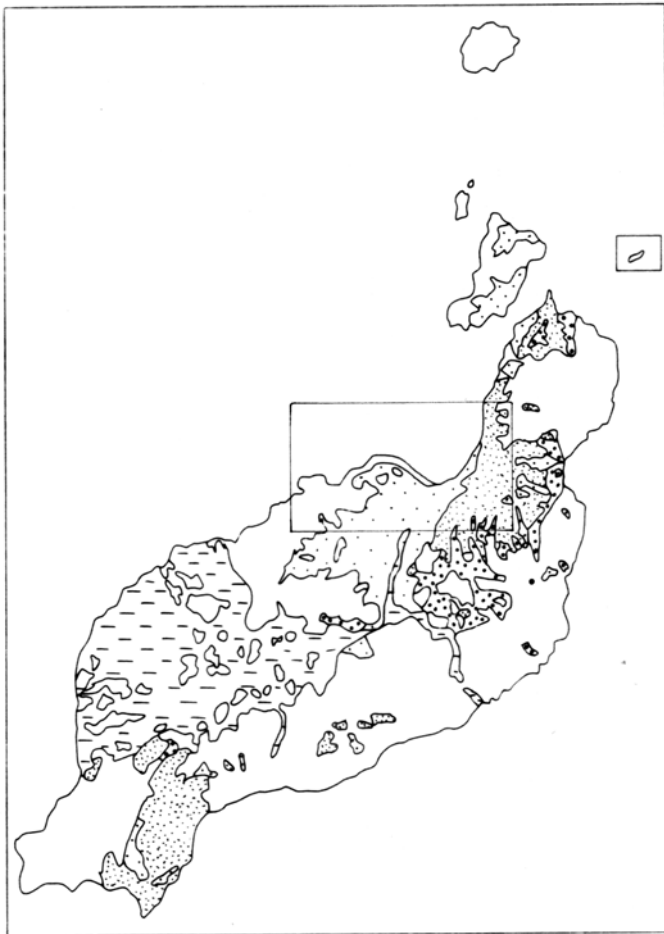
Con respecto a los materiales sedimentarios (arenas eólicas) que aparecen en la hoja, tienen una porosidad y permeabilidad elevada, dado su carácter granular poco cementado.

En la Figura 7.2 se presenta un esquema hidrogeológico simplificado de la isla de Lanzarote, adaptado de la cartografía MAGNA a escala 1:25.000.

Formaciones acuíferas

Desde el punto de vista hidrogeológico, en la hoja de Soo, la principal formación acuífera la constituyen los materiales basálticos de edad miopliocena que conforman el macizo de Famara. En el resto de formaciones, por sus características hidrogeológicas, potencia, posición topográfica, etc., no existen niveles saturados de importancia, salvo en determinadas zonas.

El macizo de Famara es el que presenta mejores condiciones hidrogeológicas. En él se han realizado, ya desde hace años, la mayoría de las investigaciones para la explotación de sus recursos hidráulicos (proyectos SPA/15 y MAC-21). También los ensayos y estudios para la construcción de la presa de Mala han aportado numerosos datos de parámetros hidráulicos de estos materiales basálticos.








- 
 Depósitos detríticos cuaternarios indiferenciados (arenas eólicas, aluviales, coluviales.) PERMEABLE
- 
 Depósitos areno-arcillosos cuaternarios IMPERMEABLE A PERMEABILIDAD BAJA
- 
 Coladas y piroclastos basálticos cuaternarios (históricos) ELEVADA PERMEABILIDAD POR FISURACION
- 
 Coladas y piroclastos basálticos pliocenos y cuaternarios PERMEABILIDAD MEDIA-ALTA POR FISURACION
- 
 Coladas intrusivas y piroclastos Mio-pliocenos PERMEABILIDAD BAJA A IMPERMEABLE

Fig. 7.2. Esquema hidrogeológico de la isla de Lanzarote.

Las observaciones realizadas en galerías y sondeos configuran un esquema general de flujo subterráneo dominante de componente vertical, interrumpido, localmente, por zonas o niveles impermeables que dan lugar a niveles saturados colgados a diferentes alturas. A menor cota, próximo al nivel del mar, se establece un flujo horizontal con una débil componente vertical descendente en el centro y otra ascendente cerca de la costa.

Con los ensayos realizados en sondeos en galerías de Famara, situadas muchas de ellas en esta hoja, y con el estudio de agotamiento de caudales de ellas, hechos durante el Proyecto SPA/15 (1975), se han podido conocer algunos valores de permeabilidad y de porosidad en los basaltos miopliocenos, habiendo sido recogidos los datos en el presente Plan Hidrológico insular. En estos basaltos, los valores de permeabilidad observados oscilan entre 0,05 y 0,2 m/día.

En los materiales más recientes, como los malpaíses cuaternarios, se han obtenido permeabilidades del orden de 1m/día (en la zona central de la isla).

Las medidas de porosidad total de los materiales de la isla son escasas, pero los datos generales indican que presentan una porosidad eficaz baja. Así, en los basaltos miopliocenos de Famara, se obtiene una porosidad eficaz a drenaje lento entre 0,03 y 0,05 m/día, mientras que en coladas basálticas cuaternarias, próximas a Arrecife, varía entre 0,01 y 0,02 m/día para la roca masiva y del orden de 0,40 para las zonas escoriáceas, valores que por similitud de los materiales pueden aplicarse a los de esta área.

Aprovechamiento de los recursos subterráneos

El aprovechamiento de las aguas subterráneas en la isla se realiza a través de pozos, galerías y nacientes.

Pozos. El número de pozos inventariados en Lanzarote por el SPA/15 (1975) fue de algo superior a 100, con una profundidad media de 2 a 10 m. Actualmente, el número de ellos en funcionamiento es sin embargo muy bajo, bien por quedar gran parte de ellos por encima de los niveles saturados, y por tanto, improductivos, bien por obtener aguas salobres, poco aptas para los usos habituales. Generalmente, extraían el agua de la formación acuífera miopliocena.

