



Instituto Geológico
y Minero de España

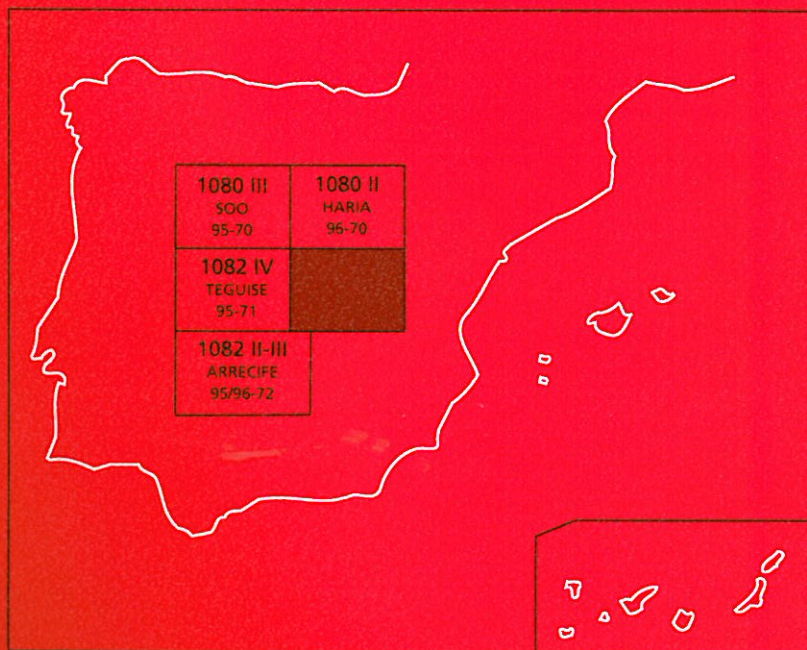
1082 I

96-71

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Segunda serie-Primera edición



ISLA DE LANZAROTE

GUATIZA

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Se incluye mapa geomorfológico a la misma escala

GUATIZA

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: 84-7840-526-7
Depósito legal: M-3929-2004

La presente hoja y memoria a escala 1:25.000, *Guatiza*, 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.

— 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.

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

Colaboradores:

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

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

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

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

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

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS.....	9
1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	10
2. ESTRATIGRAFÍA.....	11
2.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO	12
2.1.1. Período Mio-plioceno. Edificio Famara. Episodios volcánicos.	12
2.1.1.1. Tramo inferior.....	13
2.1.1.1.1. Coladas basálticas (1)	13
2.1.1.2. Tramo medio	13
2.1.1.2.1. Coladas basálticas (2)	13
2.2. SEGUNDO CICLO VOLCANICO	14
2.2.1. Período Pleistoceno inferior. Episodios volcánicos y sedimentarios. 14	
2.2.1.1. Coladas basálticas "intracanyon" del barranco de Tenegüime (3)	14
2.2.1.2. Depósitos de glacia: arenas y cantos (4)	15
2.2.1.3. Alineación Guantesive-Temeje: coladas y conos de tefra basálticos (5 y 6)	15
2.2.1.4. Volcán de Guanapay: coladas y piroclastos de dispersión basálticos (7 y 8)	16
2.2.1.5. Depósitos aluviales antiguos: arenas y conglomerados (9)	17
2.2.1.6. Alineación Caldera Zonzamas-montañaTéjida-Corona: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión (10, 11 y 12)	18
2.2.2. Período Pleistoceno medio. Episodios volcánicos y sedimentarios. 19	
2.2.2.1. Depósitos piroclásticos y arenosos alterados (13)	19
2.2.2.2. Volcán de Tahiche: coladas basálticas (14)	19
2.2.2.3. Depósitos aluviales arenoso-arcillosos (15)	20
2.2.3. Período Holoceno y actual. Episodios volcánicos y sedimentarios. 20	
2.2.3.1. Rasa marina erbanense: arenas y conglomerados (+0,5m) (16)	20
2.2.3.2. Fisura de Montaña Guenia: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión (17, 18 y 19) 21	

2.2.3.3.	Alineación Calderetas de Guatiza: coladas basálticas, conos de tefra y piroclastos de dispersión (20, 21 y 22)	21
2.2.3.4.	Arenas eólicas (23)	23
2.2.3.5.	Depósitos de ladera (24)	23
2.2.3.6.	Depósitos aluviales de fondo de barranco (25)	23
2.2.3.7.	Playas de arenas y cantos (26)	23
3.	TECTÓNICA	24
4.	GEOMORFOLOGÍA	25
4.1.	DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA	25
4.2.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	25
4.2.1.	Estudio morfoestructural	25
4.2.2.	Estudio del modelado	26
4.2.2.1.	Formas endógenas	26
4.2.2.2.	Formas exógenas	27
4.3.	FORMACIONES SUPERFICIALES	29
4.3.1.	Depósitos eólicos	29
4.3.2.	Depósitos fluviales	29
4.3.3.	Depósitos endorreicos	29
4.3.4.	Depósitos de ladera	30
4.3.5.	Depósitos poligénicos	30
4.3.6.	Depósitos litorales	30
4.4.	EVOLUCIÓN DINÁMICA	30
4.5.	MORFODINÁMICA ACTUAL	31
5.	PETROLOGÍA Y GEOQUIMICA	32
5.1.	PRIMER CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	32
5.1.1.	Período Mio-plioceno. Edificio Famara (1 y 2)	32
5.2.	PRIMER CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA	38
5.3.	SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	39
5.3.1.	Período Pleistoceno inferior.	39
5.3.1.1.	Coladas "intracanyon" del barranco de Tenegüime (3)	39
5.3.1.2.	Alineación Guantesive-Temeje (5 y 6)	40
5.3.1.3.	Alineación Caldera Zonzamas-Montaña Tejida-Montaña Corona. (10, 11 y 12)	40
5.3.2.	Período Holoceno	40
5.3.2.1.	Fisura de Montaña Guenia. (17, 18 y 19)	40
5.3.2.2.	Alineación de Calderas de Guatiza (20, 21 y 22)	41
5.4.	SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA	41
6.	HISTORIA GEOLÓGICA	44
7.	HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	45
7.1.	HIDROLOGÍA	45

7.2. HIDROGEOLOGÍA	48
7.3. PIEZOMETRÍA	50
7.4. CALIDAD DEL AGUA	50
7.5. RECURSOS HIDRÁULICOS NO CONVENCIONALES	51
8. GEOTECNIA	53
8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN	54
8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	54
8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS	56
8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA	57
8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables	57
8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables	58
8.4.3. Terrenos con características constructivas avorables	58
9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS	58
10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	60
10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DEL PIG	60
11. BIBLIOGRAFÍA	61

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS

La presente cartografía y memoria del Mapa Geológico Nacional (MAGNA), a escala 1:25.000, corresponde a la hoja *Guatiza* (n.º 96-71) del MTN, localizada en el sector centro-oriental de la isla de Lanzarote, en el archipiélago canario.

Por el sur limita con la hoja geológica de Arrecife y por el oeste con la de Tegüise, mientras que por el norte lo hace con la de Haría. Su límite oriental es la línea de costa.

En lo esencial, toda el área cartografiada es de constitución volcánica, habiéndose producido las emisiones en su mayoría durante el Cuaternario, incluso posiblemente hasta ya iniciado el Holoceno. Quedan, no obstante, también algunos pequeños afloramientos de edad miocena, que corresponden a prolongaciones hasta esta zona del gran edificio mioplioceno de Famara, el cual aflora extensamente en todo el sector septentrional de Lanzarote. El volcanismo cuaternario está representado por un cierto número de edificios y por malpaíses de lava, algunos de los cuales proceden de áreas más occidentales.

Los depósitos sedimentarios tienen escasa representación en este sector, limitándose a depósitos de ladera adosados a los relieves más pronunciados y a pequeños depósitos aluviales, en algunos casos antiguos, ya incididos por la red hidrográfica actual.

El relieve de esta zona se puede caracterizar como relativamente homogéneo, suave y poco abrupto, al estar definido mayoritariamente por los campos de lavas que constituyen superficies horizontales, como la zona del pueblo de Guatiza. Dada la edad reciente de las unidades geológicas presentes en el área, no existen grandes desniveles erosivos, siendo el barranco de Tenegüime (en la esquina NO) el único barranco profundamente encajado, si bien, en materiales miocenos y cuaternarios antiguos. Las mayores alturas se localizan en la cima de los edificios piroclásticos.

La red hidrográfica es por tanto incipiente y reducida, caracterizándose por pequeños barrancos pocos o casi nada encajados (barranco Mulión, Piletas-La Espoleta), salvo el mencionado de Tenegüime, del cual sólo su tramo final aparece en esta hoja. Dadas las escasas y breves precipitaciones que ocurren a lo largo del año, generalmente están secos.

La costa presenta un perfil de tendencia lineal norte-sur, pero manifiesta, por su sismicidad, una relativa juventud, la cual queda perfectamente reflejada por la morfología avanzada que aparece en la zona de Ancones. Las playas a lo largo del litoral son escasas, limitándose a re-

ducidas ensenadas en la desembocadura de algún barranco o zonas más deprimidas, siendo en general de carácter rocoso o de gravas.

El clima de la región no difiere de otras cercanas, quedando definido por un carácter seco-cálido, a menudo con insolación acusada, principalmente hacia la mitad sur. Hacia el borde noroccidental suelen darse con frecuencia algunas condiciones algo más frescas. Las precipitaciones son escasas y débiles. Al igual que en otras zonas, la acción del viento es constante, si bien con moderación.

La vegetación es la característica de las zonas bajas y secas de la isla, en las que la influencia de la proximidad al mar es notable. Predominan los tipos arbustivos, de bajo porte, y con carácter xérico y halófilo, como las tabaibas y aulagas entre los más frecuentes, además de otras matas diversas.

La ocupación del terreno es baja, quedando los núcleos habitados en puntos diametralmente opuestos: al sur, parte de la urbanización turística "Costa Teguisse", y al norte, el pueblo de Guatiza, y alguna urbanización cerca de la costa.

Además de las carreteras comarcales, como la GC-670 de Arrecife a Arrieta y otros ramales, existen algunas pistas de tierra que atraviesan los malpaíses y permiten un acceso relativamente cómodo a gran parte de la zona.

1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

No existen trabajos geológicos previos concretos realizados en esta área, encontrándose siempre las referencias a ella en estudios más amplios que abarcan el conjunto de la isla o tratan de una formación o aspecto específico de la geología insular.

Como base para la presente cartografía se ha utilizado la hoja geológica n.º 1084 (Haría) a escala 1:50.000, IGME-CSIC (1967e).

Además de esta información cartográfica, se ha consultado también una serie de trabajos, como son el de HAUSEN (1958), en el cual se realiza un amplio estudio del conjunto de la isla. Se incluyen numerosas observaciones de campo e ideas, que son complementadas por análisis petrográficos y geoquímicos de diferentes muestras. Asimismo, presenta un mapa de toda la isla a escala 1:200.000.

Más tarde, FUSTER et al. (1968) publican una extensa monografía, en la que sintetizan hasta el momento todos los conocimientos de la geología insular. Se basaron en la revisión de los estudios previos y en la cartografía geológica de toda la isla a escala 1:50.000, realizada por ellos y por otros autores del mismo equipo, publicada por IGME-CSIC en 1967(a-h). En el trabajo definen la volcanoestratigrafía de la isla e incluyen, además de observaciones de campo, numerosos análisis químicos de rocas de todas las unidades volcánicas presentes. Algunas referencias a esta zona se encuentran a lo largo de la memoria. Finalmente, en el mismo trabajo presentan un mapa a escala 1:100.000, en el que sintetizan gráficamente la geología insular.

En trabajos posteriores, pero apoyados en el estudio de campo del grupo anterior de autores, SAGREDO (1969) estudia las inclusiones de rocas ultramáficas en las diferentes unidades volcanoestratigráficas de la isla con referencias a muestras tomadas en esta área. Igualmente, FER-

NANDEZ SANTÍN (1969) analiza y estudia los pegmatitoides de las emisiones miopliocenas de Famara, Ajaches y de la zona central de la isla, también con amplias referencias a los afloramientos presentes en esta área.

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, en este proyecto, al finalizar toda la cartografía de la isla, se tomaron algunas muestras para nuevas dataciones K-Ar, una de ellas en esta área, que con las anteriores ayudarán a precisar algo más determinados episodios volcánicos, aún insuficientemente conocidos. Por último, las determinaciones paleontológicas a partir de la fauna existente en depósitos sedimentarios marinos contribuyen también 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 continúa concluyéndose este edificio basáltico, a la vez que hace su aparición subaérea el gran edificio de Famara, área NE de la isla. Esta nueva emisión es posible que sea el resultado de la propagación de la fisura eruptiva miocena que desde la península de Jandía en Fuerteventura se prolonga hasta el Banco de la Concepción, al NE de la isla de Lanzarote.

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

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

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

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

Los criterios utilizados para establecer la estratigrafía volcánica han sido variados. Por un lado, se han cartografiado individualmente todos aquellos edificios y sus coladas —es decir, cada una de las erupciones habidas— que están claramente diferenciadas del entorno que las rodea.

Posteriormente, y debido al carácter fisural de las emisiones, se han agrupado las erupciones distinguidas según alineaciones volcánicas. Para agruparlas se han seguido criterios petrológicos, grado de conservación y similitud geocronológica, cuando la había. 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 Guatiza. Corresponden al período mioplioceno del primer ciclo, representado por las lavas basálticas del edificio Famara, y al período pleistoceno-holoceno del segundo ciclo, representado por varias alineaciones volcánicas de emisiones basálticas.

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

Tabla 2.1. Correlación volcanoestratigráfica de la isla de Lanzarote

IGME-CSIC (1967a-h)	PLAN MAGNA (1992-1995)
Serie basáltica III Serie basáltica II	2.º CICLO PERIODO PLEISTOCENO-HOLOCENO Dominio isla de Lanzarote
Serie basáltica I	1.er CICLO PERIODO MIOPLIOCENO Dominio Famara

2.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO

2.1.1. Período Mio-plioceno. Edificio Famara. Episodios volcánicos

Las primeras manifestaciones volcánicas en este ámbito son de edad miocena, siendo bastante reducidos los afloramientos presentes en la zona.

Los macizos volcánicos de Famara, en el norte de Lanzarote, y de Ajaches, en el sur, constituyen los primeros edificios subaéreos de la isla. Ambos edificios, independientemente, se iniciaron en el Mioceno, si bien Famara es algo más moderno que Ajaches y continuó su construcción hasta ya entrado el Plioceno, mientras que Ajaches es enteramente miocena. Básicamente su

constitución es similar, estando definidos por apilamientos de coladas basálticas con buzamientos periclinales y algunos niveles y conos piroclásticos intercalados.

En el edificio Famara se han podido distinguir tres tramos o episodios que reflejan períodos de construcción del mismo, separados, en ocasiones, por pequeñas discordancias e interrupciones, normalmente de extensión reducida. En este sector, afloran, escasamente, las prolongaciones meridionales del edificio, en el borde NO de la hoja, pudiéndose distinguir en los afloramientos los dos primeros tramos del mismo.

2.1.1.1. Tramo inferior

2.1.1.1.1. Coladas basálticas (1)

Este tramo aflora en las partes inferiores del profundo barranco de Tenegüime, donde se pone de manifiesto toda la secuencia estratigráfica del edificio Famara. En este barranco, las coladas de la ladera occidental aparecen cubiertas por una colada basáltica "intracanyon" del Pleistoceno inferior, procedente de un edificio situado a varios kilómetros aguas arriba (hoja de Soo). El contacto con ellas es discordante. El tramo está constituido por apilamiento de coladas basálticas subhorizontales, o con suave buzamiento, inferior a 5°, hacia el sureste. En ocasiones aparece algún nivel de almagre rojizo intercalado entre ellas.

Son coladas "aa", a menudo "pahoehoe", de espesores individuales entre 1 y 2 m. Presentan disyunción columnar y a veces lajeado subhorizontal, encontrándose generalmente bastante alteradas, hasta el punto que a veces superficialmente pueden desmenuzarse con facilidad. La roca es oscura, coherente y masiva, poco vesicular, según las partes de la colada, presentando un carácter porfídico, con fenocristales de olivino iddingsitizados que destacan en la matriz. El grado de ceolitización suele ser acusado.

La potencia visible de este tramo en este sector oscila entre 20 y 30 m. A veces incluso es menor, como en la ladera oeste del barranco, donde cartográficamente se ha exagerado algo para poder representarlo a la escala de trabajo. En general, el máximo espesor visible de este tramo se observa en la parte occidental del macizo (zona de Famara), donde alcanza los 120-140 m, disminuyendo hacia la zona oriental, donde presenta 60-70 m de potencia visible o incluso menos, como ocurre en el barranco de Tenegüime.

La red filoniana en este sector del edificio es muy escasa, habiéndose observado al menos dos diques atravesando las brechas y coladas de este tramo, si bien cartográficamente quedan fuera de esta área.

2.1.1.2. Tramo medio

2.1.1.2.1. Coladas basálticas (2)

Arealmente tiene mayor representación en la zona que el tramo anterior, pero las condiciones de afloramiento en él son más pobres, debido a los recubrimientos superficiales existentes.

Los apilamientos de coladas de lava en este tramo definen una estructura tabular de disposición subhorizontal, suavemente inclinada hacia el SE. En ocasiones muestran una morfología alomada, de perfil longitudinal alargado, incidido por valles y barrancos bien encajados. Gene-

ralmente son coladas "aa", pero a veces también "pahoehoe" y entre ellas se intercalan algunos almagres o niveles piroclásticos oxidados. Composicionalmente son también de naturaleza basáltica olivínica, con un carácter porfídico y escasa vesicularidad. A menudo la roca está alterada pero con menor intensidad que las del tramo inferior, siendo el grado de ceolitización también notable.

