



Instituto Geológico
y Minero de España

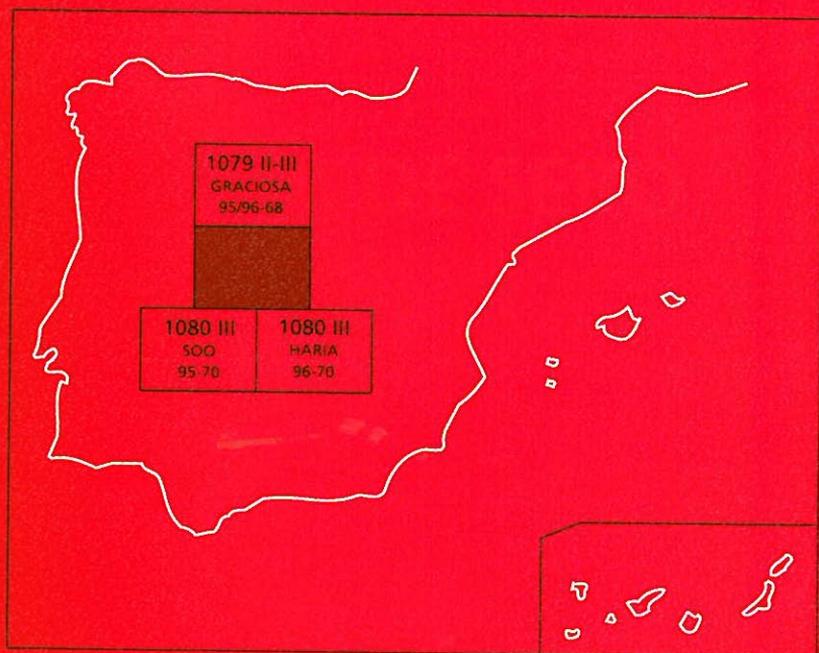
1080 I-IV

95/96-69

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Segunda serie-Primera edición



ISLA DE LANZAROTE

CALETA DEL SEBO

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Se incluye mapa geomorfológico a la misma escala

CALETA DE SEBO

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: 84-7840-521-6
Depósito legal: M-3932-2004

La presente hoja y memoria a escala 1:25.000, *Caleta de Sebo*, 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:

- Balcells Herrera, R. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas.
- 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. Cartografía geomorfológica.

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 Geomorfología.

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	11
2. ESTRATIGRAFÍA	12
2.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO	13
2.1.1. Dominio de la isla de Lanzarote	13
2.1.1.1. Período Mioceno superior-Plioceno. Edificio Famara. Episodios volcánicos y sedimentarios	13
2.1.1.1.1. Tramo inferior. Coladas basálticas, diques y conos de tefra enterrados (1, 2 y 3)	14
2.1.1.1.2. Arenas eólicas con huevos fósiles (4)	15
2.1.1.1.3. Tramo medio. Coladas basálticas, diques, conos de tefra y piroclastos de dispersión (1, 5, 6 y 7) ..	16
2.1.1.1.4. Tramo superior. Coladas basálticas y conos de tefra (8 y 9)	16
2.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. Dominio de la isla de Lanzarote	17
2.2.1. Período Plioceno. Episodios sedimentarios	17
2.2.1.1. Depósitos de glacia: arenas y cantos (10)	17
2.2.2. Período Pleistoceno superior. Episodios volcánicos y sedimentarios ...	18
2.2.2.1. Piroclastos y arenas alteradas (11)	18
2.2.2.2. Depósitos aluviales: arenas y conglomerados (12)	18
2.2.2.3. Arenas eólicas (13)	18
2.2.2.4. Depósitos de caliche (14)	18
2.2.2.5. Alineación Los Helechos-La Corona	19
2.2.2.5.1. Edificio La Quemada-Los Helechos: coladas basálticas olivínicas, conos de tefra y piroclastos de dispersión (15,16 y 17)	19
2.2.2.5.2. Edificio La Corona y Quemada de Orzola: coladas basálticas olivínicas, conos de tefra y piroclastos de dispersión (17, 18 y 19)	22
2.2.3. Período Holoceno y actual. Episodios sedimentarios	26
2.2.3.1. Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados. (20)	26
2.2.3.2. Depósitos de deslizamientos gravitacionales (21).	26

2.2.3.3.	Depósitos de ladera (22)	27
2.2.3.4.	Depósitos aluviales: arenas y arcillas (23)	27
2.2.3.5.	Depósitos aluviales de barranco (24)	27
2.2.3.6.	Playas de arenas y cantos (25)	28
2.2.3.7.	Playas de arenas (26)	28
2.3.	SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO.	28
2.3.1.	Dominio de la isla de La Graciosa.	28
2.3.1.1.	Período Pleistoceno medio. Episodios volcánicos y sedimentarios	28
2.3.1.1.1.	Alineación Montaña Amarilla-Las Agujas: diques, piroclastos hidromagmáticos, coladas basálticas, conos de tefra y piroclastos de dispersión (27, 28, 29, 30 y 31)	28
2.3.1.2.	Período Holoceno. Episodios sedimentarios	31
2.3.1.2.1.	Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados (32)	31
2.3.1.2.2.	Depósitos aluviales: arenas y arcillas (33)	32
2.3.1.2.3.	Arenas eólicas y recubrimientos de arenas eólicas (34 y 35)	32
2.3.1.2.4.	Playas de arenas (36)	33
3.	TECTÓNICA	33
4.	GEOMORFOLOGÍA.	35
4.1.	DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA	35
4.1.1.	Norte de Lanzarote	35
4.1.2.	La Graciosa	36
4.2.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.	36
4.2.1.	Norte de Lanzarote	36
4.2.1.1.	Estudio morfoestructural	36
4.2.1.2.	Estudio del modelado	37
4.2.1.2.1.	Formas endógenas	37
4.2.1.2.2.	Formas exógenas	38
4.2.2.	La Graciosa	39
4.2.2.1.	Estudio morfoestructural.	39
4.2.2.2.	Estudio del modelado	40
4.2.2.2.1.	Formas endógenas.	40
4.2.2.2.2.	Formas exógenas.	40
4.3.	FORMACIONES SUPERFICIALES	41
4.3.1.	Norte de Lanzarote	41
4.3.1.1.	Depósitos eólicos	41
4.3.1.2.	Depósitos fluviales	42
4.3.1.3.	Depósitos endorreicos.	42
4.3.1.4.	Depósitos de ladera	42
4.3.1.5.	Depósitos poligénicos.	43
4.3.1.6.	Depósitos litorales	43

4.3.2. La Graciosa	43
4.3.2.1. Depósitos eólicos	43
4.3.2.2. Depósitos fluviales	43
4.3.2.3. Depósitos endorreicos	44
4.3.2.4. Depósitos de ladera	44
4.3.2.5. Depósitos litorales	44
4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA	44
4.4.1. Norte de Lanzarote	44
4.4.2. La Graciosa	45
4.5. MORFODINÁMICA ACTUAL	46
5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA	46
5.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	47
5.1.1. Período Mioplioceno. Edificio Famara	47
5.2. PRIMER CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA	51
5.3. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	53
5.3.1. Período Pleistoceno superior	53
5.4. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	55
6. HISTORIA GEOLÓGICA	55
7. HIDROLOGÍA Y HIDROGEOLOGÍA	58
7.1. HIDROLOGÍA	58
7.2. HIDROGEOLOGÍA	60
7.3. PIEZOMETRÍA	64
7.4. CALIDAD DEL AGUA	64
7.5. RECURSOS HIDRÁULICOS NO CONVENCIONALES	65
8. GEOTECNIA	65
8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN	66
8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.	66
8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS	70
8.4. VALORACION GEOTÉCNICA	71
8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables.	71
8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptales	71
8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables	71
9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS	72
10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	74
10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG	74
11. BIBLIOGRAFÍA	75

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS

La presente hoja y memoria del Mapa Geológico Nacional (MAGNA), a escala 1:25.000, corresponde a la hoja Caleta de Sebo (n.º 95/96-69, 1080-I, IV del MTN), situada en el extremo más septentrional de la isla de Lanzarote, en el archipiélago canario. En la hoja está representada, igualmente, la mitad meridional de la isla de La Graciosa.

Por el norte se sitúa la hoja geológica de Graciosa, que comprende la mitad septentrional de esta isla y otros islotes, y por el sur se sitúan las hojas de Haría y Soo.

Al no conocerse sino parcialmente la sucesión cronológica entre una isla y otra, para mayor simplificación se han enumerado correlativamente las diferentes unidades geológicas cartografiadas en cada una de ellas. El orden cronológico de las mismas se mantiene únicamente dentro de cada isla, pero no tiene por qué el comparar las unidades geológicas de una isla con otra.

En el sector correspondiente a la isla de Lanzarote afloran materiales cuya edad abarca desde el Mioceno superior hasta el Holoceno tardío. Los más antiguos constituyen parte del denominado edificio o macizo volcánico de Famara, formado por apilamientos de coladas basálticas, intercaladas con piroclastos, hoy profundamente erosionado y desmantelado. En él parecen reconocerse tres tramos o subunidades, separadas por discordancias, no siempre fácilmente apreciables, dado su carácter local, las cuales representan etapas de erosión y destrucción del edificio. Aunque los datos de edades radiométricas disponibles son a veces contradictorios o discordantes con la estratigrafía establecida, la formación de este edificio parece que se prolongó hasta parte del Plioceno.

El Cuaternario está representado por emisiones volcánicas, estructuralmente condicionadas por un régimen eruptivo fisural, que determinó el emplazamiento de numerosos edificios piroclásticos alineados según una fisura de orientación NE. Se emitieron también cantidades de lava que configuran un extenso campo de lavas, conocido hoy por malpaís de La Corona. Estas lavas discurrieron por los relieves miocenos previos, adaptándose a ellos, y al llegar a la costa, avanzaron por la plataforma prolongando la línea costera mar adentro. El resto de materiales que existen son de carácter sedimentario, bien aluvial-coluvial, de alteración o incluso de tipo eólico, los cuales recubren superficialmente los materiales volcánicos.

Desde el punto de vista orográfico, este sector es uno de los más abruptos de Lanzarote, siendo el escarpe occidental de Famara (Riscos de Famara) el accidente morfológico de mayor envergadura, al representar un desnivel casi vertical, de casi 500 m de altura. Los depósitos de ladera suavizan en parte este escarpe, facilitando en algún caso el desarrollo de playas en sus zonas

distales. Hacia la parte oriental, estos relieves van disminuyendo progresivamente hasta llegar a la costa, siendo las emisiones de lavas cuaternarias las que reducen y suavizan de manera gradual estas diferencias altitudinales. En la parte norte, la incisión de la red de drenaje en los materiales miocenos ha originado valles longitudinales de paredes escarpadas, que desaguan hacia el este. Sus cabeceras están truncadas por el escarpe, occidental. Estos valles y las barranqueras excavados en los depósitos de ladera de dicho escarpe, constituyen la única red hidrográfica de este sector, pues en los materiales volcánicos cuaternarios su desarrollo es aún muy incipiente.

La costa presenta un trazado irregular a lo largo de su recorrido, siendo baja en el sector oriental, donde está formada por las coladas de lavas cuaternarias. A partir de la punta de Fariones, en el norte, es acantilada, manteniéndose así en toda la costa occidental, si bien en algunas zonas, el acantilado está retrasado y suavizado por los depósitos de ladera. En este sector existe, al pie de los escarpes, una estrecha plataforma horizontal, bien de carácter rocoso, formada también por el avance de coladas cuaternarias, o bien de carácter detrítico, formada por los extremos más distales de los depósitos de ladera. En estos últimos se desarrolla la playa arenosa del Risco. Esta playa, junto a la playa de la Cantería, cercana a Orzola, y alguna pequeña cala en la costa oriental, constituyen las únicas playas de la zona.

De todas las islas e islotes del norte de Lanzarote, La Graciosa es la de mayor superficie, ocupando un área de 27 km². Tiene una forma alargada en sentido NE-SO y está separada de Lanzarote por un estrecho brazo de mar, de 1.100 m de anchura mínima, conocido por El Río. El relieve de la isla es relativamente llano y regular, con escasos desniveles. Las alturas mayores se dan en los edificios volcánicos, que alineados según una orientación principal NE-SO, ocupan la zona central. En el interior existen asimismo zonas algo más altas que la periferia circundante, originadas por la acumulación de lavas emitidas a partir de la fisura longitudinal mencionada. La acumulación de arenas eólicas adosadas a los materiales volcánicos ha suavizado los campos de lava, inicialmente irregulares y abruptos.

La red hidrográfica en La Graciosa es prácticamente nula, existiendo pequeños regatos y arroyos secos, débilmente encajados en los materiales volcánicos.

La costa a lo largo de toda esta pequeña isla es muy baja, pero irregular, denotando una relativa juventud, acentuada en la punta septentrional y nororiental, donde presenta morfologías avanzadas y poco arrasadas. Las playas jalonan la isla, principalmente en su mitad suroriental, estando compuestas de arenas doradas biodetríticas, como la playa del Francés y la Cocina o la playa de las Conchas, esta última en la costa noroccidental. En algunos sectores el litoral es rocoso, sin desarrollo de playas.

Las condiciones climáticas de toda esta región septentrional de Lanzarote son de carácter árido-seco, con bajas precipitaciones. En Famara, por las mayores alturas existentes, la pluviometría es más importante, provocando condiciones ambientales algo más húmedas y frescas que en el resto de la isla, e incluso mayores que en La Graciosa. En esta última isla la insolación es notable, mientras que en Famara la nubosidad es un hecho frecuente.

La vegetación es fundamentalmente herbácea y baja, de carácter xerófito, con predominio de aulagas (*Launaea arborescens*) y tabaibas (*Euphorbia* sp.), estas últimas, junto con las vinagre-

ras (*Rumex lunaria*), muy frecuentes en los malpaíses de La Corona. En los arenales costeros son habituales las comunidades psamófilas.

Esta parte norte de Lanzarote presenta una reducida ocupación humana, siendo los núcleos habitados más importantes Ye, Guinate y Orzola, este último situado al pie de los escarpes nororientales. En La Graciosa están únicamente habitados Caleta del Sebo, su capital, y Pedro Barba, al norte de la isla. Desde el puerto de Orzola se establece la comunicación diaria, por barco, entre Lanzarote y La Graciosa. Las vías de comunicación en dicha isla son siempre pistas de tierra, pero permiten un acceso relativamente rápido y cómodo a cualquier lugar de la isla. En esta parte de la isla de Lanzarote, las vías de comunicación asfaltadas abarcan prácticamente toda la zona, desde la costa a la cumbre, pasando por el interior.

1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Las referencias bibliográficas sobre la geología de Lanzarote son relativamente abundantes, encontrándose trabajos realizados ya durante el siglo pasado, hasta otros muchos más recientes. Gran parte de ellos abarcan el conjunto de la isla e islotes, si bien otros se dedican a estudiar determinadas zonas de la isla o formaciones geológicas concretas. En unos y otros pueden encontrarse referencias al área aquí cartografiada.

Los documentos cartográficos principales y que han sido tomados como base de la presente cartografía son las hojas geológicas a escala 1:50.000, Montaña Clara (n.º 1081), Graciosa (n.º 1082) y Haría (n.º 1084), [IGME-CSIC (1967b,c,e)]. Igualmente, el mapa a escala 1:100.000, [FUSTER *et al.* (1968)], aporta una importante visión de conjunto de la isla.

Uno de los primeros trabajos en la isla e islotes es el de SIMONY (1892), quien aporta, además un buen número de fotografías de diferentes aspectos geológicos. Posteriormente, HERNÁNDEZ-PACHECO (1909) realiza un extenso reconocimiento de las formaciones volcánicas y sedimentarias existentes en la isla, incluyendo además observaciones de los islotes, en este caso de La Graciosa.

Mucho más reciente es el trabajo de HAUSEN (1959), quien también realiza un amplio estudio del conjunto de la isla y de los islotes. Incluye numerosas observaciones de campo, análisis petrográficos y geoquímicos de diversas rocas, y además de un mapa geológico a escala 1:200.000. Aunque este trabajo fue revisado e incorporado a estudios posteriores, su lectura siempre resulta amena e interesante, permitiendo retomar y discutir ideas ya olvidadas.

El estudio geológico más conocido de Lanzarote es la monografía de FUSTER *et al.* (1968), confeccionada a partir de la cartografía a escala 1:25.000 de toda la isla, realizada por estos y otros autores, más tarde publicada en ocho hojas a escala 1:50.000 por el IGME-CSIC (1967a-h). Es un completo estudio en el que se revisan trabajos previos y se establece de manera más precisa la volcanoestratigrafía de la isla, caracterizándose las unidades volcánicas a partir de numerosos análisis petrográficos y químicos. En él también aparecen, de manera breve, referencias a esta zona. La síntesis cartográfica de este trabajo la presentan en el mapa a escala 1:100.000 anteriormente citado.

Existen también trabajos referidos a temas concretos de la isla, algunos de los cuales con amplias referencias a esta zona, o específicos de ella. En este sentido cabe destacar los de ROTHE

(1964) y GARCÍA TALAVERA (1990), referentes a los huevos fósiles, de edad miocena, encontrados en arenas eólicas intercaladas en las lavas del apilamiento de Famara. Las rocas de tipo pegmatitoide en las emisiones basálticas de Famara son tratadas con detalle por FERNÁNDEZ SANTIN (1969). El malpaís lávico de La Corona y el tubo volcánico de la "Cueva de los Verdes" existente en él, fueron tratados con bastante detalle por BRAVO (1964) y más tarde por MA-CAU (1965).

Con respecto a la isla de La Graciosa, cabe mencionar el trabajo de FUSTER et al. (1966), sobre sus aspectos volcanológicos, petrológicos y geoquímicos, siendo un estudio bastante amplio que también incluye el resto de islotes. QUESADA *et al.* (1992) estudian los depósitos piroclásticos hidromagmáticos de esta isla y de otros islotes. Finalmente, BRAVO (1993), en un ameno trabajo sobre los islotes de Lanzarote, recuerda sus numerosos viajes a ellos, comenzados en la década de los cincuenta, exponiendo también algunas interesantes observaciones sobre su constitución geológica.

Los criterios cronoestratigráficos sobre el volcanismo insular son establecidos a partir de las determinaciones radiométricas de ABDEL MONEM *et al.* (1971), IBARROLA *et al.* (1988) y COELLO *et al.* (1992). Asimismo, al finalizar la totalidad de la cartografía de la isla para el proyecto MAGNA, se tomaron nuevas muestras para dataciones K-AR (una de ellas en esta hoja), que ayudan a precisar algo más algunos episodios volcánicos, aún insuficientemente conocidos. Por otro lado, existen también algunas determinaciones paleontológicas en depósitos sedimentarios fosilíferos que contribuyen a concretar mejor la sucesión volcanoestratigráfica.

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 continua 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 períodos: 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 (1967a-h) publicó una cartografía geológica por hojas a escala 1:50.000 de toda la isla, que fué sintetizada posteriormente 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, de grado de conservación y similitud geocronológica, cuando la había. Aun 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 en la hoja de Caleta del Sebo. Corresponden al período mioplioceno del primer ciclo, manifestado por los altos escarpes del Edificio Famara, y al período pleistoceno-holoceno del segundo, representado por alineaciones de conos, tanto en el Dominio isla de Lanzarote, como en el Dominio de los islotes (isla de la Graciosa).

En la Tabla 2.1, se establece la correlación volcano-estratigráfica entre estos ciclos mencionados y las series basálticas del IGME-CSIC (1967a-h).

2.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO

2.1.1. Dominio de la isla de Lanzarote

2.1.1.1. *Período Mioceno superior. Plioceno. Edificio Famara. Episodios volcánicos y sedimentarios.*

Durante el Mioceno superior existe una gran actividad volcánica en el sector de la isla actual de Lanzarote, cuyo resultado es la formación de edificios volcánicos que configuran los primeros inicios subáreos de dicha isla. De estos edificios, el de Famara es el más septentrional de la isla, estando constituido por apilamientos de coladas y piroclastos basálticos, con espesores visibles de hasta 650 m. El edificio original debió, extenderse más hacia el oeste de los afloramientos actuales, encontrándose hoy en día muy desmantelado y arrasado, en gran medida recubierto por emisiones volcánicas cuaternarias.

Tabla 2.1. Correlación volcanoestratigráfica de la isla de Lanzarote.

IGME-CSIC (1967a-h)	PLAN MAGNA (1992-1995)
Serie basáltica IV	2º CICLO
Serie basáltica III	PERÍODO PLEISTOCENO-HOLOCENO Dominio islotes (Al, Gr, M. ^a C, R.E.)

En el área cartografiada aparece la porción más septentrional del edificio de Famara, pudiéndose reconocer en él tres tramos o episodios a lo largo de su constitución. La separación cartográfica de cada uno de estos tramos está determinada por discordancias erosivas más o menos definidas, si bien en la mayor parte de los casos no son bien reconocidas o son de extensión muy local y no permiten prolongar los contactos sin cierta imprecisión, por lo que éstos se han indicado como supuestos. Estas discordancias se manifiestan en almargres, pequeños paleorreliieves y en algún caso presencia de depósitos sedimentarios.

En la bibliografía geológica de Lanzarote, los materiales que constituyen el edificio Famara han recibido varias denominaciones: formación basáltica más antigua, HARTUNG (1857); basaltos de erupción homogénea, HERNÁNDEZ-PACHECO (1909); "basaltic table-land series", HAU-SEN (1959), y, finalmente, serie basáltica I, según FUSTER *et al.* (1968), siendo esta última denominación la más ampliamente extendida y usada.

2.1.1.1.1. Tramo inferior. Coladas basálticas, diques y conos de tefra enterrados. (1, 2 y 3)

Este tramo está constituido por apilamiento de coladas basálticas y depósitos piroclásticos intercalados, que en algunos casos corresponden a centros de emisión. Aflora en las partes más bajas de los acantilados occidentales y orientales de Famara y a menudo se encuentra parcialmente cubierto por depósitos detríticos de ladera, que reducen su visibilidad.

Mayoritariamente el tramo está representado por coladas basálticas de carácter "aa", masivas, con disyunción columnar y lajeado, con bases escoriáceas. Las potencias individuales oscilan entre 1 y 3 m y el conjunto del apilamiento parece mostrar un suave buzamiento (5-8°) hacia el E-SE. Son frecuentes también los tipos "pahoehoe" intercalados en la serie, formando a menudo apilamientos de varias unidades. Son lavas más delgadas, muy vesiculares y suelen estar muy oxidadas, conteniendo además abundantes rellenos de ceolitas y carbonatos. Desde el punto de vista composicional, las lavas son de carácter olivínico y olivínico-piroxénico.

Los depósitos piroclásticos intercalados no son muy abundantes, pero aparecen ocasionalmente a diversas alturas en la serie, bien como simples niveles estratificados y poco potentes, o como centros de emisión ya muy desmantelados, provocando discordancias puntuales con las primeras coladas que los cubren.

La potencia total de este tramo, considerando afloramientos situados fuera de esta zona, está próxima a los 200 m.

La red filoniana en el tramo inferior del edificio es donde suele ser más densa, si bien este sector no se caracteriza precisamente por la abundancia de diques. Son diques de composición ba-

sáltica oliviníca, a veces afaníticos y de espesores del orden de 1-1,5 m. En conjunto, en esta zona del edificio no parecen presentar direcciones con una pauta específica, sino que más bien tienen un rango bastante amplio: N-S, N 30° E, E-O, etc. Con frecuencia estos diques van asociados a los centros de emisión enterrados por coladas posteriores, mostrando también direcciones muy diversas.

Los datos geocronológicos referentes a este tramo proceden de las dataciones radiométricas K-Ar realizadas por IBARROLA *et al.* (1988).