Según el SPA/15 (*op. cit.*) la producción era muy baja, alrededor de 1 m³/día por pozo.

Nacientes. En el macizo de Famara son relativamente frecuentes, si bien normalmente son pequeños rezumes o goteos. Aparecen en el contacto entre niveles lávicos y piroclásticos o almargres, debido a la diferente permeabilidad entre ellos. En algún caso aparecen entre lavas y depósitos sedimentarios. En el Proyecto SPA/15 (*op. cit.*) se contabilizaron alrededor de 10 entre los primeros 500 m de cota, con una producción total de 10-15 m³/día y contenidos en cloruros de 200 a 1.000 ppm. Los usos del agua suelen ser para tareas domésticas y para ganado.

En la cabecera del barranco de Temisa y en el de Palomo se detectan pequeños rezumes de aguas estacionales y de bajo caudal, según el Plan Hidrológico de Lanzarote. En el escarpe occidental es frecuente la aparición de estos nacientes o rezumes, la mayoría de ellos estacionales.

Los valores de producción de aguas estimados en SPA/15 (*op.cit.*) y citados anteriormente, deben considerarse hoy bastante reducidos y casi despreciables en cuanto al conjunto total de recursos explotados.

Galerías. Las únicas que existen en Lanzarote son las de Famara, teniendo casi todas ellas bajas producciones e incluso algunas son ya improductivas, por quedar por encima de los niveles de saturación. A veces, sin embargo, sólo captan aguas de niveles colgados. En general, suelen explotar total o parcialmente recursos existentes en la formación geológica, por lo que periódicamente deben realizarse trabajos de avance de la perforación, y así mantener productiva la explotación.

De las siete galerías existentes sólo cuatro tenían importancia, alcanzando una longitud total de 7 km. Su explotación está a cargo del Consorcio de Aguas de Lanzarote, apareciendo cuatro de ellas en esta hoja (en el escarpe occidental y en el barranco de Chafarís-valle de Tabayesco, en la vertiente oriental).

Durante la redacción del Proyecto SPA/15 (1975) se calcularon unos 10,5 l/seg, o 907 m³/día, de producción de estas galerías, viéndose reducidos a 4,6 l/seg o 400 m³/día en 1988, con contenidos en sales de 4.500 ppm, según datos del Consorcio de Aguas aportados al Plan Hidrológico. Se trata, por tanto, de aguas de baja calidad, aptas solamente para usos industriales.

Actualmente la explotación de aguas subterráneas a partir de pozos y galerías en Lanzarote es muy reducida, encontrándose alrededor de 200.000 m³/año, según el Plan Hidrológico, frente a los 364.000 m³/año del año 1972 citados en el SPA/15.

7.3. PIEZOMETRÍA

En la Figura 7.3 se presenta el mapa piezométrico de la isla tomado del Plan Hidrológico, encuadrando el área de la hoja de Soo. El mapa es prácticamente igual al que ya fue elaborado en el SPA/15 (1975), y tal cual fue incorporado también a los trabajos de ITGE (1989) e ITGE (1992). Al no existir datos más recientes, no es posible realizar un seguimiento de la evolución de los niveles piezométricos. Se observa, por tanto, que gran parte de las líneas isopiezas son supuestas, al carecer de suficientes puntos de control de agua a lo largo de su superficie.

En los apilamientos lávicos de Famara, en el sector oriental de la hoja, el mayor número de medidas en los pozos permite un mejor conocimiento de la superficie piezométrica. El gradiente en estos materiales más impermeables es elevado, aun cuando la recarga es baja. En este macizo, el nivel de saturación puede aparecer a mayor cota sobre el nivel del mar. Las posibilidades de explotación son algo mejores, si bien, como ya se dijo, la producción en las galerías ha disminuido considerablemente.

Hacia el este de Famara disminuye el gradiente piezométrico, debido a la mayor permeabilidad de los materiales cuaternarios que lo recubren, quedando el nivel de saturación a cotas muy bajas, lo que hace poco recomendable la captación del agua mediante pozos.

En el resto de la hoja el agua se encuentra a cotas próximas al nivel del mar y será de carácter salino.

7.4. CALIDAD DEL AGUA

Los datos analíticos sobre la calidad química del agua subterránea de la isla proceden también del Proyecto SPA/15 (1975) y así son recogidos en el Plan Hidrológico de 1992.