Los espesores individuales de las coladas oscilan entre 2 y 4 m, alcanzando en conjunto todo el tramo una potencia visible de 150-200 m a lo largo del macizo de Famara.

Es relativamente frecuente en estos materiales basálticos, tanto del macizo de Famara como de Ajaches, la presencia de pegmatitoides asociados bien a diques o pitones, pero también a coladas. En el afloramiento aislado del barranco de Piletas o de Llanos del Cuchilo, como lo denomina FERNÁNDEZ SANTIN (1969), aparecen venillas, diques y masas irregulares de pegmatitoides, con límites difusos, impregnando la roca basáltica. Estos diferenciados pegmatitoides son rocas gabroides, de grano medio-grueso y color blanquecino. En general presentan una amplia variedad de tipos, que abarca desde gabros teralíticos a monzonitas nefelínicas, según el estudio detallado realizado por la autora antes mencionada, tanto en Fuerteventura como en Lanzarote.

2.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO

2.2.1. Período Pleistoceno inferior. Episodios volcánicos y sedimentarios

Tras la finalización de la construcción del edificio Famara hace unos 3 m.a., es decir, ya en el Plioceno, cesa toda la actividad volcánica en este sector. Comienza un período erosivo muy intenso, durante el cual se remodela profundamente el relieve en todo el macizo y se define la red hidrográfica que se encaja en las coladas basálticas. En el Pleistoceno medio tienen lugar nuevas erupciones volcánicas cuyas emisiones se adaptan a la nueva morfología del edificio anterior. Esta actividad se prolonga en esta zona, aunque con interrupciones, hasta incluso el Holoceno. Las erupciones serán más puntuales, pero estarán controladas por un régimen fisural que determinará la alineación de numerosos centros de emisión. Algunos de estos centros de emisión no aparecen en la hoja, por lo que sólo se mencionarán los que se encuentren localizados en ella. En la Tabla 2.2 se resumen las características morfológicas y petrológicas de todos ellos.

2.2.1.1. Coladas basálticas "intracanyon" del barranco de Tenegüime (4)

Algunos de los barrancos excavados en las coladas del edificio Famara sirvieron posteriormente como vía de derrame de coladas emitidas desde centros de emisión situados en la zona central del macizo. Este es el caso de la potente colada basáltica que ocupó el antiguo cauce del barranco de Tenegüime, cuyo centro de emisión se localiza en la cabecera de dicho barranco, en la zona de Peña del Pico (hoja de Soo). La erosión posterior y el encajamiento subsiguiente del barranco, ha seccionado la propia colada, relegándola actualmente, a la ladera occidental del barranco, donde queda colgada, a veces, varias decenas de metros por encima del cauce actual y también desligada de su centro emisor. Debajo de ella aparece el tramo inferior del edificio Famara, a cuyo paleorrelieve se adapta.

Se trata de una colada basáltica olivínica muy potente (<10-20 m), con fuerte disyunción columnar, en la que la erosión ha originado un gran escarpe en la parte superior de la ladera oeste del barranco. Hacia el sur, ya en esta hoja, la colada acaba bruscamente bajo las emisiones del volcán Montaña Guenia, cuyas coladas caen en cascada sobre ella hacia la Vega de Guatiza y sobre las del tramo inferior de Famara, dando lugar a una especie de "punto triple" cartográfico. En muestra de mano la roca es de carácter masivo y coherente, porfídica, poco vesicular y en general poco alterada.

COELLO *et al.* (1992) datan esta emisión "intracanyon" del barranco de Tenegüime, en 1,41 m.a., si bien en su trabajo parecen asignarla al volcán Montaña Temeje (Montaña Temeje-Guatiza, según la denominan). Este edificio no tiene sin embargo relación con dicha colada, aunque está emplazado encima de ella y es por tanto posterior.

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 (**) máx.	Anchura mín.			
Temeje	Guantesive-Temeje	N80°E	200	68	450	375	Medio, escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
Corona	Tejida-Corona	N70°E	80	150	1200	600	Medio	Coladas y piroclastos basálticos
Tejida	Tejida-Corona	N70°E	100	128	1000	500	Medio	Coladas y piroclastos basálticos
Guenia	Fisura de Guenia	N150°E	170	178	1100	750	Alto, escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
Tinamala	Calderetas de Guatiza	N30°E	100	224	1300	1000	Alto, escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
Las Calderetas	Calderetas de Guatiza	N30°E	90	67	600	425	Alto, escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
Las Calderas	Calderetas de Guatiza	N30°E	70	140	---	---	Alto, escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos

(*) De la base sobre el nivel del mar

(**) Sobre su base

2.2.1.2. Depósitos de glacia: arenas y cantos (4)

Estos depósitos tienen muy escasa representación en la hoja, localizándose sobre los materiales lávicos de Famara, en la esquina NO de la hoja. Están constituidos por cantos basálticos subredondeados envueltos en una matriz arenosa oscura. El espesor no suele llegar al metro.

2.2.1.3. Alineación Guantesive-Temeje: coladas y conos de tefra basálticos. (5 y 6)

Esta alineación volcánica está constituida por dos centros de emisión, el Lomo o Montaña Guantesive, situado en borde el nororiental de la hoja de Tegui y el volcán de Montaña Temeje, en la esquina noroccidental de ésta. La orientación de esta alineación es N80°E y la distancia entre ambos volcanes es de 2,5 km.

Edificio Montaña Temeje. Es un pequeño edificio de tefra, de perfil cónico, con cráter abierto en herradura hacia el NE. Surgió sobre la colada “intrancayon” del barranco de Tenegüime, alcanzando una altura sobre su base de 68 m y unas dimensiones basales de 450x375 m.

Es un cono de piroclastos, formado por mantos estratificados de lapilli en los que alternan niveles con diferentes granulometrías, desde tamaños con 0,5 -1 cm o 2-4 cm, hasta niveles con mayores tamaños, tipo bloque y escorias gruesas. Las bombas son abundantes, de composición basáltica-olivínica, carácter porfídico y sus formas son diversas: fusiformes y esféricas, principalmente. En general, son densas, poco vesiculares y los tamaños observados llegan hasta 60 cm. Hacia la parte superior del edificio aumentan los niveles con granulometrías gruesas y el grado de consolidación o apelmazamiento del depósito. El piroclasto se encuentra en general oxidado, en mayor grado hacia las capas más superficiales.

El estado de conservación del edificio es medio, con encostramientos superficiales de caliche, recubrimientos detríticos y acarcavamientos en sus laderas inferiores, si bien, no obstante, la morfología original, en conjunto, está perfectamente preservada.

La presencia de depósitos de alteración en las laderas del cono y sus alrededores impide observar bien si este centro volcánico emitió coladas. En una pequeña vaguada, a partir del flanco SE del edificio, parece detectarse, no obstante, una colada basáltica olivínica, poco potente, canalizada hacia el sur, que presumiblemente surgió de él, originando un débil resalte topográfico en la zona.

Una datación realizada durante la ejecución de este proyecto en las coladas atribuidas al otro edificio de esta alineación, la Montaña Guantesive, ha arrojado una edad de 1,34 m.a.

2.2.1.4. Volcán de Guanapay: coladas y piroclastos de dispersión basálticos (7 y 8)

El volcán de Guanapay está localizado en el interior de la isla, junto al pueblo de Teguisse (hoja de Teguisse), habiéndose emplazado directamente sobre los relieves miocenos más meridionales del edificio Famara. Es un edificio de tefra, con un cráter circular, que emitió un gran volumen de coladas de lava que fluyeron radialmente sobre dichos relieves y ocuparon originalmente una enorme superficie. Las emisiones se canalizaron, no obstante, hacia el este y sureste principalmente, llegando a prolongar incluso la línea de costa mar adentro. Parte de estas coladas fueron posteriormente cubiertas por las emitidas por edificios más recientes.

En esta área, las coladas que se atribuyen al edificio Guanapay ocupan la parte central de la hoja y una pequeña superficie al sur de la misma, quedando debajo de las de los volcanes de Guatiza, Tahíche y de las de la alineación Téjida-Corona. Hay que indicar, sin embargo, que no siempre está clara la individualización de estas emisiones de las de los edificios mencionados, debido a la similitud composicional que presentan todas ellas y al no siempre buen contraste morfológico existente entre las diferentes emisiones. Parece observarse, no obstante, que la superficie de las lavas atribuidas a Guanapay presenta un mayor grado de arrasamiento que las de los otros edificios. Por otro lado, tampoco se observa una conexión directa entre estas emisiones y el centro emisor, debido a los recubrimientos superficiales que existen hacia el interior. La asignación a Guanapay se ha hecho después de separar los malpaíses de los edificios que parecen más recientes, quedando finalmente unas emisiones inferiores y aparentemente más degradadas, que se extienden hacia dicho edificio, por lo que, por tanto, a él se les atribuyen.

buyen. Con respecto a la cartografía de IGME-CSIC (1967), FUSTER *et al.* (1968) e IGME (1968), estas emisiones fueron asignadas en parte a la denominada Serie III y a la Subserie II_B.

Las coladas de lava emitidas por el volcán Guanapay configuraron un extenso malpaís de lavas basálticas que determinan una superficie irregular y quebrada, pero de morfología relativamente llana y horizontal, hoy ya muy regularizada y homogénea por la erosión. Son coladas de tipo “aa”, muy escoriáceas y vesiculares en superficie, pero masivas, coherentes y con disyunción columnar en el interior. En estas partes internas la vesicularidad se distribuye mayoritariamente en las zonas próximas a la base y techo. Presentan un carácter porfídico, con abundantes fenocristales de olivino, bien frescos o iddingsitizados. A diferencia de otras emisiones próximas a ellas en el tiempo, no es frecuente la presencia de enclaves de rocas ultramáficas de tipo dunita. En algún caso presentan ceolitizaciones.

Al menos en esta zona, no se observa el sustrato sobre el que se apoyan, aunque en ocasiones se ve un almagre o depósito piroclástico hacia los niveles inferiores. Sobre ellas se apoyan coladas más recientes, así como depósitos aluviales conglomeráticos, a veces de gran potencia, como los de los barrancos de las Piletas-La Espoleta o del barranco Mulión, que delatan el importante grado de erosión y arrasamiento sufrido. En la costa el arrasamiento es también muy potente y sobre ellas se asientan los depósitos holocenos de la rasa marina erbanense.

La potencia visible del conjunto de lavas oscila entre 2 y 4 m, siendo de 1 a 3 m el espesor medio de las unidades lávicas individuales.

Mediante una datación radiométrica K-Ar, COELLO *et al.* (1992) obtuvieron una edad de 1,2 m.a., en las coladas próximas al edificio Guanapay.

2.2.1.5. *Depósitos aluviales antiguos: arenas y conglomerados* (9)

A lo largo de los márgenes de los dos barrancos principales de la hoja, barranco de las Piletas-La Espoleta y barranco Mulión, aparecen depósitos aluviales antiguos aterrazados por encima del cauce actual. En algunos casos forman terrazas relativamente amplias, como en la parte alta del barranco de las Piletas, o se abren en abanico cuando están próximos a la desembocadura del barranco (barranco de la Espoleta). Otras veces, sin embargo, ocupan el mismo cauce del barranco, estando poco incididos por el encajamiento posterior del mismo. Siempre se apoyan sobre las coladas basálticas del edificio Guanapay.

Se trata de depósitos sedimentarios de carácter aluvial, formados por conglomerados y arenas, con un grado de consolidación ya importante. Los cantos son de naturaleza basáltica, tienen formas redondeadas y subredondeadas y se disponen alineados, con cierta imbricación hacia el este. La heterometría es elevada, observándose tamaños desde escasos centímetros hasta próximos al metro. Los tamaños medios pueden variar de unos afloramientos a otros, pero oscilan entre 8 y 40 cm. Generalmente la selección del depósito es baja, pero a veces se observa una cierta ordenación, con tamaños progresivamente mayores hacia las partes altas, como ocurre cerca de la desembocadura del barranco de la Espoleta. Es frecuente asimismo el relleno de paleocanales excavados en el mismo depósito, rellenos por avenidas posteriores.

La matriz de los depósitos es arenosa, muy abundante en algunos casos, flotando los cantos en ella, pero escasa en otros, quedando el depósito granosoportado. A veces la matriz es de carácter piroclástico, mostrando un retrabajamiento acusado.

La potencia visible en los casos de mejor observación oscila entre 2 y 4 m.

2.2.1.6. *Alineación Caldera Zonzamas-Montaña Téjida-Montaña Corona: coladas, conos de tefra basálticas y piroclastos de dispersión (10,11 y 12)*

En el límite suroccidental de la hoja aparece un grupo de edificios volcánicos, algunos de ellos localizados en la hoja de Teguisse, que forman la denominada alineación Caldera Zonzamas-Montaña Téjida-Montaña Corona, los cuales siguen una orientación N70°E.

Edificio Montaña Téjida. Gran parte de él se halla localizado en la hoja de Teguisse. Tiene una forma alargada hacia el SO, alcanzando unas dimensiones de 1.000 x 500 m y una altura de 128 m. El cráter presenta una abertura hacia el NE.

Es un cono de piroclastos estratificados, relativamente homogéneos en cuanto a granulometría, constituido básicamente por fracciones tipo lapilli, de tamaños entre 0,5-2 cm. Entre ellos se intercalan algunas bombas, no muy abundantes, con formas esféricas y en huso y tamaños entre 8 y 30 cm. Hacia la parte alta del edificio aumenta la oxidación del depósito, así como el tamaño de sus componentes y grado de apelmazamiento. La composición del piroclasto es basáltica olivínica.

El edificio muestra una conservación mediana, con acarcavamiento en sus laderas. Junto a él aparecen al menos otros dos centros de emisión, relacionados con el mismo episodio eruptivo.

Edificio Montaña Corona. Es el cono dominante de la alineación, alcanzando una altura de 150 m y unas dimensiones basales de 1.200 x 600 m. El cráter tiene forma de herradura y está abierto hacia el SE.

Este cono está constituido por niveles estratificados de lapilli de 1 a 2 cm de tamaño medio, pero con intercalaciones de niveles con componentes de mayor granulometría, que llegan a alcanzar hasta tamaños de tipo bloque. La fracción de bombas es abundante, mostrando morfologías variadas: alargadas, en huso, esféricas, irregulares, etc., y tamaños que van desde 8-10 cm hasta 50 cm e incluso 1 m. Muestran un carácter porfídico, con fenocristales de olivino, son poco vesiculares y tienen una composición basáltica. Englobados en el piroclasto, se observan asimismo abundantes fragmentos de lava con formas angulosas. Hacia la parte alta del cono aumenta la granulometría del depósito y el grado de consolidación del mismo.

El grado de conservación se puede considerar mediano, en cuanto a que su morfología original no está muy degradada. En sus laderas inferiores presenta cierto grado de abarrancamiento.

En las inmediaciones de ambos edificios, hacia el SO, se observa un extenso depósito piroclástico de tipo lapilli, procedente de la lluvia de dispersión durante la erupción. En esta zona, junto a la carretera y en el barranco paralelo a ella, se observan niveles de lapilli en los que se aprecia un componente hidromagmático, reflejando la presencia de fases de este tipo en los primeros estadios de estas erupciones. Todos estos depósitos fueron posteriormente cubiertos por las coladas del volcán de Tahíche.

Otro pequeño edificio, posiblemente relacionado con esta alineación, se encuentra más al NE, de aquéllos, junto al camino de El Charco. Está constituido en sus partes inferiores por niveles de lapilli de tamaño fino, que gradualmente pasan hacia arriba hacia tamaños más gruesos, con abundantes escorias, bombas y bloques, todos ellos muy oxidados y apelmazados. Presenta un cráter abierto hacia el NO.

Este edificio parece que está rodeado por coladas que proceden de Montaña Téjida, si bien no está muy claro.

Las emisiones de lava de este grupo de edificio originaron un amplio malpaís que se extiende hacia el este, cubriendo las lavas emitidas por Guanapay. Es un malpaís de lavas muy escoriáceas en superficie, formando auténticas morrenas de lavas muy potentes que en su avance se fueron superponiendo unas a otras. En las partes internas las coladas son más masivas y coherentes, menos vesiculares y muestran disyunción columnar muy marcada. Son rocas oscuras, porfídicas, con abundantes fenocristales de olivino y en general están relativamente frescas.

A lo largo de la superficie del malpaís es frecuente observar hornitos y túmulos, algunos de ellos posiblemente enraizados, con abundantes escorias y lava vesicular circundantes.

En la costa, la llegada al mar provocó un avance de la línea costera, originando una clara morfología avanzada, que delata asimismo la juventud de esta erupción. Los cantiles son verticales, de 3 a 5 m de altura, y no se observan signos importantes de arrasamiento marino. Al pie de acantilado se han depositado arenas fosilíferas correspondientes al nivel marino urbanense.

Se ha realizado una datación radiométrica K-Ar en las coladas de este edificio, en un lugar próximo, al norte de la Ensenada de la Gorrina (coordenadas UTM: X=648900 Y=3210500). La edad obtenida es de 770.000 años, lo que justifica en parte la buena conservación del malpaís lávico y la asignación de estas emisiones al Pleistoceno inferior.