2.1.1.1.2. Arenas eólicas con huevos fósiles (4)

La existencia de depósitos fosilíferos intercalados en las coladas basálticas del edificio Famara se conoce ya desde hace años, debido al descubrimiento de huevos fósiles de grandes aves.

El afloramiento más conocido es el de Valle Chico, un estrecho valle situado en el escarpe oriental de Famara, junto a la playa de la Cantería, cerca de Orzola. Otros son los de Valle Grande, al sur del anterior, mencionado ya por ROTHE (1964), y el de Fuente Gusa, en el escarpe occidental, frente a La Graciosa, citado por GARCÍA TALAVERA (1990).

Los depósitos están formados por arenas eólicas bastante cementadas, de color blanquecino-anaranjado, rubefectadas por el emplazamiento de coladas de lava encima de ellas, como ocurre en el Valle Chico. En este afloramiento se apoyan sobre depósitos piroclásticos muy oxidados, correspondientes a un centro de emisión enterrado y desmantelado, mientras que en los otros están intercalados entre coladas. Son arenas de granulometría fina, de carácter calcáreo biodetrítico, con abundantes restos de fauna marina. La potencia del depósito de Valle Chico es de unos 7 m y se encuentra entre +35 y 40 m de altura sobre el nivel del mar.

En Valle Grande los depósitos de arenas encontrados durante la realización de esta cartografía son de muy pequeña magnitud y no se han representado a esta escala, aunque se ha señalado su posición con un símbolo para fauna. Su altura es algo mayor que en Valle Chico. En Fuente Gusa, el espesor de las arenas es muy pequeño (<3 m) y su altura está próxima a la de Valle Chico.

El contenido fosilífero fundamental de estos depósitos está compuesto por huevos (a veces enteros o fragmentados) de aves y de tortugas, así como por huesos.

La interpretación inicial que se dio a los huevos fósiles de aves encontrados en los depósitos de arena fue que se trataba de huevos de avestruz, [ROTHE (1964) y SAUER y ROTHE (1972)]. Al tratarse de aves no voladoras, surgieron inmediatamente incógnitas sobre cómo podían haber llegado a este lugar oceánico. A raíz de ello se propuso el carácter continental de las islas más orientales del archipiélago (Lanzarote y Fuerteventura), suponiendo la existencia de puentes continentales con África, que facilitaban la llegada a las islas de estas aves.

En una investigación más reciente, llevada a cabo tras nuevos descubrimientos de huevos, GARCÍA TALAVERA (1990) interpreta dichos huevos como pertenecientes a aves voladoras y corredoras de gran envergadura, del orden odontopterygiforme, que estarían emparentadas con pelícanos y cormoranes actuales. La distribución estratigráfica de estas aves abarca desde el Eoceno inferior al Plioceno superior, habiendo formado colonias a lo largo de la costa occidental africana y en las próximas islas canarias orientales.

2.1.1.1.3. Tramo medio. Coladas basálticas, diques, conos de tefra y piroclastos de dispersión. (1, 5, 6 y 7)

El tramo medio del edificio está mejor representado en esta zona que el anterior, apareciendo a lo largo de todo el acantilado occidental y oriental.

Está constituido por un potente apilamiento de coladas basálticas, con numerosos almagres y niveles piroclásticos intercalados, que definen una estructura tabular suavemente inclinada hacia el E. El sector más septentrional, Punta Fariones, presenta un basculamiento hacia el N-NE. Las coladas son de tipo "aa", de 1 a 2 m de espesor, con disyunción columnar en las partes internas y cascajo en base y techo, presentando a menudo un grado de alteración acusado. Son rocas oscuras, de carácter masivo y porfídico, con fenocristales de olivino iddingsitizados. El relleno de las vacuolas por ceolitas y carbonatos suele ser frecuente.

Intercalados en las coladas aparecen numerosos almagres y niveles piroclásticos, algunos correspondientes a centros de emisión. En éstos suelen ser frecuentes los diques, a veces originando resaltes por erosión diferencial y sin una pauta de orientación definida. La potencia visible de todo este tramo oscila entre 100 y 200 m.

En el sector oriental, la erosión ha originado profundos valles de orientación E-O que disectan las coladas de este tramo, llegando en ocasiones a aflorar incluso el tramo inferior. Morfológicamente, el escarpe oriental puede ser explicado por una supuesta falla, que determina la disposición alineada de estos relieves y en parte también su basculamiento hacia el norte.

Hacia el sur los materiales miocenos de este tramo quedan casi completamente recubiertos por las ingentes cantidades de lava emitidas desde la alineación de volcanes cuaternarios del grupo de La Corona. En algunas zonas se adivina la morfología previa a las emisiones cuaternarias, observándose en algunos casos cómo dichas lavas caen por esos relieves anteriores. Al sureste de La Corona se observan pequeños afloramientos de coladas del tramo medio, pero muy recubiertas por encostramientos de caliche y piroclastos de esos volcanes (zona de La Majadita).

En este tramo, la red filoniana es notablemente anterior al tramo inferior, si bien aquí, como ocurría en aquél, en esta área, los diques tampoco son numerosos. Aparecen, en su mayoría, asociados a los centros de emisión intercalados entre las lavas. Sus composiciones son basálticas olivínicas y las direcciones que muestran son próximas a norte-sur. En algún caso, la orientación es transversal a aquélla.

Las edades radiométricas disponibles para el tramo del edificio, [IBARROLA *et al.* (1988)], no dejan de ser confusas cuando se considera la totalidad del mismo. En esta zona, los datos radiométricos parecen ser acordes con la estratigrafía propuesta. Con respecto a los obtenidos en áreas más meridionales del macizo (hoja de Soo), parece que este sector es algo más reciente. Las edades de las coladas datadas, principalmente en el escarpe junto a Orzola y cerca de Guinate, indican que el periodo de emisión de este tramo se sitúa entre 7,2 y 5,3 m.a. tal y como indican COELLO *et al.* (1992).

2.1.1.1.4. Tramo superior. Coladas basálticas y conos de tefra. (8 y 9)

La presencia de pequeñas discordancias locales y paleorrelieves en el tramo medio permite separar también un tramo superior. El carácter columnar de las coladas de este tramo posibilita

a veces a su delimitación, pues no siempre el contacto con los inferiores es discordante. La extensión cartográfica de este tramo en la hoja es menor que la del precedente, pues está restringido a las zonas más altas de los relieves y además está ampliamente recubierto por depósitos superficiales o piroclásticos cuaternarios, que limitan aún más su afloramiento.

Está constituido por apilamientos de coladas basálticas dispuestas más o menos horizontalmente sobre las del tramo medio, definiendo una morfología tabular de techo plano. Se adaptan en algunas zonas a las irregularidades y pequeños paleorrelieves en las coladas infrayacentes, que hacen que adopten inclinaciones mayores, si bien nunca superiores a 5°. Pueden distinguirse varias unidades lávicas apiladas unas sobre otras, separadas a veces por niveles de almágres o piroclásticos. Generalmente son lavas de tipo "aa", con bases estrechas escoriáceas y partes internas muy masivas y coherentes, con disyunción columnar, a menudo bien desarrollada. En muestra de mano son rocas oscuras, poco vesiculares y de carácter porfídico, con abundantes fenocristales de olivino iddingsitizado dispuestos en una matriz fina y afanítica.

La potencia media de las coladas de este tramo oscila entre 1 y 4 m, pudiendo alcanzar espesores de hasta 10 m o más en determinadas zonas, como ocurre en el lugar denominado Guatifay. En esta zona puede estimarse una potencia de 100-130 m para el conjunto del tramo.

Los centros de emisión de este tramo, al igual que de los anteriores, debieron de estar situados al oeste de los afloramientos actuales, según puede desprenderse de los buzamientos de las coladas. No obstante, entre ellos aparecen también pequeños centros de emisión locales enterrados por emisiones subsiguientes.

En la zona del Mirador del Río, próximo al vértice Batería (479 m), aparece un depósito piroclástico muy escoriáceo y oxidado, correspondiente a un centro de emisión puntual de este tramo. Al estar completamente desmantelado su morfología original ya no es reconocible, pudiéndose reconstruir, en cierta medida, por los buzamientos periclinales del edificio.

La red filoniana en este tramo es notablemente inferior a la de los anteriores, no habiéndose cartografiado, en esta zona, diques que atraviesen estas coladas.

Únicamente se dispone en esta zona de una datación K-Ar en las coladas de este tramo, tomada en el escarpe occidental, junto a Guinate, [IBARROLA *et al.* (1988)] y que aporta una edad de 3,9 m.a. Considerando otra edad de 6,2 m.a. en áreas próximas más meridionales, también de los mismos autores, se puede concluir que el período de emisión de este tramo abarca, al menos desde 6,2 a 3,9 m.a.

2.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. Dominio de la isla de Lanzarote

2.2.1. Período Plioceno. Episodios sedimentarios

2.2.1.1. Depósitos de glacia: arenas y cantos. (10)

Estos depósitos aparecen escasamente representados en las partes superiores de los relieves del macizo mioplioceno de Famara, donde constituyen pequeñas superficies de acumulación

de materiales detríticos, como ocurre en las partes altas del Lomo del Zalahar, Fuente Dulce y Fuente Salada. Están formados por fragmentos basálticos subredondeados, de tamaños milimétricos y centimétricos, envueltos en una matriz arenosa o arcillosa fina. Superficialmente se hallan encalichados. La potencia que exhiben es baja, no superando el metro.

2.2.2. Período Pleistoceno superior. Episodios volcánicos y sedimentarios

2.2.2.1. Piroclastos y arenas alteradas (11)

En las laderas y partes superiores de los relieves miopliocenos de Famara suelen acumularse depósitos detríticos que proceden de la alteración de materiales piroclásticos y arenosos, originando formaciones arcillosas de coloración anaranjada, a veces de hasta 3 o 4 m de espesor. Donde mayor importancia adquieren por su espesor y extensión es en las proximidades del Mirador del Río (vértice Batería), en Guatify, y en menor medida en las laderas meridionales de los barrancos de Valle Grande y Fuente Salada. Aunque superficialmente muestran un carácter arcilloso, en profundidad se observa aún el material piroclástico todavía no totalmente transformado. Los procesos de edafización son a menudo evidentes, con formación de pequeños nódulos y niveles ferruginosos.

2.2.2.2. Depósitos aluviales: arenas y conglomerados (12)

Aparecen situados en la ladera norte del Valle de Fuente Dulce, justamente en su desembocadura, habiendo sido seccionados por el encajamiento del propio valle.

Se trata de depósitos conglomeráticos de carácter aluvial, formados por cantos redondeados, heterométricos, de litologías basálticas y con tamaños que oscilan entre pocos centímetros hasta algo mayores de un metro. No presentan estratificaciones ni estructuras sedimentarias lamiativas, aunque sí, cierta imbricación hacia el este y secuencias de carácter negativo, es decir, granocrecientes hacia el techo. La matriz que envuelve los fragmentos es arenosa y en general poco abundante en determinadas zonas, conformando un depósito granosoportado en gran parte.

2.2.2.3. Arenas eólicas (13)

Las formaciones arenosas antiguas son escasas en este sector de Lanzarote, quedando pequeños retazos aislados, junto a los relieves miocenos de la parte oriental, al sur de Orzola. En un caso están apoyadas sobre los depósitos aluviales antiguos de la desembocadura del Valle de Fuente Dulce.

Se trata de arenas eólicas de color claro, carácter calcáreo y granulometría fina, con cierto grado de encalichamiento y escasa consolidación. Engloban asimismo numerosos restos de caracoles terrestres, de tipo helicido. La potencia visible de estos depósitos no supera los 2 m.

2.2.2.4. Depósitos de caliche (14)

Los encostramientos de caliche afectan principalmente a los materiales miocenos y pliocenos del edificio Famara, si bien no alcanzan gran extensión superficial. Se han cartografiado en aquellos lugares donde su espesor es algo más considerable, pues en general siempre tienen

espesores centimétricos. En la parte superior del Risco de Famara, próximo a la Punta Fariones, es donde mayor potencia presentan en la zona, alcanzando casi el metro.

Son materiales de carácter carbonatado y granulometría fina, estando a veces recristalizados y bastante endurecidos.

2.2.2.5. *Alineación Los Helechos-La Corona*

Esta alineación volcánica está formada por un grupo de edificios, entre los que figuran como más importantes Los Helechos, La Corona y La Quemada de Orzola. Presenta una orientación N50°E, distando entre sí los edificios extremos unos 6,9 km, si se considera el pequeño centro de emisión de El Valle, localizado en el extremo SO de la alineación (hoja de Soo). Los edificios y lavas emitidas son más modernos en el extremo NE, indicando el sentido de propagación de la fisura eruptiva, si bien no es posible asegurar si hubo actividad simultánea en extremos opuestos. El carácter más erosionado y arrasado de las lavas próximas a los edificios La Quemada-Los Helechos parece indicar que constituyen los episodios más antiguos de la alineación, permitiendo así dividir el conjunto en dos grupos. No así ocurre con las emisiones piroclásticas de uno y otro grupo, siendo imposible individualizarlos cartográficamente.

La edad de este conjunto volcánico es desconocida en términos absolutos, pues no existe ninguna datación radiométrica de los materiales emitidos. Su edad relativa puede conocerse por la presencia, sobre estas lavas, de los depósitos marinos erbanenses, con edades de entre 2.000 y 4.000 años. Aunque las emisiones parecen haberse prolongado durante cierto tiempo, puede estimarse que debieron suceder hacia finales del Pleistoceno superior.

Todo el conjunto de volcanes que forman parte de esta alineación fueron incluidos en la Serie Basáltica IV de IGME-CSIC (1967e) y FUSTER *et al.* (1968). Uno de los autores que más extensamente se ha ocupado de su estudio es BRAVO (1964), haciendo un pormenorizado trabajo sobre el origen de los tubos volcánicos, en referencia a la Cueva de los Verdes y los Jameos, en el malpaís de La Corona. Igualmente, MACAU (1965) realiza una extensa descripción del mismo.

En la Tabla 2.2, se resumen las características morfológicas y petrológicas de todos los centros de emisión de la hoja.

2.2.2.5.1. Edificios La Quemada-Los Helechos: coladas basálticas olivínicas, conos de tefra y piroclastos de dispersión (15, 16 y 17)

Están localizados en el extremo SO de la hoja. Ambos edificios, junto con el centro eruptivo La Cerca, forman un conjunto complejo de varios edificios superpuestos unos a otros, perfectamente alineados a lo largo de la fisura de orientación N50°E. Entre ellos aparecen también restos de edificios construidos en etapas iniciales y que fueron quedando enterrados a lo largo del desarrollo del proceso volcánico.

Edificio La Quemada. Es un edificio de tefra de perfil cónico, truncado en su cima por un carácter de 350 m de diámetro y ligeramente alargado según la orientación de la fisura eruptiva. Al igual que los otros, está emplazado sobre las partes superiores del edificio mioplioceno de Famara, elevándose unos 92m sobre su base. Sus dimensiones basales aproximadas son 700 x 600 m.

El cono está constituido por niveles alternantes de lapilli y escorias, buzando periclinamente hacia el exterior del edificio. Engloban abundantes bombas volcánicas de tamaños y formas diversas, de composición basáltica olivínica y con carácter porfídico.

Edificio Los Helechos. Se superpone al cono de La Quemada, alcanzando mayores dimensiones (>800 x 600m) que aquél, y también con una forma alargada según la dirección de la fisura volcánica. Presenta un perfil cónico asimétrico, de mayor altura en el extremo suroccidental, resultado de la mayor acumulación de material piroclástico en ese lado, debido al empuje de los vientos de componente NE que soplaban en el momento de la erupción. El cráter es doble, (en total de unos 500 m de diámetro, según su eje mayor), con dos profundos embudos, el más grande de más de 100 m de profundidad. El edificio surgió igualmente sobre los relieves de Famara y se eleva unos 110 m sobre su base.

Está constituido por depósitos de lapilli de 1-2 cm de tamaño, alternando con otros de mayor granulometría, hasta alcanzar tamaños mucho más gruesos, tipo bloque, junto con escorias y abundantes bombas volcánicas. Estas tienen morfologías variadas, con predominio de las formas subesféricas, tamaños muy variables, con un rango entre escasos centímetros y 60-80 cm y composición basáltica olivínica. Englobados en el piroclasto aparecen placas de lavas muy vesiculares, así como líticos, también de composición básica.

En el flanco nororiental existen varias bocas eruptivas, determinando una fisura alargada, limitada por paredes escarpadas, formada por escorias, bloques y componentes piroclásticos apelmazados.

Edificio La Cerca. Es un edificio circular, formado por varias bocas eruptivas, de las que se conservan sus cráteres o restos de ellos. Sus dimensiones basales son 600 x 540 m y alcanza una altura máxima de 40 m en su flanco occidental. Se trata de un cono formado por piroclastos basálticos de granulometría mayoritariamente gruesa, con predominio de escorias vesiculares, de morfología irregular, bloques y bombas, suavemente apelmazados y soldados, que conjuntamente determinan un edificio de "spatter". Las bombas presentan tamaños entre 10 y 60 cm, tienen carácter porfídico, con fenocristales de olivino frescos y de composición basáltica. En las laderas orientales se observan niveles piroclásticos con fracciones más finas, dentro del tamaño lapilli.

En general, el conjunto de los tres edificios presenta buen estado de conservación, estando sus laderas relativamente poco vegetadas, aunque sí colonizadas por líquenes (vesubiana, entre otros) dadas las habituales condiciones húmedas de esta área.

Las emisiones piroclásticas dispersadas por el viento durante el desarrollo de esta erupción cubren una extensa superficie, mezclándose con los depósitos emitidos por el centro eruptivo La Corona. Estos depósitos tapizan y cubren los relieves previos, de edad miopliocena, alcanzando con frecuencia potencias de varios metros, incluso en laderas de pendiente fuerte, donde son objeto de explotación (por ejemplo, en las laderas surorientales de La Quemada y Los Helechos; hoja de Haría). Entre ellos resaltan a veces espigones de materiales anteriores, como ocurre en Las Peñas de Agite, al sur de La Corona.

Estos volcanes emitieron gran cantidad de lavas a partir de fisuras en la base de los centros de emisión, hoy cubiertas por acumulaciones piroclásticas. Algunas emisiones salieron también de

los cráteres y se observan actualmente restos de ellas desbordándolos o próximas a los conductos eruptivos.

Tabla 2.2. Resumen de las características morfológicas y petrológicas de los principales centros de emisión

Edificio	Alineación volcánica	Orientación fisura-eruptiva	Dimensiones (m)				Estado de conservación	Materiales emitidos
			Cota (*)	Altura (**)	Anchura máx. mín.			
Isla de Lanzarote								
La Quemada	Los Helechos-La Corona	N50°E	450	110	700	600	Alto, con cráter, vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
Los Helechos	Los Helechos-La Corona	N50°E	450	110	800	600	Alto, con cráter, vegetación, canteras en flanco SE	Coladas y piroclastos basálticos
La Cerca	Los Helechos-La Corona	N50°E	400	40	600	540	Alto, con cráter, escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
La Corona	Los Helechos-La Corona	N50°E	350	250	1100	1000	Alto, con cráter, escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
La Quemada de Orzola	Los Helechos-La Corona	N50°E	230	100	800	600	Alto, con cráter, escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
Isla de La Graciosa								
Montaña Amarilla	Montaña Amarilla-Agujas	N45°E	0	172	900	650	Bajo, con cráter, escasa vegetación	Piroclastos hidromagmáticos, coladas y piroclastos basálticos
Montaña Mojón	Montaña Amarilla-Agujas	N45°E	40	135	1000	700	Medio, con cráter, escasa vegetación	Coladas y piroclatos basálticos
Montaña-Agujas	Montaña Amarilla-Agujas	N45°E	50	216	---	---	Medio, con cráter, escasa vegetación	Piroclastos hidromagmáticos, coladas y piroclastos basálticos

(*) De la base sobre el nivel del mar

(**) Sobre su base

Por el extremo noroccidental, desde la base del edificio Los Helechos, surgen coladas de lava, que inicialmente caen por los escarpes del relieve, donde se emplazó el edificio mioplioceno, corriendo hasta el cercano valle de Guinate, situado a cota inferior. Inundan parcialmente dicho valle y se canalizan por él, para finalmente, a través de un estrecho portillo abierto en el relieve, caer en cascada por los riscos de Famara hasta la costa occidental. En la base del acantilado se abren en abanico, penetrando algunas decenas de metros mar adentro.

Son lavas de composición basáltica olivínica, generalmente porfídicas y vesiculares.

El volumen más importante de lavas se dirigió, sin embargo, hacia el E-SE, sorteando los relieves más prominentes. Se canalizaron por valles como el de Máguez (hoja de Haría) y otros, hasta alcanzar la costa, ampliando el perímetro de la isla en varios kilómetros cuadrados. Los frentes actuales de las coladas se encuentran hoy a unos 5-6 km de distancia de sus áreas de emisión.

Antes de alcanzar la costa, al llegar a la desembocadura del valle de Máguez, las lavas cayeron también en cascada por los escarpes orientales del edificio Famara. Junto con las emisiones posteriores del grupo de La Corona-Quemada de Orzola, recubren todo el macizo oriental de Famara desde Arrieta hasta Lomo Blanco, al sur de Orzola, a partir de donde vuelven a aflorar masivamente hasta el extremo septentrional de Lanzarote. Desde el pueblo de Arrieta (hoja de Haría) se tiene una espléndida visión de la adaptación de estas lavas a los relieves miocenos y su caída por ellos hasta alcanzar la costa.

El enorme malpaís de lavas originado está constituido mayoritariamente por lavas de tipo aa, que determinan potentes morrenas y coladas de cascotes sueltos en superficie, pero masivas, coherentes y poco vesiculares en su interior, donde también desarrollan disyunción columnar. Entre las lavas destacan grandes bloques de lava arrastrados por emisiones subsiguientes. Existen emisiones de carácter "pahoehoe", que desarrollan en superficie morfologías cordadas, tubulares, etc. En detalle, son rocas oscuras, porfídicas, con fenocristales de olivino frescos.

Ocasionalmente, se observan a lo largo del malpaís coladas que forman ramales superpuestos a otros, procedentes de emisiones más tardías.

En zonas próximas a la costa se observa en alguna excavación urbana de Arrieta y Punta Mujeres sedimentos continentales debajo de las lavas (M. Hoyos, com. pers.).

Gran parte de la superficie de estos campos de lava, principalmente en los tramos próximos y medios, en las áreas de menor pendiente, está bastante transformada para labores agrícolas, lo cual modifica su morfología original.

2.2.2.5.2. Edificios La Corona y Quemada de Orzola: coladas basálticas olivínicas, conos de tefra y piroclastos de dispersión (17, 18 y 19)

Uno de los malpaíses o campos de lava no históricos más espectaculares de Lanzarote es el de La Corona-Quemada de Orzola, originado en los últimos episodios de la actividad volcánica desarrollada a lo largo de la alineación Los Helechos-La Corona. Los centros de emisión principales se localizan en los edificios La Corona, a su vez con varias bocas eruptivas adventicias próximas, y en La Quemada, si bien, debió existir también un centro eruptivo importante en Las Peñas de Tao, tal y como reconocen todos los autores previos, [BRAVO (1964) y FUSTER *et al.* (1968)] desde donde se emitieron grandes cantidades de lavas.

Edificio La Corona. Está localizada en lo alto de la meseta de Guatifay, desde donde se eleva unos 250 m de altura, alcanzando unas dimensiones en planta de 1100 x 1000 m de diámetro. Presenta un cráter circular, bastante profundo (190 m) y 400 m de diámetro, superpuesto a la escotadura de un antiguo cráter que se abría hacia el este.