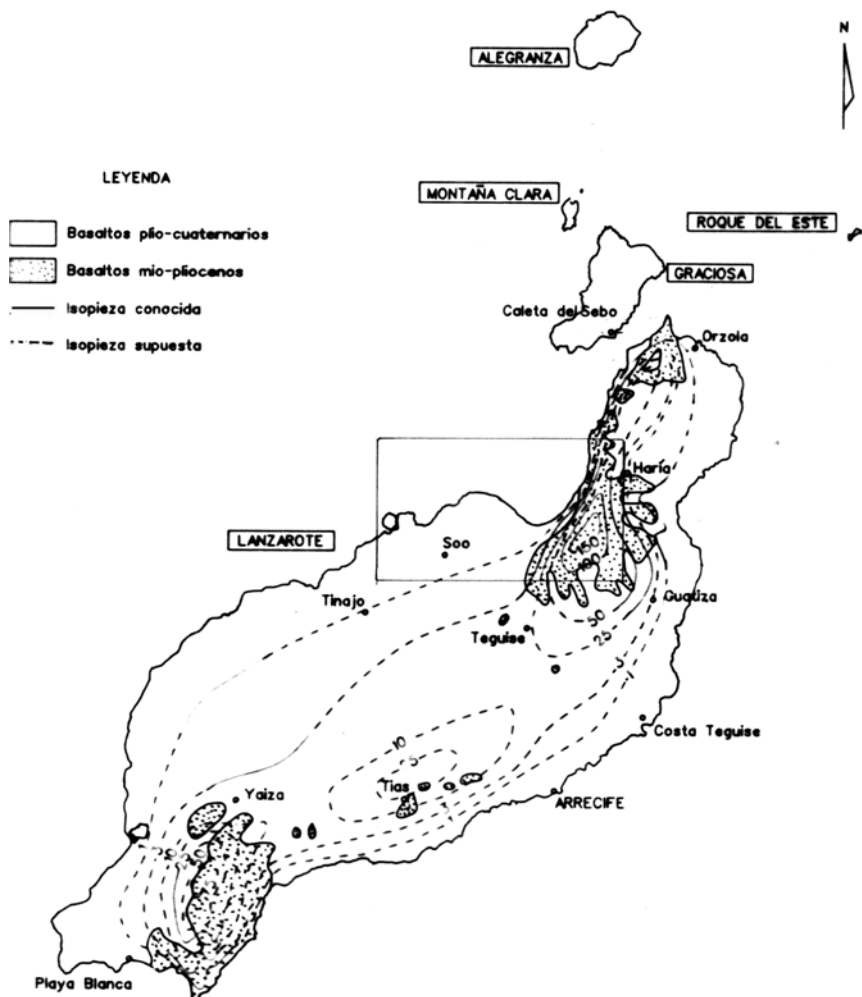


Fig. 7.3. Esquema piezométrico de la isla de Lanzarote. (Plan Hidrológico de Lanzarote, (1992).

En general, en las aguas de Lanzarote existe una elevada cantidad de sales minerales, consecuencia principalmente de la aridez del clima y los aportes de sales solubles de las rocas por las que circulan. Según el SPA/15 (*op. cit.*), son aguas predominantemente de tipo clorurado-sódicas, más o menos bicarbonatadas, y generalmente poco duras, pero con residuo seco elevado (entre 5.000 y 1.000 mg/l).

No presentan elementos tóxicos, pero la concentración de iones supera los límites tolerables para aguas potables. Desde el punto de vista para utilización agrícola, la calidad es también baja.

Existen también en la isla problemas de salinización por intrusión de agua marina, principalmente a lo largo de la costa. Las causas son, entre otras, la elevada permeabilidad de los materiales balsálticos cuaternarios y la fisuración generalizada en los de edad miopliocena de Famara.

No sólo cerca del litoral, sino incluso a distancias considerables hacia el interior, la salinidad aumenta notablemente en algunos pozos, pues a 1 km, según señala CUSTODIO (1988), el acuífero está ocupado por agua marina, en zonas de escasa recarga. Según se expone en el Plan Hidrológico, la heterogeneidad de los materiales y el efecto de la marea podrían influir también en ello. El bombeo de agua subterránea a partir de pozos situados cerca del mar es, por tanto, una práctica desaconsejable, ya que favorece la penetración de masas de agua salada.

7.5. RECURSOS HIDRAULICOS NO CONVENCIONALES

La disminución paulatina de los recursos hidráulicos del subsuelo insular y la creciente demanda de agua para diversas actividades ha hecho necesario el empleo de técnicas de desalación de agua marina y de tratamiento de las aguas residuales. Sin embargo, aunque en el primer caso esta práctica está extendida desde hace años, la reutilización de aguas residuales aún no está completamente desarrollada, si bien se avanza cada día más en ese sentido.

Actualmente, el agua obtenida a partir de plantas desalinizadoras representa la principal fuente de abastecimiento de agua potable en la isla. Existen varias plantas potabilizadoras de propiedad pública y algunas más están en proyecto. Asimismo, algunas de ellas son privadas y abastecen a algunos complejos turísticos. En esta área existe una planta situada en la zona de Peña Negra que da servicio a las urbanizaciones próximas, como La Santa Sport, etc. Los sistemas que emplean varían de unos a otros, siendo uno de los más comunes el de ósmosis inversa.

En 1966 la producción de agua desalinizada fue de 222.000 m³/año, pasando a 900.000 en 1972, según datos del SPA/15 (1975). El ITGE (1992) cita 4.400.000 m³/año, según el Plan Hidrológico del archipiélago canario (1986-1988). El ritmo ha seguido en aumento, llegando a 6.000.000 m³/año en 1989, [CUSTODIO *et al.* (1991)].

En cuanto al tratamiento de aguas residuales, CUSTODIO *et al.* (*op. cit.*), basándose en otros autores, aportan datos de 1.000.000 m³/año de aguas residuales reutilizadas.

Como resumen, en la Tabla 7.3, se indican, a modo comparativo, las producciones totales de los diversos recursos hidráulicos de la isla, según el SPA/15 (1975), MOPU (1985), ITGE (1992) y CUSTODIO *et al.* (1991) (estos últimos referidos a datos de 1989).

De los datos contenidos en la citada tabla, se desprende el enorme incremento que tiene con los años la producción de agua desalinizada, como consecuencia de la creciente demanda para

usos diversos. A la vista de los escasos recursos que aportan las aguas subterráneas y superficiales en el futuro, la demanda de agua en la isla parece satisfacerse con plantas desalinizadoras del agua marina.

Tabla 7.3. Producción total de recursos hidráulicos en Lanzarote. (hm³/año)

	SPA/15 (1975)	MOPU (1985)	ITGE (1992)	CUSTODIO <i>et al.</i> (1991)
Recursos superficiales	2,0	0,2		0,1
Recursos subterráneos	1,4	0,3		0,3
Aguas desalinizadas	0,9	1,8	4,4	6
Aguas reutilizadas			1	
Total	4,3	2,3		7,4

8. GEOTECNIA

Se analiza aquí, someramente, el comportamiento mecánico de los diferentes materiales representados en la hoja, con el fin de hacer una aproximación a los problemas geotécnicos que puedan surgir ante acciones constructivas o causas naturales. Se hace también una breve descripción de los riesgos geológicos que puedan tener cierta incidencia en esta área.