2.2.2. Período Pleistoceno medio. Episodios volcánicos y sedimentarios

2.2.2.1. Depósitos piroclásticos y arenosos alterados. (13)

Estos depósitos alcanzan una reducida extensión en el borde noroccidental de la hoja, donde ocupan zonas deprimidas entre relieves antiguos. Presentan una coloración anaranjada, textura arenosa-arcillosa y grano medio-fino, comportándose como materiales sueltos, al tener nula o baja consolidación. Composicionalmente son arenas y piroclastos que han sufrido una acusada alteración. En profundidad, es posible observar aún el carácter piroclástico. Los procesos de edafización son a veces muy evidentes, con formación de pequeños nódulos y niveles ferruginosos. La potencia visible oscila entre 1 y 2 m.

2.2.2.2. Volcán de Tahiche: coladas basálticas (14)

El volcán de Tahiche es un centro de emisión relativamente bien conservado, localizado en el borde suroriental de la vecina hoja de Tegui. Emitió gran cantidad de coladas de lava que configuraron un enorme malpaís, cuya superficie es del orden de 17,6 km². Sus emisiones más distales alcanzaron la costa, situada a unos 4-5 km del centro de emisión. En esta área sólo existe una pequeña representación de estas coladas, en la esquina suroccidental de la hoja.

Son lavas muy escoriáceas, vesiculares y caóticas en superficie, pero masivas, coherentes y con disyunción columnar vertical en el interior. En esta parte son menos vesiculares, si bien la vesicularidad es mayor hacia los bordes superior e inferior. Composicionalmente son rocas basálticas olivínicas de carácter porfídico.

Se apoyan sobre piroclastos de los edificios Montaña Téjida y Montaña Corona, pero también sobre coladas de las emisiones de Guanapay y sobre las de la alineación Zonzamas Maneje. Aunque las de Tahíche son más modernas y están menos erosionadas, a veces no resulta fácil delimitarlas de aquellas. La potencia visible individual de las coladas es del orden de 1 a 3 m, superponiéndose varias unidades unas a otras, a lo largo de todo el malpaís.

De las emisiones lávicas del volcán de Tahíche se dispone de tres dataciones absolutas K-Ar, que asignan a esta erupción una edad inferior al millón de años. La más antigua, [ABDEL MO-NEM *et al.* (1971)], es de 990.000 años mientras que las otras dos son de 350.000 y 630.000 años, [COELLO *et al.* (1992)]. Por semejanza con edificios próximos y sus malpaíses, quizás parecen más probables las edades más bajas, si bien no existe tampoco un criterio claro que sirva para rechazar la más antigua.

2.2.2.3. Depósitos aluviales arenoso-arcillosos (15)

Donde mayor representación adquieren es en la Vega de Guatiza, entre los relieves miocenos y las coladas de los volcanes de Guatiza. En mucha menor extensión aparecen también en zonas endorreicas sobre los malpaíses de todas las emisiones de esta zona.

Son depósitos de color anaranjado, composición arenosa-arcillosa y granulometría media-fina, con espesores visibles de hasta 3 m, como se observa cerca de Guatiza. Intercalados aparecen niveles y pequeñas bolsadas de cantos y arenas de carácter aluvial. Es frecuente la formación de charcos y barranqueras en época de lluvias.

2.2.3. Período Holoceno. Episodios volcánicos y sedimentarios

2.2.3.1. Rasa marina erbanense: arenas y conglomerados (+0,5 m). (16)

Los depósitos marinos del Holoceno superior fueron denominados erbanense (de Erbani, el antiguo nombre de Fuerteventura) por MECO *et al.* (1987) y MECO (1988). Aparecen en pequeños afloramientos discontinuos a lo largo del litoral de la isla, a alturas que oscilan entre 0,5 y 1 m.

En esta zona se encuentran en la playa del Tío Joaquín y en Punta de la Corrina, a una altura de 0,5 m sobre el nivel del mar, y en ambos casos sobre coladas basálticas de Guanapay. Existe otro afloramiento, pero peor desarrollado sobre coladas del malpaís de Montaña Corona, en la Ensenada de La Gorrina. Los depósitos están constituidos por una arenisca fosilífera de color gris claro con un conglomerado de cantos basálticos a techo. En la base suele aparecer un nivel de arenas marrones. El conjunto está bastante consolidado y su espesor es del orden de 20-50 cm. El contenido fosilífero está definido por la presencia de abundantes patellas y otras especies como *Theridium vulgatum* (Bruguiere), *Thais haemastoma* (Linné), *Conus mediterraneus* (Bruguiere), *Linga columbella*, (Lamarck), etc.

2.2.3.2. *Fisura de Montaña Guenia: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión.* (17, 18 y 19)

Edificio Montaña Guenia. Es un edificio localizado en la zona noroccidental de la hoja, aparentemente aislado respecto a otras alineaciones de edificios próximos. Se le considera contemporáneo a la alineación de Calderetas de Guatiza, si bien algo más antiguo, emitido a partir de una fisura paralela a aquéllas. Se emplazó sobre los relieves miocenos del edificio Famara, alcanzando una altura sobre la base de 178 m y unas dimensiones aproximadas de 1100x600 m. El cono parece el resultado de la superposición de dos edificios, con amplios cráteres abiertos hacia el NE y NO, constituidos por mantos de escorias, lapilli de 2-4 cm de tamaño, bloques y fragmentos gruesos, así como por fragmentos de lava vesicular que aparecen englobados en el piroclasto. La fracción de bombas es abundante, con formas diversas y una amplia gama de tamaños, que van desde escasos centímetros hasta tamaños de 60-80 cm. Tanto en las bombas como en los fragmentos de lava es frecuente encontrar nódulos centimétricos de dunitas, a veces muy oxidados. El grado de conservación del cono es bueno. En los alrededores del edificio existe una amplia zona cubierta por piroclastos, que fueron dispersados por los vientos reinantes en el momento de la erupción y que se superponen y confunden con otros de erupciones próximas. Cubren, a veces con gran espesor, los relieves preexistentes, incluso las lavas emitidas por el propio volcán, y han sido objeto de explotación económica. Las labores de extracción, ya abandonadas, han dejado una reducida zona de paisaje ruiforme muy llamativo, junto a la carretera a Tesequite, al sur del edificio.

A partir de grietas y fisuras en la base del edificio, surgieron lavas basálticas que se canalizaron hacia el noreste, cayendo en cascada sobre los relieves miocenos de Famara, tal y como se observa en la desembocadura del barranco de Tenegüime. Son lavas escoriáceas, vesiculares y muy delgadas, de potencias no superiores al metro o metro y medio, que a medida que se emitían se apilaban unas sobre otras. Presentan un carácter porfídico, con fenocristales de olivino, siendo frecuentes también los nódulos de dunita. Hacia el oeste se emitieron también coladas de lava, que inmediatamente se canalizaron hacia el sur, en un único ramal (zona de Las Vegas de Guenia, en la hoja de Teguisse), alcanzando un recorrido no superior a 1 km. Al contrario que la del otro sector, éstas son mucho más potentes, formando morrenas de grandes cascotes en superficie pero masivas en el interior, de varios metros de espesor. Se apoyan sobre coladas más antiguas emitidas desde el centro de emisión de Guanapay. Actualmente están seccionadas por el barranco de Munguía.

2.2.3.3. *Alineación Calderetas de Guatiza: coladas basálticas, conos de tefra y piroclastos de dispersión.* (20, 21 y 22)

Esta alineación está constituida por cuatro edificios principales y otros de menor entidad, dispuestos según una orientación N30°E, encontrándose localizados en la mitad norte de la hoja. La distancia entre los centros de emisión extremos de la fisura eruptiva es de unos 3 km.

Edificio La Caldera o Montaña Tinamala. Es el más suroccidental de la alineación y uno de los de mayor envergadura, con 224 m de altura y 1.300 x 1.000 m de dimensiones basales aproximadas. Aunque no es visible su base de apoyo, debió de emplazarse también sobre los niveles miocenos. Presenta un enorme cráter abierto en herradura hacia el NE. Está compuesto por niveles estratificados de piroclastos, en los que alternan diferentes granulometrías. Predominan los tamaños de lapilli de 2 a 3 cm, con gradaciones a tamaños mayores de 6 cm. Fragmentos

de 1 a 2 cm son más escasos y forman niveles más delgados, intercalados entre los de mayor granulometría. La presencia de bombas es importante, predominando las de formas esféricas y en menor medida en huso, a veces perfectas. Sus tamaños varían desde 8 hasta 1 m, si bien estos últimos no son los más frecuentes. A menudo presentan características costras vítreas superficiales en "corteza de pan". Son de composición basáltica olivínica, mostrando casi siempre abundantes enclaves de dunita. El grado de oxidación del piroclasto es variable, existiendo niveles de color oscuro y otros completamente rojizos.

El depósito se encuentra en general poco consolidado, aumentando el grado de apelmazamiento del piroclasto hacia la parte superior. El estado de conservación es relativamente alto, aunque en algunas laderas existen actualmente labores de explotación del piroclasto.

De la base del edificio surgieron coladas basálticas de lava muy escoriáceas y vesiculares en superficie, que se dirigieron hacia el norte y este, alcanzando un recorrido bastante reducido. Forman un malpaís de potentes coladas o morrenas de cascotes y fragmentos angulosos en superficie, con taludes pronunciados. En el interior, las lavas son masivas y tienen disyunción columnar. El carácter de la roca es porfídico, con fenocristales de olivino y con abundantes nódulos de dunita, de tamaños entre 2 y 8 cm. En algunos casos se han encontrado también enclaves de gabro.

Edificio Las Calderetas. Este edificio es realmente un edificio compuesto por varias bocas eruptivas, que se van superponiendo unas a otras. En su zona meridional tiene un cráter en herradura abierto hacia el norte y parece apoyarse sobre otro edificio de cráter circular.

Está constituido por escorias gruesas muy vesiculares e irregulares y abundantes bombas, de tamaños entre 10 y 50 cm, a veces muy densas, siendo abundante la fracción de tamaños tipo lapilli (0,5-2 cm). Englobadas en el piroclasto, aparecen frecuentemente lavas que, al igual que el resto, son de composición basáltica olivínica y tienen también nódulos de dunita.

En general el piroclasto está bastante apelmazado. El grado de oxidación es igualmente alto. El estado de conservación del edificio, a pesar de las extracciones de picón en sus laderas, es relativamente bueno.

Edificio Las Calderas. Forman un grupo de edificios superpuestos y adosados al edificio anterior. Presentan cráteres abiertos y otros completamente circulares. El depósito está formado por escasa fracción de lapilli y abundantes tamaños gruesos, con escorias vesiculares, fragmentos irregulares y bombas con tamaños de hasta 1,20 m, a veces también muy densas. Composicionalmente son basaltos olivínicos, de carácter porfídico. Engloban abundantes nódulos de dunitas y más escasos de piroxenitas, [SAGREDO (1969)]. No es raro que aparezcan lavas intercaladas en la tefra.

Próximos a estos edificios existen algunos centros de emisión, a veces dismantelados, que constituyen salideros adventicios de los focos principales. La dispersión de lapilli a lo largo de la zona es grande, en ocasiones con gran espesor cubriendo parcialmente, las propias coladas emitidas.

Del conjunto de edificios se emitió gran cantidad de coladas basálticas que formaron un extenso malpaís de lavas muy escoriáceas, aún hoy relativamente bien conservado. Son rocas porfídicas, algo vesiculares, con abundantes fenocristales de olivino fresco destacando en una matriz oscura. No se observa la base sobre la que se apoyan, pero a escasa distancia al norte de

la hoja, ya en la de Haría, se ve cómo cubrieron un campo de dunas del Pleistoceno superior. Forman también potentes coladas o morrenas de lava de cascotes y bloques sueltos, pero masivas y coherentes en el interior, presentando frentes y taludes pronunciados de varios metros de altura. En ocasiones engloban megabloques y partes de los propios edificios piroclásticos de los que surgen. A lo largo del malpaís, en la zona oriental aparecen los hornitos y coneletes de 8-10 m de altura, formados por fragmentos escoriáceos muy apelmazados.

Las coladas alcanzaron la costa, provocando una extensión de la línea costera que aún hoy presenta una morfología avanzada. La erosión marina no ha excavado aún una rasa sobre ellos. Sobre las lavas, en la franja más próxima a la costa, se acumulan arenas eólicas de color dorado, que no llegan a alcanzar más que espesores decimétricos.

2.2.3.4. Arenas eólicas (23)

A lo largo de la franja costera septentrional aparecen formaciones arenosas de escaso espesor, apoyadas sobre las coladas de lava de la Alineación de Guatiza. Son arenas de grano fino, de color dorado, compuestas por diminutos fragmentos de caparazones de moluscos. Alcanzan espesores no superiores al metro y a menudo sólo constituyen un débil recubrimiento decimétrico sobre el sustrato.

2.2.3.5. Depósitos de ladera (24)

La ausencia de grandes relieves en esta área hace que estas formaciones no presenten gran desarrollo. Aparecen en las laderas del edificio La Caldera y están constituidos mayoritariamente por material piroclástico que se derrubian del edificio. Hacia las partes más distales se entremezclan con materiales detríticos de carácter aluvial. Son de granulometría fina y carecen de selección y ordenación.

2.2.3.6. Depósitos aluviales de fondo de barranco (25)

Donde únicamente tienen consideración es en la desembocadura del barranco de Tenegüime, pues en el resto de barrancos son escasos.

Están constituidos por gravas y arenas, donde predominan los cantos redondeados y subredondeados de litologías basálticas. Son fragmentos heterométricos, con tamaños desde pocos centímetros o milímetros hasta incluso 1 m de diámetro. La fracción arenosa que los envuelve es relativamente abundante. La potencia visible de estos depósitos no alcanza los 2 m, pero dada la envergadura del barranco de Tenegüime, debe de alcanzar, cerca de su desembocadura varios metros. En este lugar se aprecia cómo los depósitos están derramados hacia el norte, evidenciando, posiblemente, un basculamiento tectónico en ese sentido del edificio mio-plioceno de Famara.

2.2.3.7. Playas de arenas y cantos (26)

Las acumulaciones de arena en la línea de costa son muy escasas en este sector, al no existir playas de importancia. Entre las existentes, cabe destacar las de la zona de Costa Tegui (límite sur de la hoja), caracterizadas por su color dorado, grano fino y constitución organógena. En otras, como en la playa del Tío Joaquín, los depósitos existentes son poco importantes, tratándose de arenas grises y abundantes cantos basálticos redondeados.

3. TECTÓNICA

De todos los elementos estructurales propios que definen la evolución tectónica en terrenos volcánicos, en esta hoja están presentes las alineaciones volcánicas y, en menor medida algunas fracturas. La hoja se localiza en pleno Dominio de Famara, caracterizado por orientaciones estructurales de diques, fallas y fracturas eruptivas a $N40^{\circ}$ - 50° E.

Tres grupos de volcanes formando alineaciones afloran en la hoja, correspondientes a la fisura de Genia, fisura de Calderetas de Guatiza (ambas holocenas) y al grupo de Montaña Téjida-Montaña Corona (del Pleistoceno inferior).

Las dos primeras son fisuras paralelas entre sí, con dirección $N30^{\circ}$ - 35° E, concordantes con la directriz dominante en el Dominio de Famara, y paralelas al escarpe SE —supuestamente de falla— que limita el bloque mioplioceno basáltico del edificio Famara, justamente en las inmediaciones noroccidentales de Guatiza. Parece claro, pues, que la tectónica regional del área es la causante de la fracturación del bloque, provocando la erupción volcánica de todos estos aparatos.

La fisura de Genia es de corto recorrido (800 m) y está integrada por dos conos de tefra medianos coalescentes, por los que se han emitido coladas. Uno de los cráteres está abierto hacia el norte, mientras que el del extremo NE (que parece más moderno) lo hace hacia el NE. Es por tanto probable que la fisura haya progresado precisamente en ese sentido NE.

Por su parte, el grupo de volcanes de Guatiza es de mayor envergadura. La fisura eruptiva, de unos 4 km de longitud, surge sobre una plataforma subhorizontal de 50-60 m de altura (¿la rasa pliocena?) con la emisión de varios aparatos, superpuestos (Montaña Tinamala, Las Calderetas, Las Calderas), que parecen progresar también en sentido NE. Las últimas emisiones en el extremo de Las Calderas son múltiples, con aparición de varias bocas en las laderas del volcán mayor y central, que globalmente se alinean según la directriz principal de la fractura. Otra pequeña fisura adventicia a este conjunto se aprecia al SE, antes de llegar a la línea de costa. Son unas pequeñas bocas que también se alinean en dirección $N30^{\circ}$ - 35° E, paralelas a la fisura principal. Estos hechos de concordancia en la orientación entre la fisura principal y varias de las adventicias parece indicar una tectónica extensional como causante de la fisuración del área.

Estratigráficamente, el grupo de volcanes de Montaña Corona se ha englobado con el de la Caldera de Zonzamas (al sur de la hoja de Tegui). Esta agrupación, evidentemente, es algo subjetiva. Tectónicamente, puede considerarse a Montaña Corona como el extremo final de alineaciones del Dominio central, pero también como fisuras cortas a $N40^{\circ}$ E, propias de la tectónica del Dominio de Famara. Montaña Corona podría alinearse con otra pequeña boca al NE, formando una fisura eruptiva a $N40^{\circ}$ E. Inmediatamente al norte, Montaña Téjida (con cráter abierto al NE) y sus conos adventicios formarían otras dos pequeñas fisuras paralelas a las anteriores. Por otra parte, también podría considerarse la posibilidad de que el conjunto forme una directriz cruzada a $N155^{\circ}$ E, siendo las pequeñas fisuras antes descritas las fracturas conjugadas de esta principal.