El cono está compuesto por piroclastos, mayoritariamente de granulometría gruesa, con escorias, bloques, fragmentos de lava y bombas, bastante apelmazados, lo que proporciona al edi-

ficio un almacén relativamente compacto, responsable de las elevadas pendientes de sus laderas. En la parte superior del edificio es donde predominan los tamaños mayores y el grado de soldadura y apelmazamiento es mayor. La fracción lapilli es también importante en las partes bajas e intermedias, con granulometrías medias del orden de 0,5-2 cm, si bien también engloban bombas y escorias de diversos tamaños. Algunas bombas alcanzan tamaños de hasta 1 m y muestran formas esféricas, a veces también alargadas o acintadas. Al pie del edificio aparecen varias bocas eruptivas que constituyeron salideros de lava y zonas de desgasificación.

Edificio La Quemada de Orzola. Está situado en el extremo NE de la alineación y emplazado sobre los apilamientos lávicos del edificio Famara, desde donde se eleva unos 100 m de altura. Es un edificio de planta circular (800 x 600), con un cráter abierto en herradura hacia el este.

Está constituido por escorias basálticas vesiculares, mayoritariamente de granulometría gruesa y con escasa fracción de tamaños de tipo lapilli, en general, con un estado de consolidación o apelmazamiento no muy alto. Las bombas son relativamente abundantes, tienen formas y tamaños variados y muestran un carácter porfídico, con fenocristales de olivino dispuestos en una matriz oscura fina.

Al igual que en el caso anterior, existe una extensa zona cubierta por la lluvia de piroclastos dispersados por el viento. En algunas zonas su espesor es considerable, superando los dos metros.

Tanto La Quemada de Orzola como La Corona presentan un buen estado de conservación en sus morfologías originales. Sus laderas están aún poco incididas por acaravamientos y sólo existe un escaso manto de vegetación recubriéndolas.

Centros de emisión de Peñas de Tao. En el lugar así denominado estuvo localizado un centro de emisión, el cual hoy está completamente enterrado y desmantelado por emisiones posteriores procedentes de La Corona. Fue una boca eruptiva de carácter predominantemente efusiva, de la que surgieron enormes coladas de bloques de lava que cayeron por las laderas del edificio Famara hacia el este.

Ambos centros de emisión, La Corona y Quemada de Orzola, emitieron ingentes cantidades de lavas basálticas, a partir de fisuras en la base de los edificios; en algún caso, brotaron lavas desde sus propios cráteres. Las lavas recubrieron el sustrato mioplioceno, rodeándolo, cuando no podían superarlo. Cayeron por los relieves hasta lazanar la costa, prolongando, igual que en el caso de La Quemada-Los Helechos, la superficie insular en varios kilómetros cuadrados. Las emisiones se canalizaron principalmente hacia el sector oriental, y sólo un ramal, procedente de La Corona, tras invadir la vega de Yé, cayó por el acantilado de Famara, hacia la costa occidental, provocando un pequeño "delta" al entrar en el mar. Hacia el sur recubrieron también las emisiones de los episodios previos, correspondientes a La Quemada-Los Helechos. A menudo, el contacto entre los dos episodios no es fácil de establecer, dado su similitud composicional y el poco espacio temporal que medió entre ambos, insuficiente para establecer diferencias morfológicas.

Considerando conjuntamente la totalidad de las emisiones producidas por todos estos centros eruptivos, se obtiene que el malpaís originado alcanza una superficie próxima a los 50 km². Morfológicamente y a grandes rasgos, el campo de lavas es bastante monótono, si bien se dis-

tinguen, a lo largo de él, diversos tipos de coladas con estructuras y morfologías superficiales variadas.

Estas coladas forman potentes morrenas de lavas "aa" escoriáceas y muy caóticas, de grandes bloques y cascotes sueltos, con taludes frontales y laterales muy pronunciados. En sus partes internas la colada es masiva, coherente y desarrolla disyunción columnar, que a veces determina grandes columnas bien individualizadas. Sus bases suelen ser también escoriáceas y caóticas. Muy espectaculares, por sus dimensiones, son las lavas que surgen del centro de emisión localizado en la zona de Peñas de Tao. Los espesores visibles de las coladas son muy variados a lo largo del malpaís, pues existen lavas de tipo "pahoehoe" muy delgadas, que se entremezclan y superponen entre las lavas "aa" más potentes. En general las potencias medias oscilan entre 1 y 4 m, pero en los casos de Peñas de Tao y otros, pueden superar los 10-12 m.

Son rocas oscuras, bastante masivas, a veces vesiculares y esponjosas, de composición basáltica olivínica y con carácter porfídico, destacando en la matriz abundantes fenocristales de olivino.

Un hecho bastante frecuente es la presencia de grandes bloques de lava —megabloques— que fueron arrastrados por las lavas en su desplazamiento hacia la costa. Tienen varios metros cúbicos de volumen y hasta 10 m de altura y sobresalen entre el malpaís, a menudo como islotes o mogotes aislados. Particularmente numerosos son los que se encuentran en las proximidades de las Tabaibitas, al sur de Orzola.

Relativamente frecuente también son abombamientos y formas duniticas aplastadas que presentan las lavas, generalmente cerca de la costa, a menudo con agrietamientos longitudinales o transversales, originadas por la liberación de gases acumulados en su interior. Con frecuencia esta elevada presión de volátiles se debe al agua atrapada y rápidamente vaporizada en el interior de las coladas cuando transcurren próximas al nivel del mar. Estos abombamientos y agrietamientos superficiales causan la fragmentación de la parte externa de la colada en bloques o placas de morfología poligonal.

Otro aspecto superficial en las coladas es la formación de estructuras cordadas, a veces con arcos de empuje de gran radio, tal y como se observa también en las áreas costeras; (por ejemplo, cerca de Los Jameos del Agua (hoja de Haría), o en la plataforma formada por las lavas en la costa occidental.

En la franja próxima a la costa, el malpaís presenta zonas bastante arrasadas y menos abruptas, quedando muchas veces retrasados los frentes de emisiones más tardías. Esto indica que la sucesión de todo el episodio volcánico debió de prolongarse durante bastante tiempo. En bajar, se observan restos del malpaís, sobresaliendo más allá de la línea de costa, formando una amplia rasa marina actual.

Sobre las lavas se depositaron los sedimentos marinos biodetríticos que constituyen el nivel marino holoceno conocido por erbanense (apartado 2.4.1).

Sin duda, uno de los aspectos más llamativos del malpaís de La Corona, como se conoce habitualmente, es la presencia en él de tubos y cavidades volcánicas. Aunque no es un hecho extraño la presencia de estas formas volcánicas en Canarias o en Lanzarote, pues son numerosas las que existen, por ejemplo, en el malpaís de Timanfaya, en La Corona destaca uno de ellos

por sus dimensiones tan excepcionales, buen estado de conservación y fácil acceso. Este último factor ha hecho que haya sido acondicionado para su visita turística.

Se trata de un tubo volcánico que, comenzando al pie del edificio La Corona, en su parte suroccidental, se extiende de manera prácticamente continua hasta la costa, situada a unos 6,10 km de distancia. Más aún, se prolonga todavía varios kilómetros bajo el mar, sin que hasta hoy se haya logrado llegar al final: es el denominado "Túnel de la Atlántida".

Su recorrido subterráneo está perfectamente marcado en superficie por la existencia de depresiones u hoyas, en Lanzarote denominados "jameos", que de manera alineada van mostrando su trazado. Estas depresiones o jameos se forman como consecuencia del colapso del techo del tubo volcánico, alcanzando, en ocasiones profundidades de hasta 20 o 30 m, siendo sus paredes completamente verticales.

Existen numerosos jameos a lo largo de este tubo volcánico, recibiendo muchos de ellos nombres locales, como Jameo Trasero, Jameos de Arriba, Jameos de la Puerta Falsa, Jameo Cumplido, Jameo Redondo, Jameo de la Gente, Jameo de los Lagos, Jameo del Agua (es el más famoso), etc., [BRAVO (1964)]. En los dos últimos hay pequeños lagos de agua salada, debido a la comunicación subterránea con el mar. En los Jameos del Agua existe un pequeño cangrejo ciego y despigmentado (blanco) de la especie *Munidopsis polimorpha*. La sucesión encadenada de todos los jameos es denominada por este autor con el gráfico nombre de "Ruta de los Jameos" (véase también la hoja de Haría, donde se continúan hasta la costa los jameos). Precisamente son estos hundimientos del techo del tubo los que permiten su acceso al interior, pues de lo contrario pasarían inadvertidos. Sólo una parte de los Jameos del Agua es visitable, conociéndose dicha parte como "Cueva de los Verdes" (hoja de Haría), y es uno de estos jameos el lugar de entrada y salida del mismo.

En los cortes producidos por estos desplomes se puede apreciar la constitución interna del malpaís, observándose la superposición de numerosas coladas de lava, a menudo muy delgadas, de tipo "pahoehoe", con formas tubulares irregulares y en general morfologías diversas. En el fondo de los jameos se observa la acumulación caótica de bloques y fragmentos desplomados del techo.

El interior del tubo volcánico es espectacular, por la variedad y riqueza morfológica de las formaciones de lava. Existen numerosas galerías y pasillos, a veces superpuestas o cruzadas unas a otras a diferentes alturas, terrazas y escalones laterales indicativos de los sucesivos descensos de los caudales de lava, simas, cornisas, acumulaciones de cascotes, coloraciones diversas: rojizas, por oxidación de las lavas, verdosas, blancuzcas, por escape de gases durante el proceso de enfriamiento, etc. Especialmente llamativas son las goteras de lava o estalafitos colgantes en las paredes y techos de algunas zonas del tubo. En cuanto a las dimensiones de los pasillos y galerías, las hay estrechas y de paso difícil, pero a menudo alcanzan anchuras de varias decenas de metros, formando enormes salas.

La formación de los tubos volcánicos está condicionada por las características físicas de las lavas (temperatura, fluidez, composición química, etc.), pero también por la superficie topográfica por la que discurren. Su formación se ve favorecida por una elevada temperatura y fluidez de las lavas, en general propio de lavas basálticas, como en este caso, además de pendientes poco abruptas, más bien suaves. Como consecuencia de ser las lavas malos conductores del calor, una vez enfriada y solidificada la superficie de la corriente lávica, el interior queda aislado tér-

micamente y protegido del enfriamiento, permitiendo el flujo continuo de la lava baja la costra superior endurecida. Al cesar la emisión o disminuir la tasa de efusión en la boca eruptiva, permanecerá vacía una cavidad de forma tubular.

Existen varios trabajos bastante detallados sobre el origen y formación del tubo volcánico de La Corona, con abundantes y extensas descripciones de su interior; entre ellos destacan los de BRAVO (1964), MACAU (1965) y SOCORRO (1989), a los que se remite para más detalles. En el trabajo de MACAU (*op. cit.*) y en MONTORIOL (1969) se aportan incluso topografías con secciones en planta y alzado de este tubo.

2.2.3. Período Holoceno y actual. Episodios sedimentarios

2.2.3.1. Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados. (20)

En varios puntos de la costa oriental, así como de la costa occidental, y en ambos casos apoyados sobre las lavas de la Alineación Los Helechos-La Corona, aparecen depósitos marinos fosilíferos, situados a alturas que varían entre 0 y +1 m sobre el nivel del mar. Corresponden al nivel de playa erbanense, definido en la isla de Fuerteventura por MECO (1988) y MECO *et al.* (1987). Su similitud composicional y de contenido faunístico con otros depósitos del Pleistoceno superior, llamados jandiense por los mismos autores, hace que no sea posible una identificación precisa de los mismos, sin dataciones isotópicas.

Los depósitos han sido cartografiados en la zona de La Caleta, Punta Prieta y cerca de Casas de Bajo Risco, este último lugar en la costa occidental. Están constituidos por una arenisca biodetrítica de color claro, a veces con un conglomerado de cantos básicos y abundante fauna marina. Aflora formando paquetes de cierta extensión y de 10 a 60 cm de espesor, apoyadas sobre las lavas cuaternarias. Con frecuencia sólo se les encuentra en pequeñas cubetas entre la roca actual y con espesores centimétricos. Se disponen horizontalmente o bien buzando 2-5° hacia el mar.

El contenido fosilífero es muy abundante, con fauna semejante a la actual, estando representada por fragmentos o restos enteros de *Theridium vulgatum* Brugiere, que junto a patelas (*Patella*) semejantes a las jandienses (*Pleistoceno superior*) constituyen la mayor parte de la población. Aparecen, además, *Columbella rustica* (Linné), *Linga columbella* Lamarck, *Conus mediterraneus* Brugiere, *Erosaria spurca* (Linné), *Thais haemastoma* (Linné), *Polinices lacteus* (Guildin), *Cantharus viverratus* Kiener, *Cerastoderma edule* (Linné) y *Ghlamys* corallinoides.

2.2.3.2. Depósitos de deslizamientos gravitacionales (21)

Las laderas de todo el acantilado o risco de Famara están parcialmente cubiertas por depósitos detríticos gravitacionales procedentes del desmantelamiento de los relieves sobre las cuales se apoyan.

En esta cartografía se han distinguido dos tipos: depósitos de ladera y depósitos de deslizamientos gravitacionales, a los que se hace referencia en este apartado.

Son depósitos muy groseros, heterométricos, compuestos por cantos y fragmentos, de formas irregulares de rocas básicas, a veces de gran tamaño, originados a partir de desprendimientos masivos de las paredes del acantilado. La matriz que los envuelve es de carácter arenoso y en

algunos casos da cierta cohesión al depósito, si bien, en general, el grado de cementación y cohesión es bajo.

Alcanzan pendientes muy fuertes, adoptando formas triangulares, y aumentan de espesor y amplitud desde el ápice hasta las zonas distales. Sus terminaciones suelen estar a menudo seccionados bruscamente, ocasionando paredes acantiladas de gran altura.

2.2.3.3. *Depósitos de ladera (22)*

Al igual que los anteriores, desarrollan formas triangulares y recubren gran parte de los acantilados de Famara y las laderas de los valles y barrancos excavados en el relieve mioplioceno.

Están constituidos por materiales detríticos, groseros y heterométricos, sin clasificación u ordenación interna, pero generalmente de menor tamaño que los anteriores. Los fragmentos son de formas angulosas y la matriz que los envuelve es arenosa. La consolidación de los depósitos es, igualmente, baja, siendo su estabilidad bastante precaria. En algunos casos están parcialmente cementados por caliche, adquiriendo algo más de cohesión.

En sus partes distales suelen mostrar mayor desarrollo y amplitud, adquiriendo pendientes muy poco inclinadas, como se observa junto a las Salinas del Río o en algunos barrancos del interior. En este último, pero también a lo largo de la costa oriental, pueden estar profundamente incididos por el encajamiento posterior de los barrancos, presentando paredes verticales. Junto a la Playa del Risco también quedan colgados por encima del nivel de base, reflejando posiblemente eventos en esta zona de actividad neotectónica de cierta importancia.

Un análisis más detallado de los mismos indica la existencia de varias generaciones de depósitos, con sus ápices situados en las barranqueras que cortan a los de la generación anterior. Esta situación se aprecia bien en los depósitos del acantilado occidental de Famara.

2.2.3.4. *Depósitos aluviales: arenas y arcillas (23)*

Están localizados en zonas deprimidas y en pequeñas cuencas cerradas, donde se acumulan los depósitos de lavado de las vertientes. Los que presentan mayor extensión y espesor se encuentran en la zona de Orzola, donde se apoyan sobre las coladas de La Quemada de Orzola.

Son materiales de naturaleza arenosa-arcillosa, de granulometría fina, de color marrón-anaranjado y carácter terroso, que engloban a veces algunos niveles de cantos. Sus espesores visibles alcanzan cerca de Orzola entre 1 y 2 m, si bien en otros lugares son inferiores.

2.2.3.5. *Depósitos aluviales de barranco (24)*

Donde mejor representados están es en los fondos de los valles y barrancos excavados en los materiales miocenos de Famara, ya que la red de drenaje en las emisiones cuaternarias es prácticamente inexistente.

Están formados por arenas y gravas, a veces con grandes bolos de rocas basálticas, sin gran selección u ordenación interna. Los tamaños medios de los cantos oscilan entre escasos centímetros y 60-80 cm, pudiendo superar en ocasiones el metro de diámetro. El porcentaje de finos que los envuelve es también grande, si bien a veces hay zonas donde los cantos están muy

concentrados y la matriz queda reducida. Las secciones visibles no permiten apreciar espesores de consideración, siempre de orden de 1 o 2 m, si bien su potencia en profundidad puede llegar a ser de tres a cuatro veces mayor.

Como se observa en la cartografía, a la salida de los barrancos donde tienen más entidad (Valle Grande, Fuente Dulce y Lomo Blanco), siempre presentan derrames orientados hacia el norte, reflejando un basculamiento del bloque de Famara en este sentido.

2.2.3.6. *Playas de arenas y cantos* (25)

Este tipo de playas están bien representadas en la zona de las Salinas del Río, al pie del acantilado occidental de Famara. Se trata de depósitos constituidos por cantos basálticos redondeados, empastados por una matriz arenosa de grano medio y fino.

2.2.3.7. *Playas de arenas* (26)

Las playas de arena en este sector de Lanzarote están restringidas a la playa del Risco, La Cantería y a algunas calas en la costa oriental. Están formadas por arenas doradas o blancas, de grano fino y son de constitución mayoritariamente organógena, al proceder de la destrucción de conchas marinas.

2.3. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO

2.3.1. Dominio de la isla de La Graciosa

La división del MTN a escala 1:25.000 ha originado partición de la isla de La Graciosa en dos hojas Graciosa y Caleta de Sebo. Como la mayor parte de las unidades cartografiadas en esta hoja tienen representación en la otra, para que la descripción de cada una de ellas no quede incompleta o fuera de contexto, ésta se hará considerándola en la totalidad de la isla, independientemente de la hoja en la que se encuentren.

2.3.1.1. *Período Pleistoceno medio. Episodios volcánicos*

2.3.1.1.1. Alineación Montaña Amarilla-Agujas: diques, piroclastos hidromagmáticos, coladas basálticas, conos de tefra y piroclastos de dispersión (27, 28, 29, 30 y 31)

Esta alineación volcánica está compuesta por cinco centros de emisión principales y algunas bocas eruptivas de menor entidad, alineados según una fisura de orientación N45°E. La fisura afecta, la zona central de la isla, existiendo una distancia de 8 km entre los edificios extremos de la misma. Los centros de emisión del extremo NE, los volcanes de grupo de las Agujas, se hallan en la hoja de Graciosa, al norte de ésta.

Edificio Montaña Amarilla. Está situado en el extremo SO de la isla, donde constituye un edificio de perfil cónico, con 172 m de altura, unas dimensiones de 900 x 650 m y un cráter abierto hacia el norte. Su flanco meridional está profundamente cortado por la erosión, permitiendo la observación de su estructura interna, donde se aprecia que el edificio es el resultado de dos fases constructivas que tuvieron lugar en medios diferentes y que condicionaron mecanismos eruptivos también distintos.

La parte interna del edificio está constituida por depósitos piroclásticos hidromagmáticos, correspondientes a los primeros episodios constructivos originados en un medio subacuático somero. Se trata de depósitos piroclásticos de tipo húmedo (*wet surge*) estratificados y de granulometría fina, bastante homogénea, entre 0,5 y 2 cm. Presentan laminaciones paralelas, estructuras de deformación, de "slumping", etc., incluso lapilli de tipo acrecionario, [QUESADA et al. (1992)]. Engloban, asimismo, algunas bombas de composición basáltica y líticos de tamaños milimétricos y centimétricos, también de esa composición.

El depósito presenta una coloración ocre-amarillenta, como consecuencia del proceso de alteración palagonítica sufrida, que al atardecer, con el sol bajo, toma una tonalidad "oro viejo", tal como bien lo describe BRAVO (1993). Esta alteración confiere un cierto grado de consolidación al depósito.

Atravesando a estos piroclastos, aparecen al menos dos diques basálticos, de menos de 1 m de espesor y orientación N55°E, que rubefactan el depósito. Son diques de composición basáltica olivínica. Muestran un recorrido rectilíneo, pero divagante en algún tramo de su trazado y parecen llegar a la parte superior del edificio, que está cubierto por piroclastos estrombolianos de los siguientes episodios. Estos diques constituyen los salideros de las coladas que originan el extremo suroeste de la isla (Punta del Pobre), pues se observa cómo uno de ellos se divide en dos: hacia un lado continúa atravesando los piroclastos y hacia el otro se derrama en forma de coladas de lava de composición basáltica. Los diques son pues los conductos de alimentación de los episodios finales del edificio.

En esos episodios finales o segundo episodio de construcción de Montaña Amarilla, los mecanismos eruptivos ya no están condicionados por la entrada de agua a los conductos magmáticos, caracterizándose el proceso por una menor explosividad y la emisión de lavas en ambiente subáreo.

En esta fase se construye el edificio tal y como se observa actualmente, originándose un típico cono de tefra formado por lapilli, escorias y bombas basálticas de granulometría heterogénea, dispuestos en mantos estratificados. El depósito está apelmazado y es de color oscuro rojizo, debido a la oxidación. En los alrededores del edificio existen acumulaciones de lapilli correspondientes a la fracción dispersada por el viento, unidos a los que se desprenden del cono por acción de las aguas meteóricas.

Las emisiones lávicas de Montaña Amarilla surgen de la base del edificio, a partir de grietas y fisuras eruptivas, bien paralelas o conjugadas con la orientación de la fisura principal. Otras surgieron de los diques antes mencionados. Originaron un amplio malpaís que se extiende de manera radial, pero principalmente hacia el norte, posteriormente recubierto en gran parte por las arenas eólicas que se extienden por casi toda la isla.

Edificio Montaña Mojón. Está localizado en la zona central de la isla. Es un edificio de 135 m de altura, con unas dimensiones de 1000 x 700 m y un cráter circular, casi cerrado, de unos 400 m de diámetro. En el cráter se observa una discordancia que pone de manifiesto distintos episodios o fases de construcción.

Se trata de un cono de tefra constituido por lapillis relativamente gruesos, escorias, bloques y bombas de composición basáltica olivínica, formando un depósito escasamente consolidado o

apelmazado. Es frecuente, asimismo, la presencia de planchones y fragmentos de lava vesicular englobados en el piroclasto.

Aunque externamente el edificio esté constituido por tefra subáerea, no se descarta que sus primeros episodios fueran también de carácter hidromagmático. En el flanco suroeste parece existir un salidero de lavas que canalizaron hacia la costa occidental. La mayor parte de las lavas de este edificio se emitieron a partir de fisuras en la base, fluyendo hacia el este-suroeste, ahora también prácticamente cubiertas por arenas eólicas.

Edificio Las Agujas. Constituyen un grupo de edificios piroclásticos superpuestos unos a otros, denominados Aguja Grande, Aguja Chica y Morros de Pedro Barba, cuya disposición marca perfectamente la directriz de la fisura eruptiva. La cota de la base sobre la que surgieron se encuentra a unos 50 m sobre el nivel del mar, alcanzando alturas de 216 y 205 m, los de mayores dimensiones.

Al igual que en Montaña Amarilla, en la Aguja Grande sus primeros episodios fueron también de tipo hidromagmático. Los depósitos piroclásticos originados quedan actualmente en la parte interna del edificio, cubiertos por las fases posteriores, típicamente estrombolianas, pero afloran en la ladera sur del mismo. Son depósitos de lapilli de color amarillento, de tamaño fino y estratificados, con laminaciones paralelas y cruzadas de bajo ángulo, mostrando en conjunto un grado de consolidación notable. Representan depósitos de oleadas piroclásticas, de facies de tipo húmedo. Engloban abundantes líticos de composición basáltica y tamaños del orden de 1,5 cm o inferiores.

En la costa occidental, en La Baja del Ganado, afloran unas tobas palagoníticas finamente estratificadas, relacionadas con estos primeros episodios hidromagmáticos.

Recubriendo los depósitos hidromagmáticos aparecen niveles estratificados de tefra estromboliana, correspondientes a los estadios posteriores y finales de la erupción. Este tipo de material configura la mayor parte de La Aguja Grande, pero también de La Aguja Chica y Los Morros de Pedro Barba (hoja de Graciosa).

Son depósitos de lapilli, escorias, bloques y bombas basálticas, relativamente heterogéneos en granulometría. Los tamaños, entre 2 y 10 cm, son los más abundantes y suelen englobar nódulos de dunita. En los alrededores de los edificios aparece una amplia extensión de lapilli fino, dispersados por el viento durante la erupción.

Edificio Lomo del Burro. Es el centro de emisión más septentrional de esta alineación (hoja de Graciosa) constituido en realidad por varias bocas eruptivas. Por su aspecto parece ser más moderno que los anteriores, pudiendo indicar un sentido de progradación de la fisura eruptiva en sentido NE. El edificio principal alcanza escasamente los 20 m de altura.

El depósito está constituido por escorias, bombas y bloques basálticos muy oxidados, siendo escasa la fracción de lapilli.

Las emisiones lávicas de todos estos edificios forman lavas "aa", muy escoriáceas y caóticas, con espesores de varios metros, que en el caso de los de Montaña Amarilla pueden alcanzar entre 10 y 15 m. También las de Las Agujas, en la costa nororiental, al sur de Pedro Barba y en la costa occidental son muy potentes. Surgieron por fisuras en la base de los edificios piroclás-

ticos o próximas a ellos, extendiéndose radialmente a los edificios. En el caso de las emisiones de Montaña Mojón, fluyeron hacia la costa oeste, pero también hacia el este, quedando en este sector prácticamente cubiertas por arenas eólicas. Únicamente sobresalen entre ellas algunos montículos de lavas y escorias.

Son lavas de composición basáltica olivínica, mostrando un carácter porfídico con fenocristales más o menos frescos de olivino y una mayor vesicularidad en sus partes superficiales. Internamente la roca es coherente y masiva, poco vesicular y muestra desarrollo de disyunción columnar. No es muy frecuente en ellos la presencia de enclaves de peridotitas (principalmente Iherzolitas y dunitas), [SAGREDO (1969)], si bien, junto a Montaña Amarilla, son abundantes en las coladas alimentadas por uno de los diques, junto a la Punta del Pobre. También aparecen en las lavas de Montaña Mojón.

La superficie de los malpaíses originados está actualmente muy reducida, al estar en gran medida cubiertos por depósitos arenosos, en ocasiones de gran potencia, como se observa en la zona central y meridional de la isla. Otras veces este recubrimiento es escaso, dejando entrever el material rocoso.

El sustrato sobre el que se apoyan estas lavas no siempre es visible. En diferentes puntos de la costa de la mitad septentrional de la isla (Baja del Ganado, Los Resbalajes, Hoyos del Cuervo, Morros Negros, etc.), existen coladas basálticas olivínicas, relativamente arrasadas y de aspecto antiguo, cuya asignación a los edificios considerados no está muy clara. Por ello, se les ha considerado pertenecientes a un posible sustrato antiguo e indiferenciado, sobre el que se apoyan el resto de emisiones de la isla. En ocasiones, bajo las lavas de esta alineación volcánica aparecen, asimismo depósitos piroclásticos, como se ve en la zona de Baja del Ganado (hoja de Graciosa).

2.3.1.2. *Período Holoceno. Episodios sedimentarios*

2.3.1.2.1. Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados (32)

En esta isla, la regresión marina ocurrida a finales del Cuaternario ha ocasionado también un suave arrasamiento del litoral, dejando depósitos marinos fosilíferos a alturas que oscilan entre +0,5 y 1 m sobre el nivel actual del mar. Estos depósitos aparecen de manera discontinua a lo largo de la costa de La Graciosa, tanto en la zona norte como sur: playa del Ámbar (realmente llamada playa Lambra), Baja del Ganado, Pedro Barba, área de Caleta de Sebo, Playa del Francés y Bajo del Coral. Corresponden al nivel marino denominado erbanense, de Erbani, antiguo nombre de Fuerteventura definido por MECO (1988) y MECO et al. (1987) en dicha isla. Como se dijo ya antes, en ocasiones no es posible una caracterización precisa del depósito, dadas las semejanzas en el contenido faunístico del jandiense (Pleistoceno superior) y del erbanense, pudiendo además coincidir ambos en altura.

Los depósitos cartografiados en La Graciosa son similares a los descritos para este sector de Lanzarote. Están constituidos por una arenisca de color claro, cementada, a menudo, con un conglomerado de cantos básicos y abundante fauna marina. Habitualmente aparecen apoyados directamente sobre coladas basálticas, aunque otras veces se observa un nivel marrón de arenas continentales en su base. Afloran en forma de "beach rocks", en cubetas sobre las coladas, con espesores centimétricos. También forman niveles horizontales o inclinados hacia el mar,

con espesores de 1-1,3 m, como ocurre por ejemplo, en Bajo del Corral, en la costa occidental, donde los cantos basálticos acompañantes, de formas redondeadas y subredondeadas alcanzan tamaños de 10 a 20 cm. En este lugar, a unos 5 m de distancia hacia el interior y a unos 3 m de altura sobre el nivel del mar, aparece un depósito similar, con abundante fauna, que podría corresponder al jandiense.

Aparecen también a lo largo de toda la costa oriental de la isla, donde originalmente debieron alcanzar gran desarrollo, estando hoy semicubiertos por las arenas eólicas, que impiden, a menudo diferenciar sí realmente corresponden a este nivel marino o al anterior (jandiense). A veces aparecen fragmentos de areniscas y cantos cementados correspondientes al jandiense, englobados en los depósitos erbanenses, lo que indica que éstos también debieron ocupar toda la zona. Precisamente, las casas de Caleta de Sebo están construidas directamente sobre estos depósitos, tal como se observa entre sus calles, pues no están asfaltadas.

La fauna en los depósitos erbanenses es semejante a la actual, caracterizándose por la presencia de *Thericium vulgatum* Brugiere, que junto con patelas semejantes a las jandienses, constituyen la mayor parte de las poblaciones presentes. Entre el resto figuran *Columbella rustica* (Linné), *Linga columbella* Lamarck, *Thais haemastoma*, y otros ya mencionados en los depósitos citados en el apartado 2.4.1.

2.3.1.2.2. Depósitos aluviales: arenas y arcillas (33)

Es habitual que las pequeñas cuencas y zonas endorreicas que aparecen dentro de los malpaíses de lava o entre los edificios volcánicos aparezcan rellenas de depósitos aluviales de carácter arenoso-arcilloso, de aspecto pulverulento en muchos casos. En esta área tienen una representación bastante importante en la zona entre Montaña Mojón y Montaña Aguja Grande.

Son depósitos de coloración anaranjada, de granulometría fina, a veces con un componente limoso importante. Es frecuente asimismo que aparezcan entremezclados con arenas eólicas. Engloban abundantes fragmentos angulosos de lavas y escorias basálticas.

Su espesor visible oscila entre escasos centímetros o decímetros y algo más de un metro.

2.3.1.2.3. Arenas eólicas y recubrimientos de arenas eólicas (34 y 35)

Las acumulaciones de arenas eólicas, tanto en la costa como en el interior, son uno de los aspectos más llamativos del paisaje de La Graciosa. Aparecen adosadas a los relieves volcánicos, suavizando la morfología abrupta de sus malpaíses y formando extensos campos de dunas litorales detrás de las playas.

Son arenas eólicas de carácter organógeno, formadas por fragmentos de conchas marinas con una granulometría fina y color dorado. Forman acumulaciones o montículos, a veces sin una morfología determinada y otras definiendo pequeñas dunas alargadas, sebkjas, etc. Generalmente forman depósitos poco consolidados, casi siempre sueltos, estando sujetos a la dinámica eólica que esparce y remueve la arena por toda la isla. A menudo se observan depósitos antiguos, más consolidados, con estratificaciones cruzadas y abundantes caracoles de tierra (helícidos), como ocurre por ejemplo en las inmediaciones de Caleta de Sebo o en la costa suroccidental, en donde están adosadas sobre las coladas de Montaña Amarilla. Estos depósitos más antiguos tienen coloración rosada-anaranjada.

El espesor visible de estas formaciones varía según la topografía que recubren, pudiendo oscilar entre varios metros (zona de Montaña Amarilla) y escasos centímetros. Cuando su espesor es bajo, constituyen recubrimientos muy delgados, entre los que sobresalen las lavas sobre las que se apoyan.

2.3.1.2.4. Playas de arenas (36)

La morfología relativamente baja y suave de gran parte del litoral de esta isla es favorable para la acumulación de arena y desarrollo de extensas y amplias playas, destacando , entre ellas, la playa de Las Conchas (zona noroccidental hoja de Graciosa), o las que se prolongan sin solución de continuidad desde Caleta de Sebo hasta Montaña Amarilla por la costa E-SE: La Laja, Bahía del Salado, playa del Francés, playa de la Cocina, etc. Junto con las acumulaciones de arena que se extienden hacia el interior, proporcionan a la isla un atractivo exótico especial.

Los depósitos de playa están formados por arenas bioclásticas finas de color claro-dorado, idénticas a las que constituyen las formaciones arenosas del resto de la isla.

3. TECTÓNICA

Por circunstancias de la división administrativa en hojas impuesta por el Mapa del S.G.E. la hoja de Caleta de Sebo comprende dos unidades geográficas separadas: la mitad sur de la isla de La Graciosa y el tercio norte del macizo de Famara. Conjuntamente, ambas unidades participan de los mismos rasgos volcano-estructurales dominantes en el Dominio de Famara y, por tanto presentan directrices estructurales comunes en algunos elementos.

De todos los elementos estructurales propios que definen la evolución tectónica en terrenos volcánicos, en esta hoja están presentes varios de ellos: los diques, las fallas y las alineaciones volcánicas (fisuras eruptivas).

Para una mejor comprensión estructural, se realizará la caracterización tectónica de las dos unidades geográficas por separado.

En la isla de La Graciosa el elemento estructural de primer orden lo constituye la alineación volcánica de Montaña Amarilla-Agujas. Esta fisura eruptiva, de edad pleistocena media y sólo representada en la hoja por su mitad sur, define mayoritariamente el volcanismo de la isla, así como condiciona la forma elongada SSO-NNE de la misma. La alineación presenta una orientación N45°E y la componen cinco conos de tefra principales (todos con cráteres) y algunos salideros puntuales o cráteres adventicios menores. De la observación de campo, se desprende que la fisura comenzó en el extremo SO, con la erupción hidromagmática de Montaña Amarilla, y fue progresando en sentido NE, con las emisiones de Montaña del Mojón y Montañas de las Agujas. Montaña Amarilla es un cono de tefra mixto (hidromagmático-estromboliano) con un cráter abierto hacia el norte. En su flanco SO afloran unos diques basálticos (parte del conjunto de diques radiales de este tipo de edificios) orientados a N55°E, subparalelos a la alineación. Esta forma redondeada del edificio, así como la orientación NE de sus diques, sugiere un campo de esfuerzos extensional para la tectónica que dio origen a la fisura eruptiva. El resto de los edificios de la alineación tienden a presentar la apertura de sus cráteres hacia el NNE, de manera concordante con la alineación. Igualmente, algunos de los pequeños salideros adventicios se distribuyen en un pasillo subparalelo a la orientación preferente de la fisura, lo que

confirma nuevamente la presencia de una tectónica extensional como productora de la alineación. Otro dato estructural a favor de esta hipótesis está en la presencia de una pequeña grieta eruptiva (formada por varias bocas adventicias) un poco al oeste de Caleta de Sebo, con una orientación paralela a la de la fisura principal.

Por su parte, en el macizo de Famara, los elementos estructurales aflorantes, según un orden cronológico, son: diques basálticos, fallas y alineaciones volcánicas. Los diques son poco abundantes y pertenecen a los tramos inferior y medio del edificio mioplioceno de Famara, por lo que sus edades pueden considerarse prácticamente como del Mioceno superior. Muchos de ellos están asociados a conos piroclásticos enterrados por tanto, siguen pautas estructurales muy puntuales. Otros parecen tener un rango mayor, ya que cortan el apilamiento lávico, y por eso pueden considerarse como representativos del campo de esfuerzos regionales. En la pared del acantilado oeste, pueden verse algunos de estos diques, con direcciones N40°E, y buzamiento subvertical, que resultan concordantes con la elongación del macizo y con el campo de esfuerzos regional dominante en la zona. Otros diques presentan una dirección N130°-160°E, también subverticales. Son los que afloran en la pared este del acantilado y en el área de Punta Fariones.

Las fallas en esta parte norte del macizo de Famara son todas supuestas, aunque con un grado de certidumbre alto. Del estudio fotogeológico y de la observación morfológica del macizo se puede apreciar una serie de lineamientos principales que definen posibles directrices preferentes de fracturación. Los tres lineamientos principales son: el que limita el acantilado oeste, el que limita por el este el acantilado de Punta Fariones, y por último, el que limita el escarpe basáltico mioceno, al sur de Orzola. Estos mismos lineamientos los definen MARINONI y PASQUARÉ (1994), afirmando sin dudas que el último es una fractura. En la observación de campo no se ha detectado en ninguno de ellos brechas de falla u otra estructura deformativa propia. Sin embargo, no resulta casual que las direcciones principales de los diques miocenos, alineaciones volcánicas y las de estos lineamientos sean más o menos concordantes. Se puede afirmar, por tanto, que las directrices N30°E (del acantilado oeste) y N160°E (acantilado este y límite del escarpe sur de Orzola) son líneas de debilidad estructural que han funcionado como fallas, basculando el macizo basáltico de Famara. La edad de esta fracturación es incierta, aunque cabe pensar que es anterior al Cuaternario, y ha podido actuar de manera recurrente.

Resulta importante destacar también la inclinación actual del apilamiento lávico mioplioceno del edificio Famara. Tanto la superficie culminante como las lavas que lo componen desde su base (tramo inferior) presentan un ligero buzamiento (<15°) hacia el E. Esta inclinación, en parte, se considera primaria, pero es casi seguro, a tenor de los datos aportados por el estudio geomorfológico, que se debe también a los efectos de basculamiento. Los lineamientos NNE-SSO (posibles fallas) que delimitan el macizo por ambos lados actuarían de bisagras para este movimiento.

En la zona, sólo hay una alineación volcánica. Se trata de la definida por los volcanes de La Quemada-Los Helechos-La Corona-La Quemada de Orzola. Esta fisura eruptiva tiene una longitud de 7,5 km y su edad se estima Pleistoceno superior. Por ella ha salido un gran volumen lávico que ha cubierto gran parte del edificio basáltico mioceno de Famara. Está integrada por cinco conos de tefra principales alineados según una dirección N45°E, que, como puede verse, es la directriz tectónica dominante en el dominio estructural de Famara. Asociado con ellos se encuentran también otros centros de emisión menores y restos de cráteres primeros que han sido solapados por nuevas emisiones mayores en algunos de los conos principales (por ejemplo

en Los Helechos). De los datos de campo correspondientes a la estratigrafía relativa de las emisiones lávicas y piroclásticas de esta fisura se aprecia un sentido claro de propagación del SO al NE, que, según datos de otras zonas, resulta ser dominante en Lanzarote.

La distribución geométrica de los centros volcánicos adventicios o parásitos de la alineación dibuja líneas de debilidad secundarias que resultan paralelas a la fisura principal en el tramo de La Quemada-Los Helechos, mientras que en el volcán La Corona la posición de los centros de la ladera forman un cierto ángulo.

Debido a que el sentido de propagación volcánica se produce desde Los Helechos hacia La Corona, podría concluirse que durante el primer episodio de emisión la fisura eruptiva actuó bajo un régimen de tectónica extensional, para cambiar posteriormente, durante la erupción de La Corona-La Quemada de Orzola, a una tectónica de compresión que produjo una falla activa de "strike-slip" o transcurrente.

Los movimientos verticales registrados en la isla de La Graciosa y en Famara han quedado marcados en diversas rasas marinas a distintas alturas: jandiense (Pleistoceno superior) y erbanense (Holoceno).

4. GEOMORFOLOGÍA

Aunque la isla de La Graciosa sólo aparece en esta hoja en su mitad meridional, se ha considerado la geomorfología de la isla en su conjunto para una mejor comprensión. A su vez, se han separado los estudios geomorfológicos de la isla de La Graciosa y la parte norte de la isla de Lanzarote, por estar geográficamente separadas y no presentar una evolución común.

4.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

4.1.1. Norte de Lanzarote

Esta parte de la isla está constituida casi en su totalidad por materiales de origen volcánico, ocupando los de carácter sedimentario, que son elaborados a partir de éstos, un 5-10% de la superficie en esta hoja.

El relieve, muy característico, está marcado por un lado por los restos del edificio de Famara, formado por basaltos miopliocenos, y por otro por los conos y malpaíses de La Corona, del Pleistoceno superior.

Así, las mayores elevaciones son los edificios de Monte Corona, Los Helechos y La Quemada, con 609, 581 y 562 m de altitud respectivamente. El escarpe de Famara, que recorre todo este sector aflorante en la hoja y continúa en la del sur, de dirección NNE-SSO, alcanza destacadas altitudes, teniendo en cuenta su proximidad del mar, que van de 492 m en el ángulo SO a 369 m al N.

Las alturas descienden bruscamente hacia la costa, en este lado oeste; en la parte oriental se encuentran superficies aplanadas elevadas al norte que enlazan de una forma relativamente brusca con los malpaíses de La Corona, con cotas del orden de 50-60 m sobre el nivel del mar. Más al sur de los edificios antes mencionados surgen los malpaíses, que aunque se adaptan al relieve antiguo, suavizan éste dando al principio pendientes del orden de 10%, para a partir

de la cota de 100 m ser la pendiente muy escasa (<5%), dando un relieve muy plano, hasta alcanzar las coladas la línea de costa al E de la hoja.

Dado que gran parte de esta zona de la isla está cubierta por emisiones muy modernas y debido a la escasez de lluvias, la red hidrográfica se restringe a los barrancos, que, con una dirección principalmente O-E, conducen mínimos cursos de agua que mueren en pequeñas cuencas cerradas por las coladas de La Corona.

El clima reinante es como en el resto de la isla, de carácter árido-seco, con escasas precipitaciones; no obstante, en esta zona, debido a las altitudes alcanzadas, es donde aparece la mayor pluviometría de la isla, con 200-250 mm de media anual en las cumbres y 150 m en zonas más bajas [MARZOL, 1988].

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

4.1.2. La Graciosa

La isla de La Graciosa presenta un relieve bastante plano y regular, con cotas que van de 0 a 60-70 m, sobre el que destacan las elevaciones de los edificios volcánicos, que fundamentalmente se agrupan en una alineación de dirección N45°E con alturas sobre el nivel del mar que van de los 266 m de Montaña Agujas, pasando por alturas intermedias, a los 40 m de Montaña Lomos del Burro. Salvo Montaña Bermeja, se encuentran, según la dirección mencionada, en la parte central de la isla, bajando el relieve a ambos lados desde la base de los edificios, con una suave pendiente, (5-10%), hasta la costa.

A causa de la orografía de la isla y al clima que durante el Cuaternario ha sido árido o semiárido, la red hidrográfica es inexistente; sólo aparecen algunos pequeños regueros sin mayor relevancia.

El clima es cálido y bastante seco, con muy escasa lluvia, <50 mm de media anual, temperaturas de 18-20 °C de media y una insolación elevada. Los vientos soplan del NNE, de manera constante y con una intensidad moderada-alta.

La vegetación es escasa y característica de las zonas bajas y secas de la isla. Es de carácter xerófito, siendo las aulagas y los matos los tipos dominantes.

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

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

4.2.1. Norte de Lanzarote

4.2.1.1. Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista morfoestructural la mayoría de los autores [MARINONI y PASQUARÉ (1994), ROMERO (1987) CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1993), etc.] dividen a 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, y otro central, de transición, constituido casi en su totalidad por las alineaciones volcánicas centrales.

El norte de Lanzarote incluido en esta hoja entra 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.

Existen algunos elementos morfológicos de carácter estructural en el área del macizo de Famara que aflora en la hoja, ya descritos en el capítulo anterior. Así, se encuentra el gran escarpe de dirección N30°E, marca una línea de debilidad que provoca grandes deslizamientos en su ladera oeste; el escarpe este en Punta Fariones, con una dirección N170°E y un lineamiento topográfico, aproximadamente paralelo a la dirección anterior, al O de Orzola, que marca el borde del macizo de Famara en esa zona. Este último posiblemente define una fractura, en cuyo labio hundido se aprecia un basculamiento hacia el N-NE, pues los conos de deyección existentes al borde del macizo muestran una asimetría en esa dirección. También la superficie estructural de la parte alta del macizo parece estar basculada en la misma dirección, pues tramos basálticos de la misma edad parecen encontrarse en posiciones algo más bajas que las originales.

Con una dirección N45°E se encuentra la alineación Los Helechos-La Quemada de Orzola, que representa asimismo una línea de debilidad por la que surgen varios edificios en el Pleistoceno superior que se superponen al relieve existente en el macizo de Famara.

Estos factores condicionan pues el relieve resultante, marcado fundamentalmente por procesos endógenos tanto de carácter estructural como volcánico.

4.2.1.2. Estudio del modelado

4.2.1.2.1. Formas endógenas

Formas volcánicas

Las formaciones volcánicas surgidas durante el Pleistoceno superior transformaron de manera importante el relieve existente, quedando las formaciones del edificio de Famara, sobre las que habían actuado con intensidad los agentes externos, restringidas a una tercera parte de la superficie del norte de Lanzarote que aflora en esta hoja.

Los edificios y malpaíses de la alineación del Pleistoceno superior Los Helechos-La Corona ocupan la parte centro y este del norte de Lanzarote y en el área oeste se aprecian dos desbordamientos de coladas que sobrepasan el Risco de Famara y llegan hasta el mar.

Las formas más significativas son los conos volcánicos y las coladas de lava o malpaíses.

La alineación la constituyen cinco edificios volcánicos, con una orientación N50°E.

Son de formas cónicas, cráteres circulares, que alcanzan cotas sobre el nivel del mar de 254 a 609 m, con alturas sobre su base desde 40 a 250 m y con diámetros entre 600 y 1.000 m. Su grado de conservación es en todos los casos elevado y no presentan vegetación.

Los edificios están formados por piroclastos, que a menudo se dispersan bastante más allá de su centro de emisión, rellenando zonas bajas y depresiones, como en el caso del Valle de Guinate.

Los malpaíses son bastante espectaculares, similares a los de los malpaíses históricos.

Están formados por potentes coladas, generalmente escoriáceas, de tipo "aa", que arrastran grandes megabloques de lava y con frecuentes abombamientos. También hay algunas coladas más fluidas, tipo "pahoehoe", con formas cordadas, en tripas, etc.

Las formas más llamativas las constituyen los tubos de lava y jameos del malpaís de La Corona, con un tubo que alcanza kilómetros de longitud y continúa en la hoja de Haría; este tubo y sus jameos se encuentran ampliamente descritos en el Capítulo 3.

Formas estructurales

Se ha distinguido una superficie estructural, que ocupa la parte alta del macizo, con cotas de alrededor de los 400 m. Aparece muy degradada, pues ha sufrido importantes procesos de edafización, con formación de arcillas, piroclastos alterados, suelos rojos, óxidos de hierro, carbonataciones, suelos pseudogley, etc. todo ello en distintas etapas pedogenéticas.

4.2.1.2.2. Formas exógenas

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

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 pleistocena media, se caracteriza por el desarrollo de carbonatos en su superficie, produciéndose un encostramiento 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 ya en la hoja de Soo con conos de deyección de amplio desarrollo.

Fluviales

El modelado fluvial ha actuado fundamentalmente en el relieve del macizo de Famara, conformando barrancos en V, que han incidido en los apilamientos de lavas y tienen una dirección E-O. Otros barrancos han sido ocupados por las emisiones de los edificios de la alineación Los Helechos-La Corona. Forman paredes bastante escarpadas, con cursos de agua esporádicos de alta energía y carácter torrencial; en su curso bajo se han podido formar terrazas, como ocurre en el de la Fuente Dulce, produciéndose de nuevo un encajamiento posteriormente a dicha formación.

Se aprecian conos de deyección a la salida de estos barrancos, que representan pequeñas áreas de drenaje en donde se acumulan depósitos debido a un transporte rápido.

Eólicos

Se han señalado pequeños depósitos en la costa E y también en la O, que no modifican sustancialmente el modelado existente.

Endorreicos

Al sur y este del Orzola y en Vega Grande se encuentran pequeñas "cuencas" que adquirieron la condición de endorreicas al ser cerradas por los materiales emitidos por los edificios de Los Helechos-La Corona, en el Pleistoceno superior. La escorrentía es escasa y aporta lateralmente los materiales alterados de las propias coladas. Así se van rellenando estas áreas deprimidas por depósitos areno-arcillosos, dando lugar a una morfología de fondo de valle plano.

Marino

La erosión marina ha labrado en la costa oeste acantilados de cierta envergadura sobre los depósitos de coluviones y gravitacionales. También se observan restos de una superficie de abrasión marina "erbanense", muy estrecha, a comienzos del Holoceno, que se aprecia en la costa este en las zonas de La Caleta y Punta del Palo y en la costa este, en las zonas de El Navío y Bajo Risco. En todas ellas se labra sobre las coladas pleistocenas de Los Helechos-La Quemada. Los restos de dicha superficie han quedado a una altura de 0,5-1 m sobre el nivel del mar.

También se encuentran algunas playas actuales, como las de las Salinas del Río, el Risco y La Cantería, de no gran extensión.

Poligénicos

Se han distinguido tres pequeños retazos de superficie de glacis, con formas más o menos triangulares, alargadas, basculadas hacia el N y E, que se sitúan en las Lomas de Zalahar, Fuente Dulce y Fuente Salada.

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. Lo mismo ocurre con el escarpe hacia el E que termina en Punta Fariones.

Antrópicos

Lo más destacable son las explotaciones de piroclastos de la ladera sur de Monte Corona. Asimismo, se citan las Salinas del Río, ubicadas en la costa oeste, en el área de La Punta.

4.2.2. La Graciosa

4.2.2.1. Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista morfoestructural, la isla de La Graciosa pertenece al dominio denominado de Los Islotes, junto con las islas de Alegranza, Montaña Clara, Roque del Oeste y Roque del Este.

Los únicos lineamientos con expresión morfológica encontrados en este dominio son las fisuras o alineaciones volcánicas. Así, la alineación más importante en La Graciosa es la de Montaña Amarilla-Agujas, que, con una dirección N45°E, parece participar de la directriz más significativa encontrada en el dominio de Famara.

Estas alineaciones y fisuras condicionan en gran parte el relieve de la isla, de componente fundamentalmente endógeno, de carácter volcánico.

4.2.2.2. Estudio del modelado

4.2.2.2.1. Formas endógenas

Son las formaciones volcánicas de la isla las que principalmente imprimen el carácter al modelado del relieve, retocando los agentes externos ligeramente el mismo.

Las formas más significativas son los conos volcánicos, constituidos por piroclastos, y los malpaíses.

En La Graciosa se encuentran los edificios de Montaña Amarilla, Montaña Mojón, Montaña Agujas con cuatro bocas diferentes, y Montaña Lomos del Burro. Todos ellos son de formas cónicas o troncocónicas con fuertes pendientes, alrededor del 30%, y excepto Montaña Mojón, que presenta un cráter circular, todos ellos tienen abiertos sus cráteres al N o NE. El grado de conservación es medio, excepto los de Montaña Amarilla, que aparecen con un grado de conservación bajo.

En La Graciosa los malpaíses que cubren en gran parte la zona norte de la isla son los pertenecientes al edificio de Las Agujas, con lavas muy escoriáceas, que presentan un grado de conservación medio-alto. En el extremo norte aparece el malpaís de Montaña Bermeja, con un buen grado de conservación y caracterizado por la presencia de hornitos y túmulos.

4.2.2.2.2. Formas exógenas

Las formas exógenas, bien se formen por acumulación o denudación, se agrupan según los procesos o sistemas morfogenéticas siguientes:

Laderas

En la isla, de una morfología bastante llana, las únicas laderas existentes son las que constituyen los conos volcánicos, en las que se han desarrollado escasos depósitos. Sólo existen algunos de pequeña relevancia al sur del edificio de Las Agujas.

Fluviales

El modelado fluvial en la isla es prácticamente inexistente, dada la falta de cursos de agua. Existen solamente pequeños regueros de muy escasa incisión; sólo al sur de Morros Negros se ha detectado un mínimo encajamiento que termina en la costa este de La Graciosa.

Se han detectado asimismo dos pequeños conos de deyección al O y E de La Graciosa que suavizan ligeramente la pendiente en dichos puntos.

Eólicos

Las acumulaciones de arenas eólicas revisten cierta importancia, pues recubren amplias superficies, en algunos casos con muy escaso espesor, que tapizan los malpaíses y ocultan su morfología, pues rellenan pequeñas depresiones.

Endorreicas

Se aprecian, pequeñas depresiones cerradas por la salida de coladas, donde se acumulan depósitos que dan lugar a valles de fondo plano. La de mayor desarrollo es la situada al borde O y S del edificio de Montaña Agujas, rodeando el mismo.

Marino

La acción erosiva del mar ha conseguido labrar acantilados de diferente envergadura a lo largo de la costa en diversos tramos de la misma, como es en el área norte, Punta Gorda, al este, Punta de Pedro Barba y al suroeste Hoyas de Ramón. En el área de Montaña Amarilla, la altura del acantilado es algo mayor, debido a la menor cohesión de los materiales del edificio.

Al O de Pedro Barba se observa un escarpe morfológico que parece corresponder a la existencia de un antiguo acantilado en esa área.

La erosión marina ha dejado asimismo su impronta en algunos puntos de la costa donde quedan restos de superficies de rasa, tanto jandiense, [MECO *et al.* (1987)], como erbanense, [MECO (1988)]. De la primera se aprecian restos en la zona de Los Acantilados, al O de la isla y de la segunda se pueden observar retazos en toda el área NE, SE y SO.

La superficie jandiense se encuentra entre 1 y 6 m de altura sobre el nivel del mar.

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

La rasa erbanense se encuentra a 0,5-1 m sobre el nivel del mar.

También se encuentran algunas playas actuales en la costa, como son la del Francés o la de Las Conchas, que modifican ligeramente la morfología de la costa.

Antrópicos

Prácticamente sin relevancia en las islas, estas formas se reducen a pequeñas explotaciones abandonadas localizadas en la parte sur del edificio de Pedro Barba, donde fueron explotados los piroclastos del mismo.

4.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

4.3.1. Norte de Lanzarote

4.3.1.1. Depósitos eólicos

Se han distinguido tres tipos de depósitos. Uno de edad pleistocena superior y los otros dos holocenos.

Del primer tipo se encuentran dos pequeños afloramientos que aparecen adosados a las laderas del macizo de Famara, e incididos por los barrancos de Fuente Dulce y Fuente Salada.

El segundo tipo corresponde a acumulaciones de arena en pequeñas áreas deprimidas sobre los malpaíses de La Corona, en el tramo de la costa este que va desde Bajo de los Sables hasta Punta Prieta. También se localiza un pequeño depósito sobre los coluviones del Risco de Famara, al norte de las Salinas del Río.

El tercer tipo distinguido se ubica en la costa oeste, en la zona de El Embarcadero, que consiste en recubrimientos de los malpaíses por las arenas pero en donde éstas no llegan a ocultar la morfología original de los malpaíses.

Todos los depósitos están formados por arenas finas de color amarillento, formadas por conchas de moluscos y con potencias inferiores 1 m. En el caso de los depósitos holocenos las arenas aparecen sueltas, mientras que en los del Pleistoceno se encuentran compactadas y a menudo con cemento calcáreo encostrándolas.

4.3.1.2. Depósitos fluviales

Dentro de este tipo de depósitos se pueden citar la presencia de tres conos de deyección, formados a la salida de los barrancos denominados Valle de la Fuente Dulce, Valle Grande y el situado junto a Loma Salada. Están formados por arenas y cantos basálticos con un porcentaje importante de finos. En ocasiones los cantos pueden ser bloques de tamaños de 60-80 cm.

Su formación comenzó posiblemente durante el Pleistoceno superior, una vez ya constituida la red de barrancos. Representan depósitos de alta energía con carácter intermitente, de tipo torrencial. Presentan laminaciones y estratificación paralela discontinua.

Otro depósito fluvial es la terraza situada en la ladera norte del Valle de Fuente Dulce. El depósito da un escarpe sobre el barranco y es incidido por los materiales de un cono de deyección. Está constituido por gravas y cantos heterométricos envueltos en una matriz arenosa, que en ocasiones es muy escasa. Su edad corresponde probablemente al Pleistoceno superior.

4.3.1.3. Depósitos endorreicos

Se encuentran estos depósitos en pequeñas cuencas que han funcionado como zonas de aluvial a la salida de algunos barrancos y que posteriormente fueron cerradas por las coladas de La Corona, comenzando a actuar como cuencas cerradas de escasa escorrentía y mal drenaje.

La de mayor extensión es la situada en las proximidades del pueblo de Orzola.

El depósito está constituido por arenas, limos y arcillas de tonos marrón-anaranjado. Su espesor puede alcanzar hasta 1 o 2 m. Se formaron estos depósitos durante el Holoceno.

4.3.1.4. 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, de una dirección aproximada E-O, que inciden en los basaltos miopliocenos del macizo de Famara.

Los pertenecientes a la generación más antigua se han distinguido fundamentalmente en las laderas del Risco de Famara. Se han desarrollado en ellos procesos de formación de carbonatos, con un encostramiento de su superficie. Aparecen en las partes altas de la ladera y se encuentran incididos por la siguiente generación.

Se trata de materiales detríticos groseros, heterométricos, sin clasificación ni ordenación interna, con cantos o bloques basálticos de bordes angulosos 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 más meridional 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 del Pleistoceno medio-superior, apareciendo bruscamente cortados, dando acantilados de gran altura.

4.3.1.5. Depósitos poligénicos

Estos depósitos se encuentran en las superficies de glaciares, ya citadas, que se ubican en las partes altas de los lomos de Zalahar, Fuente Dulce y Fuente Salada. Están constituidos por cantos basálticos centimétricos y milimétricos rodeados por una matriz areno-arcillosa. Se trata de depósitos de potencia inferior al metro y que muestran en superficie una costra calcárea.

4.3.1.6. Depósitos litorales

Estos depósitos se corresponden con los de playas, tanto antiguas como actuales.

Así aparecen depósitos asociados a la "rasa erbanense" cartografiados en las zonas de Las Caletas, Punta Prieta, en la costa oriental, y en las proximidades de Casas de Bajo Risco, en la costa occidental. Los materiales están formados por una arenisca biodetrítica de color claro, a veces con otro nivel de conglomerados de cantos básicos y abundante fauna marina. Su potencia no supera los 60 cm.

Dentro de los depósitos que constituyen las playas actuales, se han distinguido los formados por cantos basálticos redondeados y arenas de grano medio y fino, como los de la playa de las Salinas del Río y los constituidos por arenas blancas o doradas de grano fino y de composición organógena. Este tipo de depósito se encuentra en playas como la del Risco y La Cantería.

4.3.2. La Graciosa

4.3.2.1. Depósitos eólicos

Los depósitos eólicos adquieren una amplia extensión. Se han distinguido dos tipos de depósitos: uno, cuando el espesor alcanzado puede llegar a varios metros, que cubre totalmente a los materiales preexistentes y han podido comenzar a formarse durante el Pleistoceno, dando en ocasiones morfologías de pequeñas dunas; el otro, cuando el espesor es muy escaso, incluso centimétrico, que cubre malpaíses pero la morfología de éstos no ha sido ocultada todavía.

Se trata de arenas formadas por fragmentos de conchas marinas, de granulometría fina y color dorado.

4.3.2.2. Depósitos fluviales

Como ya se ha indicado, la red fluvial es inexistente. Sólo se han distinguido dos pequeños conos de deyección, uno al sur de Montaña Bermeja y otro al E de Morros de Pedro Barba, que

están constituidos por materiales detríticos groseros procedentes de materiales piroclásticos que han sido arrastrados por pequeños regueros.

4.3.2.3. *Depósitos endorreicos*

En La Graciosa, como ya se ha citado previamente, se encuentran algunas zonas topográficamente deprimidas y cerradas por coladas de lava y edificios volcánicos, donde se han depositado materiales fundamentalmente limosos pero además con granulometrías de arenas, arcillas e incluso cantos de origen aluvial. Su coloración es anaranjada y su potencia puede variar entre escasos centímetros y algo más de un metro. Las más destacables son las situadas en Las Hoyas de Montaña Bermeja y la que bordea al edificio de Montaña Bermeja.

4.3.2.4. *Depósitos de ladera*

Los únicos depósitos de ladera encontrados en las islas son los pequeños coluviones encontrados al sureste del edificio de Las Agujas.

Están constituidos por depósitos piroclásticos removilizados que engloban fragmentos de lava y escorias de rocas basálticas.

4.3.2.5. *Depósitos litorales*

Estos depósitos corresponden a depósitos de playa, tanto antiguos como actuales.

Los depósitos pertenecientes al jandiense, ya citado, se describen detalladamente en el Capítulo 2. Se localizan en el área de Los Acantilados, en la costa noroccidental de La Graciosa. Están formados por arenas finas biodetríticas de color claro, bastante cementadas, con cantos basálticos. La potencia visible es de 1,5 m aproximadamente.

Los depósitos pertenecientes al nivel erbanense se localizan en numerosos puntos a lo largo de la costa de la isla. Están constituidos, al igual que los anteriores, por areniscas de color claro, con abundante fauna y acompañadas a menudo por un conglomerado de cantos basálticos, cuya matriz son las arenas.

Por último, a lo largo de la costa se localizan amplias áreas donde se producen acumulaciones de arena, dando lugar a amplias playas, como la playa de Las Conchas, playa del Francés o playa del Ambar, por ejemplo.

4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

4.4.1. **Norte de Lanzarote**

La evolución del relieve de esta parte de la hoja comienza a partir del apilamiento de las coladas de edad miopliocena que constituyen el macizo de Famara. Forma un gran edificio en escudo que 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, los cuales no aparecen representados en la hoja.

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.

Más al sur, en el entorno del dominio de Famara, 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 el ámbito de la hoja las emisiones volcánicas no se producen hasta el Pleistoceno superior.

Durante el Pleistoceno medio el clima favorece los procesos de encalichamiento 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 edificio 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.

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.

Ya en el Holoceno, las salidas de cursos de agua de los barrancos han sido cerradas por las coladas emitidas y se constituyen así pequeñas "cuencas" de carácter endorreico, donde se depositan materiales finos.

En la costa tiene lugar una transgresión marina a comienzos del Holoceno que genera depósitos, de los cuales quedan algunos retazos con fauna marina, y la regresión subsecuente del mar deja al descubierto una superficie estrecha de rasa ahora a 0,5-1 m sobre el nivel del mar.

El relieve ya está plenamente configurado; en la costa se forman algunas playas y acantilados y el viento arrastra arenas que forman pequeños depósitos, fundamentalmente en la costa E.

4.4.2. La Graciosa

La historia de La Graciosa es muy reciente y comienza posiblemente durante el Pleistoceno medio, con la emisión de depósitos piroclásticos hidromagmáticos, a lo largo de una fisura N45°E, constituyendo la alineación Montaña Amarilla-Agujas. Parecen existir retazos de unas coladas anteriores, de las cuales no se conoce su centro de emisión.

Los edificios de dicha alineación van evolucionando en sus emisiones, pasando de piroclastos hidromagmáticos a estrombolianos. Al mismo tiempo comienzan a emitir coladas.

A comienzos del Pleistoceno superior la erosión marina elabora una plataforma o rasa sobre las coladas del Pleistoceno inferior, formándose los depósitos marinos del jandiense, que sólo se conservan de forma muy puntual en la isla. El mar se retira y queda la rasa levantada entre 1 y 6 m sobre el nivel del mar.

También a comienzos del Pleistoceno superior empiezan a acumularse las arenas eólicas y surgen nuevos edificios, como el de Montaña Bermeja, con emisiones de coladas.

Simultáneamente se configuran cuencas cerradas donde se depositan materiales areno-arcillosos y las laderas de algún edificio se empiezan a erosionar levemente.

A comienzos del Holoceno tiene lugar nuevamente una transgresión marina que da lugar a la formación de una pequeña rasa, de la que se conservan depósitos en numerosos puntos de la isla. El mar se retira y estos depósitos quedan a una altura de 0,5-1 m sobre el nivel del mar.

La acción marina también da origen a la formación de acantilados, que en el caso de edificios piroclásticos adquieren cierta altura, debido a la menor coherencia de sus materiales, en comparación con la de las coladas.

En estos lugares de la costa se producen acumulaciones de arena conformando las playas. El viento asimismo sigue actuando y forma acumulaciones relativamente importantes de arenas eólicas que van cubriendo los malpaíses.

4.5. MORFODINÁMICA ACTUAL.

La dinámica actual viene condicionada fundamentalmente, como en épocas pasadas, por los procesos internos, especialmente el volcanismo. Lanzarote y La Graciosa son islas volcánicamente activas, y por tanto cualquier nueva emisión volcánica puede cambiar la configuración del relieve de las mismas.

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.

El agente externo que en la actualidad incide con mayor fuerza es el mar, que labra acantilados en el borde costero. En La Graciosa también es destacable la acción del viento, que provoca la acumulación de dunas y mantos eólicos, especialmente en las zonas expuestas a barlovento.

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 ha 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 sola hoja, se hace primero un comentario de las características generales de los ciclos en ella representados y a continuación una referencia particular y comparativa de 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.

Desde el punto de vista petrológico, existe una gran uniformidad en las características petrográficas de la mayor parte de los materiales presentes en la hoja. Se trata en la mayor parte de los casos de basaltos, con variedades olivínicas, olivínico piroxénicas y, en menor medida, basanitas.

5.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA

5.1.1. Período Mio-plioceno. Edificio Famara

Las emisiones de Famara son, quizás, las más fácilmente identificables del conjunto de la hoja, al presentar, generalmente, un mayor grado de cristalinidad y alteración generalizada de los olivinos a iddingsita, así como la escasa presencia de plagioclasa.

Tramo inferior

Petrográficamente aparecen en este tramo basaltos olivínicos, junto con esporádicos basaltos olivínico-piroxénicos, que se diferencian de los anteriores únicamente por la presencia de escasos microfenocristales de augita, en cantidades siempre menores a los olivinos y tamaños igualmente inferiores a éstos. Texturalmente presentan ciertas diferencias, fundamentalmente en lo que respecta a la matriz, pasándose de matrices muy finas, entre micro y criptocristalinos, a matrices con ligera orientación de flujo de los microlitos de plagioclasa.

Basaltos olivínicos. Son rocas de textura porfídica, generalmente con abundantes microfenocristales de olivino, entre idiomorfos y subidiomorfos, y alteración a iddingsita. La augita es escasa como fenocristal, no apareciendo más que raramente como pequeños cristales (entre 0,4-0,6 mm) y con zonado concéntrico o en "reloj de arena".

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

Época	Mio-plioceno				Pleistoceno Sup-holoceno				
Muestra	13011	RB-176	13397	RB-153	12802	12819	H-9	RB-141	13398
SiO ₂	47.50	43.08	43.10	43.61	44.50	46.00	46.30	46.85	46.90
Al ₂ O ₃	18.17	12.96	11.80	12.89	12.40	12.53	13.70	12.35	13.06
Fe ₂ O ₃	1.85	11.41	2.45	11.97	9.35	4.85	2.70	11.83	3.17
FeO	2.40		9.14		2.95	6.84	8.46		7.99
MgO	6.15	9.74	14.95	9.74	12.24	11.21	10.65	10.69	10.73
CaO	5.61	12.05	11.35	12.75	10.35	10.25	10.20	10.63	10.20
Na ₂ O	4.98	2.39	2.46	2.71	3.02	3.02	3.09	3.38	3.31
K ₂ O	3.25	0.98	0.80	1.01	1.30	1.18	1.22	0.81	0.97
MnO	0.13	0.15	0.17	0.18	0.15	0.15	0.18	0.16	0.14
TiO ₂	2.01	3.20	1.93	2.78	2.54	2.42	2.78	2.52	2.16
P ₂ O ₅	1.13	0.75	0.59	0.10	0.71	0.69	0.70	0.50	0.67
H ₂ O	6.54	3.28	1.19	1.36	0.34	0.58	0.30	0.28	0.28
CO ₂									
Total	99.72	99.99	99.93	99.99	99.85	99.72	100.28	100	99.58
Ce		104		132				45	
Cr		229		225			200	351	
La		59		67				41	
Nb		64		78				48	
Ni		112		117			100	217	
Rb		24		22				23	
Sr		794		914				605	
V		249		240				211	
Y		23		27				20	
Zr		148		234				122	
Or	19.21	5.79	4.73	5.97	7.68	6.97	7.21	4.79	5.73
Ab	26.82	20.22	5.23	16.79	16.67	18.68	18.72	28.60	21.54
An	17.63	21.74	18.79	20.03	16.44	17.15	19.91	16.13	17.91
Ne	8.30		8.44	3.33	4.81	3.72	4.02		3.51
Di	2.20	17.59	26.95	26.16	23.57	23.09	20.95	19.61	22.68
Hy		4.87						3.31	
Ol	10.02	7.87	26.01	8.50	13.70	17.30	18.36	9.96	17.68
He	0.24	11.41		11.97	7.53			11.83	
Mt	2.33		3.55		2.64	7.03	3.91		4.60
Il	3.82	0.32	3.67	0.39	4.82	4.60	5.28	0.34	4.10
Pf		5.16		4.39					3.98
Ap	2.62	1.74	1.37	0.23	1.64	1.60	1.62	1.16	1.55
ID	54.33	26.02	18.40	26.09	29.17	29.38	29.95	33.39	30.78
FEMG	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.11	0.21	0.00	0.20
IP	0.64	0.39	0.42	0.43	0.51	0.50	0.47	0.52	0.50

- 13011 Gabro. Pegmatitoide en el Valle de Fuente Dulce (El Río). FUSTER *et al.* (1968).
 RB-176 Tefrita. Colada a 750 m al SE de Casas de Bajo Risco. Risco de Famara; cota 160 m. MAGNA.
 13397 Basanita. Colada en el flanco O de Los Tablones. Risco de Famara. FUSTER *et al.* (1968).
 RB-153 Tefrita. Colada a 700 m al NO de Guinate; cota 390 m. MAGNA.
 12802 Basanita. Colada de La Quemada de Orzola. IBARROLA y LÓPEZ RUIZ (1967).
 12819 Basalto. Colada del Volcán Corona, en Las Rositas. IBARROLA y LOPEZ RUIZ (1967).
 H-9 Basalto. Colada del Volcán de La Corona. HAUSEN (1959).
 RB-141 Basalto. Colada de La Caleta (Malpaís de La Corona); cota 1 m. MAGNA.
 13398 Basalto. Colada de Las Peñas del Tao en Las Hoyas. IBARROLA y LÓPEZ RUIZ (1967).

Tabla 5.1. (Continuación).

Época	Pleistoceno sup-holoceno			Isla de La Graciosa
	Alineación Montaña Amarilla-Agujas			
Muestra	13395	13375	RB-147	RB-206
SiO ₂	47.80	48.00	48.15	46.65
Al ₂ O ₃	13.19	13.14	12.49	12.66
Fe ₂ O ₃	2.21	3.33	11.72	11.79
FeO	8.88	7.79		
MgO	10.50	10.40	9.93	10.78
CaO	9.90	9.80	10.42	10.21
Na ₂ O	3.19	3.12	3.65	3.72
K ₂ O	0.93	0.97	0.60	0.70
MnO	0.14	0.14	0.17	0.16
TiO ₂	2.22	2.36	2.32	2.59
P ₂ O ₅	0.58	0.51	0.57	0.59
H ₂ O	0.24	0.22		0.15
CO ₂				
Total	99.78	99.78	100.02	100
Ba				
Ce			62	114
Co				
Cr			33	302
Cu				
La			41	55
Nb			47	61
Ni			216	196
Rb			18	24
Sr			692	762
Th				
V			194	192
Y			22	27
Zr			95	285
Zn				
Or	5.50	5.73	3.55	4.14
Ab	23.96	26.10	30.89	31.48
An	18.93	18.99	15.93	15.78
Ne	1.64	0.16		
Di	21.28	21.04	19.18	17.62
Hy			7.89	0.50
Ol	19.47	17.05	5.57	12.74
He			11.72	11.79
Mt	3.20	4.83		
Il	4.22	4.48	0.36	0.34
Pf			3.62	4.10
Ap	1.34	1.18	1.32	1.37
ID	31.10	32.00	34.43	35.62
FEMG	0.24	0.19	0.00	0.00
IP	0.47	0.47	0.53	0.54

13395 Basalto. Coladas de Las Peñas del Tao. IBARROLA y LÓPEZ RUIZ (1967).

13375 Basalto. Colada del Volcán La Corona. IBARROLA y LÓPEZ RUIZ (1967).

RB-147 Basalto. Colada al S de Casas La Breña a 700 m; cota 177 m. MAGNA.

RB-206 Basalto. Colada de Montaña Amarilla, en Las Hoyas de Ramón; cota 10 m. MAGNA.

Generalmente son rocas vesiculares, encontrándose las microvesículas rellenas en parte, o totalmente, por calcita, ceolita, vidrio y en ocasiones plagioclasa alotriomorfa.

Basaltos olivínico-piroxénicos. Tienen abundantes microfenocristales de olivino de tendencia idiomorfa, con alteración a iddingsita en sus bordes. La augita, escasa, se presenta en cristales rara vez mayores de 0,7 mm y con zonado concéntrico o en "reloj de arena". La matriz, muy fina, contiene los habituales microlitos de plagioclasas, augita y opacos granulares, junto con calcita, ceolita y sílice criptocristalina de carácter tardío relleno de microvesículas y microfracturas. Mención aparte merece la muestra BM-2089, situada en la ladera este del Lomo de Zalahar, que contiene en la matriz biotita y anfíbol. Tanto la biotita como el anfíbol son de color marrón e intensamente pleocroicos; presentan escasa nucleación y suelen estar relacionados con esas zonas de relleno.

Tramo medio

En este tramo siguen apareciendo *basaltos olivínicos* porfídicos, con microfenocristales de entre 0,7 a 2,5 mm y abundantes golfos de corrosión o cristales con aspecto esquelético y tendencia idiomorfa a hipidiomorfa. Las alteraciones son a iddingsita en ocasiones, y también aparecen procesos de serpentización y alteraciones complejas a clorofeita-serpentina-iddingsita.

La característica diferenciadora respecto de otros tramos de este edificio se encuentra en la textura: abundan en él basaltos olivínicos con augita granular y opacos equidimensionales dispersos, rodeados por plagioclasa a xenomorfa intersticial formando la matriz. Las matrices con plagioclasa microlítica, presentes en los demás tramos, se vuelven mucho más escasas.

La muestra BM-2084 de la ladera sur de Vega grande presenta como particularidad de biotita de nucleación incipiente, generalmente asociada a zonas serpentizadas.

Basanitas. Es frecuente la presencia de abundantes rocas pobres en plagioclasa, cuya composición las sitúa más próximas a basanitas/basanitoides que a basaltos propiamente dichos, carácter este comprobado en los análisis químicos disponibles (Fig. 5.1).

Presentan fenocristales de olivino, rara vez mayores de 1 mm, con cierta tendencia a agruparse en glomérulos y tendencia idiomorfa, pudiendo estar acompañados por raros ejemplares de augita zonada. La matriz tiene, por el contrario, abundante augita (entre 0,05 y 0,2 mm), opacos granulares dispersos, plagioclasa intersticial muy escasa, vidrio y en ocasiones un producto isótropo de color parduzco no identificado.

Tramo superior

El tramo superior comprende una serie de rocas de gran homogeneidad, tanto textural como composicional. Así, las muestras RB-153, 156, 157 y 158, si bien geográficamente bastante alejadas entre sí, resultan prácticamente idénticas una vez estudiadas al microscopio.

Son basaltos olivínicos de textura porfídica, con microfenocristales de olivino, idiomorfos-subidiomorfos, abundante plagioclasa, opacos y augita.

La matriz contiene, en cantidades equivalentes, plagioclasa microlítica, augita y opacos granulares dispersos, siendo, por el contrario, variable el contenido en olivino iddingsitizado, al pa-

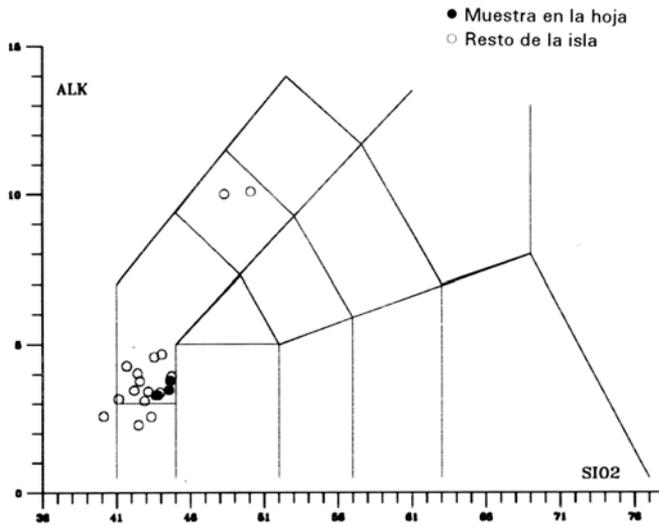


Fig. 5.1. Diagrama TAS del período Mio-plioceno.

sarse de matrices con abundante olivino a otras carentes en su práctica totalidad. Con carácter tardío y de tipo intersticial, aparece escaso vidrio y calcita.

Algunas muestras (BM-2085 y BM-2087) presentan, además, biotita y/o anfíbol, la primera en forma de cristales de escasa nucleación y dispersa en la matriz. La última muestra destaca además por su escaso contenido en plagioclasa.

Basaltos olivínico-piroxénicos. Son ligeramente diferentes de los anteriores. Tienen microfenocristales de olivino de mayor tamaño (hasta 3 mm), con ocasionales golfos de corrosión; contienen augita entre idiomorfa y subidiomorfa, rara vez mayor de 1 mm, con núcleos ligeramente acmíticos y zonado concéntrico. La matriz es siempre fina (entre micro y criptocristalina) con plagioclasa microlítica, augita y opacos granulares.

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.

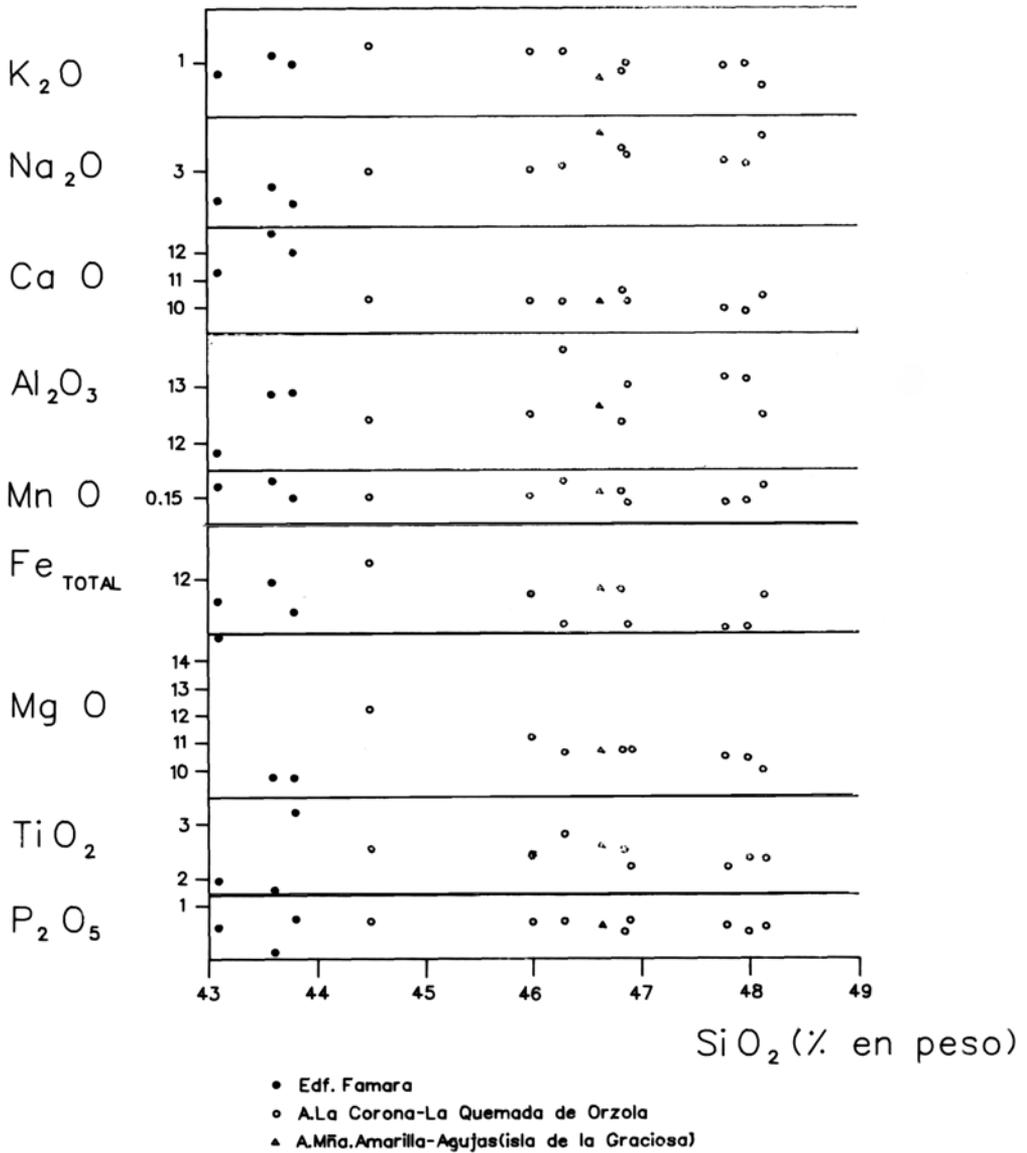


Fig. 5.2. Diagrama de variación de elementos mayores.

Como se observa en el diagrama de clasificación TAS, (Fig. 5.1), la mayoría de las muestras correspondientes a Famara son basanitas, con menor proporción de microbasaltos y alguna foilita. Los análisis disponibles en esta área se ajustan relativamente bien al comportamiento general, si bien en dos casos sus contenidos en olivino inferiores al 10% hacen que se clasifiquen como tefritas, (Tabla 5.1).

En general son rocas subsaturadas, muy poco diferenciadas, con contenidos poco variables en SiO_2 , entre 43 y 44%, pero sin mayores diferencias en los contenidos de algunos otros elementos, como ocurre en el caso de Al_2O_3 , MgO , TiO_2 y P_2O_5 y en menor medida en CaO , (Fig. 5.2).

En la composición normativa cabe destacar en algunas muestras la presencia nefelina normativa.

Con respecto a los elementos menores analizados, se observan pocas variaciones entre una muestra a otra y en general se encuentran dentro de los márgenes normales de este tipo de rocas.

La muestra 13011 corresponde a un pegmatitoide englobado en las coladas de lava. Muestra un carácter más diferenciado ($\text{ID}=54.33$) que las lavas y al mismo tiempo un mayor grado de alcalinización, lo cual es propio de ellos.

5.3. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA.

5.3.1. Período Pleistoceno

Edificio La Corona. Todas las rocas muestreadas en el edificio de La Corona se clasifican como basaltos olivínicos.

Con respecto a las emisiones de Famara, destacan por su menor grado de cristalinidad, lo que se traduce en el escaso tamaño de los microfenocristales de olivino presentes (generalmente entre 0,2-0,5 mm). Sí aparecen esporádicamente olivinos de gran tamaño (entre 1 y 3 mm). Se trata de ejemplares alotriomorfos, de extinción ondulante y abundante microfracturación, probablemente disgregados y arrastrados de microacumulados ultramáficos, bastante frecuentes en estas emisiones cuaternarias.

En algunos casos, sin embargo, el grado de cristalinidad es tan bajo (RB-177 y BM-2091) que no se observan auténticos microfenocristales, teniéndose texturas intergranulares en vez de porfídicas.

Como último elemento diferenciador respecto a las emisiones miopliocenas de Famara, cabe citar el menor grado de alteración del olivino, apareciendo sólo en ocasiones escasa iddingsitización junto con pseudomorfizaciones a opacos.

Edificio Los Helechos. Las muestras de este edificio son idénticas a las de La Corona.

Basaltos olivínicos. Se trata de basaltos caracterizados por la presencia de familias de cristales de olivino. Hay unos escasos ejemplares de hasta 1 mm, con extinción ondulante y carácter alotriomorfo, arrastrados por el magma, procedentes de rocas subyacentes de tipo ultramáfi-

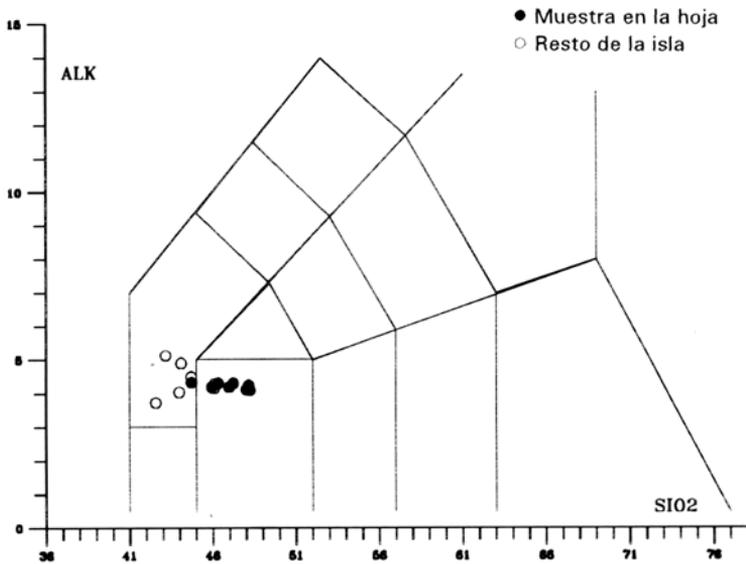


Fig. 5.1. Diagrama TAS del período Pleistoceno superior.

co. Otros son cristales más abundantes, rara vez mayores de 0,2 mm, entre idiomorfos y subidiomorfos, de cristalización primaria.

La matriz suele ser fina, presentando diferencias texturales, debido a variaciones de tamaños y a presencia más o menos abundante de opacos, a veces visibles a simple vista. Incluso en ocasiones aparecen enclaves arrastrados, procedentes de otros basaltos olivínicos que presentan texturas fluidales.

Con carácter excepcional (muestra RB-151), se observa un cristal aislado de espinela, cuyo origen es, probablemente, idéntico al de los olivinos alotriomorfos (disgregación de enclaves mantélicos).

Edificio La Quemada. Se trata también de basaltos olivínicos, con las mismas características que los anteriores: presencia de olivinos alotriomorfos de extinción ondulante, de hasta 1,5 mm, junto con cristales idiomorfos primarios poco desarrollados (rara vez mayores de 0,2 mm), en una matriz con microlitos de plagioclasa, augita y opacos granulares dispersos. Incluyen abundantes microvesículas subredondeadas con relleno de vidrio.

Rasa jandiense. Los depósitos correspondientes a este nivel marino están formados por una arenisca biomicrítica con abundantes fósiles carbonatados, más o menos fracturados, de tamaño arena e índice de redondeamiento medio. Existen escasos fragmentos de rocas basálticas de tipo olivínico, cementados de manera parcial por caliza micrítica, observándose una abundante porosidad.

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

La mayoría de los análisis químicos disponibles en esta hoja, (Tabla 5.1), pertenecen a emisiones de la alineación volcánica Los Helechos-La Corona, correspondiente casi todos ellos a rocas basálticas alcalinas, (Fig. 5.3). Uno de la Quemada de Orzola, es una basanita, caracterizada por su mayor basicidad y mayor alcalinidad y está claramente separada del resto en el diagrama de variación óxidos/SiO₂, (Fig. 5.2).

Los términos basálticos poseen rangos de SiO₂ entre 46 y 48% y valores muy similares en los contenidos elementales del resto de óxidos, al igual que de elementos traza.

Las emisiones de M^{na} Amarilla, en la isla de La Graciosa, sigue un comportamiento idéntico al del resto de materiales cuaternarios ya mencionados, Tabla 5.1.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

Los primeros episodios de construcción subaérea de lo que sería más tarde la isla de Lanzarote tenían lugar ya en el Mioceno superior, cuando hace unos 10 m.a. parecen comenzar los procesos constructivos de elevación y emersión del edificio Famara, inicialmente como isla independiente y separada de Femés. Ambos están emplazados sobre una fractura profunda en el basamento insular, de orientación NE-SO, que desde Fuerteventura se prolonga en Lanzarote e incluso más al NE, ocasionando la alineación de edificios volcánicos y la forma alargada en ese sentido de ambas islas.

El edificio Famara, parcialmente representado en esta área, está constituido por apilamientos de coladas basálticas, con intercalaciones piroclásticas, en conjunto suavemente inclinadas hacia el este y con un espesor global de 700 m. Esta disposición indica que las áreas de emisión de estos materiales debieron de estar situadas en lugares más occidentales, hoy ocupadas por el mar. El volcanismo debió de ser eminentemente fisural, con emisiones estrombolianas puntuales. La presencia de discordancias en la sucesión lávica, no siempre bien definidas y a veces de carácter muy local (paleosuelos, niveles arenosos con fauna, discordancias angulares, etc.), permiten establecer al menos tres períodos o etapas de construcción del mismo: un tramo inferior, edificado entre 10.2 y 8.3 m.a. otro intermedio, entre 7.2 y 5.3 m.a. y un tramo superior, emitido entre 6.2 y 3.9 m.a. según se desprende de las edades radiométricas publicadas por IBARROLA *et al.* (1988) y COELLO *et al.* (1992). Entre la emisión del tramo inferior y el medio, debieron de formarse campos de dunas litorales en este sector, que eran aprovechadas por las colonias de aves para nidificar, hasta que más tarde, las emisiones subsiguientes llegaron a cubrirlos.

Desde mediados del Plioceno hasta inicios del Pleistoceno inferior no hay registro de actividad volcánica en Famara. En este período de tiempo, los procesos erosivos producen gradualmente el dismantelamiento del edificio: las vertientes se van modelando en el interior y la costa va

retrocediendo. A lo largo de todo el sector occidental del macizo de Famara se suceden grandes episodios de deslizamientos de carácter gravitacional que seccionan gran parte del mismo, generando los impresionantes escarpes (Riscos de Famara) que se contemplan en la actualidad, hoy ya nuevamente retocados por procesos posteriores de modelado de erosión marina en la base. Estos fenómenos de deslizamiento son comunes en estos grandes edificios y de hecho se han reconocido en casi todas las demás islas del archipiélago, afectando en algunos casos a materiales pleistocenos (El Golfo en El Hierro, Jandía en Fuerteventura, La Gomera, La Palma, Tenerife, etc). A menudo están inducidos o favorecidos por líneas de debilidad estructural paralelas a los frentes de deslizamientos, como pudo haber ocurrido en este caso, o por actividad volcánica posterior, desencadenante de fenómenos semejantes.

Más al sur (hoja de Haría), a principios del Cuaternario, se reanuda la actividad volcánica en el macizo de Famara, si bien en este sector no tiene representación. Es un volcanismo más puntual y restringido, también fisural, cuyas emisiones se canalizaron por la red hidrográfica excavada en los materiales de Famara. Esta actividad volcánica se sucede de manera prácticamente ininterrumpida en las estribaciones meridionales del edificio e incluso mucho más al sur, prolongándose hasta épocas históricas.

Los fenómenos volcánicos vuelven a ocurrir en este sector septentrional de la isla de Lanzarote en el Pleistoceno superior, con el emplazamiento en superficie de magmas basálticos alcalinos emitidos a partir de una fisura de orientación NE-SE. Surgen numerosos edificios piroclásticos alineados, La Quemada, Los Helechos, La Corona, etc., cuyas emisiones se prolongan durante cierto tiempo. El volumen de materiales emitidos fue enorme, cubriendo gran parte del relieve mioplioceno de Famara, llegando incluso a aumentar el perímetro insular en varios kilómetros cuadrados, principalmente en el sector oriental, al alcanzar las lavas la costa. El malpaís de lava originado, en general conocido como malpaís de La Corona, alcanza una superficie del orden de 50 km² y en él están representados una gran variedad de formas y estructuras volcánicas a diversas escalas. Una de ellas, el tubo volcánico de Cueva de Los Verdes, es la más espectacular por sus dimensiones: más de 6 km de longitud que se continúan bajo el mar, sin conocerse aún hoy su final (Túnel de La Atlántida).

En el Pleistoceno medio, sobre la plataforma insular de Lanzarote, surge, a poca distancia al NO, la isla de La Graciosa y otros islotes cercanos. En esta isla se manifiestan también las directrices estructurales de orientación NE-SO, surgiendo también numerosos edificios alineados, como Amarilla, Mojón, Agujas, etc. Esta alineación se prolonga también hacia el SO, en Lanzarote, en el área de Soo (hoja de Soo), con varios edificios volcánicos encadenados.

Los primeros episodios constructivos en La Graciosa (al igual que en el resto de islotes próximos) están representados por depósitos hidromagmáticos, evidenciando la entrada de agua marina a los conductos volcánicos, cuando aún la plataforma insular estaba poco emergida. De esta manera, las primeras emisiones están constituidas por tobas palagoníticas en los núcleos de los edificios volcánicos. La emersión progresiva y las sucesivas emisiones fueron dando paso a procesos volcánicos subaéreos, sin intervención de agua, con formación de edificios cónicos típicos, construidos mediante fases estrombolianas sobre los depósitos hidromagmáticos iniciales. En las etapas finales, posiblemente en el Pleistoceno superior, surgen edificios como Montaña Bermeja, del cual se emite un malpaís de lava que forma la punta noroccidental de la isla.

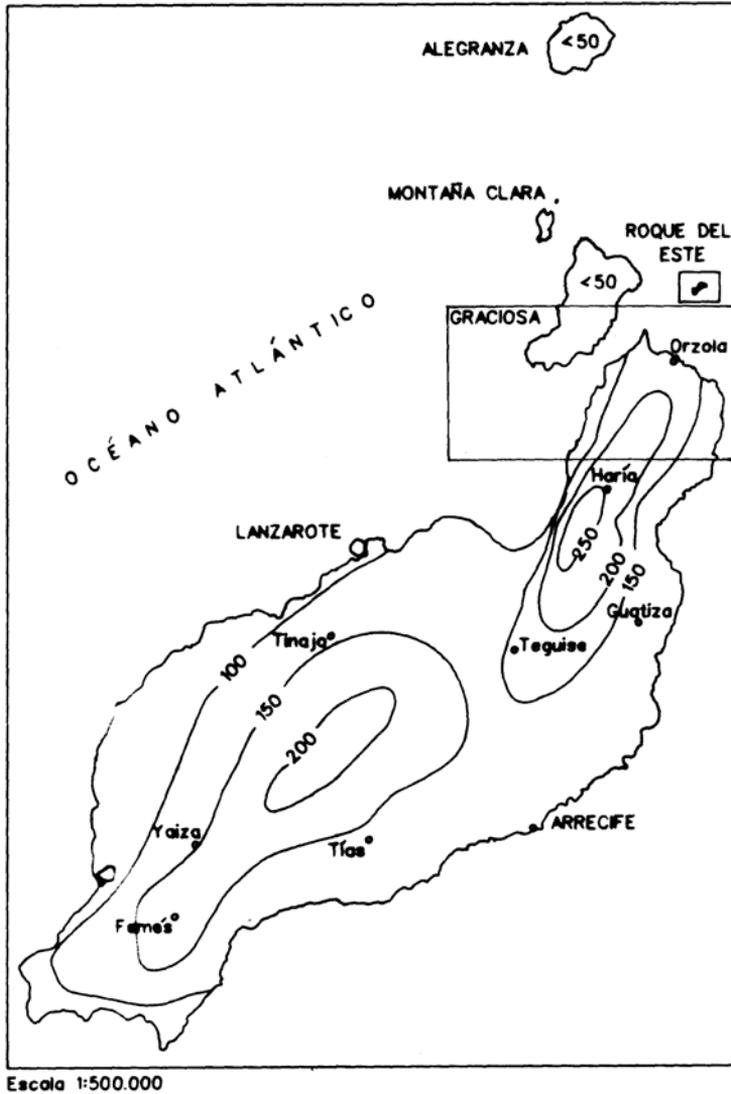


Fig. 7.1. Esquema de isoyetas de la isla de Lanzarote. Modificado de MARZOL (1988).

En el Pleistoceno superior, la posición más elevada del mar con respecto a la actual ocasiona la deposición de sedimentos marinos a lo largo de la costa de La Graciosa, que hoy quedan levantados a alturas de alrededor de 1 m sobre el nivel del mar (rasa jandiense). Nuevamente, en el Holoceno medio, se depositan materiales similares, que representan actualmente un nivel marino denominado erbanense, situado a alturas que varían entre 0 y +0,5 m.

Las condiciones climáticas áridas y semiáridas en el Pleistoceno ocasionan la acumulación de arenas eólicas a lo largo de todo el litoral de La Graciosa y en algunos sectores septentrionales de Lanzarote.

7. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.

Como principales fuentes bibliográficas para la redacción de este capítulo, se han consultado, el reciente Plan Hidrológico de Lanzarote, [CABILDO INSULAR DE LANZAROTE y GOBIERNO DE CANARIAS (1992)] y diversos trabajos específicos realizados por el ITGE, [ITGE (1989, 1992)]. Estudios hidrológicos como el SPA/15 (1975) y MAC-21 (1976), aunque antiguos, son todavía de enorme interés y sirven aún de base para la mayoría de los trabajos que posteriormente se han realizado. Al no existir abundantes datos sobre esta área en particular, gran parte de los que se citan son extensibles al conjunto de la isla de Lanzarote. Con respecto a La Graciosa, los estudios citados incluyen muy escasas referencias a ella.

7.1. HIDROLOGÍA

Climatología

Las islas de Lanzarote y la Graciosa son unas de las más áridas del archipiélago canario, pudiéndose clasificar su clima como desértico y cálido. Las temperaturas medias son del orden de 20 °C, dándose en esta isla fuertes oscilaciones diurnas, que en un mismo día pueden dar lugar a diferencias entre 15 y 17 °C, siendo la media anual de 8 °C, MARZOL (1988). La insolación es también elevada. Los vientos son frecuentes durante casi todo el año, en general, con intensidad moderada.

Pluviometría

El régimen de lluvias en Lanzarote se caracteriza 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 tanto en Lanzarote como en La Graciosa corresponden a los meses de invierno (noviembre a enero), frente a unas precipitaciones insignificantes en los meses de verano (junio, julio y en parte agosto).

La escasa pluviosidad se debe en gran parte a la baja altitud de sus relieves (el punto culminante, Las Peñas del Chache, situado en la vecina hoja de Soo, apenas llega a los 670 m sobre el nivel del mar), que no alcanzan la cota de inversión del alisio, principal portador de lluvia a las islas.

En este área septentrional, los relieves de Famara (con alturas máximas en la hoja de casi 500 m) representan la primera barrera orográfica a los alisios procedentes del norte, causando que se dé una nubosidad frecuente y un ambiente relativamente fresco con respecto a otras áreas. Esta mayor altitud topográfica facilita también que se den los máximos valores de precipitación anual, tal

como se observa en el mapa de isoyetas, (Fig. 7.1). Las precipitaciones medias anuales obtenidas en las estaciones de Orzola (en la costa) y Ye (en lo alto de Famara, 350 m) son, respectivamente, 162,4 y 219,6 mm, según el Servicio Hidráulico de Las Palmas [en MARZOL, (1988)]. En la Tabla 7.1. se indican las precipitaciones medias mensuales obtenidas en diversas estaciones de la hoja.

La infiltración aproximada del agua en el terreno para el conjunto de la isla de Lanzarote es del orden de 4,1 mm/año (3,304 dm³/año), según el Plan Hidrológico.

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

Estación	O	N	D	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	Total
CALETA DE SEBO	13,2	26,7	25,7	25,9	15,5	9,0	5,6	0,7	0,1	0,0	0,1	2,1	124,6
ORZOLA	15,3	32,1	31,6	33,3	15,9	12,3	11,2	1,3	0,2	0,0	0,1	2,9	156,2
YE (*)	13,9	36,2	43,6	38,2	33,1	26,0	18,1	2,3	1,4	0,9	0,0	5,8	219,6
ORZOLA (*)	15,2	28,3	37,0	30,2	30,2	17,4	7,6	1,0	0,5	0,1	0,0	3,4	162,4

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

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 red hidrográfica es de baja densidad, afectando casi exclusivamente a los materiales mio-pliocenos del macizo de Famara, pues es donde únicamente los barrancos tienen entidad como tales. En el malpaís de lavas cuaternarias la incisión es aún incipiente y no existen cauces importantes. En La Graciosa, la red hidrográfica se restringe a escasas hendiduras y pequeñas barranqueras en los depósitos eólicos.

Los barrancos de la vertiente este tienen escaso recorrido, perfiles anchos y profundo encajamiento, configurando una red poco diversificada. Como cauces significativos citamos los barrancos de Valle Grande, Valle de Fuente Dulce y Valle de Fuente Salada. En la vertiente occidental de Famara los cauces son barranqueras de gran pendiente, que se encajan en los depósitos de vertiente.

En general, están secos durante todo el año, dado 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 infraestructura hidráulica básica

La infraestructura de aprovechamiento de las aguas superficiales es escasa, dada la ausencia de escorrentías con entidad suficiente. El único embalse de cierta importancia de la isla de Lanzarote es la presa de Mala, situada a cota 135 m, en el barranco del Palomo (hoja de Haría).

En esta área, elementos de aprovechamiento de la escorrentía superficial lo constituyen aljibes y represamientos en los cauces de los barrancos, como nateros, gavías y maretas.

En la Graciosa se construyen, igualmente, aljibes y recogedores próximos a Caleta de Sebo y Pedro Barba, para aprovechar la escasa lluvia que cae.

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 esté cada vez más reducida y que la producción de agua desalinizada sea una práctica cada vez más común.

Características hidrogeológicas generales de los materiales volcánicos y sedimentarios.

En general, la sucesión e imbricación de coladas, depósitos piroclásticos, sedimentos, algmres 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 global.

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 algmres 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 los 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, relleno de fisuras y huecos, y la compactación en profundidad los hacen más impermeables.

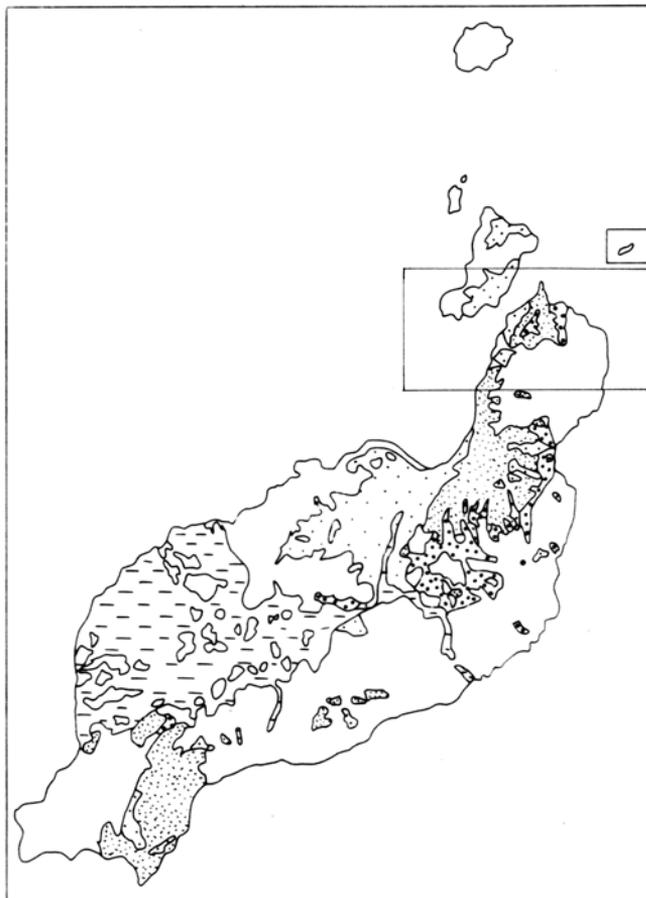
En el caso de las formaciones sedimentarias, arenas eólicas, depósitos de ladera y de fondo de barranco, por su naturaleza primaria, presenta mayor permeabilidad y porosidad intergranular, facilitando la infiltración de las aguas hacia el interior.

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 esta área la principal formación acuífera la constituyen los materiales basálticos de edad mio-pliocena 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.

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



- 
 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.

hidráulicos, mediante la construcción de galerías o túneles (casi horizontales) que atraviesan el macizo y captan el agua que se infiltra. También los ensayos y estudios para la construcción de la presa de Mala han aportado numerosos datos de parámetros hidráulicos de estos materiales basálticos.

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, según el Plan Hidrológico.

Con los ensayos realizados en sondeos en galerías de Famara y con el estudio de agotamiento de sus caudales, efectuados 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.

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 mio-pliocenos de Famara, se obtiene una porosidad eficaz a drenaje lento entre 0,03 y 0,05.

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 mio-pliocena.

Según el SPA/15 (op. cit.) la producción era muy baja, alrededor de 1 m³/día por pozo. En determinadas áreas del valle de Haría, a cotas entre 270 y 300 m, la densidad de pozos es alta, extrayendo caudales entre 10 y 20 m³/día, con contenidos en cloruros de 1000 a 2000 ppm.

Nacientes. En el macizo de Famara son relativamente frecuentes los nacientes, si bien, normalmente, son pequeños rezumes o goteos. Habitualmente están secos o tienen un funcionamiento estacional, después de un período lluvioso. Aparecen en el contacto entre niveles lávicos y piroclásticos o almagres, debido a la diferente permeabilidad entre ellos. Son relativamente numerosos los que se observan a lo largo de todo el Risco de Famara. En algún caso aparecen entre lavas y depósitos de arenas eólicas, como en Fuente Gusa (en el escarpe occidental del Risco de Famara, frente a la isla de La Graciosa), o en Valle Chico, cerca de Orzola. Los usos del agua suelen ser para tareas domésticas y ganado. Hasta hacer pocos años, los habitantes de La Graciosa se abastecían del nacimiento de Fuente Gusa.

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

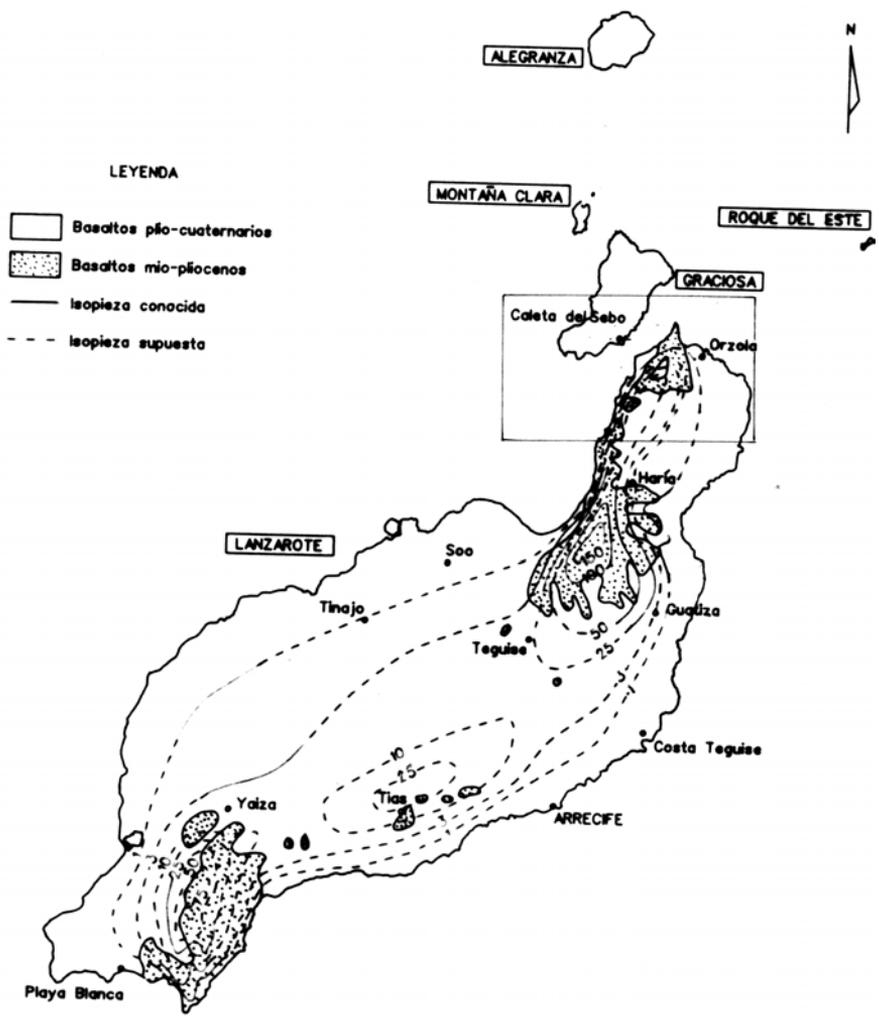


Fig. 7.3. Esquema piezométrico de la isla de Lanzarote. (Plan Hidrológico de Lanzarote, 1992).

saturación. La mayoría de ellas están situadas en el escarpe occidental, más al sur de este área (hoja de Soo).

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 Caleta de Sebo. Este 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 que gran parte de las líneas isopiezas son supuestas, al carecerse de suficientes puntos de control de agua a lo largo de la superficie de la isla.

En los apilamientos lávicos de Famara, 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, principalmente hacia el oeste, 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 sector este, a partir de los malpaíses de Los Helechos-La Corona, disminuye el gradiente piezométrico, debido a su mayor permeabilidad, quedando el nivel de saturación a cotas muy bajas, lo que hace poco recomendable la captación del agua mediante pozos.

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.

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).

Los elementos que contienen no son tóxicos, pero su concentración supera los límites tolerables para agua potable. Desde el punto de vista para su utilización en agricultura, 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 basálticos cuaternarios y la fisuración generalizada en los de edad mio-pliocena 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. 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 HIDRÁULICOS 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, tanto de la isla de Lanzarote como de La Graciosa. En este sector de Lanzarote, sin embargo, no existe ninguna de estas plantas de desalinización, [ITGE (1992)]. Sí existe una junto a Caleta de Sebo, en La Graciosa, que constituye la principal fuente de abastecimiento de agua potable a dicha isla.

Tomando datos del Plan Hidrológico del archipiélago canario (1986-88), el ITGE (1992) indica que la producción de agua desalinizada en ese período fue de 4,4 hm³/año, cantidad posteriormente incrementada a 6 hm³/año, según señalan CUSTODIO *et al.* (1991).

Como resumen, en la Tabla 7.3 se presentan las producciones totales de los diversos recursos hidráulicos de la isla, según el SPA/15 (1975) MOPU (1985), ITGE (1992) (referidas al período 1986-88) y CUSTODIO *et al.* (1991), estas últimas referidas a datos de 1989.

De los datos de la tabla se desprende el enorme incremento que ha tenido con los años la cantidad de agua desalinizada, y que las expectativas a este respecto van en aumento, mientras que la cantidad de agua subterránea extraída sigue una tendencia contraria.

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 desalinizada	0,9	1,8	4,4	6
Aguas reutilizadas				1
TOTAL	4,3	2,3		7,4

8. GEOTECNIA

En este capítulo se consideran los diferentes materiales representados en la hoja según su comportamiento mecánico, con el objeto de realizar una aproximación a posibles problemas geotécnicos que puedan presentarse ante acciones constructivas o causas naturales; con respecto

a esto último, se hace también una breve descripción de los riesgos geológicos que pueden tener cierta incidencia en este 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 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 (1976a).

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 cartografiada en áreas de comportamiento geotécnico diferente. A su vez estas áreas se han dividido en zonas que representan recintos relativamente homogéneos frente a características geotécnicas determinadas.

En la hoja se han distinguido dos áreas, que agrupan en total siete zonas.

8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Área I

Este área comprende enteramente los materiales basálticos que constituyen el edificio mioplioceno de Famara.

Zona I₁. Coladas basálticas miopliocenas.

Características litológicas y estructurales. Se trata de apilamientos de numerosas coladas basálticas de 1-3 m de espesor medio, con un buzamiento suave (2-5°) generalizado hacia el E-SE. Entre las lavas se intercalan algunos delgados niveles de almagres o de piroclastos, que a menudo corresponden a centros de emisión. La potencia global de la serie es del orden de 500 m. La red filoniana que la atraviesa es escasa, tratándose de diques también de composición basáltica, subverticales y de orientación dominante de tendencias norteadas. Los materiales son masivos, coherentes, con disyunción columnar y escasamente vesiculares. El grado de alteración es generalmente bajo, pero aumenta en los tramos inferiores.

Características geomorfológicas. En estos materiales se articula un relieve bastante abrupto, con profundos barrancos de paredes verticales, que determinan una sucesión de interfluvios de orientación E-O, truncados hacia la zona occidental. En este sector existe un profundo escarpe, de orientación NNE, cuyas paredes se hallan suavizadas por depósitos de vertiente que a veces alcanzan gran desarrollo. Las partes orientales de estos relieves están cubiertas por emisiones lávicas cuaternarias.

Características hidrogeológicas. Son materiales de permeabilidad intermedia, favorecido por la fisuración o diaclasado vertical propio de la disyunción columnar. En profundidad, la serie muestra mayor grado de alteración, con cierre de vesículas y fracturas, haciéndose pues más impermeable. Suelen existir niveles saturados colgados, debido a las intercalaciones piroclásticas, ya alteradas y por tanto más impermeables, favorecido además por la compartimentación

producida por la red de diques. Existen en este macizo (aunque en zonas más meridionales, hoja de Soo) varios túneles o galerías de captación de aguas subterráneas, algunas ya impro-ductivas.

Capacidad portante. En general la capacidad de carga es elevada, admitiendo un amplio espectro de cargas de trabajo. Puede verse reducida ligeramente en los niveles superiores por la alteración superficial.

Facilidad de excavación. Son materiales coherentes y resistentes, carentes de ripabilidad, con lo que su excavación debe realizarse con medios de gran potencia, martillo hidráulico, explosivos, etc.

Estabilidad de taludes. La estabilidad en condiciones naturales es alta incluso en cortes pronunciados, pero también ante modificaciones artificiales. La individualización de bloques por parte del diaclasado vertical, puede ocasionar esporádicos desprendimientos. Igualmente, por socavación basal de materiales menos competentes (almagres, piroclastos) pueden producirse descalces y derrumbes, en general de escasa entidad.

Área II

Comprende el resto de materiales existentes en la hoja, tanto volcánicos como sedimentarios.

Zona II₁. Coladas basálticas cuaternarias.

Características litológicas y estructurales. Son coladas basálticas que forman extensos campos de lavas escoriáceas y caóticas, de superficie irregular pero horizontales. Las lavas son escoriáceas y vesiculares en superficie, pero masivas y coherentes en el interior, donde suelen desarrollar disyunción columnar o diaclasado vertical, con espaciados generalmente inferiores al metro. La potencia media varía entre 1 y 5 m, pero en algunos casos, como ocurre en las lavas de Montaña Amarilla, en la costa oriental de La Graciosa, o en algunas zonas del malpaís de las Agujas pueden llegar hasta 15-20 m.

Características geomorfológicas. La morfología de las superficies ocupadas por las lavas es irregular y abrupta, debido a la superposición e imbricación de sucesivas morrenas o coladas, si bien la disposición general es más o menos llana y horizontal. Cuando caen por relieves, como los del acantilado de Famara, abanzan inclinaciones pronunciadas.

Características hidrogeológicas. Son materiales con una permeabilidad generalmente alta, que facilita la infiltración de las aguas superficiales hacia niveles profundos.

Capacidad portante. En general presentan una elevada capacidad de carga, si bien, la presencia de zonas escoriáceas y vesiculares puede provocar una disminución de este parámetro.

Facilidad de excavación. Para su excavación o removilización se requieren medios mecánicos de gran potencia (martillo hidráulico, etc), ya que carecen de ripabilidad.

Estabilidad de taludes. La estabilidad de los cortes y taludes excavados en ellos está garantizada para cualquier altura e inclinación. Pueden producirse, sin embargo, algunos desprendimientos y caídas de bloques debido al diaclasado.

Zona II₂. Depósitos piroclásticos cuaternarios.

Características litológicas y estructurales. Son materiales granulares, muy vesiculares, que forman depósitos relativamente sueltos o poco consolidados. Están compuestos por fragmentos tamaño lapilli (2-64 mm), pero también mayores, como en el caso de las bombas, cuyos tamaños medios oscilan entre escasos centímetros y 30-60 cm. Forman acumulaciones que se adaptan a la superficie topográfica previa, siendo los depósitos más característicos los de forma cónica, propios de centros de emisión, donde alcanzan inclinaciones que varían entre 20 y 35°, dependiendo de su tamaño y grado de apelmazamiento.

Características geomorfológicas. Los edificios cónicos son la morfología más característica de estos depósitos, presentando laderas bastante inclinadas. Cubren y suavizan la superficie topográfica sobre la que se depositan, si bien no se acumulan en grandes pendientes, dado su carácter granular y suelto.

Características hidrogeológicas. Presentan una permeabilidad y porosidad alta que facilitan la infiltración a través de ellos. Cuando se alteran lo hacen a productos de tipo arcilloso, reduciéndose estos parámetros.

Capacidad portante. En general la capacidad de carga varía de media a baja, si bien es posible que se produzcan asentamientos diferenciales con el tiempo, debido a su granulometría heterogénea, escasa consolidación, alteración, etc.

Facilidad de excavación. Suelen ser materiales con una ripabilidad alta, al estar relativamente sueltos, pudiéndose extraer fácilmente con una retroexcavadora o una pala cargadora. Con la edad aumenta su consolidación dando lugar a depósitos más compactos y por consiguiente con una ripabilidad menor.

Estabilidad de taludes. El grado de consolidación y apelmazamiento, además de la granulometría va a condicionar la estabilidad de los depósitos ante cortes pronunciados. En el caso óptimo pueden soportar taludes casi verticales y elevados, pero su estabilidad será precaria con el tiempo. Cuando forman depósitos sueltos es necesario tender los taludes por debajo de 30°.

Zona II₃. Depósitos de arenas eólicas.

Características litológicas y estructurales. Los depósitos de arenas eólicas alcanzan una extensión considerable en la isla de La Graciosa, cubriendo y adosándose a los relieves volcánicos, hasta alcanzar espesores de hasta varios metros. En el dominio de la isla de Lanzarote, sólo constituyen depósitos pequeños y recubrimientos peliculares de escasa importancia. Forman acumulaciones con cierto grado de consolidación cuando son antiguos. Los depósitos suelen estar sueltos y son removilizados por el viento cuando son más recientes, si bien parte de esta arena procede de la removilización de los anteriores. Las arenas son de granulometría fina y de composición calcárea.

Características geomorfológicas. Cubren y se adaptan al sustrato volcánico, originando una morfología suavizada de las formaciones anteriores. Determinan campos o extensiones horizontales o con pendientes inferiores al 3%, con presencia a veces de morfologías dunares.

Características hidrogeológicas. Son materiales bastante porosos e impermeables, en donde la escorrentía y drenaje superficial es deficiente.

Capacidad portante. Admiten cargas de trabajo muy bajas, produciéndose en ellos asientos de consideración.

Facilidad de excavación. Presentan una elevada ripabilidad, incluso los depósitos más antiguos, que tienen un grado de consolidación o cementación mayor, pudiéndose excavar fácilmente con una retroexcavadora.

Estabilidad de taludes. En La Graciosa no se han observado espesores o cortes naturales importantes que puedan originar taludes notables. Los depósitos más consolidados admiten taludes verticales y subverticales, si bien su equilibrio estará siempre en condiciones próximas al límite. Cuando forman depósitos sueltos, no admiten acumulaciones de gran altura.

Zona II₄. Depósitos aluviales arenoso-arcillosos.

Características litológicas y estructurales. Son materiales de granulometría fina o media, de carácter arenoso-arcilloso, que engloban fragmentos de rocas. Aproximadamente el 50% está formado por minerales de arcilla, con illita, caolinita y montmorillonita como tipos principales. Presentan estratificación masiva horizontal y espesores visibles que varían entre escasos centímetros y 2 m.

Características geomorfológicas. Ocupan fondos de valle, áreas deprimidas o endorreicas entre coladas de lava o edificios volcánicos, originando superficies llanas y horizontales, a veces incididas por alguna barranquera.

Características hidrogeológicas. Dado su carácter arcilloso presentan naturaleza impermeable, facilitando encharcamientos y drenajes deficientes.

Capacidad portante. Su capacidad portante es baja.

Facilidad de excavación. Presentan una ripabilidad alta al no estar consolidados.

Estabilidad de taludes. No presentan espesores tan importantes como para originar taludes de consideración. Los cortes originados como consecuencia de su explotación (zona de Orzola) u otros excavados por el encajamiento de alguna barranquera (La Graciosa) exhiben paredes verticales de cierta estabilidad, pero precaria con el tiempo.

Zona II₅. Depósitos detríticos aluviales de fondo de barranco.

Características litológicas y estructurales. Son depósitos formados por arenas y gravas heterométricas, con grandes fragmentos redondeados y subredondeados, de litologías basálticas. Sus tamaños a veces llegan a 60-80 cm, pudiendo superar el metro. La matriz y componentes finos es variable, englobando generalmente a los cantos, si bien existen zonas en que es muy escasa. Se disponen horizontalmente, y en la desembocadura de los barrancos del área nororiental aparecen basculados hacia el norte. Su potencia visible es de 1 o 2 m, pero en profundidad pueden extenderse varios metros más.

Características geomorfológicas. Ocupan los fondos de los barrancos, adoptando disposiciones casi horizontales. A veces están incididos por el encajamiento posterior del propio barranco.

Características hidrogeológicas. Muestran en general un carácter bastante permeable, dado su naturaleza granular, poco consolidada.

Capacidad portante. La capacidad de carga en estos materiales es baja, a grandes rasgos, si bien, pueden darse casos locales donde admitan condiciones de carga algo mayores.

Facilidad de excavación. Al estar poco consolidados, son bastante ripables, siendo relativamente fáciles de excavar mediante una retroexcavadora convencional.

Estabilidad de taludes. La estabilidad de las zanjas excavadas en ellos es baja, sobre todo si contienen niveles saturados de agua.

Zona II₆. Depósitos de ladera (s. l.).

Características litológicas y estructurales. Estos depósitos alcanzan gran desarrollo en los escarpes occidentales del macizo de Famara y en las laderas de los barrancos que los disectan. Están formados por material detrítico, constituido por arenas y cantos o bloques de litología basáltica, que se distribuyen sin ordenación alguna, formando depósitos bastante caóticos. Los bloques alcanzan a veces tamaños de varios metros. Los espesores observados en algunos barrancos ponen de manifiesto acumulaciones de 2 a 5 m de espesor. En los acantilados de la costa pueden observarse cortes de más de 20 m de altura.

Características geomorfológicas. Al estar adosados a relieves muy pronunciados, sus inclinaciones son también altas, tendiendo a horizontalizarse en sus tramos distales.

Características hidrogeológicas. Tienen en general un carácter bastante permeable.

Capacidad portante. La capacidad de carga es baja, con asientos inadmisibles.

Facilidad de excavación. La ripabilidad es generalmente alta, dado el escaso grado de consolidación que tienen.

Estabilidad de taludes. La baja cementación o consolidación de estos depósitos afecta fundamentalmente a su estabilidad, casi siempre en equilibrio límite.

8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS

En el ámbito geográfico de esta hoja no se detectan, *a priori*, riesgos geológicos que puedan suponer una amenaza de carácter inminente para la población establecida en ella. Aquí se consideran únicamente el riesgo de erosión marina, el riesgo eólico y el de subsidencia del terreno, por ser los que pueden tener mayor incidencia en la zona.

Riesgo de erosión marina. La costa, al estar sometida a la constante acción del oleaje y las corrientes marinas, sufre un continuo retroceso. Esta acción es más perceptible cuando afecta a depósitos de litologías sueltas, deleznales o blandas, como son los depósitos de arenas de las playas o materiales piroclásticos que forman gran parte de Montaña Amarilla. En los acantilados de Famara, el continuo socave basal de los mismos ocasiona esporádicas caídas de bloques.

Riesgo eólico. La acción constante de los vientos de componente N-NE produce la removilización de las arenas de los campos de dunas de La Graciosa, desplazándolas hacia núcleos habitados. Es, sin embargo, un riesgo de baja incidencia.

Riesgo de subsidencia del terreno. La presencia de tubos volcánicos y cavidades subterráneas es frecuente en el malpaís de La Corona, por lo que es un factor de riesgo ante obras de cierta envergadura.

8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA

Las características expuestas anteriormente permiten realizar una valoración geotécnica provisional de los materiales representados en la hoja, en cuanto a su idoneidad constructiva. En consecuencia, se han dividido todos los terrenos presentes en el área en tres grupos, designados con el calificativo más apropiado por sus condiciones constructivas: desfavorables, aceptables y favorables.

8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables

Dentro de este grupo se incluyen los depósitos de formaciones superficiales, es decir, los depósitos aluviales de fondo de barranco, los de naturaleza arcillosa, las formaciones de arenas eólicas y los depósitos de ladera (zonas II₃ y II₄, II₅ y II₆). En ellos concurre una serie de limitaciones comunes de tipo geotécnico, como su escasa estabilidad y su baja capacidad portante, que limita las cargas de trabajo a aplicar sobre ellos, al producirse asentamientos importantes. Los factores hidrogeológicos, a pesar de las escasas precipitaciones sobre estas islas, pueden provocar problemas, bien de encharcamiento en los depósitos de tipo arenoso-arcillosos o de drenaje interior en los de carácter eólico.

8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables

Se consideran en este grupo las coladas de lava y los depósitos piroclásticos incluidos en las zonas II₁ y II₂.

Las coladas de lava presentan, en general, condiciones aptas para emplazamiento de estructuras sobre ellas, dada su alta estabilidad y capacidad portante. Los factores hidrogeológicos y geomorfológicos no constituyen limitaciones. En el caso de los depósitos piroclásticos, la capacidad de carga, bastante menor que en las anteriores, permite menos posibilidades. En ellos los factores geomorfológicos, en cuanto a pendientes y su estabilidad, también suponen más restricciones, pero según las situaciones y tipos de obras a proyectar.

Es importante considerar la existencia de posibles tubos volcánicos o cavidades subterráneas a lo largo del malpaís de La Corona, que podrían provocar hundimientos superficiales, con la consiguiente ruina de la obra.

8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables

En este apartado se consideran las coladas de lavas de edad miopliocena que constituyen el macizo de Famara.

Los factores geotécnicos en estos materiales, tales como su capacidad portante y estabilidad, son siempre favorables en cualquier condición. Los factores hidrogeológicos en obras subterráneas deben tenerse en cuenta, ante la posibilidad de la existencia de niveles saturados colgados o filtraciones a través de diques y diaclasas. Los condicionamientos geomorfológicos im-

ponen restricciones importantes en las zonas más acantiladas del macizo, si bien hacia el este, los suaves buzamientos de las coladas no plantean serios problemas.

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.

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 mio-pliocenas	Apilamientos subhorizontales de coladas, con buzamientos hacia el E-SE. Niveles piroclásticos intercalados	Permeabilidad intermedia por fisuración, disminuye en profundidad	CP = Alta FE = Muy baja ET = Alta	Favorables	
II	1	Coladas basálticas cuaternarias	Campos de lava subhorizontales	Permeabilidad alta por fisuración	CP = Media FE = Media-alta ET = Alta	Aceptables	EM = Alto E = Bajo
	2	Depósitos piroclásticos cuaternarios	Piroclastos de diversa granulometría y conos con fuerte buzamiento	Permeabilidad alta por porosidad	CP = Media-baja FE = Media-alta ET = Alta	Aceptables	
	3	Depósitos de arenas eólicas cuaternarios	Depósitos poco consolidados	Permeabilidad media y media-baja	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	ST = Alta en malpaíses cuaternarios
	4	Depósitos areno-arcillosos cuaternarios	Depósitos semiconsolidados horizontales e inclinados	Permeabilidad alta por porosidad intergranular	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	
	5	Depósitos aluviales cuaternarios de fondo de barranco	Depósitos poco consolidados horizontales	Permeabilidad alta por porosidad intergranular	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	
	6	Depósitos cuaternarios de ladera	Depósitos detríticos heterométricos, con gran inclinación	Permeabilidad alta	CP = Baja FE = Alta ET = Baja, muy baja	Desfavorables	

CP = Capacidad portante; FE = Facilidad de excavación; ET = Estabilidad de taludes; EM = Erosión marina; E = Eólico; ST = Subsistencia del terreno.

9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS

En el área cartografiada no existen yacimientos minerales de interés económico. Hay, no obstante, indicios de explotaciones de diverso tipo de materiales, principalmente piroclastos, sal común y arcillas, para usos diversos.

Depósitos piroclásticos

En el dominio de la isla de Lanzarote, los lugares de explotación se localizan principalmente, en las zonas meridionales del volcán La Corona, donde aprovechan los depósitos correspondientes a la lluvia de dispersión próxima al edificio, si bien actualmente esta actividad está abandonada. Únicamente permanecen activas las explotaciones de las laderas surorientales de

La Quemada-Los Helechos (canteras de la Capellanía), en el extremo sur de la hoja (hoja de Haría).

En la isla de La Graciosa se han explotado los depósitos de la ladera sur del edificio Aguja Grande, pero actualmente las labores de extracción también están abandonadas. Tanto en una isla como en otras existen otros lugares donde también se extrajo este material, si bien, no constituyen explotaciones propiamente dichas, sino más bien "sacaderos".

Dado el gran desarrollo que adquieren en Lanzarote los depósitos piroclásticos y por otro lado, la gran demanda que existe de ellos para la industria de la construcción, el Instituto Tecnológico Geominero de España realizó un extenso estudio, [IGME (1986)], en el que se establecen las bases para la ordenación minera y ambiental de las explotaciones de picón en Lanzarote, junto con otras dos islas más del archipiélago. En el estudio se seleccionan una serie de edificios y depósitos piroclásticos que sean idóneos para su explotación, causando el mínimo impacto ambiental posible. Establece una serie de parámetros técnicos, ambientales y económicos referidos a su explotabilidad, de tal manera que su aprovechamiento incida lo menos negativamente posible en el entorno, pero asegurando también el abastecimiento a los sectores consumidores.

El piroclasto (picón o rofe en la terminología local) es un material vesicular, poroso, de carácter granular, que se encuentra formando depósitos poco consolidados o relativamente sueltos, bien edificios volcánicos (conos) o simplemente recubriendo los relieves preexistentes a la erupción que los produjo. Su granulometría abarca una amplia variedad de tamaños, siendo los más apreciables los de 1 a 3 cm (es decir, tamaños comprendidos en el rango del lapilli: 2-64 mm). Presenta una coloración negra u oscura y rojiza cuando está oxidado.

Su empleo fundamental es como árido de construcción, para la fabricación de cemento, bloques prefabricados, etc. En obras públicas se utiliza en viales y carreteras. En la isla también está muy extendido su uso en agricultura, recubriéndose con él los cultivos, para que, dado su carácter higroscópico, retenga la humedad y retarde así la elevada evaporación del suelo. Igualmente, se emplea en embellecimiento de jardines, márgenes de carreteras, etc. Cuando el material está consolidado o apelmazado, se extrae en forma de bloques, que se tallan y sirven para construcción de muros de mampostería.

El sistema de arranque se suele llevar a cabo con pala cargadora, lo cargan en camiones y éstos a su vez lo transportan a los centros consumidores. El número de operarios en estas explotaciones es bajo (1-3 personas), dependiendo del tamaño de las canteras.

Arcillas. No existen explotaciones como tales en la zona, si bien se han realizado aprovechamientos en los depósitos que rellenan los fondos de algunos barrancos excavados en los relieves antiguos, así como en las inmediaciones de Orzola.

La composición general de estos materiales fue determinada durante la elaboración del mapa de rocas industriales de Lanzarote, IGME (1976b). Aproximadamente, el 50% está compuesto por minerales de arcilla de baja cristalinidad, con illita, caolinita y montmorillonita como minerales de arcilla esenciales. Otros componentes mineralógicos son feldespatos, granos de cuarzo y carbonatos. Gran parte del material está constituido además por arena.

Su empleo es básicamente como correctivo agrícola y en ladrillería, incluso en fabricación de objetos cerámicos.

Sal común. La obtención de sal común se realizaba en esta zona en las Salinas del Río y en las salinas de Orzola, estando ambas ya abandonadas. Los productos obtenidos se empleaban para consumo doméstico y para la industria pequeña, en Arrecife.

10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

El patrimonio geológico de un país es un recurso natural, igual o tan importante como cualquier otro elemento cultural, ya que proporciona una información básica de la historia de la Tierra y de la vida que en ella se ha desarrollado. Además, es el medio natural donde el hombre realiza su actividad y por ello debe cuidarlo. En este sentido, un punto de interés geológico (PIG) se puede definir como un recurso no renovable, en donde se reconocen características de gran interés para interpretar y evaluar los procesos geológicos que han actuado en una zona desde épocas lejanas. Su destino o desaparición supone un daño irreparable al patrimonio de la humanidad, por lo que es necesario preservarlo para las generaciones venideras y actuales.

Desde 1978, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), viene realizando de manera sistemática un inventario nacional de PIG que por sus especiales valores intrínsecos sean dignos de medidas de protección y aprovechamiento, con fines divulgativos, científicos, educativos, turísticos, etc. Los PIG quedan pues definidos por su contenido, posible utilización y su influencia.

En la hoja de Caleta de Sebo se han seleccionado dos PIG cuya singularidad, es decir, contenido, calidad de afloramiento, etc., los hace merecedores de protección y consideración. Los criterios empleados para su selección son los establecidos en la metodología desarrollada por el IGME.

10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG

A continuación se hace una breve descripción de los PIG seleccionados, indicando su contenido, posible utilización y su nivel de significación.

Malpaís de La Corona. Las lavas emitidas por la alineación volcánica Los Helechos-La Corona, constituyen un extenso campo de lavas que alcanzan unos 50 km. Son lavas basálticas de morfología predominantemente "aa", con taludes laterales y frontales, a veces de gran altura, formados en superficie por cascotes y bloques de lavas vesiculares pero masivas y coherentes, con disyunción columnar en el interior. Es frecuente que arrastren grandes bloques o megabloques, que quedan actualmente como espigones sobresalientes sobre el malpaís. Los tipos "pahoehoe" son también abundantes, originando morfologías tubulares, cordadas, etc.

La emisión de las lavas se canalizó preferentemente hacia el E-SE, cubriendo los relieves del edificio mioplioceno de Famara, hasta llegar a la costa, lo que provocó el aumento del perímetro insular en varios kilómetros cuadrados. Por los acantilados occidentales de Famara cayeron algunas coladas, formando en la base pequeñas plataformas costeras.

Uno de los rasgos más sobresalientes del malpaís es la formación de tubos volcánicos, siendo el más conocido por sus dimensiones (más de 6,10 km de longitud) el de la Cueva de los Verdes. La longitud máxima no se conoce aún, pero se sabe que se prolonga bajo el mar varios kilómetros más ("Túnel de la Atlántida"). Su recorrido en profundidad viene marcado en superficie por una sucesión encadenada de depresiones o jameos ("Ruta de los Jameos") originados por desplome del techo de la cavidad. El tubo es visitable en una pequeña parte del recorrido, accediéndose a él precisamente por uno de estos jameos. En el interior es posible apreciar numerosos pasillos y galerías a distintas alturas, donde se observan diversas morfologías de lavas, coloraciones variadas, terrazas causadas por las variaciones en el caudal de la lava, etc.

Una descripción amplia y detallada sobre su origen y formaciones volcánicas existentes en este tubo fue realizada por BRAVO (1964), MACAU (1965) y SOCORRO (1989).

Por su contenido, este PIG es de alto interés volcanológico y geomorfológico, siendo un lugar idóneo para el estudio de este tipo de formaciones volcánicas. En cuanto a su posible utilización, además del interés científico y didáctico, el tubo volcánico tiene también interés económico, ya que representa una enorme atracción turística para la isla, hecho ya reconocido, de tal manera que actualmente es explotado por el Cabildo Insular, al gestionar su utilización. Por su influencia, se puede calificar este PIG como de gran interés, desde el ámbito local hasta el internacional.

Edificio hidromagmático de Montaña Amarilla. Situado en el extremo meridional de la isla de La Graciosa, este edificio representa dos grandes acontecimientos en la génesis y evolución de una isla volcánica. Sus primeros episodios estuvieron dominados por una actividad magmática controlada por la irrupción de agua a los conductos volcánicos, cuando aún la isla estaba en una fase de emersión incipiente. Los depósitos originales están constituidos por una toba piroclástica hidromagmática, de carácter palagonítico, aflorante en la parte meridional de Montaña Amarilla.

La emersión progresiva de la isla y el aislamiento de los conductos magmáticos originó episodios posteriores claramente subaéreos, que construyeron el resto del edificio en fases típicamente estrombolianas, cuyos piroclastos recubren los depósitos anteriores. La emisión de lavas provocó además el crecimiento ulterior de la isla.

Se puede considerar este PIG como de interés volcanológico, por el contenido que encierra. Por su utilización, es de destacar su aportación a los conocimientos científicos y su utilidad didáctica. En cuanto a su influencia, se le puede calificar como interesante a nivel regional y nacional.

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.

BRAVO, T. (1964). *El volcán y el malpaís de La Corona. La "Cueva de los Verdes y Los Jameos"*. Publicaciones del Cabildo Insular de Lanzarote, 31 pp.

BRAVO, T. (1993): "Los islotes del norte de Lanzarote". En: *Strenae Emmanuelae Marrero Oblatae. Tomo I. Secret. Public. Univ. La Laguna*, pp. 191-201.

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

COELLO, J.; CANTAGREL, J. M.; IBARROLA, E.; JAMOND, C.; HERNÁN, F.; FUSTER, J. M.^º; 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.; 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.

FERNÁNDEZ SANTÍN, S. (1969): "Pegmatitoides en la serie basáltica fisural de las islas de Lanzarote y Fuerteventura". *Est. Geol*, 25 (1-2), pp. 53-100.

FUSTER, J. M.^º; IBARROLA, E. y LÓPEZ RUIZ, J. (1966): "Estudio volcanológico y petrológico de las isletas de Lanzarote". *Est. Geol*, 22, 3-4, pp. (Incluye mapa geológico a escala 1:50.000).

FUSTER, J. M.^º, 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)).

GARCÍA TALAVERA, F. (1990): "Aves gigantes en el Mioceno de Famara (Lanzarote)". *Rev. Acad. Canar. Ciencias*, Tomo II, pp. 71-79.

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. (1959): "On the Geology of Lanzarote, Graciosa and the Isletas (Canarian Archipelago)". *Soc. Scient. Fennica. Comm. Phys. Math.*, vol. 23, núm. 4, 116 págs.

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).

HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1910): "Estudio geológico de Lanzarote y de Las Isletas Canarias". *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat*. Tomo VI, Mem. 4, 331 págs.

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

- IGME (1976b). Mapa de Rocas Industriales, escala 1:200.000. Hoja y Memoria n.º 88-92. *Arrecife-Puerto del Rosario*.
- IGME (1986). "Bases para la ordenación minera y ambiental de la extracción de picón en las islas canarias, (Tenerife, Lanzarote y Gran Canaria)", 51 p. (Incluye tres planos de situación).
- IGME-CSIC (1967a): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.079-1.080. *Alegranza*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967b). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.081. *Montaña Clara*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967c). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.082. *Graciosa*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967d). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.083. *Teguise*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967e). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.084. *Haría*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967f). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.087. *Punta Pechiguera*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967g). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.088. *Arrecife*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967h). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.089. *El Charco*. Lanzarote.
- ITGE (1990). *Las aguas subterráneas en España*. Estudio de síntesis. 603 p. 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° 36534. ITGE, Servicio Documentación.
- 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 parte of a volcanic ocean island: Lanzarote, Canary Islands". *Tectonophysics*, 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, nº 130, (S. Investigación, 32), 220 p.
- MACAU, F. (1965). "Tubos volcánicos en Lanzarote: Cueva de los Verdes". *An. Est. Atlánticos*, 11, pp. 437-463.
- 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.; 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.

MONTORIOL-POUS, J. y DE MIER, J. (1969): "Estudio morfogénico de las cavidades volcánicas desarrolladas en el malpaís de La Corona (Lanzarote, Islas Canarias)". *Geo y Bio Karst*, 6, 22, 3, pp. 543-562.

MOPU (1985): "El agua en Canarias". *SGOP, Bol. Inform. y Estudios*, 44, 45 p.

QUESADA, M.^a L.; DE LA NUEZ, J. y ALONSO, J. J. (1992): "Edificios hidromagmáticos en las isletas del norte de Lanzarote". *III Congreso Geológico de España, Salamanca*, Tomo I, pp. 473-476.

ROMERO, C. (1987): "Comentario al mapa geomorfológico de la isla de Lanzarote". *Rev. Geogr. Canaria*, 2, pp. 151-172.

ROTHER, P. (1964): "Fossile Strausseneier auf Lanzarote". *Naturu. Museum*, 94, pp. 175-187.

SAUER, E. y ROTHER, P. (1972): "Ratite Eggshell from Lanzarote, Canary Islands". *Science*, 176, pp. 43-45.

SIMONY, O. (1892): *Aufnahmen auf den Kanarischen Inseln*. Annalen des K. K. Naturhistorischen Hofmuseums, Wien.

SOCORRO, S. (1989): "La Cueva de Los Verdes (Lanzarote, Islas Canarias): un canal de lava cerrado". (Abstract). En *ESF, Meeting on Canarian Volcanism, Lanzarote Nov-Dic, 1989*, pp. 187-189.

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.

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 84-7840-521-6



9 788478 405213