No se han realizado ensayos ni otro tipo de pruebas geotécnicas que proporcionen datos cuantitativos de las propiedades resistentes de los terrenos, por lo que su estimación es sólo cualitativa. Se trata, por tanto, de un estudio orientativo, siendo necesario realizar estudios más detallados cuando haya que proyectar obras de cierta importancia. De manera orientativa ha servido para la redacción del capítulo el mapa geotécnico general de la isla, IGME (1976).

8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN

Atendiendo a criterios de tipo geológico, en los que se recogen aspectos principalmente litológicos y de edades de los materiales, criterios hidrogeológicos y geomorfológicos, se ha dividido la superficie cartográfica en áreas de comportamiento geotécnico diferente. A su vez, estas áreas se han subdividido en zonas que representan recintos relativamente homogéneos, frente a características geotécnicas determinadas.

En la hoja se han distinguido tres áreas y seis zonas, cuya correspondencia con los tramos cartografiados se indica entre paréntesis.

8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Área I

En esta área se incluyen todos los materiales masivos del estratovolcán de Famara.

Zona I₁.

Está constituida por las coladas, diques e intrusivos basálticos del edificio Famara, independientemente del tramo al que pertenecen (1, 2, 4, 6 y 8).

Características litológicas y estructurales. Estas emisiones dan lugar a potentes apilamientos de coladas basálticas con estructura tabular y buzamientos variables de 3-7° al E y ESE. En conjunto pueden llegar a alcanzar más de 600 m de espesor.

El tramo inferior de esta unidad está algo más alterado y la estructuración de las coladas es menos patente. Además, la densidad de la inyección filoniana es mayor. Considerando las coladas en detalle se observa que están formadas por rocas masivas y coherentes, con lajeado subhorizontal y diaclasado o disyunción columnar en sus partes internas. Los techos y bases son más escoriáceos y menos compactos.

Características geomorfológicas. Estos apilamientos de coladas dan lugar a fuertes relieves que han sido seccionados por la red de drenaje. En esta hoja aparecen, fundamentalmente, las cabeceras de muchos de ellos que se dirigen hacia la costa E. Por el contrario, hacia el O el escarpe es muy abrupto y tiene una forma ligeramente arqueada.

Características hidrogeológicas. Estos materiales lávicos se pueden considerar más o menos impermeables, si bien, la fisuración o disyunción columnar primaria les confiere cierta permeabilidad. La presencia de diques contribuye a aumentarla. Los tramos inferiores son menos permeables debido a la existencia de rellenos secundarios de ceolitas y a la mayor compactación.

Capacidad portante. Tienen buena capacidad de carga, siendo los asientos previsible bajos o despreciables, salvo en las zonas muy alteradas o diaclasadas, en las cuales estos valores pueden verse muy reducidos.

Facilidad de excavación. Se trata de materiales no ripables siendo siempre necesario el empleo de martillos neumáticos o explosivos.

Estabilidad de taludes. Los cortes naturales observados, principalmente en las partes superiores de los apilamientos o del acantilado costero, son siempre verticales, y bastante estables. No obstante, pueden producirse caídas o desprendimientos de bloques que quedan individualizados por el diaclasado columnar. Además, la existencia de algunos intrusivos paralelos a la pared del escarpe puede favorecer la apertura de grietas o diaclasas que ocasionen la caída de bloques.

Área II

Agrupar al resto de materiales volcánicos cuaternarios y depósitos piroclásticos del edificio Famara.

Zona II₁. Está constituida por las coladas basálticas cuaternarias (9, 15, 18, 21 y 28)

Características litológicas y estructurales. Son coladas que dan lugar a campos de lava. Se caracterizan por su carácter escoriáceo y caótico superficialmente, y poco vesicular y masivo en el interior. La potencia media de las coladas varía entre 1 y 3,5 m. Suelen disponerse de forma horizontal, salvo en las coladas del edificio Tenegüime (9), que se sitúan rellenando un paleorrelieve en el estratovolcán de Famara.

Características geomorfológicas. Estos campos de lava dan lugar a superficies irregulares, en general poco inclinadas, tendentes a la subhorizontalidad. La incisión de los cursos fluviales es

prácticamente nula; sin embargo, la acción marina ha dado lugar a acantilados con alturas comprendidas entre 2 y 8 m.

Características hidrogeológicas. Son materiales permeables por fisuración, mostrando un drenaje superficial moderado-bajo.

Capacidad portante. La capacidad de carga es media, debido a su naturaleza escoriácea superficial. Sin embargo, si se sanean estas zonas, pueden llegar a obtener buenos valores de capacidad.

Facilidad de excavación. Su ripabilidad es muy costosa, requiriéndose el empleo de medios mecánicos de gran potencia, martillos hidráulicos o explosivos.

Estabilidad de taludes. Sólo se han observado taludes naturales en los acantilados costeros. En general, son subverticales y estables. No obstante, la socavación basal puede producir inestabilidades y caídas de bloques esporádicos.

Zona II₂. Está constituida por los depósitos piroclásticos miocenos y cuaternarios (3, 5, 7, 10, 12, 16, 17, 22 y 23).

Características litológicas y estructurales. Estos depósitos están constituidos por materiales fragmentarios, granulares, de composición basáltica. Se caracterizan por presentar una granulometría muy diversa desde 2 mm, para los lapillis finos, hasta bloques, escorias y bombas que superan los 60-70 cm. En general, constituyen depósitos relativamente sueltos y poco consolidados salvo en el caso de los más antiguos que pueden estar muy compactados y oxidados.

Características geomorfológicas. Los centros de emisión pliocenos y cuaternarios presentan las clásicas formas cónicas o tronco-cónicas con pendientes homogéneas del orden de 25-35°. Sin embargo, los centros de emisión miocenos suelen estar parcialmente enterrados por coladas de su ciclo eruptivo y sólo quedan al descubierto por erosión.

Características hidrogeológicas. Se trata de depósitos muy porosos con alta permeabilidad, salvo que por alteración y procesos secundarios de ceolitización y carbonatación este parámetro disminuya considerablemente.