Por último, en el ángulo NO de la hoja, aflora el pequeño y aislado volcán de Montaña Temeje. Estratigráficamente se ha agrupado con el volcán Guantesive, dentro del Pleistoceno inferior, aunque realmente no está muy claro que correspondan a la misma fisura eruptiva. Montaña Temeje, más bien parece participar de la fisura que dio origen al conjunto de Ubigue-Cabrera-

Chica (en la hoja de Teguisse), ya que se encuentra alineada con ellos, definiendo una dirección N45°E, propia del Dominio de Famara, al que sin duda pertenecen ambos.

Respecto a las fracturas, MARINONI y PASQUARÉ (1994) aprecian dos lineamientos muy marcados en la mitad norte de la hoja, que podrían corresponder a dos fracturas. Ambas son paralelas entre sí y presentan una dirección N165°E. Una discurre por el barranco de Tenegüime, delimitando, a la salida del mismo, la cuenca sedimentaria de Guatiza, de un escarpe SSE de los basaltos miocenos inferiores de Famara. La otra es la que define el acantilado en la playa de la Tía Vicenta. Es factible que dentro de estas familias de lineamientos pueda existir otra entre Punta del Banquete y Punta de Tierra Negra.

Los movimientos verticales habidos en la zona han quedado reflejados en varias superficies de arrasamiento marino.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La hoja de Guatiza se caracteriza por un relieve suave, sin grandes diferencias de cotas, que van bajando suavemente hacia el mar al este. Sobre este relieve, que tiene cotas entre 0 y 200 m destacan edificios volcánicos de escasa altitud y amplia base, alcanzando el más alto de ellos, Tinamala, una altitud de 320 m.

Los edificios volcánicos son más numerosos hacia el norte de la hoja. Hacia el sur se aprecia una gran llanura que termina en la costa E, que corresponde al malpaís de Montaña Téjida y Corona. También hacia el norte y noreste existen amplias zonas llanas que corresponden al malpaís de Calderetas de Guatiza.

A causa de la orografía y en combinación con el clima que durante el Cuaternario ha sido árido o semiárido, la red hidrográfica de la hoja es escasa, estando constituida por pequeños barrancos poco encajados, como son los de La Espoleta y Mullión, que van de O a E. Generalmente estos barrancos aparecen secos en la actualidad, dadas las débiles precipitaciones.

La lluvia en esta parte de la isla no llega a los 150 mm de precipitación anual [(MARZOL, 1988)] debido a que no hay ningún relieve que detenga el mar de nubes. Asimismo la insolación es muy elevada, superando un 65% de días soleados al año. La humedad relativa es inferior al 70% y los vientos son constantes y de componente NE.

La vegetación es escasa y característica de las zonas bajas y secas de la isla. Predominan los tipos arbustivos de bajo porte y carácter xérico y halófilo.

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

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

4.2.1. 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 por las alineaciones volcánicas centrales.

La hoja de Guatiza se puede considerar incluida en el Dominio de Famara, aunque participa en parte del Dominio central.

El Dominio de Famara 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.

El Dominio central, a su vez, está formado por el macizo mioceno de Tías y las alineaciones volcánicas pleistocenas y holocenas centrales, ocupando una amplia extensión las emisiones históricas. Unicamente en el ángulo SO se encuentra el edificio y malpaís de Montaña Corona, que pertenecería a este Dominio central.

Existe una serie de lineamientos topográficos a escala de la isla, que en algunos casos han sido considerados como fracturas. El más importante, en el entorno de la hoja estudiada, sería uno de dirección N40°E, que marcaría el borde E del macizo de Famara el cual casi no entra en la hoja, encontrándose plenamente en la hoja de Haría; marca un escalón topográfico. Otro sería el de la alineación de Guatiza de la misma dirección, con cotas inferiores en su lado E. Ambos lineamientos mantienen una dirección paralela a la más significativa tectónicamente en el macizo de Famara y en toda la isla en general.

Existe otro escalón topográfico de carácter tectónico de menor envergadura reflejado en un barranco de laderas asimétricas, el de Tenegüime, cuya desembocadura, en la "cuenca" endorreica de la Vega de Guatiza, se encuentra en el extremo NO de la hoja, con una dirección N160°E, que también coincide con otra dirección tectónica importante regionalmente [(MARI-NONI y PASQUARÉ, (1994)].

Así pues, parece que este juego de bloques en el Dominio de Famara ha condicionado las posteriores emisiones volcánicas, siendo por tanto el relieve de la hoja fundamentalmente de origen endógeno, estructural en gran medida y también volcánico.

4.2.2. Estudio del modelado

4.2.2.1. Formas endógenas

Las formaciones volcánicas de la hoja son las que fundamentalmente imprimen el carácter al modelado del relieve, retocado por los agentes externos muy ligeramente. Así que el 90% aproximadamente de la superficie de la hoja se encuentra cubierto por formaciones volcánicas.

Las formas más significativas son los conos volcánicos, constituidos generalmente por piroclastos, que a veces se extienden más allá del edificio volcánico, y las coladas de lava o malpaíses.

Los conos volcánicos muestran formas troncocónicas muy aplastadas, con pendientes muy suaves, que destacan en el paisaje y con sus cráteres generalmente abiertos lateralmente, en forma de herradura. Su estado de conservación "suele coincidir" con su edad; así los mejor conservados

son los de la alineación más reciente de Calderetas de Guatiza (Tinamala, Las Calderetas, Las Calderas). También el de Guenia se encuentra muy bien conservado, con escasa vegetación. Con un grado medio de conservación se encuentran los conos de Téjida, Corona y Temeje.

Los malpaíses más significativos y que cubren una superficie muy importante de la hoja son los del edificio Guanapay, la alineación Téjida-Corona, la fisura de Guenia y la alineación Calderetas de Guatiza.

El malpaís de Guanapay es el peor conservado, con una superficie muy regularizada y homogénea, muy suavizada y casi horizontal. Son coladas tipo "aa". El malpaís de Téjida-Corona cubre también una amplia extensión, con un grado medio de conservación, sin estar excesivamente degradada su morfología original. Las lavas son muy escoriáceas en superficie y conservan abundantes hornitos y túmulos. Los malpaíses de Guenia y de la alineación Calderetas de Guatiza presentan amplios malpaíses subhorizontales con lavas muy escoriáceas, y especialmente las de la última alineación, aparecen con algunos hornitos en su superficie.

4.2.2.2. Formas exógenas

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

Laderas

Debido a la morfología de la hoja, las únicas laderas existentes son las que constituyen los conos volcánicos. En éstos, a causa de la escasez de lluvias y debido a la escasa pendiente, casi no se desarrollan depósitos. Los únicos destacables son los existentes en la ladera sureste de La Caldera, constituidos por materiales sueltos que tapizan aquella y suavizan su pendiente. Son de edad holocena, pues se forman sobre materiales piroclásticos holocenos.

Fluviales

El modelado fluvial en la hoja es también poco significativo. Existe únicamente algún tramo de los cursos de los barrancos de Mulión y La Espoleta, con pequeños escarpes y desarrollo de pequeñas terrazas en otros tramos que tienen escasa importancia desde el punto de vista morfológico. Se trata de cursos de agua cortos con cuencas de recepción poco extensas, que funcionan como arroyos intermitentes, con descargas esporádicas de alta energía y apenas han incidido en los materiales volcánicos.

En el extremo del barranco de Tenegüime se desarrolla un cono de deyección debido a la pérdida de energía de sus aguas, que desembocan en la pequeña cuenca, ahora endorreica, de la Vega de Guatiza, al NO de la hoja.

El único interfluvio existente aparece como una arista muy suavizada sobre materiales mioceños en el ángulo NO de la hoja.

Eólicos

Sólo se encuentran arenas eólicas en una estrecha franja al NE de la hoja que únicamente recubre muy finamente una morfología de malpaís, no modificando la misma.

Endorreicos

Las pequeñas cuencas de carácter endorreico se han formado por el cierre de valles, como es el caso de la Vega de Guatiza, por las coladas holocenas de La Caldera o en pequeñas depresiones en coladas como las del edificio Guanapay, de edad pleistocena inferior.

Se rellenan de depósitos areno-arcillosos que dan lugar a un fondo de valle plano. Funcionan como un "valle ciego" en donde la escorrentía es escasa, siendo los aportes laterales materiales finos de la propia alteración de las coladas.

Marino

El modelado marino tampoco ha sido importante en la hoja. El mar ha labrado un pequeño acantilado (2 a 5 m) sobre las coladas del Pleistoceno inferior de Montaña Corona que avanzan con una forma convexa sobre aquél. Las playas son muy escasas, no modificando en absoluto la línea de costa.

También se puede apreciar una superficie de abrasión marina ("erbanense") muy estrecha, que se desarrolla al pie de coladas de distinta edad, elevada 0,5 o 1 m sobre el nivel del mar, en la zona de Punta de la Corvina y de Las Pachonas.

Poligénicos

Prácticamente sin relevancia en la hoja, se ciñen al ángulo SO de la misma. Se trata de áreas de pendiente suave a ambos lados del lomo Ballón, que ha sufrido procesos de edafización.

De mínima representación es la presencia de una superficie de glaciares de erosión que entronca con otras existentes en la hoja de Haría.

Antrópicos

Las formas más destacables son las explotaciones realizadas fundamentalmente sobre los edificios piroclásticos de la alineación Calderetas de Guatiza y en los sedimentos de la Vega de Guatiza.

4.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

4.3.1. Depósitos eólicos

Aparecen únicamente en una pequeña banda N-S, a lo largo de la franja costera este septentrional.

Se trata de mantos eólicos de muy escaso espesor. Están constituidos por minúsculas conchas de moluscos y algunos caparazones de crustáceos que dan unas arenas de tonos dorados y granulometría fina o muy fina. Su potencia no supera el metro y a menudo sólo constituyen un débil recubrimiento sobre el sustrato.

Se depositan sobre las coladas de la alineación de Guatiza, siendo por tanto holocenas, continuando su deposición hasta la actualidad.

4.3.2. Depósitos fluviales

Dentro de este tipo de depósitos se encuentran en primer lugar los depósitos aluviales antiguos, que constituyen terrazas a los lados de los principales cursos de agua actuales; estos cursos son el barranco de las Piletas-La Espoleta y el barranco Mullión, situados en el centro de la Hoja y con una dirección E-O. En algunas ocasiones forman terrazas, como puede ser el caso de la parte alta de las Piletas o en la desembocadura del barranco de La Espoleta, y en otras, son estrechos depósitos que ocupan el mismo cauce del barranco, estando muy poco incididos por la red actual.

Estos depósitos corresponden a medios de alta energía, torrenciales, de frecuencia intermitente.

Como ya se indica en el Capítulo 2, litológicamente están constituidos por conglomerados bastante consolidados, con matriz arenosa, que en unos casos es muy abundante y en otros sólo rellena intersticios, pasando el conglomerado a ser granosoportado. Su potencia oscila entre los 2 y los 4 m.

Siempre se apoyan sobre las coladas del edificio Guanapay, del Pleistoceno inferior.

Otro tipo de depósitos aluviales son los conos de deyección formados en la desembocadura del barranco de Tenegüime, que vierte a la Vega de Guatiza o en la zona de Vegueta del Espino.

Estos depósitos están formados por cantos redondeados y subredondeados de naturaleza basáltica, muy heterométricos (desde centimétricos hasta incluso métricos), rodeados por una matriz arenosa relativamente abundante. Su potencia visible son 2 m, pero posiblemente pueda ser superior. En el primer caso se depositan sobre los materiales endorreicos de la Vega de Guatiza.

Por último, existen los depósitos aluviales de fondo de valle que ocupan zonas llanas, deprimidas, de escasa escorrentía, que incluso en algún momento han podido funcionar como cuencas endorreicas, pero que actualmente se encuentran recorridas por algún curso de agua muy intermitente que drena la zona.

Los depósitos están constituidos por arenas, limos y arcillas de tonos marrón-rojizo.

4.3.3. Depósitos endorreicos

Estos materiales se han depositado en pequeñas cuencas que en algunos momentos han funcionado como zona de aluvial y que posteriormente, a menudo por el cierre de la salida de agua por coladas, pasan a funcionar como pequeñas cuencas cerradas de escasa escorrentía y mal drenaje.

Se trata de zonas llanas como por ejemplo la Vega de Guatiza, ocupadas por sedimentos de color anaranjado, arcilloso-arenosos, con potencias de hasta 3 m, con intercalaciones de cantos y arenas de procedencia aluvial.

Los depósitos más antiguos comienzan a formarse posteriormente a la emisión de coladas del edificio Guanapay (Pleistoceno inferior), rellenando pequeñas depresiones en las mismas.

Otros son de edad holocena, pues se forman al cerrarse las cuencas por las coladas de la alineación La Caldera-Las Calderetas, de edad asimismo holocena.

4.3.4. Depósitos de ladera

Debido a los escasos relieves de la hoja y a la escases de lluvias, este tipo de depósitos no es muy frecuente. Se encuentran en las laderas de los edificios volcánicos y adquieren escasa entidad.

La formación más destacable es la que se encuentra en la ladera SE del edificio La Caldera, en el centro de la hoja. Está constituida por material piroclástico retrabajado, mezclado en las partes bajas con material detrítico de alteración de aquel de granulometría más fina. Son materiales mal seleccionados y ordenados, tendidos a favor de la pendiente en lechos pseudo-paralelos.

4.3.5. Depósitos poligénicos

Estos depósitos, de muy escasa representación, están constituidos por sedimentos que ocupan superficies de glaciares, únicamente encontrados en la esquina NO de la hoja. Se depositan sobre los materiales lávicos del edificio Famara.

Están formados por cantos basálticos subredondeados que aparecen en una matriz arenosa de color oscuro. Su espesor es inferior a 1 m. Su edad es pliocena, correspondiendo al gran período denudativo entre la deposición de coladas miocenas y cuaternarias.

4.3.6. Depósitos litorales

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

Así aparecen los depósitos asociados a las "rasas", que en el caso de esta hoja es la "rasa erbanense" (Holoceno superior) [MECO *et al.*, (1987); MECO, (1988)]. Se trata de afloramientos de escasa continuidad a lo largo de la costa, que alcanzan alturas entre 0,5 y 1 m.

La formación, como se indica en el Capítulo 2, está constituida fundamentalmente por una arenisca fosilífera de color gris claro. Se ha observado en la playa del Tío Joaquín, en Punta de La Corvina y, peor desarrollada, en la ensenada de La Gorrina. Se depositan sobre coladas basálticas del edificio Guanapay o Montaña Corona, de edad pleistocena inferior y holocena, respectivamente.

Los depósitos de playa son también muy escasos. Sólo se encuentran acumulaciones de arena en la zona de Costa Tegui, al S de la hoja, constituidas por arenas finas de color amarillento, y en otros puntos como en la playa del Tío Joaquín, con escasas acumulaciones de arenas grises y abundantes cantos basálticos redondeados.

4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

La evolución del relieve en esta hoja comienza a partir del apilamiento de coladas de edad miopliocena que constituyen el macizo de Famara. Este macizo afloraba en una superficie mayor

a la que ahora se observa, dada la existencia de algunos pequeños afloramientos de estas coladas antiguas, como en la zona de Muele Molino.

Durante el Plioceno superior existe una gran etapa de calma eruptiva en la que predominan los procesos erosivos. Así se genera en Famara un paleorrelieve "penillanurizado" sobre la superficie del escudo volcánico con una cobertera edafizada, en el que sobresalen restos de algunos edificios volcánicos. Se generan los primeros glaciares de erosión, que no alcanzan todavía a la presente hoja.

Comienzan a funcionar determinadas fracturas, rejugando bloques con basculamientos sucesivos hacia el N y E, entre los que se generan asimismo glaciares con escasa o nula cobertera detrítica cuya representación en la hoja se reduce a una mínima superficie en el extremo NO de la misma.

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

Vuelven a funcionar fracturas con movimiento en la vertical, generándose en el labio hundido al E una plataforma de abrasión (posiblemente de origen marino) alrededor de la cota de 100 m., sobre la que posteriormente discurrirán las coladas pleistocenas-holocenas.

Sobre la plataforma surgen los nuevos volcanes en distintas alineaciones que aprovechan líneas de debilidad y en algunos casos pueden comenzar con erupciones hidromagmáticas, indicando así la proximidad al nivel del mar y la entrada de agua marina a los conductos; posteriormente las emisiones son claramente subaéreas con predominio de fases estrombolianas. De este modo Famara, que hasta ahora era una isla, comienza a unirse con el resto de la isla de Lanzarote.

En las coladas del edificio Guanapay (Pleistoceno inferior), anteriores a las de la alineación de Calderetas de Guatiza, comienza el encajamiento de los pequeños barrancos en materiales piroclásticos y coladas basálticas y formación de terrazas.

Las coladas de los edificios Téjida y Corona discurren por una suave depresión existente en las coladas de Guanapay, la cual rellenan.

En la costa se desarrollan pequeños acantilados, como en las coladas de La Corona, y a comienzos del Holoceno, debido a una regresión marina, se labra una pequeña rasa (urbanense) que en algunos puntos presenta depósitos marinos.

El relieve ya está plenamente configurado y sólo se aprecian pequeños retoques al mismo, como son la formación de alguna playa en la costa, depósito en pequeñas cuencas endorreicas de arenas y arcillas, aparición de finas capas de arena de origen eólico en el ángulo NO de la hoja y formación de algunos coluviones en las laderas de algún edificio volcánico.

4.5. MORFODINÁMICA ACTUAL

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

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

5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA

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

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

El estudio geoquímico incluye los análisis químicos realizados paralelamente, a los que se han añadido los disponibles en la bibliografía. Se parte de la consideración de dos grandes ciclos volcánicos constructivos dentro del conjunto de la isla: un primer ciclo, representado por los macizos miocenos de Ajaches, Dominio central y Famara (Mioplioceno), y un segundo ciclo, constituido por el resto de emisiones, mayoritariamente cuaternarios, incluidos los 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 aquí representados y a continuación una referencia particular y comparativa en los episodios cartografiados en esta área.

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

5.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA.

5.1.1. Período Mio-plioceno. Edificio Famara (1 y 2)

Las muestras estudiadas se ajustan a las características de este edificio en otras zonas del mismo. Se trata de basaltos olivínicos de textura porfídica, formados por abundantes microfenocristales de olivino, de idiomorfos a subidiomorfos, algunos con hábitos esqueléticos. No suelen ser de gran tamaño, generalmente entre 0,3 y 0,7 mm, si bien esporádicos ejemplares pueden llegar hasta 1,5 mm, apareciendo parcialmente iddingsitizados. La matriz se caracteriza por la presencia de plagioclasa de hábito tabular (0,1 y 0,4 mm), macladas polisintéticamente y con una ligera orientación de flujo. Completan la matriz augita, olivino iddingsitizado y opacos granulares dispersos. Con carácter intersticial puede aparecer escasa serpentina.

**Tabla 5.1. Análisis químicos, norma CIPW y parámetros geoquímicos de las muestras de la hoja
Época Mio-plioceno**

Muestra	12794	12700-13069	12663-13061	12794	12680-13082
SiO ₂	41.85	43.85	43.85	44.12	44.15
Al ₂ O ₃	16.43	17.08	16.36	16.17	15.24
Fe ₂ O ₃	4.07	0.91	5.68	4.50	4.60
Fe O	5.20	8.01	3.40	5.72	5.17
Mg O	5.92	4.27	5.71	5.27	6.96
Ca O	12.49	9.81	10.43	11.76	10.71
Na ₂ O	2.86	4.52	3.98	3.20	3.62
K ₂ O	1.45	2.50	2.05	1.60	1.93
Mn O	0.13	0.19	1.18	0.16	0.14
Ti O ₂	2.36	2.64	2.18	2.61	2.49
P ₂ O ₅	1.15	1.46	1.42	1.28	1.40
H ₂ O	3.72	3.82	3.86	3.21	2.81
C O ₂	1.98	0.14		0.30	
Total	99.61	99.20	99.10	99.90	99.22
Or	8.57	14.77	12.12	9.46	11.41
Ab	20.05	12.29	17.46	19.53	16.94
An	27.71	18.93	20.72	25.03	19.64
Ne	2.25	14.06	8.79	4.09	7.42
Di	11.26	15.95	16.95	18.31	19.17
Ol	8.50	9.34	4.56	5.15	7.20
Mt	5.90	1.32	8.24	6.52	6.67
Il	4.48	5.01	4.14	4.96	4.73
Ap	2.66	3.38	3.29	2.97	3.24
Cc	4.50	0.32		0.68	
ID	30.87	41.13	38.36	33.07	35.76
FEMG	0.12	0.42	0.01	0.14	0.07
IP	0.38	0.59	0.54	0.43	0.53

12794 Gabro essexítico. Pegmatitoide en Llanos del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).
12700-13069 Gabro essexítico. Pegmatitoide en Llanos del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).
12663-13061 Gabro essexítico. Pegmatitoide en Llanos del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).
12794 Gabro essexítico. Pegmatitoide en Llanos del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).
12680-13082 Gabro essexítico. Pegmatitoide en Llanos del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).

Tabla 5.1. (Continuación).

Época	Mioplioceno			Pleist. Inf.	Pleis.Sup. Hol.
Muestra	13587	12707-13092	12695-13071	RB-131	13042
Si O ₂	42.50	44.70	45.25	43.61	43.15
Al ₂ O ₃	13.50	16.19	16.26	11.03	1.16
Fe ₂ O ₃	5.16	3.51	3.71	12.08	0.60
Fe O	7.14	4.89	4.54		7.01
Mg O	10.44	4.78	10.44	13.06	45.87
Ca O	10.99	10.52	10.99	11.75	1.14
Na ₂ O	3.28	4.28	3.28	3.54	0.22
K ₂ O	1.20	2.05	1.20	0.93	0.04
Mn O	0.17	0.18	0.17	0.19	0.10
Ti O ₂	2.20	2.25	2.20	2.63	0.02
P ₂ O ₅	1.04	1.76	1.04	1.16	
H ₂ O	2.67	3.44	2.67		0.22
CO ₂			1.71		
Total	100.29	98.55	99.78	99.99	99.53
Ce	149				
Cr				425	7200
La				78	
Nb				88	
Ni				266	2100
Rb				26	
Sr				961	
V				214	
Y				26	
Zr				156	
Or	7.09	12.12	14.95	5.50	0.24
Ab	10.99	19.96	29.51	18.57	1.86
An	18.57	18.91	16.07	11.46	2.06
Ne	9.08	8.80	5.28	6.17	
Di	23.16	17.33	4.85	24.01	2.83
Hy					9.00
Ol	14.65	4.55	8.41	14.99	82.42
He				12.08	
Mt	7.48	5.09	5.38	0.87	
Il	4.18	4.27	4.14	0.41	0.04
Pf				4.11	
Ap	2.41	4.08	4.43	2.69	
Cc			3.89		
ID	27.17	40.88	49.75	30.23	2.10
FEMG	0.14	0.15	0.09	0.00	0.08
IP	0.50	0.57	0.64	0.62	0.35

13587 Basanita. Colada en Llanos del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).
12707-13092 Gabro essexítico. Pegmatitoide en Llanos del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).
12695-13071 Gabro essexítico. Pegmatitoide en Llanos del Cuchillo. FUSTER *et al.* (1968).
RB-131 Basanita. Colada a 1.100 m al E de Montaña Corona; cota 82 m. MAGNA.
13042 Harzburgita. Enclave en colada de Montaña de Guenia, junto cementerio de Guatiza. SAGREDO (1969).

Tabla 5.1. (Continuación).

Época	Pleistoceno superior-Holoceno				
Muestra	13260	13225	BM-2082	13215	12693
SiO ₂	42.50	43.72	44.05	38.40	39.75
Al ₂ O ₃	12.03	12.62	12.33	1.33	3.70
Fe ₂ O ₃	2.90	3.26	12.27	1.13	1.03
Fe O	8.73	8.38		9.54	8.21
Mg O	15.72	13.75	11.43	45.42	43.60
Ca O	10.51	10.46	10.96	0.14	1.36
Na ₂ O	2.50	2.74	3.45	0.16	0.16
K ₂ O	1.25	1.28	1.45	0.05	
Mn O	0.16	0.16	0.18	0.14	0.14
Ti O ₂	2.77	2.36	3.07	0.07	0.07
P ₂ O ₅	0.77	0.67	0.72		0.05
H ₂ O	0.52	0.33	0.10	0.11	0.58
Total	100.36	99.73	99.99	96.39	98.65
Ce			86		
Cr			323	26500	69000
La			37		
Nb			74		
Ni			215	3000	3700
Rb			32		
Sr			285		
V			250		
Y			23		
Zr			160		
Or	7.39	7.56	8.57	0.03	1.35
Ab	3.98	8.32	19.50		
An	17.91	18.36	13.88	0.69	6.42
Lc				0.21	
Ne	9.30	8.05	5.25	0.73	
Di	23.24	23.26	20.10		
Hy					0.98
Ol	26.77	23.09	13.42	92.19	86.49
He			12.27		
Mt	4.20	4.73		1.64	1.49
Il	5.26	4.48	0.39	0.13	0.13
Pf			4.88		
Ap	1.78	1.55	1.67	0.12	
C				0.76	1.08
ID	20.67	23.94	33.32	0.97	1.35
FEMG	0.15	0.17	0.00	0.10	0.09
IP	0.45	0.47	0.59	0.24	0.07

13225 Basanita. Colada en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).
13260 Basanita. Piroclastos en flanco O de Montaña Tinamala. FUSTER *et al.* (1968).
BM-2082 Basanita. Colada 1.900 m al E de Las Calderas en Puerto Moro. MAGNA.
13215 Dunita. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).
12693 Werhlita. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).

Tabla 5.1. (Continuación).

Época	Pleistoceno superior-Holoceno				
Muestra	13223	13023	13205	13193	12030
SiO ₂	40.20	40.35	41.70	42.60	43.72
Al ₂ O ₃	8.49	4.55	1.78	1.90	1.25
Fe ₂ O ₃	1.25	0.83	1.45	0.74	0.56
FeO	6.80	9.57	12.69	7.17	7.14
MgO	38.55	38.64	35.45	45.82	44.19
CaO	1.07	3.78	5.22	0.78	1.01
Na ₂ O	0.70	0.44	0.28	0.18	0.16
K ₂ O	0.30	0.11	0.08		
MnO	0.20	0.13	0.18	0.12	0.06
Ti O ₂	0.33	0.06	0.11	0.05	0.04
P ₂ O ₅		0.03	0.02	0.06	0.02
H ₂ O	0.72	0.21	0.27	0.20	0.53
CO ₂					
Total	98.53	98.70	99.23	99.62	98.67
Cr	5000	12400	7700	1900	7900
Ni	2900	2800	2300	3500	3600
Or	1.77		0.47		
Ab	5.92		1.43	1.52	1.35
An	5.31	10.12	3.36	3.48	2.69
Lc		0.51			
Ne		2.02	0.51		
Di		4.63	17.85		1.72
Hy	4.77			10.33	17.47
Ol	72.61	79.03	72.98	82.46	73.98
Ln		0.80			
Mt	1.81	1.20	2.10	1.07	0.81
Il	0.63	0.11	0.21	0.09	0.08
Ap		0.07	0.05	0.14	0.05
C	5.07			0.33	
ID	7.70	2.53	2.41	1.52	1.35
FEMG	0.08	0.12	0.16	0.08	0.08
IP	0.17	0.19	0.31	0.16	0.21

13223 Dunita. Enclave en bomba volcánica, Guatiza. SAGREDO (1969).
13023 Werhlita. Enclave en bomba volcánica, Guatiza. SAGREDO (1969).
13205 Werhlita. Enclave en bomba volcánica, Guatiza. SAGREDO (1969).
13193 Lerzolit. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).
12030 Harzburgita. Enclave en bomba volcánica, Calderas de Guatiza. SAGREDO (1969).

Tabla 5.1. (Continuación)

Época	Pleistoceno superior-Holoceno					
Muestra	13237	12009	13197	13181	13174	12014
Si O ₂	43.80	44.20	45.55	46.10	47.90	47.90
Al ₂ O ₃	1.61	22.51	23.82	25.48	19.74	17.91
Fe ₂ O ₃	1.16	0.66	0.42	1.09	1.85	1.97
Fe O	6.70	4.27	2.86	1.48	2.81	2.48
Mg O	44.41	13.44	12.24	5.54	9.70	11.43
Ca O	1.00	12.65	13.88	16.80	15.87	13.32
Na ₂ O	0.18	1.27	1.12	2.17	1.46	1.10
K ₂ O	0.10	0.10		0.20		
Mn O	0.12	0.07		0.08	0.08	0.11
Ti O ₂	0.07	0.10	0.06	0.16	0.16	0.12
P ₂ O ₅		0.01	0.02	0.05	0.01	0.04
H ₂ O	0.29	0.67	0.59	0.43	0.22	0.65
Total	99.44	99.95	100.56	99.58	99.80	100.03
Cr	2200					
Ni	3600					
Or	0.59	0.59		1.18		
Ab	1.52	7.40	9.48	7.25	12.35	9.31
An	3.29	55.43	59.97	59.20	47.31	43.93
Ne		1.81		6.02		
Di	1.31	5.77	6.93	18.78	24.76	17.22
Hy	16.09		0.27		2.70	21.36
Ol	74.53	27.11	22.56	4.73	9.44	1.39
Mt	1.68	0.96	0.61	1.58	2.68	2.86
Il	0.13	0.19	0.11	0.30	0.30	0.23
Ap		0.02	0.05	0.12	0.02	0.09
ID	2.11	9.80	9.48	14.45	12.35	9.31
FEMG	0.07	0.14	0.11	0.09	0.10	0.07
IP	0.25	0.10	0.08	0.15	0.12	0.10

13237 Harzburgita. Enclave en bomba volcánica, Montaña Tinamala. SAGREDO (1969).

12009 Norita. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).

13197 Gabro. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).

13181 Gabro. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).

13174 Gabro. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).

12014 Gabro. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).

Tabla 5.1. (Continuación).

Época	Pleistoceno superior-Holoceno				
Muestra	13207	13263	13188	13199	12026
SiO ₂	48.00	48.00	48.25	48.30	49.40
Al ₂ O ₃	22.28	21.71	21.45	8.14	15.35
Fe ₂ O ₃	0.62	0.55	0.99	2.15	1.65
FeO	2.50	1.92	2.44	7.64	4.86
Mg O	12.90	8.00	11.65	17.35	16.86
CaO	12.06	17.46	13.32	14.22	8.41
Na ₂ O	1.16	1.48	1.36	1.08	1.50
K ₂ O					0.10
MnO	0.05	0.06	0.01	0.13	0.13
TiO ₂	0.15	0.12	0.10	0.45	0.35
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.01	0.06	
H ₂ O	0.44	0.59	0.22	0.55	0.37
Total	100.18	99.91	99.80	100.07	99.02
Cr					600
Or				0.59	
Ab	9.82	10.45	11.51	9.14	12.69
An	55.59	52.60	52.43	17.36	34.86
Ne		1.12			
Di	3.24	26.78	10.71	42.12	5.43
Hy	18.53		13.06	6.37	30.48
Ol	11.33	7.30	10.22	20.41	11.49
Mt	0.90	0.80	1.44	3.12	2.39
Il	0.28	0.23	0.19	0.85	0.66
Ap	0.05	0.05	0.02	0.14	
ID	9.82	11.57	11.51	9.14	13.28
FEMG	0.09	0.10	0.08	0.17	0.12
IP	0.09	0.11	0.10	0.22	0.17

13207 Gabro. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).
13263 Gabro. Enclave en Costa de Los Agujeros. FUSTER *et al.* (1968).
13188 Gabro. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).
13199 Gabro. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).
12026 Piroxenita. Enclave en Calderetas de Guatiza. FUSTER *et al.* (1968).

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 di-

ferenciados (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.

Período mioplioceno. Edificio Famara

Los escasos análisis disponibles de este edificio en la hoja indican que se trata de emisiones basaníticas muy similares a las del resto del edificio en otras áreas, (Fig. 5.1). Petrográficamente, corresponden sin embargo a basaltos, como ya se ha visto, si bien normativamente tiene características de basanita. Son rocas muy básicas (42% SiO_2) y con un notable carácter alcalino.

5.3. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA

5.3.1. Período Pleistoceno inferior

5.3.1.1. Coladas "intracanyon" del barranco de Tenegüime (3)

Estas emisiones están constituidas por basaltos olivínicos, con abundantes fenocristales de escaso tamaño (0, 2 a 0,7 mm), iddingsitizados en sus bordes, generalmente entre idiomorfos y subidiomorfos. A veces aparecen ejemplares aislados de tipo esquelético.

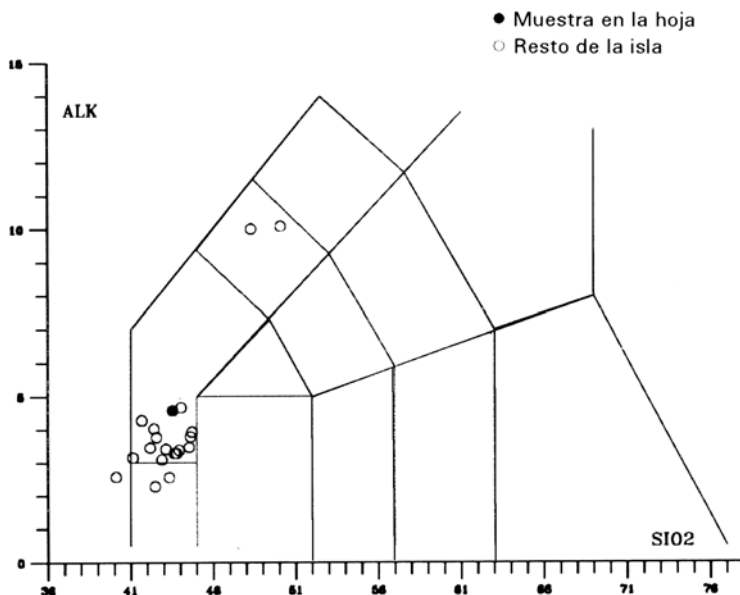


Fig. 5.1 Diagrama TAS del periodo Mio-plioceno.

La matriz contiene abundante augita, mientras que la plagioclasa resulta más bien escasa, tanto en forma de pequeños microlitos como alotriomorfa, rellenando intersticios. Completan la matriz opacos granulares dispersos, así como calcita, ceolita y feldespatos rellenando microcavidades.

5.3.1.2. *Alineación Guantesive-Temeje (5 y 6)*

Las emisiones del volcán de Montaña Temeje son de basaltos olivínico-piroxénicos, caracterizándose por la presencia de fenocristales de olivino y augita, con predominio de los primeros. Tanto unos como otros suelen ser de escaso tamaño (rara vez mayores de 1 mm). Esporádicamente aparecen olivinos alotriomorfos, algo mayores (hasta 2 mm), con extinción ondulante y con maclado mecánico, procedentes de la disgregación de nódulos ultramáficos.