Capacidad portante. En general, tienen una capacidad de carga media, si bien la heterogeneidad granulométrica y el grado de consolidación pueden hacer variar estos valores.

Facilidad de excavación. Son depósitos fácilmente ripables. En ocasiones pueden presentar encostramientos superficiales que hacen necesario el empleo de retroexcavadora.

Estabilidad de taludes. Estos depósitos presentan buzamientos originales variables, entre 20 y 35°; sin embargo, en las explotaciones llevadas a cabo en estos materiales se observa que admiten taludes cercanos a la vertical.

Área III

Agrupar a todos los depósitos sedimentarios existentes en la hoja.

Zona III₁. Depósitos de caliche y depósitos areno-arcillosos de tipo aluvial-coluvial (20 y 24).

Características litológicas y estructurales. Los depósitos de caliche están constituidos por una delgada costra calcárea con espesor variable. Los depósitos areno-arcillosos están formados por arenas y arcillas de grano fino-medio de carácter aluvial, si bien ocasionalmente se trata de alteraciones *in situ*. En ambos casos ocupan zonas planas o pequeñas cuencas deprimidas.

Características geomorfológicas. Se caracterizan por presentar una morfología plana.

Características hidrogeológicas. Son materiales granulares que presentan cierta permeabilidad primaria, si bien en los niveles encostrados la permeabilidad es menor. Por otra parte, en los depósitos areno-arcillosos, la matriz arcillosa puede provocar problemas de drenaje y dar lugar a zonas de encharcamiento.

Capacidad portante. Tienen baja capacidad de carga.

Facilidad de excavación. En general, son materiales fácilmente ripables, si bien la costra de caliche debe ser rota mediante retroexcavadora.

Estabilidad de taludes. Aunque pueden admitir cortes próximos a la vertical, su evolución temporal aconseja suavizar las pendientes.

Zona III₂ Depósitos aluviales y de ladera (13, 26, 27, 29 y 30)

Características litológicas y estructurales. Se trata de depósitos detríticos gruesos, heterométricos, poco seleccionados de composición fundamentalmente basáltica. El grado de redondez de los fragmentos varía según se trate de depósitos aluviales o de ladera. La matriz suele ser bastante escasa y es de tipo arenoso con grano fino-medio. En general tienen potencias inferiores a 5 m.

Características geomorfológicas. Los depósitos aluviales suelen adoptar formas planas, sin embargo, los depósitos de ladera se caracterizan por su fuerte pendiente.

Características hidrogeológicas. Son materiales granulares con alta permeabilidad primaria por porosidad intersticial.

Capacidad portante. Tienen baja capacidad de carga y pueden provocar asientos importantes frente a sollicitaciones.

Facilidad de excavación. Son materiales fácilmente ripables y excavables con retroexcavadora.

Estabilidad de taludes. En general presentan taludes poco estables, pudiendo producirse caídas de piedras y regueros en épocas de lluvias.

Zona III₃. Depósitos de arenas eólicas y playas (14, 19, 25 y 31)

Características litológicas y estructurales. Las arenas eólicas son de color blanco-crema y de tipo bioclástico. Los depósitos de playas actuales son también de tipo arenoso con algunas zonas de cantos sueltos. En cuanto a las rasas marinas jandiense y erbanense, tienen una representación areal muy escasa y están constituidas por arenas y conglomerados de poco espesor.

Características geomorfológicas. Las arenas eólicas constituyen un recubrimiento superficial poco potente, si bien en ocasiones tiene varios metros de espesor. En general, están sueltas, y en la zona próxima al macizo de Famara se indentan con los depósitos de vertiente.

Características hidrogeológicas. Son materiales granulares con alta permeabilidad por porosidad intersticial.

Capacidad portante. Tienen una capacidad de carga muy baja, ya que son materiales muy sueltos y móviles.

Facilidad de excavación. Son materiales fácilmente ripables.

Estabilidad de taludes. El ángulo de reposo en las arenas sueltas es de 20-35°. Este valor puede sufrir incrementos locales debido a encostramientos superficiales.

8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS

En la superficie de la hoja no se han detectado *a priori*, riesgos geológicos que puedan suponer una amenaza inminente a los núcleos de población o infraestructuras viarias presentes en la hoja. Desde el punto de vista de planificación y ordenación del territorio, se considerarán los siguientes riesgos: riesgo volcánico, riesgo de inestabilidad de laderas, riesgo eólico, riesgo de erosión y riesgo marino.

Riesgo volcánico. Aunque no existen manifestaciones volcánicas históricas dentro de esta hoja, las emisiones del siglo XVIII (Timanfaya) llegaron a penetrar en el extremo sur de la misma.

Riesgo de inestabilidad de laderas. La verticalidad de las laderas del escarpe occidental del Macizo de Famara puede provocar desprendimientos y caídas de bloques. Este riesgo es más probable en épocas de lluvias intensas. La zona que puede verse afectada preferentemente es la ocupada por los depósitos de deslizamientos gravitacionales, esto es, el sector costero comprendido entre la playa de Famara y el borde norte de la hoja.

Riesgo eólico. Unicamente hay pequeños riesgos de que las arenas eólicas invadan parcialmente la carretera local que une Sóo con la Caleta de Famara.

Riesgo de erosión. Las elevadas pendientes en el sector occidental del Macizo de Famara y la escasez de vegetación son factores que determinan un grado de erosión importante en toda el área.

Riesgo marino. La acción del oleaje causa un retroceso constante de los acantilados costeros. Por socavación en su base, son frecuentes los desprendimientos en el sector NE de la hoja.

8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA

Según las características expuestas en los apartados anteriores, se realiza una valoración geotécnica provisional de los materiales representados en la hoja, en cuanto a su idoneidad constructiva. Así, se han dividido todos los terrenos presentes en el área en tres grupos, según sean sus condiciones constructivas: desfavorables, aceptables y favorables.

8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables

Se agrupan bajo este calificativo todos los depósitos sedimentarios (Zona III₁, III₂ y III₃).

A la hora de planificar estructuras sobre ellos, se presentarán problemas de tipo geotécnico, debido a su baja capacidad de carga, con asientos absolutos y diferenciales importantes. El fac-

tor geomorfológico y la inestabilidad en los depósitos eólicos y de ladera es otro condicionante negativo. En los depósitos areno-arcillosos son previsible encharcamientos y problemas de drenaje, mientras que en el resto de depósitos se caracterizan por una alta permeabilidad.

Tabla 8.1. Resumen de las características geotécnicas y riesgos geológicos en la zona.

Area	Zona	Unidad cartográfica	Litología Estructura	Hidrogeología	Características geotécnicas	Características constructivas	Riesgos geológicos
I	1	Coladas basálticas, diques e intrusivos del edificio Famara.	Apilamiento de coladas subhorizontales o suavemente inclinadas, atravesadas por diques e intrusivos	Permeabilidad por fisuración baja-media; menor en profundidad	CP = Alta FE = Muy baja ET = Alta	Favorables	V = Bajo IL = Alta
		Coladas basálticas pliocenas y cuaternarias	Campos de lava subhorizontales	Permeabilidad alta por fisuración	CP = Media FE = Media-alta ET = Alta	Aceptables	
II	2	Depósitos piroclásticos miocenos y cuaternarios	Piroclastos de diversa granulometría y conos con fuerte buzamiento	Permeabilidad alta por porosidad	CP = Media FE = Media-alta ET = Alta	Aceptables	EO=puntualmente medio ER = Medio-alto EM = Medio-alto
		Depósitos de caliche y depósitos areno-arcillosos	Depósitos poco consolidados	Permeabilidad media y media-baja	CP = Baja FE = Buena ET = Baja	Desfavorables	
III	3	Sedimentos aluviales y de ladera	Depósitos semiconsolidados horizontales e inclinados	Permeabilidad alta por porosidad intergranular	CP = Baja FE = Buena ET = Baja	Desfavorables	
		Depósitos de arenas eólicas y playas	Depósitos poco consolidados horizontales	Permeabilidad alta por porosidad intergranular	CP = Muy baja FE = Buena ET = Baja		

CP = Capacidad portante; FE = Facilidad de excavación; ET = Estabilidad de taludes; V = Riesgo volcánico; IL = Inestabilidad de laderas; EO = Riesgo eólico; ER = Erosión; EM = Erosión marina.

8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables

Se incluyen en este apartado los terrenos formados por las coladas pliocenas y cuaternarias y por todos los tipos de depósitos piroclásticos (Zonas II₁ y II₂).

Son materiales que presentan una capacidad portante de media a alta, si bien puede verse algo reducida por alteración local o diaclasado. Admiten taludes elevados con ángulos próximos a la vertical, aunque algo más suavizados en los depósitos piroclásticos. Las previsiones de caídas de bloques lávicos es ocasional y sólo en los casos más desfavorables. El factor geomorfológico es un condicionante negativo en el caso de los depósitos piroclásticos. Las coladas suelen presentar morfologías suaves con buen drenaje y escorrentía superficial.

8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables

Se consideran con características constructivas favorables las coladas basálticas miocenas (Zona I₁).

Son materiales con alta capacidad de carga, estables y con asientos despreciables. El único aspecto negativo puede ser el factor geomorfológico debido a las fuertes pendientes y considerables desniveles existentes. Tienen un buen drenaje superficial, pero hay riesgos de infiltraciones o de intersección con niveles acuíferos colgados si se van a proyectar obras subterráneas.

En la Tabla 8.1 se incluye un resumen de las características geotécnicas de los materiales representados en la hoja, así como de los riesgos geológicos considerados.

9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS

En el ámbito geográfico de esta hoja no existen yacimientos minerales explotables. Sí se han explotado, por el contrario, determinados tipos de materiales como rocas industriales, que han tenido su aplicación en el sector de la construcción. Actualmente, las escasas explotaciones que existían se encuentran inactivas o registran una actividad intermitente, según las necesidades del mercado.

Los materiales explotables pueden clasificarse desde un punto de vista estructural y genético en: rocas sedimentarias, rocas volcánicas masivas y rocas volcánicas fragmentarias.

Las *rocas sedimentarias* no se han explotado dentro de esta hoja; sin embargo, formaciones semejantes se han explotado en la vecina hoja de Tegui. Por ello, pueden considerarse como yacimientos potenciales las arenas eólicas que cubren una buena parte del sector central de la hoja y los depósitos areno-arcillosos de tipo aluvial-coluvial que rellenan los valles del SE de la hoja.

Tampoco existen explotaciones de *rocas volcánicas masivas*, si bien pueden considerarse como yacimientos de interés las coladas basálticas miocenas y cuaternarias. Debido a la escasa población existente en la zona y al pequeño desarrollo turístico, estos materiales no se han empleado. Además, algunos sectores de la hoja están protegidos por la Ley de Espacios Naturales de la Comunidad Autónoma de Canarias.

Las *rocas volcánicas fragmentarias* son las únicas que han sido explotadas. Concretamente se han utilizado los depósitos piroclásticos de la Alineación volcánica de Soo, señalándose dos canteras inactivas en las laderas NE y SE, respectivamente, de Caldera Trasera. Estos materiales son lapillis de diversa granulometría que mediante un simple cribado se selecciona la granulometría fina, utilizándose como árido natural para la fabricación de bloques de hormigón. Ocasionalmente estos materiales se emplean para labores agrícolas "enarenados de picón", que preservan la humedad del suelo. Antiguamente se empleaban para obras de mampostería y sillería, con carácter local, los bloques de estas rocas piroclásticas.

10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

El patrimonio cultural de un país está integrado, entre otros bienes, por sus elementos o recursos naturales, que tienen o deberían tener igual importancia que aquéllos, pues es el medio natural donde el hombre realiza su vida, y lógicamente, por su interés, debe cuidarlo.

Uno de estos recursos naturales es el patrimonio geológico de una región, puesto que proporciona una información fundamental para el conocimiento de la historia de la Tierra y la vida

que en ella se ha desarrollado, poniendo de manifiesto además otros recursos naturales, existentes en el planeta. Bajo estas consideraciones, un punto de interés geológico (PIG) se puede definir como un recurso no renovable, en donde se reconocen características de especial importancia para interpretar y evaluar los procesos geológicos que han actuado en una zona desde la formación del planeta. Su deterioro o desaparición supone entonces un daño irreparable y a veces, irreversible al patrimonio de la humanidad.

En este sentido, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) viene realizando desde 1978 un inventario de puntos de interés geológico que por sus especiales características sean dignos de medidas de protección y aprovechamiento, con fines divulgativos, científicos, educativos y/o turísticos. El contenido, posible utilización y su nivel de significado definen pues un PIG.

En la hoja de Soo se han seleccionado dos PIG cuya singularidad (contenido, calidad de afloramiento, etc.) les hace merecedores de protección. Los criterios empleados para su selección son los establecidos por el IGME y por los propios autores que realizaron esta cartografía.

10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG

Rasas marinas jandiense (+2 m) y erbanense (+1m). Aparecen representadas en las proximidades de la costa, junto a la Caleta de Famara y Caleta del Caballo. En la mayoría de los casos, resulta difícil individualizar ambos depósitos ya que ambos están constituidos por conglomerados y areniscas bioclásticas con abundante fauna, y además se sitúan conjuntamente.

Destacan por su valor científico y paleontológico, ya que permiten conocer los cambios que han existido en el nivel del mar en épocas recientes.

Por su influencia, tienen interés local y regional.

Edificios hidromagmáticos (Caldera del Cuchillo, Montaña Chica y Montaña Cavera).

La Caldera del Cuchillo se sitúa al OSO de Soo y es un edificio más antiguo y desmantelado que los otros dos citados. Montaña Chica y Montaña Cavera pertenecen a la Alineación volcánica de Soo y se sitúan en el extremo NE de la misma. Están constituidos por capas de piroclastos con numerosas estructuras sedimentarias de tipo estratificación cruzada, laminación paralela, huellas de impacto y de carga etc. Destacan por sus colores de oxidación amarillentos, anaranjados y grises.

Tienen interés desde un punto de vista científico y volcanológico ya que ofrecen buenos ejemplos de la actividad hidromagmática y permiten conocer la situación de los paleocostas.

Por su influencia, tienen interés local y regional.

11. BIBLIOGRAFÍA

ABDEL-MONEM, A.; WATKINS, N. D. Y GAST, P. W. (1971): "Potassium-Argon ages, volcanic stratigraphy and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera". *Am. Jour. Sc*, 271, pp. 490-521.

Cabildo Insular de Lanzarote y Gobierno de Canarias (1992): *Plan hidrológico insular de Lanzarote*. Cabildo Insular de Lanzarote Consejería de Obras Publicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias.

CARRACEDO, J. C. y RODRÍGUEZ BADIOLA, E. (1991): "Lanzarote. La erupción volcánica de 1730". *Servicio de Publicaciones del Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote*, 183 pp. Incluye mapa geológico a E. 1:25.000 de la erupción y mapa de itinerarios.

CARRACEDO, J. C. y RODRÍGUEZ BADIOLA, E. (1993): "Evolución geológica y magmática de la isla de Lanzarote (Islas Canarias)". *Rev. Acad. Canar. Ciencias*, 5, (4), pp. 25-58.

CARRACEDO, J. C. y SOLER, V. (1992): "Significado de la presencia de excursiones palomagnéticas encontradas en las series antiguas de Lanzarote, en la edad de las Islas Canarias". *III Congreso Geológico de España*, Salamanca, Tomo I, pp. 424-431.

COELLO, J.; CANTAGREL, J. M.; IBARROLA, E.; JAMOND, C.; HERNÁN, F.; FUSTER, J. M.^a; ANCOCHEA, E.; CASQUET, C.; DÍAZ DE TERÁN, J. R. y CENDRERO, A. (1992): " Evolution of the eastern volcanic ridge of the Canary Islands, based on new K-Ar Data". *Jour. Volcanol. Geotherm. Res*, 53, pp. 251-274.

CUSTODIO, E. (1988): "Nota sobre la intrusión marina en las Islas Canarias". *Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros*, TIAC-88, Almuñécar, ETSIM-IGME, Madrid, Tomo III, pp. 593-603.

CUSTODIO, E.; JIMENA, J.; NUÑEZ, J. A.; PUGA, L. y BRAOJOS, J. (1991): "Canary Islands". En: *Hydrology and Water Resources of Small Islands: a Practical Guide*. Ed. A. Falkland. UNESCO, pp. 339-355.

DRISCOLL, E. M, HENDRY, G. L. y TINKLER, K. J. (1965): "The geology and geomorphology of Los Ajaches, Lanzarote". *Geol. Jour.* (Liverpool), 4, pp. 321-334.

FUSTER, J. M.^a, FERNÁNDEZ, S. y SAGREDO, J. (1968): *Geología y volcanología de las Islas Canarias: Lanzarote*. Inst. Lucas Mallada, CSIC, Madrid, 177 pp. (Incluye mapa geológico a escala 1:100.000 publicado por IGME (1968).

HARTUNG, G. (1857): "Die Geologischen Verhältnisse der Insel Lanzarote und Fuerteventura". *Neue Denkschr. Allgem. Schw. Gessell. f.d. Gesam. Naturwiss*, 15/4, pp. 1-168.

HAUSEN, H. (1958): *On the Geology of Lanzarote, Graciosa and the Isletas (Canarian Archipelago)*. Soc. Scient. Fennica. Comm. Phys. Math., vol. 23, núm. 4, 116 pp.

HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1909): "Estudio geológico de Lanzarote y de las isletas Canarias". *Real Soc. Esp. Hist. Nat*, Tomo VI, pp. 107-331, (Incluye mapa geológico a escala 1:50.000).

IBARROLA, E, CANTAGREL, J. M, FUSTER, J. M, COELLO, J. y JAMOND, E. (1988): " Geocronología de las series volcánicas neógenas de Lanzarote, Islas Canarias". *II Congreso Geológico de España, Granada*, Tomo Simp. de volcanismo, pp. 345-348.

IGME (1976): Mapa Geotécnico General, escala 1:200.000. Hoja y Memoria n.º 88-92. *Arrecife-Puerto del Rosario*.

- IGME-CSIC (1967a): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria n.º 1.079-1.080. *Alegranza*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967b): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria n.º 1.081. *Montaña Clara*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967c): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria n.º 1.082. *Graciosa*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967d): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria n.º 1.083. *Teguise*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967e): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria n.º 1.084. *Haría*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967f): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria n.º 1.087. *Punta Pechiguera*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967g): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria n.º 1.088. *Arrecife*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967h): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria n.º 1.089. *El Charco*. Lanzarote.
- ITGE (1989): *Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis*. 603 pp. Islas Canarias, cap. XVII, pp. 503-528.
- ITGE (1992): *Definición de unidades hidrogeológicas en los sistemas acuíferos 82, 83, 84 y 87 de las Islas Canarias. Documento n.º 36534*. ITGE, Servicio Documentación. 41-50.
- LE BAS, M. J.; LE MAITRE, R. W.; STRECKEISENA, y ZANETTIN, B. (1986): "A chemical clasification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Silica diagram". *Jour, Petrol*, 27, Part 3, pp. 745-750.
- LECOINTRE, G.; TINKLER, K. J. Y RICHARDS, H. G. (1967): "The marine quaternary of the Canary Islands". *Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia*, 119, 8, pp. 325-344.
- MAC-21 (1976): *Proyecto de planificación de la explotación y uso racional de los recursos de agua en las Islas Canarias*. Com. Interministerial de las actuaciones del Estado en materia de aguas de las Islas Canarias.
- MARINONI, L. B. y PASQUARÉ, G. (1994): "Tectonic evolution of the emergent part of a volcanic ocean island: Lanzarote, Canary Island". *Tectonophijsics*, 239, pp. 111-135.
- MARZOL, M.ª V. (1988): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Servicio de Publicaciones de la Caja Gral. de Ahorros de Canarias, n.º 130, (S. investigación, 32), 220 p.
- MECO, J. (1975): "Los 'Strombus' de las formaciones sedimentarias de la ciudad de Las Palmas". *An. Centro Regional de Las Palmas*, 1, pp. 203-224.
- MECO, J. (1977): *Paleontología de Canarias I: Los "Strombus" neógenos y cuaternarios del Atlántico euroafricano (taxonomía, bioestratigrafía y paleoecología)*. Ed. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, 142 pp. y 31 láminas.

- MECO, J. (1981): "Neogasterópodos fósiles de las Canarias Orientales". *An. Est. Atlánticos*, 27, pp. 601-615.
- MECO, J. (1982): "Los bivalvos fósiles de las Canarias Orientales". *An. Est. Atlánticos*, 28, pp. 65-125.
- MECO, J. (1983): "Los bivalvos fósiles de las Canarias Orientales (Suplemento)". *An. Est. Atlánticos*, 29, pp. 579-595.
- MECO, J. (1988): "The emergent littoral deposits in Fuerteventura and the evolution of the canarian marine faunas during the Quaternary". En N. Petit-Maire (ed). *Deserts, Past Presents and Future Evolution, Fuerteventura, Workshop 1988, PICG 252*, pp. 166-178.
- MECO, J. (1991a): La Fauna jandiense. (Póster). Casa Museo de Betancuria, Cabildo Insular de Fuerteventura.
- MECO, J. (1991b): "El Erbanense y su fauna". (Póster). Casa Museo de Betancuria, Cabildo Insular de Fuerteventura.
- MECO, J.; POMEL, R. S.; AGUIRRE, E. y STEARNS, CH. E. (1987): "The recent marine quaternary of the Canary Islands". *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario (CSIC)*, 10, pp. 283-305.
- MOPU (1985): "El agua en Canarias". *SGOP, Bol. Inform. y Estudios*, 44, 45 pp.
- PETIT-MAIRE, N.; DELIBRIAS, G.; MECO, J.; POMEL, R. Y ROSSO, J. C. (1986): "Paléoclimatologie de Fuerteventura (Canaries>)". En: *El Cuaternario reciente de Canarias / Quaternaire Recent des Canaries*, Mecó, J. y Petit-Maire, N, (Eds), Las Palmas-Marseille, pp. 72-88.
- S. C. (1987): "Comentario al mapa geomorfológico de la isla de Lanzarote". *Rev. Geogr. Canaria*, 2, pp. 151-172.
- SAGREDO, J. (1969). "Origen de las inclusiones de dunitas y otras rocas ultramáficas en las rocas volcánicas de Lanzarote y Fuerteventura". *Est. Geol*, 25, pp. 189-233.
- SPA/69/515. (1975): *Estudio científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias*. Ministerio de Obras Públicas-UNESCO, Madrid, Tomo I: generalidades, resumen y conclusiones; Tomo II: Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote; Tomo III: Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro; +2 vols. de figuras.
- WATKINS, N, RICHARDSON, A. Y MASON, R. (1966): "Paleomagnetism of Macronesian Insular Region: the Canary Islands". *Earth Planet. Sci. Lett*, 1, pp. 225-231.
- ZAZO, C, HILLAIRE-MARCEL, CL, HOYOS, M, GHALEB, B, GOY, J. L. y DABRIO, C. (1993): "The Canary Islands , a stop in the migratory way of *Strombus bubonius* towards the mediterranean around 200 KA". *Mediterranean and Black Sea Shorelines Newsletter*, 15, pp. 7-11.



MINISTERIO
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ISBN 84-7840-522-4



9 788478 405220