La augita suele pertenecer a variedades titanadas, con coloraciones rosadas y ligeramente pleocroica, mostrando zonado concéntrico y/o en "reloj de arena".

La matriz presenta cantidades variables de plagioclasa, augita y opacos granulares dispersos. Rellenado microcavidades pueden aparecer tanto analcima como vidrio y, más raramente, calcita.

5.3.1.3. *Alineación Caldera Zonzamas-Montaña Téjida-Montaña Corona (10, 11 y 12)*

Los ejemplares estudiados, pertenecientes al malpaís de Montaña Corona, presentan características idénticas al grupo anteriormente descrito, destacando la presencia de microfenocristales de augita, que hacen que las muestras se clasifiquen como basaltos olivínico-piroxénicos.

Los fenocristales de olivino, muy abundantes, suelen ser de escaso tamaño (entre 0,4 y 1,2 mm), de tendencia idiomorfa, con algunos ejemplares esqueléticos. La augita, igualmente idiomorfa, suele formar cristales de hábito tabular, con tendencia a formar glomérulos de aspecto radial.

La matriz suele ser fina, incluso de tipo criptocristalino, estando formada por plagioclasa microlítica, augita y opacos, apareciendo ligeras variaciones texturales en una misma muestra, como consecuencia de diferencias granulométricas y mayores o menores concentraciones de opacos. Esporádicamente aparecen microacumulados de composición dunítica, así como cristales disgregados de los nódulos (olivino, augita), generalmente con extinción ondulante y maclado dinámico.

5.3.2. **Período Holoceno (17, 18 y 19)**

5.3.2.1. *Fisura de Montaña Guenia*

Dentro de esta emisión volcánica sólo se han detectado basaltos olivínicos, resultando la augita muy rara en forma de microfenocristales. Son basaltos de textura porfídica, con olivinos generalmente de escaso tamaño, abundando los de tipo esquelético. Destacan también grandes cristales de olivino alotriomorfos, disgregados de nódulos duníticos, los cuales abundan en la roca. A veces describen mosaicos equigranulares, panalotriomorfos, con presencia de cromita-espinela ameboides y en cantidades variables, según SAGREDO (1969).

La matriz con plagioclasa, augita y opacos suele ser bastante fina, pudiendo aparecer, además, calcita y vidrio rellenando microvesículas.

5.3.2.2. *Alineación de Calderas de Guatiza (20, 21 y 22)*

Edificio Las Calderetas. Sus emisiones son de composición basáltica y textura porfídica, formada por microfenocristales entre idiomorfos y subidiomorfos, tanto de olivino como de augita, esta última algo menos abundante. Parte de los olivinos aparecen fracturados, no presentando, en cambio, alteración alguna. La matriz criptocristalina, bastante oscura y de difícil identificación, consta de plagioclasa microlítica, augita, vidrio y opacos.

Edificio La Caldera (Montaña Tinamala). Aparecen, simultáneamente, tanto basaltos olivínicos, como basaltos olivínico-piroxénicos, con características parecidas a los anteriores.

Cabe destacar la presencia de abundantes nódulos ultramáficos, algunos de composición dunítica-harzburgítica. El ortopiroxeno aparece disgregado de dichos nódulos, en ocasiones en cristales sueltos con coronas de reacción a su alrededor.

Otros enclaves (muestras RB-125 y BM-2080) fuertemente alterados son de tipo gabroideo, con plagioclasa alterada casi en su totalidad a productos sericítico arcillosos.

Edificio Las Calderas. Todos los ejemplares muestreados corresponden a basaltos olivínicos, caracterizados por la presencia de abundantes microfenocristales de olivinos, pudiéndose distinguir cristales alotriomorfos de mayor tamaño y cristales primarios de menor tamaño. La matriz consta de plagioclasa microlítica, augita, opacos granulares dispersos y vidrio intersticial. De manera aislada aparecen cristales alotriomorfos de espinela-cromita, cuyo origen parece análogo al de los olivinos alotriomorfos citados anteriormente, [SAGREDO (1969)].

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 estos finales se observan afinidades toleíticas. En la erupción de 1824 los materiales emitidos son únicamente basanitas.

Período pleistoceno inferior

Como se observa en el diagrama TAS, (Fig. 5.2), las emisiones de Montaña Téjida y Montaña Corona son geoquímicamente basanitas, las cuales se encuadran bien dentro de la tendencia general de las emisiones de este período eruptivo. Son rocas muy básicas, poco diferenciadas, con contenidos notables en MgO, debido a la abundante presencia de olivino (a veces xenolítico) y con un carácter alcalino marcado.

Período pleistoceno superior-holoceno

Aunque petrográficamente las muestras de Calderetas de Guatiza corresponden también a basaltos, tienen características de basanitas, como se observa al proyectarse en el diagrama TAS en ese campo, (Fig. 5.3). Son todos ellos muy similares en sus contenidos elementales, con pe-

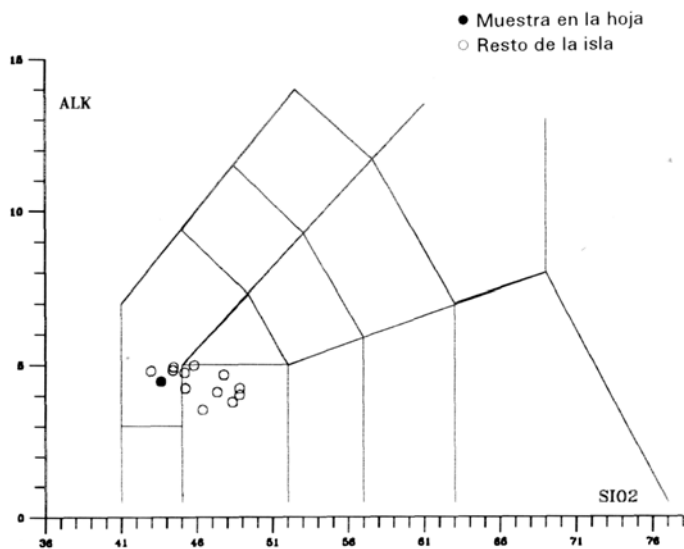


Fig. 5.2. Diagrama TAS del período Pleistoceno inferior.

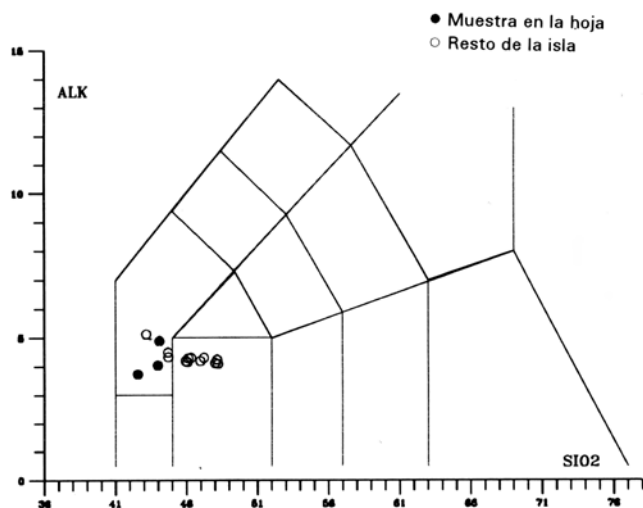


Fig. 5.3. Diagrama TAS del período Pleistoceno superior-Holoceno.

queñas variaciones en SiO_2 (42-44%) y Al_2O_3 , mostrando mayores diferencias en MgO , el cual suele presentar valores altos (sobre todo en la muestra 13260), debido a la elevada presencia de olivino (primario y xenolítico).

Enclaves

La presencia de enclaves de rocas plutónicas es frecuente en las emisiones cuaternarias de la isla, apareciendo también rocas de tipo pegmatitoide en las miocenas del edificio Famara y del Dominio central.

Pegmatitoides. Los tipos dominantes corresponden a gabros essexíticos, (Tabla 5.1), encajadas en rocas basálticas miocenas. Con respecto a los enclaves de tipo peridotítico, presentan elevado contenido en Al_2O_3 y CaO , aunque este último muestra más oscilaciones, al igual que ocurre con los álcalis, si bien en general también suelen ser altos. Contrariamente, el MgO es casi siempre bajo, al no presentar gran cantidad de minerales máficos. Habitualmente no tienen hiperstena normativa, en contra de lo que sucede en los otros enclaves.

En las emisiones de Calderetas de Guatiza aparecen numerosos enclaves, pudiéndose distinguir dos grandes grupos: gabros y peridotitas-piroxenitas. Estos últimos fueron objeto de un estudio detallado por parte de SAGREDO (1969).

Gabros. Haciendo un análisis comparativo entre estos gabros, los gabros essexíticos y las inclusiones peridotíticas, se observa que muestran contenidos en Al_2O_3 altos, al igual que ocurre con los pegmatitoides (salvo alguna excepción en que el contenido es bajo), y por tanto mayor que en los enclaves de peridotitas. El MgO se encuentra en cantidades elevadas, más próximo a los valores de las rocas ultramáficas que a los gabros essexíticos. Justamente lo contrario ocurre con el CaO . Con respecto a los álcalis, suelen presentar valores similares al de las peridotitas y más bajos que en los otros.

En la norma, los elevados contenidos en Al_2O_3 se manifiestan en la presencia abundante de An y Ab. La Hy normativa no está presente en todas las muestras, al contrario que en las peridotitas, y nunca en los gabros essexíticos.

Peridotitas. Los tipos principales encontrados son dunitas, harzburgitas, lerzolitas y werhlitas, si bien, como dice SAGREDO (*op. cit*) estos tres últimos no suelen presentarse como tipos puros, sino más bien como tipos intermedios entre dunitas y ellos (dunita-harzburgitas, etc.). Llama la atención en ellos el bajo contenido en Al_2O_3 , como consecuencia de la escasa presencia de piroxenos, sobre todo en las dunitas, al igual que ocurre con el CaO . El MgO es, por el contrario, muy alto, dada la elevada presencia de olivino. Los álcalis son bastante bajos. En la norma muestran casi siempre hiperstena normativa, que les da un carácter toleítico, como ya afirma SAGREDO (1969). En otros aparece nefelina normativa, reflejando un grado de alcalinidad notable, que incluso puede ser marcado, como lo demuestra la presencia en algunos de leucita y larnita normativas.

Los elementos menores, Cr y Ni, tienen valores muy elevados, en algunos casos extremos, como consecuencia de la presencia en ellos de cromita (espinela-cromita-magnetita).

Piroxenitas. Son más escasas (muestra 12026). Presentan caracteres intermedios entre los gabros y las peridotitas, siendo elevado el Al_2O_3 , algo menor el CaO y bastante más bajo el MgO con respecto a las peridotitas.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

En el Mioceno medio, hace unos 10 m.a., comienza la construcción subaérea del edificio septentrional de Lanzarote (edificio Famara), con la emisión de grandes cantidades de coladas de lava de composición basáltica. Estas emisiones, de carácter fisural, fueron relativamente rápidas y continuas en el tiempo, configurando los sucesivos apilamientos de coladas, un edificio de forma original aún poco conocida, cuya altura superaba los 500 m. La edificación continuó con algunas interrupciones hasta hace unos 3 m.a., es decir, hasta ya iniciado el Plioceno. Cabe distinguir en él al menos tres tramos que representan períodos o pulsos de construcción, separados por discordancias, generalmente locales. En esta área sólo afloran escasamente partes de las áreas meridionales del edificio.

Al finalizar la construcción del edificio Famara comienzan a actuar con gran intensidad los procesos de denudación y remodelación del relieve, excavándose barrancos y valles que modifican enormemente la morfología original del edificio.

La actividad volcánica se reanuda en el Pleistoceno, con emisiones ya de carácter puntual, pero controladas por un régimen fisural profundo que sigue pautas anteriores, determinando la aparición de centros de emisión alineados. La orientación dominante es NE-SO, con direcciones más frecuentes en esta área entre N30°E y N80°E. Otra alineación de edificios muestra sin embargo una orientación contraria, N150°E. Algunas de estas emisiones se canalizan siguiendo la red hidrográfica generada durante la etapa erosiva anterior, como las coladas basálticas que ocuparon el barranco de Tenegüime, hace 1,41 m.a., procedentes del centro de emisión Peña del Pico (hoja de Soo), emplazado sobre el edificio Famara. Actualmente la erosión ha relegado los restos de estas emisiones a la ladera occidental de dicho barranco.

Las erupciones se iban sucediendo prácticamente de manera ininterrumpida, o con pequeños lapsos de inactividad, en los que se formaban pequeños paleosuelos y depósitos detríticos. Así, surgen edificios como el de Montaña Temeje, encima de los relieves miocenos de Famara y de la colada "intracanyon" anterior, con una pequeña emisión lávica de escaso recorrido. Su edad podría establecerse en 1,34 m.a., si se considera la edad del edificio Montaña Guantesive, que es con quien parece estar alineado. Una erupción mucho más importante fue la del volcán Guanapay, situado más hacia el interior, el cual, emplazado sobre el edificio Famara, emitió lavas que cayeron en cascada por el relieve, llegando a la costa, constituyendo un enorme malpaís de lavas basálticas escoriáceas. Estas emisiones datadas en 1,2 m.a. representan uno de los episodios más antiguos de este área sirviendo la base para emisiones posteriores.

Tras esta última erupción, tiene lugar un episodio erosivo, con formaciones de depósitos aluviales que debieron alcanzar cierta relevancia en la zona, si bien hoy quedan reducidos a pequeños afloramientos sobre aquellas lavas.

En un momento más avanzado del Pleistoceno, hace 770.000 años surgen nuevos edificios como los de la alineación Téjida-Corona, cuyo malpaís de lavas basálticas provoca un cierto avance de la línea costera. En los primeros estadios de estas erupciones tienen lugar fases explosivas de carácter hidromagmático que progresivamente van evolucionando a fases estrombolianas, claramente de carácter magmático. Posteriormente, el volcán de Tahiche emite lavas en el Pleistoceno medio, cubriendo parcialmente los malpaíses anteriores.

Ya en el Holoceno, se depositan en la costa arenas con fauna marina, que hoy quedan fosilizadas a aproximadamente 0,5 m por encima del nivel de bajamar, correspondiente al nivel marino erbanense. Las erupciones de Montaña Guenia y de Calderetas de Guatiza representan los últimos episodios volcánicos acaecidos en la zona. Configuran un enorme malpaís, que fosiliza la rasa marina erbanense, y los campos de dunas litorales y aumentan también la superficie insular. Las lavas emitidas son muy escoriáceas y potentes, formando auténticas morrenas de lava que transportan incluso fragmentos desgajados de los propios edificios.

7. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

Para la redacción de este capítulo se ha consultado el reciente Plan Hidrológico de Lanzarote, [CABILDO INSULAR DE LANZAROTE y GOBIERNO DE CANARIAS (1992)], los trabajos del ITGE, como la síntesis sobre las Aguas Subterráneas de España, ITGE (1989) e ITGE (1992). Estudios hidrogeológicos como el SPA/15 (1975) y MAC-21 (1976), aunque antiguos, son todavía de gran interés y sirven aún de base para los trabajos recientes como los mencionados. Al no existir suficientes datos sobre esta área concreta, gran parte de los que se citan proceden de considerar conjuntamente toda la isla.

7.1. HIDROLOGÍA

Climatología

La isla de Lanzarote es una de las más áridas del archipiélago canario, pudiéndose clasificar su clima como desértico, cálido y seco. Las temperaturas medias son del orden de 20-22 °C, pudiendo existir fuertes contrastes térmicos, con oscilaciones entre 15° y 17 °C en un mismo día, siendo la oscilación media anual de 8 °C, [MARZOL (1988)]. La insolación es elevada durante gran parte del año.

Los vientos son frecuentes y de intensidad moderada, con una componente dominante NNE, modificada en algunos sectores por la presencia de accidentes topográficos.

Pluviometría

El régimen de lluvias en Lanzarote está caracterizado por su escasez anual (máximo inferior a 300 mm/año y una media de apenas 155 mm/año), [ITGE (1990)], baja intensidad e irregularidad en el tiempo y en el espacio. Las máximas precipitaciones corresponden a los meses de invierno (diciembre-enero), frente a unas precipitaciones insignificantes en los meses de verano (junio, julio y agosto). Es frecuente, sin embargo, que cuando llueve las precipitaciones se produzcan en forma de aguacero, con rápida e intensa descarga.

La escasa pluviosidad se debe en 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. Sólo en la parte noroeste de la hoja, donde se encuentran parte de los relieves del macizo de Famara, se alcanza cierta nubosidad, que da lugar a un mayor frescor y al aumento relativo de la humedad ambiental en la zona, acompañada de una pluviosidad algo mayor que la del conjunto de la hoja, donde ésta es inferior a 150 mm/año, (Fig.7.1). Los únicos datos disponibles

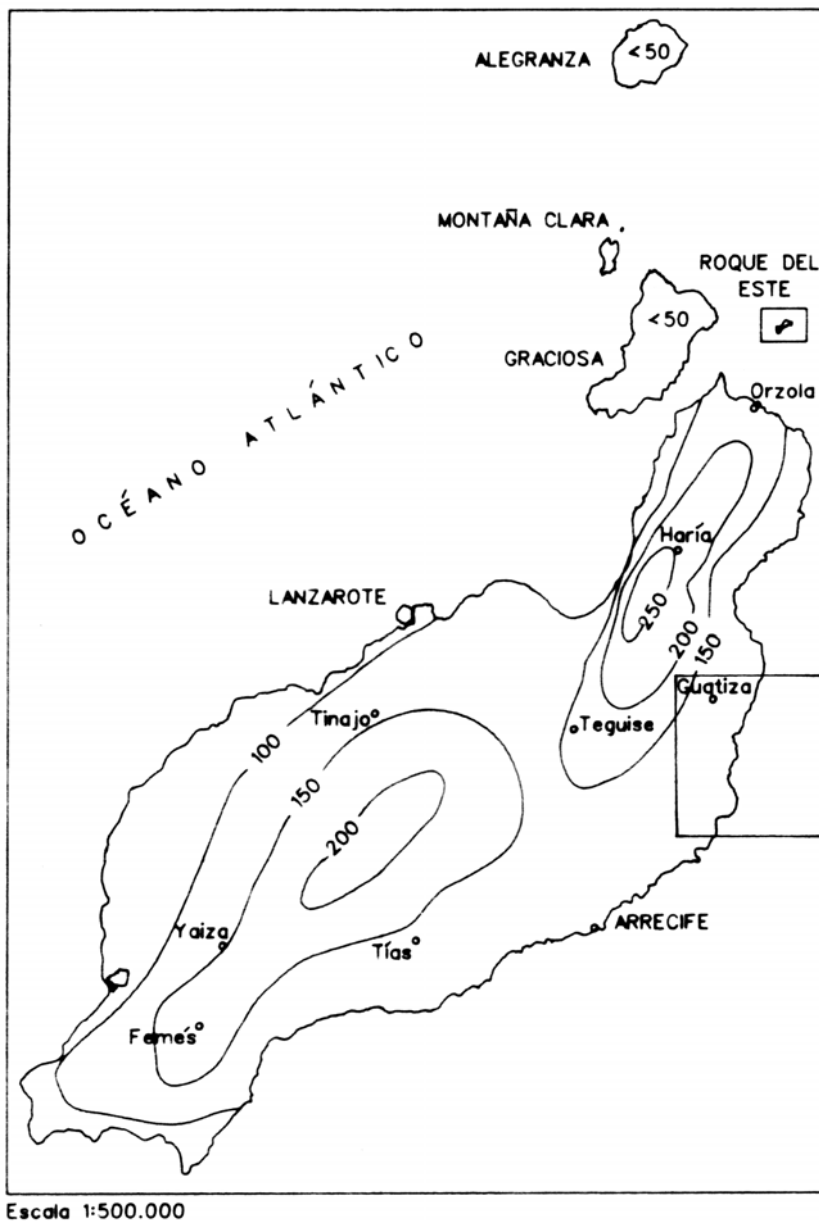


Fig. 7.1. Esquema de isoyetas de Lanzarote. Modificado de Marzol (1988).

sobre precipitaciones medias mensuales en esta área son los tomados en la estación de Guatiza, publicados por el SPA/15 (1975), y aunque ya antiguos, se indican en la Tabla 7.1 con el objeto de que sirvan de referencia.

Tabla 7.1. Precipitaciones medias mensuales (mm) en la hoja de Guatiza. SPA/15 (1975).

O	N	D	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	Total
10,3	22,2	29,7	21,7	15,1	10,0	5,8	0,8	0,1	0,0	0,1	5,3	121,1

La infiltración aproximada del agua en el terreno para el conjunto de la isla se calculó en 4,1 mm/año (3,304 dm³/año), según el Plan Hidrológico. Estos valores suelen ser más altos en los materiales cuaternarios que en los miocenos.

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

Tabla 7.1. 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

Los barrancos en este sector son escasos, ya están poco encajados en los materiales cuaternarios, barrancos de Piletas-La Espoleta, Mullión, etc., salvo el barranco de Tenegüime, que presenta una profunda incisión en el relieve mioceno de Famara. En conjunto definen una red muy poco diversificada.

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

Aprovechamiento de los recursos superficiales e infraestructura hidráulica básica.

La infraestructura de aprovechamiento de las aguas superficiales en la zona es escasa, dada la ausencia de escorrentías de cierta entidad. 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, cerca del pueblo de Mala (hoja de Haría). Existen en las proximidades de Guatiza algunos algibes para recoger la escasa agua de 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 desalada sea una práctica cada vez más común.

Características hidrogeológicas generales de los materiales volcánicos

En general, la sucesión e imbricación de coladas, depósitos piroclásticos, sedimentos, almagres 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 inicial.

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 almagres 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, rellenos de fisuras y huecos, y la compactación en profundidad, los hacen más impermeables.

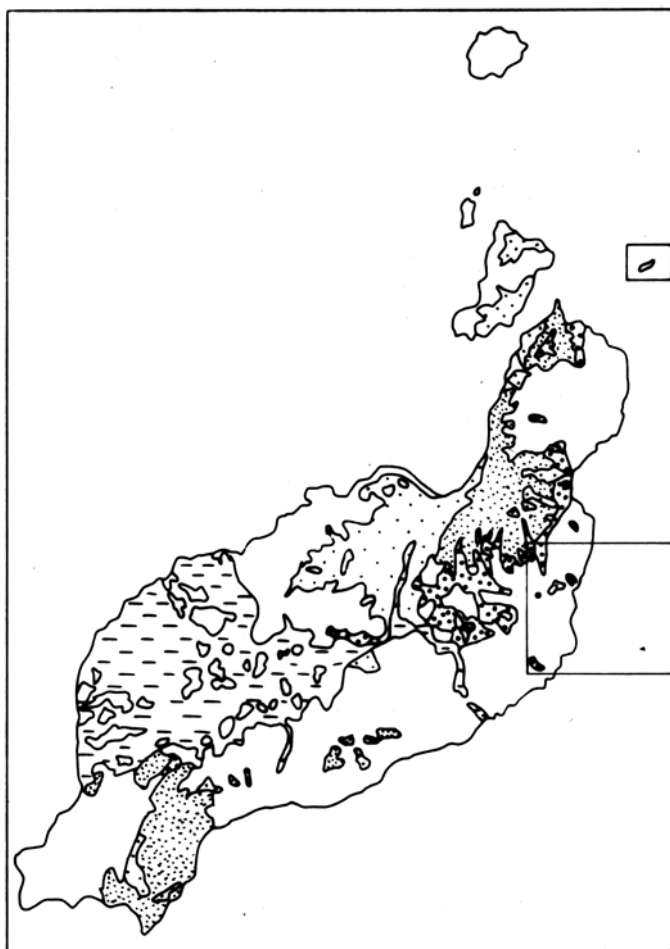
En la Figura 7.2 se presenta un esquema hidrogeológico simplificado de la isla de Lanzarote, adaptado de la cartografía geológica MAGNA a escala 1:25.000.

Formaciones acuíferas

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

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

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.








-  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.

Con los ensayos realizados a partir de sondeos en esas galerías y con el estudio de agotamiento de sus caudales hechos durante el Proyecto SPA/15 (1975), se han podido conocer algunos valores de permeabilidad y de porosidad en los basaltos miopliocenos, habiendo sido recogidos los datos en el 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 miopliocenos 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. Los más importantes de esta hoja, aunque poco numerosos, se concentran alrededor de la localidad de Guatiza.

Nacientes. En el macizo de Famara son relativamente frecuentes los nacientes, si bien, normalmente son pequeños rezumes o goteos que aparecen en el contacto entre niveles lávicos y piroclásticos o almagres, debido a la diferente permeabilidad entre ellos. En esta zona no se ha observado ninguno.

Galerías. Las únicas que existen en Lanzarote son las de Famara, teniendo casi todas ellas bajas producciones e incluso algunas son ya improductivas, y se encuentran todas ellas en las vecinas hojas de Haría y Soo.

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 Guatiza. Es prácticamente igual al que ya fue elaborado en el SPA/15 (1975), y tal cual es 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.

Hacia el sur del macizo en la zona que abarca esta hoja, se observa un bajo gradiente piezométrico, si se compara con los valores al oeste de ese mismo macizo, 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 miopliocena de Famara. Así, en pozos excavados en basaltos cuaternarios cerca de Arrecife se han obtenido contenidos en cloruros próximos a los del agua marina. No sólo cerca del litoral, sino incluso a distancias considerables hacia el interior, la salinidad aumenta notablemente en algunos pozos, pues a 1 km, según señala CUSTODIO (1988), el acuífero está ocupado por agua marina, en zonas de escasa recarga. Según se expone en el Plan Hidrológico, la heterogeneidad de los materiales y el efecto de la marea podrían influir también en ello. El bombeo de agua subterránea a partir de pozos situados cerca del mar es, por tanto, una práctica desaconsejable, ya que favorece la penetración de masas de agua salada.

7.5. RECURSOS 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 en la isla. Existen varias plantas potabilizadoras de propiedad pública y algunas más están en proyecto. Asimismo algunas de ellas son privadas y abastecen a complejos turísticos. Los sistemas que emplean varían de unos a otros, siendo uno de los más comunes el de ósmosis inversa.

Según ITGE (1992), tomando datos del Plan Hidrológico del archipiélago canario (1986-1988), el total de agua desalinizada para el conjunto de la isla fue de 4,4 hm³/año, cantidad que posteriormente aumentado a 6 hm³/año, según CUSTODIO *et al.* (1991).

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

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

De los datos contenidos en la citada tabla, se desprende el enorme incremento que tiene con los años la producción de agua desalinizada, como consecuencia de la creciente demanda para usos diversos. A la vista de los escasos recursos que aportan las aguas subterráneas y superfi-

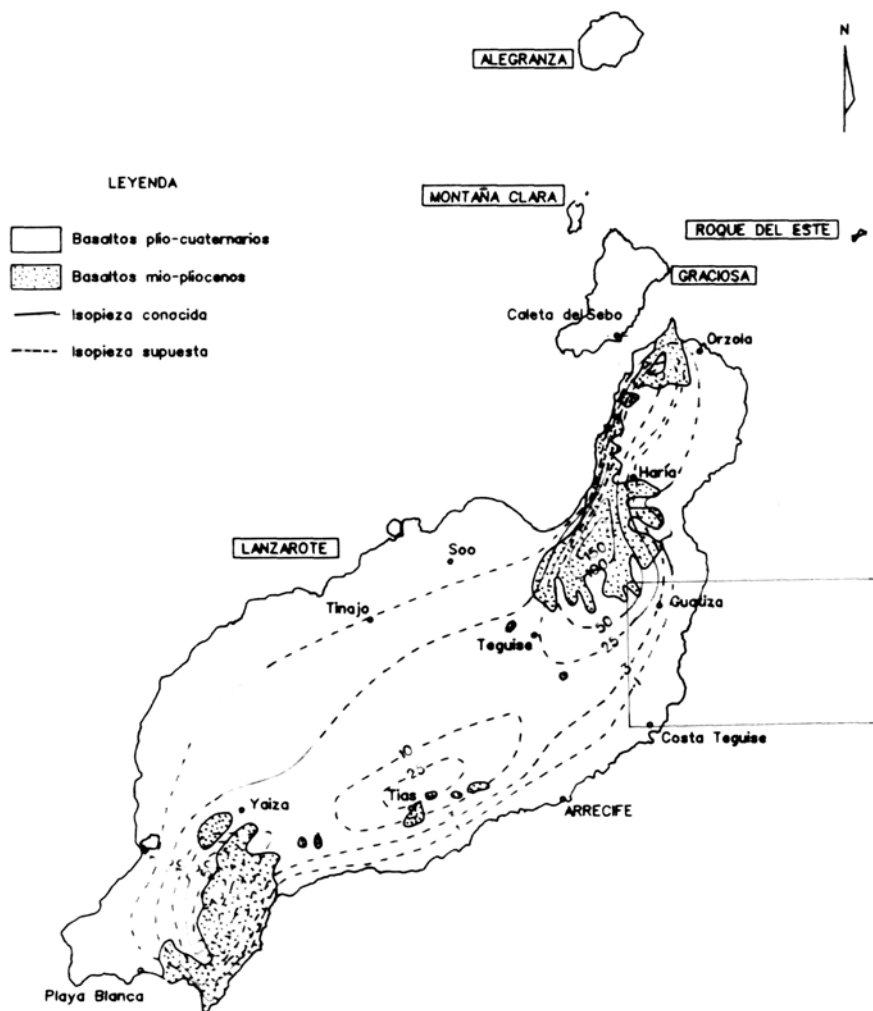


Fig. 7.3. Esquema piezométrico de la isla de Lanzarote. [Plan hidrológico de Lanzarote (1992)].

ciales en el futuro, la demanda de agua en la isla parece satisfacerse con plantas desalinizadoras del agua marina.

Tabla 7.3. Producción total de recursos hidráulicos en Lanzarote. (Hm³/año).

	SPA/15 (1975)	MOPU (1985)	ITGE (1992)	CUSTODIO et.al. (1991)
Recursos superficiales	2,0	0,2		0,1
Recursos subterráneos	1,4	0,3		0,3
Agua desalinizada	0,9	1,8	4,4	6
Agua reutilizada				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 puedan tener cierta incidencia en esta área.

No se han realizado ensayos ni otro tipo de pruebas geotécnicas que proporcionen datos cuantitativos de las propiedades resistentes de los terrenos, por lo que su estimación es sólo cualitativa. Se trata 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 y cinco zonas.

8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Área I₁

Comprende enteramente los materiales de edad miocena, representados por el edificio Fama-ra.

Zona I₁. Coladas basálticas miocenas.

Características litológicas y estructurales. Los afloramientos miocenos de esta área están constituidos por coladas basálticas apiladas unas sobre otras, adoptando una disposición tabular, con suaves buzamientos hacia el E-SE. Individualmente alcanzan espesores de 1 a 4 m, son es-

coriáceas en base y techo y tienen un carácter masivo y coherente en sus partes internas, donde muestran un diaclasado columnar verticalizado. La vesicularidad es escasa, salvo en los tipos de lavas "pahoehoe" donde es importante. El grado de alteración es mayor en los tramos inferiores de la serie, pero en general es bajo, a efectos geotécnicos. El espesor global en la zona es inferior a 100 m.

Características geomorfológicas. Los relieves miocenos suelen ser elevados y abruptos, al estar incididos por barrancos, a veces profundos, dejando ver espesores del orden de 500 m. En esta zona, los afloramientos más extensos presentan morfologías alomadas con paredes verticales y pendientes acusadas.

Características hidrogeológicas. Con respecto a los materiales más recientes, de edad cuaternaria, tienen un carácter semipermeable, que en profundidad va haciéndose cada vez más impermeable, al estar más alterados y compactados. En general, el drenaje superficial en ellos es aceptable. En determinadas zonas pueden llegar a contener niveles saturados colgados.

Capacidad portante. La capacidad de carga es generalmente alta, pudiendo producirse asientos, pero despreciables en la mayoría de las veces. En los casos de mayor alteración, que suele corresponder con las partes más superficiales, este parámetro puede verse algo reducido.

Facilidad de excavación. Al ser materiales rocosos muy coherentes, carecen de ripabilidad, necesitándose para su excavación y remoción explosivos o martillo hidráulico.

Estabilidad de taludes. Los cortes naturales y artificiales realizados en ellos siempre presentan una elevada estabilidad, incluso para ángulos y alturas elevadas. Pueden producirse, sin embargo, desprendimientos y caídas ocasionales de bloques, por excavación basal de las coladas, o por quedar individualizados por la disyunción columnar.

Área II.

Este área agrupa al resto de materiales presentes en la hoja, bien volcánicos o sedimentarios, todos de edad cuaternaria. Comprende cuatro zonas.

Zona II₁. Coladas basálticas cuaternarias.

Características litológicas y estructurales. Las emisiones cuaternarias han originado malpaíses o campos de lavas muy escoriáceas en superficie, pero masivas y coherentes en el interior, donde se desarrolla la disyunción columnar vertical característica, con espaciados a veces superiores al metro. Generalmente adoptan disposiciones horizontales, salvo cuando caen por los relieves previos. La vesicularidad es mayor en superficie y base pero escasa en el interior, no presentando conexión entre las vesículas. Las coladas individuales son de 1 a 4 m de espesor, pero pueden llegar hasta 10 o 20 m, como en la colada "intracanyon" del barranco de Tenegüime.

Características geomorfológicas. Originan extensos campos de lava de morfología plana y escasa pendiente, pero abruptos debido a la superposición de las coladas.

Características hidrogeológicas. La principal característica es su elevada permeabilidad, que hace que sea necesario su impermeabilización al tratar de almacenar agua sobre ellos. En general constituyen buenas zonas de infiltración de las aguas hacia niveles más profundos. La escorrentía superficial es moderada.

Capacidad portante. Soportan cargas elevadas de trabajo, con asiento a menudo despreciables o tolerables. Las partes escoriáceas de los extremos son más débiles. Es necesario considerar la presencia de cavidades o tubos volcánicos subterráneos.

Facilidad de excavación. Carecen de ripabilidad y es necesario el empleo de métodos potentes para excavar en ellos.

Estabilidad de taludes. Admiten taludes elevados y verticales. Las zonas escoriáceas en base y techo pueden colapsar ocasionalmente y producir caídas de bloques o partes enteras de las coladas.

Zona II₂. Depósitos piroclásticos cuaternarios.

Características litológicas y estructurales. Los depósitos piroclásticos son materiales de composición basáltica, granulares y vesiculares, que forman acumulaciones generalmente poco consolidadas. El grado de antigüedad hace aumentar su compactación y litificación. Los depósitos suelen ser heterogranulares, encontrándose a menudo estratificados en capas que muestran alternancia en el tamaño de sus constituyentes.

Características geomorfológicas. Forman acumulaciones que configuran edificios, a veces de grandes dimensiones y altura, con inclinaciones de 20-30°. Tapizan los relieves, por lo que se adaptan a su morfología, pudiendo formar también zonas relativamente planas.

Características hidrogeológicas. Son materiales muy permeables, por lo que constituyen zonas de infiltración hacia niveles más profundos. La alteración y antigüedad de los depósitos hace disminuir este parámetro.

Capacidad portante. La capacidad de carga que admiten varía entre media y baja, en función de su granulometría, compactación, etc.

Facilidad de excavación. La ripabilidad de estos materiales es alta, al estar relativamente sueltos o poco compactados, por lo que con una simple pala cargadora pueden ser removilizados. La facilidad de excavación disminuye, como se dijo, con el grado de consolidación.

Estabilidad de taludes. La estabilidad en los depósitos sueltos es precaria, produciéndose frecuentes deslizamientos en masa. Cuando están más compactados pueden admitir taludes pronunciados, si bien su estabilidad total es precaria.

Zona II₃. Depósitos sedimentarios aluviales cuaternarios.

Características litológicas y estructurales. Los que presentan mayor desarrollo son las del fondo del barranco de Tenegüime. Están constituidos por arenas y gravas, formados por cantos redondeados y subredondeados de litologías basálticas y tamaños que van desde pocos milímetros hasta bolos de 60-80 cm, incluso mayores de un metro. La fracción de finos es importante en ocasiones y envuelve a los cantos, aunque a veces forma lentejones con escasa fracción gruesa. Los depósitos más antiguos, como los del barranco de Piletas, tienen mayor grado de consolidación.

Características geomorfológicas. Generalmente originan superficies llanas con nulo o escaso resalte topográfico.

Características hidrogeológicas. Presentan un carácter altamente permeable, dado, su naturaleza granular y escasa cementación.

Capacidad portante. La capacidad de carga en estos materiales es baja, con asientos importantes.

Facilidad de excavación. Al no estar excesivamente consolidadas, principalmente en los fondos de barrancos, son fácilmente excavables con retroexcavadora. La estabilidad de las paredes de las zanjas será precaria.

Estabilidad de taludes. La estabilidad es considerable en aquellos depósitos más antiguos, ya consolidados, como los del barranco de Piletas, si bien siempre están en equilibrio límite. Los taludes naturales observados en este barranco son verticales y de 2-4 m de altura.

Zona II₄. Depósitos arenoso-arcillosos cuaternarios.

Características litológicas y estructurales. Son depósitos de grano medio o fino, procedentes de la alteración de materiales piroclásticos y de aportes aluviales y coluviales a pequeñas cuencas cerradas. Alcanzan potencias del orden de 1 m, aunque a veces, como en la Vega de Guatiza, pueden llegar a 3-4 m.

Características geomorfológicas. Generalmente presentan una morfología aplanada, al rellenar depresiones y cauces, pero también pueden disponerse en laderas con inclinaciones elevadas. Es frecuente que se desarrollen en ellos abarrancamientos.

Características hidrogeológicas. Muestran un carácter impermeable, dado su carácter arcilloso, por lo que son frecuentes los encharcamientos.

Capacidad portante. Admiten, por lo general, una limitada carga de trabajo.

Facilidad de excavación. Están poco o nada consolidados, permitiendo una buena excavabilidad con retroexcavadora. Las paredes de las zanjas, tendrán una estabilidad en el límite.

Estabilidad de taludes. No se observan taludes importantes en ellos, si bien dado el bajo grado de cohesión que tienen, siempre originarán problemas de estabilidad.

8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS

En el área cartografiada no se detectan riesgos geológicos que supongan amenaza inminente a la población asentada en ella o a las infraestructuras existentes. Desde el punto de vista de utilidad en cuanto a ordenación del territorio, se considerarán los siguientes riesgos geológicos: riesgo volcánico, subsidencia del terreno, inestabilidad de laderas y riesgo de erosión marina. En general, todos tienen baja incidencia.

Riesgo volcánico. Las erupciones históricas ocurridas en el siglo XVIII y XIX en la isla, principalmente las primeras, debido a su magnitud, llevan a considerar a Lanzarote como una isla con volcanismo activo y, por tanto, con posibilidad de volver a repetirse fenómenos similares. En la zona, aunque el volcanismo es de edad relativamente reciente, se considera como poco probable y, por lo tanto, de incidencia baja.

Subsidencia del terreno. La posibilidad de tubos volcánicos o cavidades subterráneas bajo la superficie de los malpaíses hace necesario tenerlos en consideración ante determinadas obras.

Inestabilidad de laderas. En general, los materiales presentes en el área son estables ante taludes verticales y elevados. Sin embargo, en algunas zonas de fuerte pendiente, como en el barranco de Tenegüime, es posible el desprendimiento y caída ocasional de bloques.

Riesgo de erosión marina. Al igual que las anteriores, es de baja incidencia en la zona.

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

Área	Zona	Unidad cartográfica	Litología Estructura	Hidrogeología	Características geotécnicas	Características constructivas	Riesgos geológicos
I	1	Coladas basálticas miocenas	Apilamiento de coladas subhorizontales o con suave buzamiento	Permeabilidad media-baja por fisuración, disminuye con la profundidad	CP = Alta FE = Muy baja ET = Alta	Favorables	V = Bajo ST = Posible en malpaíses IL = Baja EM = Baja
II	1	Coladas basálticas cuaternarias	Extensos campos de lava (malpaíses) horizontales	Permeabilidad alta por fisuración	CP = Alta FE = Muy baja ET = Alta	Favorables	
	2	Depósitos piroclásticos cuaternarios	Piroclastos basálticos formando conos volcánicos y recubriendo los relieves previos	Porosidad y permeabilidad alta	CP = Media-baja FE = Alta ET = Media	Favorables	
	3	Sedimentos aluviales cuaternarios	Depósitos consolidados o semiconsolidados horizontales	Permeabilidad media-alta por porosidad intergranular	CP = Baja-muy baja FE = Alta ET = Media-baja	Desfavorables	
	4	Depósitos arenoso-arcillosos cuaternarios	Depósitos poco consolidados horizontales	Permeabilidad baja-impermeables	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	

CP = Capacidad portante; FE = Facilidad de excavación; ET = Estabilidad de taludes; IL = Inestabilidad de laderas; V = Riesgo volcánico.

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. Los terrenos se han dividido 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

Bajo este calificativo se agrupan los depósitos aluviales y coluviales, así como los depósitos arenoso-arcillosos.

Los problemas que presentan a la hora de planificar estructuras apoyadas sobre ellos son principalmente de tipo geotécnico, debido a la baja capacidad portante que presentan, con asien-

tos absolutos elevados y diferenciales importantes. Otros problemas de tipo geomorfológico e hidrogeológico (encharcamiento) pueden ser también limitadores.

8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables

Todos los materiales lávicos y piroclásticos de edad cuaternaria, es decir, los agrupados en la Zona II₁ y II₂, pueden considerarse aceptables con fines constructivos.

La capacidad portante de los materiales lávicos varía entre alta y media, con asientos mínimos o aceptables en la mayoría de los casos. Es preciso, no obstante, considerar la posibilidad de cavidades subterráneas que puedan afectar negativamente a las cimentaciones realizadas sobre ellos. En los depósitos piroclásticos la capacidad de carga es menor, con asientos de consideración.

Los factores geomorfológicos en los materiales no van a ser, al menos en esta zona, una limitación importante, dadas las escasas pendientes y relativa homogeneidad del relieve. Problemas de tipo hidrogeológico no van a tener tampoco una preponderancia excesiva. Por el contrario, en los depósitos piroclásticos, los factores geomorfológicos sí pueden poner restricciones.

8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables

Se incluyen en este apartado los materiales de la Zona I₁, correspondientes a coladas basálticas miocenas.

La elevada capacidad de carga que presentan los hace generalmente idóneos ante cualquier acción constructiva. La estabilidad ante taludes elevados y pronunciados es asimismo, buena, aunque pueden producirse ocasionales caídas de bloques.

Los problemas de tipo geomorfológico sí serán de consideración ante las elevadas pendientes que presentan y lo abrupto del relieve que en ellos se articula. Ante obras subterráneas deben contemplarse posibles problemas de tipo hidrogeológico.

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

9. GEOLOGIA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS

En el ámbito de esta hoja no existen yacimientos minerales de interés económico. Se explotan, sin embargo, como recurso económico, materiales rocosos que se utilizan como áridos en la industria de la construcción y obras públicas.

En el mapa de rocas industriales a escala 1:200.000 de las islas de Lanzarote y Fuerteventura, realizado por el IGME (1976b), se hace un inventario de los yacimientos de rocas industriales explotables en la isla, analizando el estado operativo de las canteras en ese momento, la explotabilidad de los diferentes materiales aprovechables, sus reservas, etc., con objeto de establecer y optimizar su explotación racional. El número de explotaciones que se mantienen acti-

vas ha disminuido sensiblemente desde entonces, atendiendo a la demanda existente y a factores, principalmente, de carácter ambiental.

Del conjunto de materiales rocosos (basaltos), depósitos piroclásticos (picón) arcillas y gravas, sal común, etc., son las explotaciones de picón y las de sal las únicas presentes en el área cartografiada.

Materiales piroclásticos (picón). Aunque son numerosos los centros de emisión piroclásticos existentes en la hoja, sólo parece mantenerse activa una explotación, la existente en la ladera oeste de Montaña La Caldera o Tinamala. El resto de edificios o depósitos piroclásticos han sido, no obstante, objeto de explotación y siguen siéndolo, pero sólo de manera ocasional. Los lugares de extracción han sido señalados en la cartografía.

Localmente a este material se le denomina picón, pero también zahorra, arena volcánica o rofe.

Se trata de un material granular, poco denso, vesicular y de composición basáltica. Muestra una coloración negra cuando está fresco y rojiza u ocre cuando está oxidado. La granulometría del material varía entre algunos milímetros hasta 10-15 cm, pudiendo aparecer fragmentos mayores, de hasta 1 m de diámetro. Los tamaños más solicitados suelen variar entre 3-4 mm, debiéndose machacar cuando son mayores o el depósito está compactado.

El auge de la industria de la construcción en los últimos años, como consecuencia de la creciente demanda turística, ha incrementado la necesidad de este material. Ante esta situación, se ha realizado un estudio por 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 se consideran idóneos para su explotación, causando el mínimo impacto ambiental posible. Establecen 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 de los sectores consumidores.

En esta zona, los edificios considerados en el citado estudio se indican, junto con sus reservas, en la Tabla 9.1, habiéndose añadido también la alineación volcánica a la que pertenecen. Ninguno de ellos, sin embargo, son los recomendados para su explotación según aquel estudio.

Tabla 9.1. Reservas de piroclastos en los edificios de la hoja, calculadas en el estudio de IGME (1986).

Edificio	Alineación volcánica	Reservas (m ³)
Montaña Tinamala	Calderetas de Guatiza	35.604.302
Las Calderetas	Calderetas de Guatiza	99.484
Las Calderas	Calderetas de Guatiza	14.250.264
Montaña Téjida	Téjida-Corona	3.141.593
Corona	Téjida-Corona	21.205.750

Las canteras son siempre de pequeñas dimensiones y la extracción del material es relativamente fácil al encontrarse suelto o poco compactado y ser ripable. Con una pala cargadora se ex-

trae del frente y se echa directamente en un camión que lo transporta a los centros de consumo. Dependiendo de la granulometría original se hace necesario un tamizado previo. Generalmente el número de operarios en las canteras no suele ser mayor de 2 o 3.

El picón se emplea principalmente como árido ligero (tamaños finos) y material de relleno, cuando los tamaños son gruesos. Es habitual en la isla emplearlo para cubrir con una capa los campos de cultivo y así preservarlos de una intensa evaporación. Otro uso frecuente es para ornamentación de parques, jardines, márgenes de carreteras, etc.

En la construcción se emplean para prefabricados (bloques), no siendo recomendable su uso en estructuras armadas. En carreteras, para bases de asfalto, caminos, etc.

Sal común. En la zona existen varias salinas ya abandonadas, manteniéndose solamente una en actividad, situada en Los Agujeros, al este de Montaña Tinamala. Es una explotación de pequeñas dimensiones y no se dispone de datos de su producción. El empleo de la sal es fundamentalmente para consumo local.

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.

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 Guatiza se ha seleccionado un PIG cuya singularidad, es decir, contenido, calidad de afloramiento, etc, lo hace merecedor 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 DEL PIG

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

Malpaís de Calderetas de Guatiza. Está situado en el tercio septentrional de la hoja, encontrándose parte de él en la vecina hoja de Haría. Se trata de un área bastante antropizada, pero contiene aún zonas poco transformadas, que permiten apreciar diferentes formas y estructuras volcánicas recientes.

Se trata de un conjunto volcánico de edad cuaternaria, emplazado a lo largo de una fisura eruptiva de orientación N30°E sobre la cual surgieron varios edificios cónicos, con cráteres cerrados o abiertos en herradura, constituido por acumulación de piroclastos: lapilli de diferentes granulometrías, escorias, bombas y fragmentos de lava. Las emisiones lávicas que originaron configuraron un amplio malpaís o campo de lavas basálticas muy escoriáceas en superficie. A lo largo de él pueden apreciarse las potentes morrenas o coladas "aa", coladas con morfologías de tipo "pahoehoe", superposición de coladas, edificios de escorias, coneletes de hornitos, etc.

Por su contenido, cabe mencionar, pues, su interés volcanológico y geomorfológico. Desde el punto de vista de su posible utilización, destaca por su interés científico y educativo. Aunque en la isla de Lanzarote existen malpaíses muy similares y con valores incluso más destacados, puede clasificarse este punto como de interés local.

11. BIBLIOGRAFÍA

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

CABILDO INSULAR DE LANZAROTE Y GOBIERNO DE CANARIAS (1992): "Plan hidrológico insular de Lanzarote". *Cabildo Insular de Lanzarote - Consejería de Obras Publicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias*.

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

CARRACEDO, J.C.; RODRÍGUEZ BADIOLA, E. y SOLER, V. (1990): "Aspectos volcanológicos y estructurales, evolución petrológica e implicaciones en riesgo volcánico de la erupción de 1730 en Lanzarote, Islas Canarias". *Est. Geol.*, 46, pp. 25-55.

CARRACEDO, J. C.; RODRÍGUEZ BADIOLA, E. y SOLER, V. (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.^a; ANCOCHEA, E.; CASQUET, C.; DÍAZ DE TERÁN, J. R. y CENDRERO, A. (1992): "Evolution of the eastern volcanic ridge of the Canary Islands, based on new K-Ar Data". *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 53, pp. 251-274.

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

CUSTODIO, E.; JIMENA, J.; NÚÑEZ, 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.^a; FERNÁNDEZ, S. Y SAGREDO, J. (1968): "Geología y volcanología de las Islas Canarias: Lanzarote". *Inst. Lucas Mallada, CSIC, Madrid*, 177 p. (Incluye mapa geológico a escala 1:100.000 publicado por IGME (1968).

HARTUNG, G. (1857): *Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura*. Neue Denkschr, allgem. Schrv. Gessells. f. d. gesamm. Naturwiss. Zürich 15/4, 168 págs.

HAUSEN, H. (1958): "On the geology of Lanzarote, Graciosa and the Isletas (Canarian Archipelago)". *Soc. Sci. Fennica Comm. Phys. Math*, 23 (4), 117 pp. (Incluye mapa geológico a escala 1: 200.000).

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

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 88-92. *Arrecife-Puerto del Rosario*.

IGME (1976b): Mapa de Rocas Industriales, escala 1:200.000. Hoja y Memoria 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 pág. (Incluye tres planos de situación).

IGME-CSIC (1967a): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.^a edición. Hoja y Memoria N.º 1.079-1.080. *Alegranza*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967b): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.^a edición. Hoja y Memoria 1.081. *Montaña Clara*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967c): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.^a edición. Hoja y Memoria N.º 1.082. *Graciosa*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967d): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.^a edición. Hoja y Memoria N.º 1.083. *Teguise*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967e): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.^a edición. Hoja y Memoria N.º 1.084. *Haría*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967f): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.^a edición. Hoja y Memoria N.º 1.087. *Punta Pechiguera*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967g): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.^a edición. Hoja y Memoria N.º 1.088. *Arrecife*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967h): Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.^a edición. Hoja y Memoria N.º 1.089. *El Charco*. Lanzarote.

ITGE (1989): Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis. 603 pp. *Islas Canarias*, cap. XVII, pp. 503-528.

ITGE (1992): *Definición de unidades hidrogeológicas en los sistemas acuíferos 82, 83, 84 y 87 de las Islas Canarias*. Documento Nº 36534. ITGE, Servicio Documentación.

LE BAS, M.J, LEMAITRE, R.W, STRECKEISEN, A. Y ZANETTIN, B. (1986): "A chemical clasification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Silica diagram". *Jour Petrol*, 27, Part 3, pp. 745-750.

MAC-21 (1976): "Proyecto de planificación de la explotación y uso racional de los recursos de agua en las Islas Canarias". *Com. Interministerial de las actuaciones del Estado en materia de aguas de las Islas Canarias*.

MARINONI, L. B. y PASQUARÉ, G. (1994): Tectonic evolution of the emergent part of a volcanic ocean island: Lanzarote, Canary 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 pp.

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.

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

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

SAGREDO, J. (1969): "Origen de las inclusiones de dunitas y otras rocas ultramáficas en las rocas volcánicas de Lanzarote y Fuerteventura". *Est. Geol*, 25, pp. 189-233.

SPA/69/515. (1975): *Estudio científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias*. Ministerio de Obras Públicas-UNESCO, Madrid, Tomo II: Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote.



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA

RIOS ROSAS, 23 - 28003 MADRID



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA