



Instituto Geológico
y Minero de España

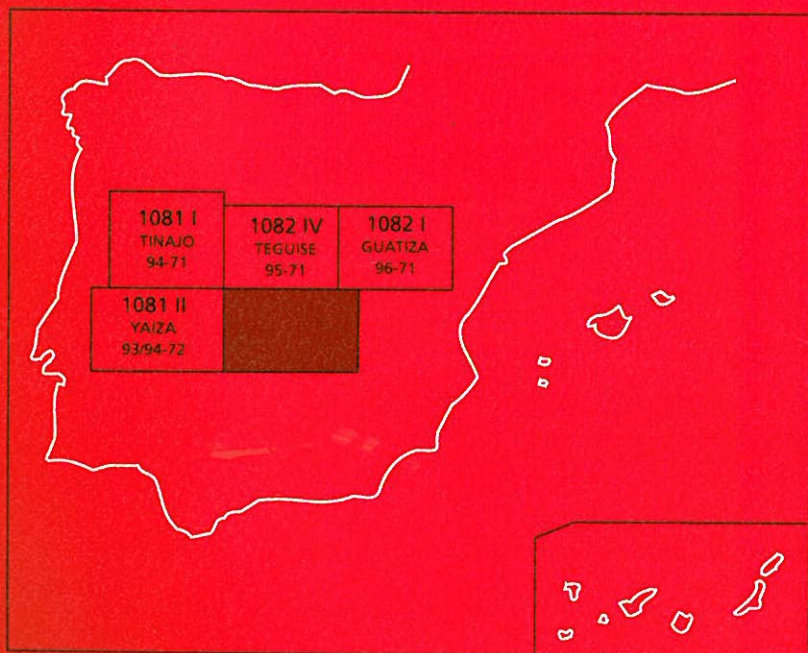
1082 II-III

95/96-72

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Segunda serie-Primera edición



ISLA DE LANZAROTE

ARRECIFE

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Se incluye mapa geomorfológico a la misma escala

ARRECIFE

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: 84-7840-528-3
Depósito legal: M-3927-2004

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

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	11
2.1.1. Período Mioceno. Dominio Central. Episodios volcánicos y sedimentarios	12
2.1.1.1. Coladas y conos de tefra basálticos (1 y 2)	12
2.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO	14
2.2.1. Período Pleistoceno inferior. Episodios volcánicos y sedimentarios.	14
2.2.1.1. Alineación Montaña Gritana-Montaña Bermeja-Montaña Mina: coladas y conos de tefra basálticos. (3 y 4)	15
2.2.1.2. Edificio Guanapay: coladas basálticas olivínicas. (5)	17
2.2.1.3. Alineación Miguel Ruiz-Juan Bello: cono de tefra (6)	17
2.2.1.4. Alineación Montaña Zonzamas-Montaña Maneje: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión. (7, 8 y 9)	17
2.2.1.5. Alineación Caldera de Zonzamas-Montaña Téjida-Montaña Corona: coladas basálticas olivínicas. (10)	19
2.2.2. Período Pleistoceno medio. Episodios volcánicos y sedimentarios.	19
2.2.2.1. Edificio Tahiche: coladas basálticas (11)	19
2.2.2.2. Alineación Montaña Guardilama. Montaña Guatisea: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión (12, 13 y 14)	20
2.2.2.3. Alineación La Montañeta-Caldera Honda: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión (16, 17 y 18)	21
2.2.3. Período Pleistoceno superior. Episodios volcánicos y sedimentarios.	22
2.2.3.1. Rasa marina jandiense (+5m): arenas y conglomerados (19)	22
2.2.3.2. Depósitos aluviales arenoso-arcillosos (20)	23
2.2.4. Período Pleistoceno-Holoceno. Episodios sedimentarios.	23
2.2.4.1. Arenas eólicas (Pleistoceno inferior-holoceno) (15)	23
2.2.4.2. Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomera- dos (21)	24
2.2.4.3. Depósitos de ladera (24)	24

2.2.4.4.	Depósitos aluviales de fondo de valle (25)	25
2.2.4.5.	Playas de arenas y cantos (26)	25
2.2.4.6.	Depósitos antrópicos (27)	25
2.2.5.	Período Histórico. Erupciones de Timanfaya	25
2.2.5.1.	Tercer episodio. Coladas basálticas y piroclasos de dispersión (22 y 23)	25
3.	TECTÓNICA.	26
4.	GEOMORFOLOGÍA	28
4.1.	DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA	28
4.2.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	29
4.2.1.	Estudio morfoestructural	29
4.2.2.	Estudio del modelado	29
4.2.2.1.	Formas endógenas	29
4.2.2.2.	Formas exógenas	30
4.3.	FORMACIONES SUPERFICIALES	31
4.3.1.	Depósitos eólicos	31
4.3.2.	Depósitos fluviales	32
4.3.3.	Depósitos endorreicos	32
4.3.4.	Depósitos de ladera	32
4.3.5.	Depósitos litorales	32
4.3.6.	Depósitos antrópicos	33
4.4.	EVOLUCIÓN DINÁMICA	33
4.5.	MORFODINÁMICA ACTUAL	34
5.	PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA	34
5.1.	PRIMER CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	35
5.1.1.	Período Mioceno. Dominio central	35
5.2.	PRIMER CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA	37
5.2.1.	Período Mioceno. Dominio central	37
5.3.	SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	37
5.3.1.	Período Pleistoceno	37
5.3.2.	Período Histórico. Erupciones de Timanfaya	40
5.4.	SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA	40
5.4.1.	Período Pleistoceno	40
5.4.2.	Período Histórico. Erupciones de Timanfaya	40
6.	HISTORIA GEOLÓGICA	43
7.	HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	44
7.1.	HIDROLOGÍA	44
7.2.	HIDROGEOLOGÍA	47
7.3.	PIEZOMETRÍA	49
7.4.	CALIDAD DEL AGUA	49
7.5.	RECURSOS HIDRÁULICOS NO CONVENCIONALES	51

8. GEOTECNIA	52
8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN	52
8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.	52
8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS	55
8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA	56
8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables.	56
8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables.	56
8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables..	56
9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS	57
10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	59
10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG	59
11. BIBLIOGRAFÍA	60

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 *Arrecife* (n.º 1082-II, III, 95-72/96-72) del MTN, localizada en el sector centro-oriental de la isla de Lanzarote, en el archipiélago canario.

Por el norte limita con las hojas geológicas de Tegui y Guatiza y por el oeste con la de Yaiza, siendo su límite oriental la línea de costa.

En el sector cartografiado afloran materiales de naturaleza mayoritariamente volcánica, cuyas edades oscilan entre el Mioceno superior y el Cuaternario, estando representados también, parte de las manifestaciones volcánicas históricas acaecidas en la primera mitad del siglo XVIII. Los materiales miocenos ocupan una reducida extensión al quedar cubiertos y rodeados por emisiones más modernas, de tal manera que aparecen como afloramientos más o menos discontinuos. Las emisiones cuaternarias arealmente más importantes surgen a partir de fisuras de orientación dominante NE-SO, que se manifiestan en superficie por la alineación de edificios volcánicos, formando malpaíses de lavas escoriáceas, que en algunos sectores mantienen aún su morfología original poco modificada. Estos materiales se emiten a partir de centros de emisión localizados en esta área, si bien, en gran medida, proceden de otros situados en áreas adyacentes, constituyendo en estos casos sus emisiones más distales, que en su avance hacia el mar provocan un aumento del perímetro insular.

Los materiales de carácter sedimentario en esta área ocupan una extensión subordinada a los anteriores, manifestándose como depósitos de arenas eólicas, depósitos aluviales de fondo de valle y formaciones arenoso-arcillosas, en general de espesores variables.

El relieve de este sector se caracteriza por su relativa homogeneidad, con ausencia de contrastes topográficos muy marcados. Desde la costa hacia el norte se produce un aumento gradual de la altura, hasta llegar a la zona central de la isla, donde se alcanzan cotas medias de 300-400 m. Las máximas altitudes en esta área se localizan en los edificios volcánicos cónicos que salpican su superficie. La red hidrográfica es muy incipiente, dada la relativa juventud de los materiales en los que se articula, no existiendo, pues, barrancos de consideración que supongan importantes discontinuidades en el relieve.

La costa, relativamente lineal pero irregular en detalle, refleja igualmente la juventud de estas emisiones volcánicas. Es baja en general, sin cantiles importantes, y permite el desarrollo de extensas playas de arena dorada, como la playa de Puerto del Carmen, los Pocillos o la de Arrecife (playa del Reducto), que, junto con otras de menor entidad, jalonan de manera casi conti-

nua toda la costa, al amparo de las irregularidades del litoral. En la zona de Arrecife, la capital de la isla, son frecuentes los islotes y arrecifes a escasa distancia de la costa.

El clima de la región se caracteriza por presentar unas condiciones cálido-secas y temperaturas próximas a los 20-22 °C de media, siendo la insolación relativamente acusada, si bien son bastante frecuentes los días nublados. Las precipitaciones son escasas, generalmente próximas o inferiores a 150 mm/año, aumentando ligeramente hacia la zona norte de esta área (La Geria), donde son frecuentes condiciones de mayor frescor y humedad ambiental. La acción del viento se hace notar con cierta intensidad la mayor parte del año.

La vegetación está condicionada por estos factores climáticos y la escasez de suelo vegetal. En general es escasa, con carácter herbáceo y arbustivo, predominando los tipos xerófitos, con formaciones de aulagas (*Launaea arborescens*), tabaibas (*Euphobia* s.p.), tabaco moro (*Nicotiana glauca*) y matos diversos. La presencia de la barrilla (*Mesembrianthemum crystallinum*) es abundante y la colonización de líquenes en los malpaíses de lavas es patente, incluso en los de Timanfaya.

Es un área con una densidad de población bastante elevada, al englobar núcleos importantes, como Arrecife, Tías, Güime, y parte de las zonas turísticas de Puerto del Carmen y Costa Teguise. Las vías de comunicación, entre carreteras asfaltadas y pistas de tierra, definen una red igualmente densa, que permiten el acceso a cualquier punto de la hoja.

1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

La información geológica general que existe sobre la isla de Lanzarote es relativamente abundante y en ella se incluyen numerosas referencias a determinados aspectos localizados en este área.

El documento cartográfico principal y que ha servido de base para esta cartografía es el mapa geológico a escala 1:50.000 (hoja n.º 1088, Arrecife) [IGME-CSIC (1967g)].

Uno de los primeros trabajos geológicos en la isla de Lanzarote es el de HERNANDEZ-PACHECO (1909), quien hace un extenso reconocimiento de las formaciones volcánicas y sedimentarias presentes, aportando numerosas observaciones realizadas en esta área.

HAUSEN (1958), en épocas más recientes, realiza también un amplio estudio del conjunto de la isla y de los islotes. Incluye numerosas observaciones de campo, análisis petrográficos y geoquímicos de diversas rocas, además de un mapa geológico a escala 1:200.000. Aunque este trabajo fue ya revisado e incorporado a estudios posteriores, su lectura siempre resulta amena e interesante, permitiendo retomar y discutir ideas ya olvidadas.

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

Además de estos trabajos de índole geológico, general sobre Lanzarote, existen otros más específicos y variados que tratan determinados aspectos, en parte también localizados en esta área. Así, destacan los de FERNÁNDEZ SANTÍN (1969), sobre diferenciados pegmatitoides en los basaltos miocenos, o el de SAGREDO (1969), que trata los enclaves de rocas ultramáficas en las emisiones cuaternarias de la isla. Respecto a las erupciones históricas de Timanfaya (1730-36), escasamente representados en el área, son numerosos y recientes los trabajos, entre los que cabe mencionar a HERNÁNDEZ-PACHECO (1909), FERNÁNDEZ NAVARRO (1919), y en épocas más cercanas, CARRACEDO *et al.* (1990) y CARRACEDO y BADIOLA (1991).

Los aspectos paleontológicos y bioestratigráficos relacionados con los depósitos marinos fosilíferos cuaternarios son tratados por MECO (1975, 1977, 1981, 1982 y 1983).

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

2. ESTRATIGRAFÍA

2.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO

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 períodos: Plioceno, Pleistoceno-Holoceno e Histórico, que completan los cuatro distinguidos en Lanzarote.

El primer autor que definió una seriación temporal de las unidades volcánicas de Lanzarote fue HARTUNG (1858). 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, de grado de conservación y similitud geocronológica, cuando la había. Aun con eso, hay edificios que han quedado más aislados y no ha sido posible establecer entre ellos una estratigrafía relativa de superposición, como se ha hecho con otros. En estos casos, si no tenían dataciones geocronológicas, se han tratado como edificios independientes, o incorporado, siguiendo los criterios antes señalados, a alguna alineación ya definida.

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

De los dos ciclos volcánicos que el Plan Magna ha distinguido Lanzarote, ambos están representados en esta hoja de Arrecife por el período mioplioceno del primer ciclo, y el período pleistoceno-holoceno y período histórico, del segundo ciclo.

Del período mioplioceno afloran sólo algunas "ventanas" de los basaltos del Dominio central. Del período pleistoceno-holoceno, son varias las alineaciones aflorantes, que ocupan prácticamente la totalidad de la hoja. Del período histórico sólo aflora una pequeña lengua lávica de la erupción del Timanfaya (1730-36) que se desliza hacia el Puerto del Carmen.

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

2.1.1. Período Mioceno. Dominio central. Episodios volcánicos y sedimentarios

2.1.1.1. Coladas y conos de tefra basálticos (1 y 2)

Se incluyen aquí los materiales miocenos que afloran en la zona central de Lanzarote, entre el pueblo de Uga (hoja de Yaiza) y el aeropuerto, separados geográficamente de los macizos de Ajaches y Famara, edades mayoritariamente miocenas. En la bibliografía geológica tradicional, estos materiales quedan englobados en la Serie I de FUSTER *et al.* (1968), junto con los macizos de Ajaches y Famara. Recientemente, CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1993) agrupan a estos afloramientos dentro del "edificio volcánico del Mioceno tardío de Tías". Una datación radiométrica K/Ar de IBARROLA *et al.* (1988) les asigna una edad de 6 m.a., es decir, Mioceno superior, por lo que se trataría de emisiones contemporáneas con el tramo medio del edificio Famara, en el norte de la isla.

Tabla 2.1. Correlación volcanoestratigráfica de la Isla de Lanzarote.

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

Originalmente, estos materiales debieron alcanzar una amplia extensión a lo largo de gran parte de la zona central de la isla, acercando los macizos miocenos de Famara y Ajaches. Su extensión queda hoy muy reducida, al estar prácticamente cubiertos por las emisiones volcánicas cuaternarias, de tal manera que aparecen como afloramientos próximos unos a otros, pero discontinuos superficialmente. En algunos casos es posible adivinar e incluso continuar su morfología bajo aquellas emisiones, como ocurre en las inmediaciones de Montaña Blanca y de Güime. Estos casos se han indicado con un contacto específico, delimitando la continuidad de algunos de estos afloramientos bajo los depósitos cuaternarios. Los relieves que originan son relativamente aplanados y poco prominentes sobre el entorno. Constituían los límites costeros meridionales de la isla, por donde cayeron las lavas cuaternarias, ampliando el perímetro insular.

Los afloramientos están constituidos básicamente por coladas basálticas olivínicas y olivínico-piroxénicas, de carácter “pahoehoe”, bastante oxidadas, alteradas y vesiculares, con abundante relleno de ceolitas. Se intercalan paquetes de coladas más masivas y potentes, con disyunción columnar, así como estrechos niveles de almagre muy oxidados. En la zona de los Roferos, donde existe actualmente una gran cantera en explotación de estos materiales, las coladas son mucho más masivas y potentes (hasta 8-9 m de espesor) y con disyunción columnar perfectamente desarrollada, de tal manera que es posible que en algunos casos pueda tratarse no de coladas, sino de intrusivos masivos. En este caso la roca es muy coherente, afanítica o débilmente porfídica, con fenocristales de olivino iddingsitizados.

Un aspecto bastante llamativo en estos materiales es la presencia de pegmatitoides impregnando la roca, bien como manchas o venillas difusas o bien como diques potentes, como señala también FERNANDEZ SANTIN (1969). Son masas de rocas granudas de coloración clara, debido a la abundancia de plagioclasa, que corresponden mayoritariamente a gabros. Esta autora, FERNANDEZ SANTIN (*op. cit.*), realiza un detallado estudio petrográfico y geoquímico de estos diferenciados pegmatitoides en toda la isla, definiendo varios tipos composicionales petrológicos (gabros teralíticos, essexíticos, monzonitas, etc.), considerando, igualmente, diferentes modelos de génesis petrogenética.

No es demasiado frecuente, pero en algunas zonas aparecen también depósitos de tefra muy oxidados, que en algún caso corresponden a centros de emisión puntuales de estos mismos materiales.

En conjunto estos materiales alcanzan espesores visibles de 50-60 m y el buzamiento general que muestran es menor a 5° y hacia el SSE. Superficialmente existe con frecuencia un débil encostramiento de caliche y potentes recubrimientos de piroclastos cuaternarios.

2.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO

2.2.1. Período Pleistoceno inferior. Episodios volcánicos y sedimentarios

Al finalizar las emisiones miocenas no vuelven a producirse manifestaciones volcánicas en este sector hasta el Pleistoceno inferior. Este nuevo período volcánico es marcadamente diferente al anterior, y comenzado ya en el Plioceno (en otras áreas de la isla), se manifiesta, de manera casi continua, hasta épocas históricas. Es un volcanismo más puntual pero controlado por un régimen fisural, que determina la aparición de edificios alineados según direcciones estructurales de orientación dominante NE-SO.

En la Tabla 2.2 se incluye un resumen de las características morfológicas y petrológicas de los principales centros de emisión localizados en la hoja.

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

Edificio	Alineación volcánica	Orientación fisura eruptiva	Dimensiones (m)				Estado de conservación	Materiales emitidos
			Cota (*)	Altura (**)	Anchura máx. mín.			
Montaña Bermeja	Gritana-Bermeja-Mina	N60°E	240	76	700	500	Medio	Coladas y piroclastos basálticos
Montaña Mina	Gritana-Bermeja-Mina	N60°E	200	192	1750	750	Medio	Coladas y piroclastos basálticos
Cota 359	Miguel Ruiz-Juan Bello	N50°E	320	39	425	375	Medio	Piroclastos basálticos
Montaña Zonzamas	Zonzamas-Maneje	N70°E	150	150	1075	875	Medio-bajo	Coladas y piroclastos basálticos
Montaña Maneje	Zonzamas-Maneje	N70°E	140	150	750	625	Medio-bajo	Coladas y piroclastos basálticos
Montaña Tersa	Guardilama-Guatisea	N70°E	300	208	1250	1000	Medio-alto	Coladas y piroclastos basálticos
Montaña Blanca	Guardilama-Guatisea	N70°E	250	346	1500	1375	Medio-alto	Coladas y piroclastos basálticos
Montaña Guatisea	Guardilama-Guatisea	N70°E	250	304	1550	1550	Medio-alto	Coladas y piroclastos basálticos
La Montañeta	La Montañeta-Caldera Honda	N50°E	320	118	625	625	Alto	Coladas y piroclastos basálticos
Caldera Honda	La Montañeta-Caldera Honda	N50°E	300	94	725	600	Alto	Coladas y piroclastos basálticos
Cota 344	La Montañeta-Caldera Honda	N50°E	290	54	500	325	Medio-bajo	Coladas y piroclastos basálticos

(*) De la base sobre el nivel del mar

(**) Sobre su base

2.2.1.1. Alineación Montaña Gritana-Montaña Bermeja-Montaña Mina: coladas y conos de tefra basálticos (3 y 4)

Esta alineación está constituida por un gran número de conos piroclásticos que se disponen según una fisura eruptiva de orientación N60°E. La mayor parte de los edificios se localizan en la hoja de Yaiza, situada al oeste, y sólo dos de ellos en ésta: Montaña Bermeja y Montaña Mina. En el extremo occidental se observa cómo los edificios se van sucediendo de manera imbricada hacia el noreste, poniendo de manifiesto, aparentemente, la progresión de la fractura eruptiva en este sentido. Los dos edificios localizados en esta área se encuentran bastante más separados, por lo que no se puede establecer una posición relativa respecto al conjunto. COELLO *et al.* (1992) obtienen una edad de 1,2 m.a. en las coladas procedentes de Montaña Bermeja, en Punta Lima, que concuerda perfectamente con otras de 1,13 m.a. (proximidades de Uga (hoja de Yaiza): X = 62285, Y = 320345 UTM) y 1,11 m.a. (carretera Arrecife-San Bartolomé, km 5,4 X = 63615, Y = 320795 UTM), obtenidas al finalizar la presente cartografía MAGNA.

Gran parte de los volcanes de esta alineación se corresponden con la Serie II_B de IGME-CSIC (1967) y FUSTER *et al.* (1968). Los edificios surgen sobre los relieves miocenos del edificio Ajaches y sobre los del Dominio central, originando una alineación montañosa que alcanza alturas intermedias dentro de la topografía insular.

El proceso eruptivo fue altamente explosivo, cubriendo grandes superficies las emisiones piroclásticas, hasta el punto de que en la zona central los relieves miocenos quedaron prácticamente recubiertos. Los mantos de lapilli alcanzan espesores visibles de varios metros cuando cubren áreas más o menos planas. Cuando caen sobre zonas de gran pendiente, el espesor de la acumulación es menor. Su granulometría es fina, oscilando entre 0,5 y 2 cm. Son lapillis de carácter basáltico y vesiculares.

En los depósitos piroclásticos de dispersión aparecen zonas con gran abundancia de líticos básicos y lapilli poco vesicular, reflejando la sucesión continua de fases hidromagmáticas y estrombolianas a lo largo del paroxismo eruptivo. En algunas canteras al sur de Montaña Mojón (hoja de Yaiza) se observa perfectamente la intercalación de estos niveles piroclásticos mixtos. En otras zonas se observan también depósitos de oleadas piroclásticas de carácter húmedo, afectados por un grado de palagonitización acusado (hoja de Yaiza, ctra. a Femés).

Edificio Montaña Bermeja. Está localizado entre los pueblos de Tías y Güime, al sur de Montaña Blanca y emplazado a una cota de unos 240 m sobre el nivel del mar, apoyado sobre coladas basálticas miocenas del Dominio central. Tiene un perfil cónico bastante achatado, con unas dimensiones aproximadas de 700 x 500 m y un cráter abierto en herradura hacia el SE. Junto a este cono existe otro más desmantelado y sin cráter.

Ambos edificios están constituidos por lapilli y escorias de tamaño grueso, con abundantes bombas, en conjunto bastante apelmazados y oxidados y con una estratificación masiva. Las bombas tienen carácter porfídico, son de composición basáltica olivínica y engloban abundantes nódulos de dunita.

De este edificio surgieron coladas basálticas olivínicas que se emitieron hacia el sur, canalizándose entre los relieves miocenos, hasta alcanzar finalmente la costa. Son coladas de tipo "aa", bastan-

te escoriáceas y vesiculares en superficie, pero masivas, con disyunción columnar en el interior. Actualmente su superficie está bastante arrasada y sobre ellas existen depósitos detríticos aluviales y arenoso-arcillosos. Fueron cubiertas por emisiones posteriores, quedando ahora como ventanas entre ellas. Para diferenciarlas, el único criterio utilizable es el morfológico, ya que las coladas más modernas presentan aún una morfología poco trastocada, mientras que el criterio composicional no es válido al presentar ambas una composición petrográfica y geoquímica idéntica. Las lavas se extienden ampliamente hacia el SO bajo las coladas de la alineación Guardilama-Guatisea, tal como se observa a lo largo de la costa a partir de Puerto del Carmen, uniéndose a los malpaíses originados por centros de emisión de la misma alineación (hoja de Yaiza).

Se han podido detectar también estas coladas en la zona del aeropuerto, debajo de un potente depósito arenoso-arcilloso (8-10 m), al haberse estudiado una serie de sondeos realizados para las obras de ampliación del mismo. En la cartografía se ha añadido un contacto inferido a partir de dichos sondeos, indicativo del límite más oriental hasta donde se han detectado las coladas de este edificio, debajo de emisiones y recubrimientos más modernos.

Edificio Montaña Mina. Es el edificio más nororiental de la alineación y de él sólo su extremo sur se encuentra en esta hoja, estando el resto, incluido el cráter, ya en la vecina hoja de Tegui. Aunque no es visible el sustrato sobre el que se apoya por la altura que alcanza, parece apoyarse sobre un relieve previo, posiblemente restos del edificio mioceno del Dominio central. El edificio presenta una forma alargada, casi N-S, tiene unas dimensiones aproximadas de 1750 x 750 m y acaba en su extremo nororiental, en un escarpado cráter abierto hacia el NE.

Está constituido por lapilli de composición basáltica olivínica, con una gran homogeneidad en su tamaño, el cual oscila entre 0,5 y 1 cm. Hacia la parte superior del cono, parece aumentar la granulometría, alcanzando tamaños de 2 a 6 cm, e incrementándose asimismo, la proporción de escorias y bloques, al mismo tiempo que el grado de consolidación o apelmazamiento del depósito. La fracción de bombas es aparentemente baja y la oxidación general alta.

El edificio presenta un grado de conservación medio.

Las coladas emitidas desde este centro de emisión se emitieron hacia el norte (Llanos de Zonzamas, hoja de Tegui), quedando actualmente muy reducidas en extensión por estar cubiertas por depósitos de arenas eólicas. Así, en esta zona los afloramientos quedan reducidos a pequeños mogotes, que destacan aisladamente por encima de las arenas.

Hacia el sur parece que también hubo emisiones lávicas, las cuales son cubiertas por otras posteriores, procedentes de centros de emisión cercanos. Su delimitación cartográfica es complicada, ya que, como se dijo antes, no existen criterios determinantes que permitan diferenciar claramente los malpaíses de cada edificio. Hay que añadir, además, que el contacto entre ellas y emisiones atribuidas a otros centros de emisión próximos es impreciso, por lo que se ha indicado como supuesto. La realización de una datación radiométrica —(ya mencionada antes) (Proyecto MAGNA)— en coladas próximas al flanco sur del edificio Montaña Mina (km 5,4 de la carretera Arrecife-San Bartolomé X=63615, Y=320795 UTM), ha dado como resultado una edad de 1,11 m.a. Esta edad es presumiblemente superior a las de las coladas circundantes, lo que llevado a delimitar una superficie de coladas y asignarlas a este edificio, separándolas de las otras mediante contactos supuestos, pues morfológicamente también hay un contraste

marcado con ellas. La asignación de estos afloramientos a esta alineación volcánica debe considerarse por tanto con precaución.

2.2.1.2. *Edificio Guanapay: coladas basálticas olivínicas (5)*

El volcán de Guanapay está localizado en el interior de la isla, junto al pueblo de Tegui, emplazado sobre relieves miocenos del edificio Famara (hoja de Tegui).

En esta área, las coladas de este edificio afloran escasamente y sólo en la esquina oriental de la hoja, al quedar cubiertas por lavas más modernas procedentes del volcán de Tahiche. Hacia el norte de ese lugar alcanzan igualmente escasa extensión, pues son sepultados por otras emisiones (hoja de Guatiza y Tegui), llegando incluso a ganar terreno al mar. Su morfología está hoy muy arrasada y homogeneizada por la erosión.

Son coladas basálticas de tipo "aa", muy escoriáceas y vesiculares en superficie, pero masivas, coherentes y con disyunción columnar en el interior, donde además son menos vesiculares. Tienen carácter porfídico, con abundantes fenocristales de olivino, bien frescos o iddingsitizados. En estas lavas no es muy frecuente la presencia de enclaves de dunita. La potencia visible de las coladas individuales es del orden de 1 a 3 m.

COELLO *et al.* (1992) determinan una edad de 1,2 m.a. en las coladas próximas al edificio Guanapay.

2.2.1.3. *Alineación Miguel Ruiz-Juan Bello: cono de tefra (6)*

Está constituida por numerosos edificios alineados según una orientación N50°E, localizados en su mayoría dentro de los límites de la hoja de Yaiza. El más nororiental, la Montaña de Juan Bello, se halla en la hoja de Tegui y sólo un pequeño edificio adventicio a él lo hace en ésta. A dicho edificio, por carecer de topónimo en el mapa topográfico de base, se le ha denominado edificio de cota 359.

Edificio de cota 359. Está localizado en la esquina noroccidental de la hoja, aflorando únicamente su flanco sur en ella. Es un pequeño cono de tefra de 39 m de altura y de 425 x 375 m de dimensiones aproximadas, emplazado a una cota de 320 m sobre el nivel del mar. Forma parte del sistema eruptivo de Montaña Juan Bello, el foco volcánico principal. Se encuentra parcialmente recubierto por lapillis negros de las erupciones históricas, aflorando sus depósitos únicamente en la cima. Está compuesto por lapillis basálticos oxidados con escorias y bloques todos muy apelmazados. El cráter está abierto hacia el NNE y parece que el edificio principal, Montaña Juan Bello, se superpone a él. Al encontrarse rodeados por lavas históricas del siglo XVIII no se sabe si llegó a emitir coladas.

2.2.1.4. *Alineación Montaña Zonzamas-Montaña Maneje: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión. (7, 8 y 9)*

Esta alineación volcánica comprende el complejo eruptivo de Montaña Zonzamas y la Montaña Maneje, alineados según una fisura eruptiva de orientación N70°E. Estratigráficamente se sitúa sobre ellos la Caldera de Zonzamas, cuyas coladas rodean a aquellos edificios y cubren sus emisiones más proximales. Con respecto a otros malpaíses próximos, las emisiones de esta alineación

ción quedan, hacia el oeste, por debajo de las de la alineación Guardilama-Guatisea, cuya edad, considerando la datación de COELLO *et al.* (1992) es de 240.000 años. Hacia el este, el malpaís de Zonzamas-Maneje queda cubierto por el de la Montaña de Tahiche y, por supuesto, por el ramal de emisiones históricas de Timanfaya, que se encauzó hacia Arrecife.

Edificio Montaña Zonzamas. Se trata de un grupo de bocas eruptivas superpuestas que conforman un edificio de tefra alargado de casi 150 m de altura y unas dimensiones aproximadas de 1.075 x 875 m de diámetro. En el flanco suroriental surgió posteriormente La Caldera de Zonzamas, a partir de reactivaciones de fisuras eruptivas anteriores, truncando la escotadura de cráteres que tenía el edificio.

Es un edificio constituido básicamente por capas de lapilli basáltico que buzan periclinamente hacia el exterior del mismo. Las capas de lapilli muestran alternancias en la granulometría de sus componentes, oscilando el tamaño medio entre 0,5 y 2 cm. La fracción de escorias y bombas es baja, siendo éstas de formas esféricas, masivas en el interior y con pequeños enclaves de rocas ultramáficas (dunitas).

El grado de conservación del edificio es medio-bajo.

Edificio Montaña Maneje. Está situado al este del anterior. Se trata de un edificio de perfil cónico, de 150 m de altura, unas dimensiones aproximadas de 750 x 625 m y con un cráter abierto hacia el norte. Se halla completamente rodeado por las coladas de La Caldera de Zonzamas.

Es un cono de tefra bien conservado, formado principalmente por lapilli, relativamente suelto, bastante homogéneo en granulometría, con tamaños entre 1 y 4 cm y escasas escorias gruesas y bombas intercaladas. El depósito está poco oxidado, salvo la parte superior más superficial, donde además está más apelmazado.

Hacia el sur de ambos edificios se extiende una extensa superficie suavemente inclinada hacia la costa, formada por coladas basálticas atribuidas a estos centros de emisión. Constituyen un malpaís de lavas escoriáceas y vesiculares, superficialmente masivas, potentes (2-3 m) y con disyunción columnar en la parte interna. En algunos lugares próximos al puerto se pueden observar incluso frentes de colada de 3-5 m de altura. El malpaís presenta ya un notable grado de erosión, encontrándose ya bastante arrasado, en parte consecuencia del emplazamiento sobre él de la ciudad de Arrecife y barrios periféricos. Hacia los centros de emisión, la morfología original está mejor preservada. En la costa, la erosión marina individualizado islotes y arrecifes, algunos aprovechados en parte por las infraestructuras portuarias. Son rocas porfídicas o débilmente porfídicas, con fenocristales de olivino. Engloban frecuentes enclaves de dunitas, a veces iddingsitizados.

Sobre las lavas suelen existir recubrimientos, no demasiado potentes (1-2 m), de depósitos arenoso-arcillosos, algunas acumulaciones de piroclastos, así como débiles recubrimientos de arenas eólicas.

A la finalización de la cartografía de toda la isla, se tomaron muestras para datación radiométrica, una de ellas en estas coladas, en un lugar próximo a Arrecife (ctra. Arrecife-Costa Tegui-se, km 1,2 (X = 64220, Y = 320560 UTM). La edad obtenida fue de $0,71 \pm 0,07$ m.a., criterio que ha servido para situar cronológicamente estas emisiones respecto a las adyacentes.

2.2.1.5. *Alineación Caldera de Zonzamas-Montaña Téjida-Montaña Corona: coladas basálticas olivínicas* (10)

Los edificios de esta alineación volcánica se hallan situados en la hoja de Tegui y sólo una parte de emisiones procedentes de La Caldera de Zonzamas están aquí representadas, en el límite entre ambas hojas, al norte de Arrecife.

Se trata de potentes coladas basálticas "aa" superpuestas unas a otras, que forman un malpaís abrupto y caótico, aún bastante bien conservado. Inicialmente las lavas se acumulan junto al centro de emisión, remansándose hasta fluir hacia el sur, diversificadas en dos ramales de corta extensión, debido al obstáculo que representaba el cono de Montaña Maneje, el cual quedó casi por completo rodeado por ellos. Son rocas similares o idénticas a las descritas en otros malpaíses: vesiculares en superficie, masivas en el interior y porfídicas, con fenocristales de olivino. Los nódulos de dunita están igualmente presentes.

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

La actividad volcánica continúa en el Pleistoceno medio con aparición de nuevos edificios de tefra y malpaíses también iguales a los anteriores. Los criterios de separación han sido de estratigrafía relativa, edades absolutas disponibles y grado de conservación.

2.2.2.1. *Edificio Tahiche: coladas basálticas* (11)

El volcán de Tahiche es un cono de tefra relativamente bien conservado, localizado en el borde suroriental de la hoja de Tegui. Emitió gran cantidad de coladas de lava hacia el sur, que configuraron un enorme malpaís, cuya superficie es del orden de 17,6 km². Sus emisiones más distales (localizadas en esta hoja) alcanzaron la costa, situada a unos 4-5 km del centro de emisión. La morfología del malpaís está bastante bien preservada, denotando su mayor juventud respecto a otros ya mencionados, salvo en la zona costera, donde el arrasamiento es más acusado. Las coladas son potentes morrenas de bloques, con taludes empinados, formados por bloques caóticos relativamente sueltos en superficie. Son lavas muy escoriáceas y vesiculares 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.

En la costa se apoyan sobre ellas niveles de la rasa marina erbanense (apartado 2.2.4.1.2), como ocurre, por ejemplo, en Punta Grande o en playa Bastián. En este último lugar, la posición de este nivel con respecto a las coladas parece dudosa, pudiendo inducir a pensar que son las lavas las que lo cubren.

De las emisiones lávicas del volcán de Tahiche 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.

2.2.2.2. *Alineación Montaña Guardilama-Montaña Guatisea: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión (12,13 y 14)*

Constituyen una alineación de numerosos edificios volcánicos, gran parte de ellos localizados en la hoja de Yaiza. Su orientación es N70°E y en realidad es una prolongación de la alineación Caldera Gritana-Bermeja-Montaña Mina, reactivada durante el Pleistoceno medio.

De los edificios que configuran esta alineación, sólo los tres más orientales se hallan dentro del área cartografiada: Montaña Tesa o Tersa, Montaña Blanca y Montaña Guatisea. En general son edificios de grandes dimensiones, y al apoyarse sobre los relieves miocenos del Dominio central, elevan notablemente la topografía insular.

Edificio Montaña Tesa (o Tersa). Es un edificio de tefra situado al norte de Tías, que alcanza unas dimensiones de 1.250 x 1.000 m y una altura sobre su base de unos 200 m. El cráter tiene un diámetro de 500 m y está abierto hacia el este, presentando unas paredes interiores bastante escarpadas.

El cono está formado por lapilli grueso, con tamaños entre 2 y 6 cm, así como por abundantes escorias gruesas, bloques y bombas volcánicas, en conjunto todo muy oxidado y bastante apelmazado. Se observan intercalaciones de niveles de lapilli más fino (0,5-1 cm), estratificados en capas que buzcan hacia el exterior del edificio. La fracción de bombas es abundante, con tamaños frecuentes entre 10 y 70-80 cm. Son bastante masivas, algo vesiculares y con abundantes nódulos de olivino iddingsitizados (dunitas). Estos enclaves aparecen también sueltos, como bloques de hasta 8-10 cm, englobados en el depósito.

En algunas zonas se observa un cierto encalichamiento superficial, pero poco potente. En general el grado de conservación del edificio es medio. Por la ladera oeste, el cono se halla rodeado por el malpaís del edificio La Montañeta.

Edificio Montaña Blanca. Es uno de los mayores edificios de la alineación, también localizado al norte de Tías. Presenta un perfil tronco-cónico, unas dimensiones de 1.500 x 1.375 m y una altura de casi 350 m. En su cima existe un cráter casi circular. Está emplazado sobre los relieves miocenos del Dominio central, lo que hace que con la altura que tiene alcance una cota en su cima de 596 m sobre el nivel del mar.

Su constitución interna es posible apreciarla en las excavaciones realizadas en su perímetro, observándose que está formada por lapilli bastante homogéneo en cuanto a tamaño, oscilando éste entre 0,5-1 cm. La fracción de escorias, bloques o bombas y en general fragmentos gruesos, es baja. Las bombas alcanzan tamaños entre 10 y 40 cm, con formas fusiformes y su composición es basáltica olivínica. El grado de conservación del cono es medio alto.

En la parte inferior del flanco septentrional del cono, junto al barrio de Montaña Blanca, existe un depósito de arenas eólicas bastante consolidado (apartado 2.2.4.1.1), cuya relación estratigráfica con el edificio presenta ciertas dudas, pues no se aprecia bien si las arenas están encima (adosadas al cono) o debajo de él. En algunos cortes realizados para extracción del piroclasto se observan, sin embargo, arenas apoyadas en el cono. No obstante, como el proceso de eolización en la isla ha sido casi continuo desde el Plioceno, es razonable pensar que las are-

nas vayan quedando interestratificadas con las sucesivas emisiones de materiales volcánicos, tal como se observa en otras áreas de la isla, e incluso en esta misma hoja.

Edificio Montaña Guatisea. Está localizado inmediatamente al norte del anterior y alcanza, igualmente grandes dimensiones (1.550 x 1.550 m) y una altura próxima a los 300 m. La escotadura del cráter está abierta hacia el norte.

Se trata también de un cono de lapillis, escorias y bombas, bastante oxidadas y apelmazadas, dispuestas en capas o mantos estratificados con buzamiento periclinal. En estas capas se observan alternancias granulométricas de lapilli, cuyos tamaños oscilan entre 2 y 6 m. Las bombas, de composición basáltica olivínica, tienen formas fusiformes, subesféricas y alargadas, con tamaños entre 10 y 60 cm.

En el interior del cráter existe un depósito de arenas eólicas, aparentemente adosado al cono, si bien la relación estratigráfica entre ambos tampoco está clara, pudiendo, igual que en el caso anterior, encontrarse debajo del edificio.

El área circundante a los edificios está ocupada por extensos depósitos de lapilli, originados por la lluvia de dispersión piroclástica durante las erupciones. Sus espesores son en algunos casos bastante potentes, pudiendo observarse en algunos puntos depósitos de al menos 2 m. Cubrieron los relieves miocenos, pero aún se adivina la morfología original. Son depósitos de lapilli vesicular y de tamaño milimétrico. Es de destacar la abundante presencia de líticos basálticos centimétricos y milimétricos en ellos, indicando que durante el proceso eruptivo se sucedieron fases hidromagmáticas junto con otras estrombolianas, *a priori*, dominantes. En algunas zonas, como por ejemplo en la trinchera de la carretera general Arrecife-Tías, los depósitos hidromagmáticos son bastante notables, formando una toba palagonítica de característica tonalidad amarillenta, en la que parecen observarse estructuras esferoidales de tipo acrecionario.

De todos estos centros de emisión surgieron gran cantidad de coladas de lava que fluyeron mayoritariamente hacia la costa sur, extendiendo mar adentro los límites de la isla. En esta área ocupan una gran extensión a partir de la mitad occidental de la hoja, recubriendo y rodeando los relieves miocenos y malpaíses anteriores. En algunas zonas se observa cómo cayeron en cascada por las elevaciones miocenas, en el área de Pico Tegala, Morro Molina, etc. Al igual que las emisiones anteriores, originaron un extenso malpaís de lavas basálticas escoriáceas, ya parcialmente degradado, aunque en muchas zonas se conserva bien aún su morfología original. Las coladas definen grandes morrenas de cascotes sueltos de lava escoriácea y vesicular en superficie, pero masiva, con disyunción columnar en su interior. Son basálticas, de carácter porfídico, con fenocristales de olivino, destacando en una matriz afanítica. En la zona entre el aeropuerto y Arrecife, sobre estas lavas existen recubrimientos de arenas eólicas, que se extienden varios kilómetros hacia el interior.

2.2.2.3. *Alineación La Montañeta-Caldera Honda: coladas, conos de tefra basálticos y piroclastos de dispersión (16, 17 y 18)*

Comprende dos grandes centros de emisión y otros de menor entidad, que se encuentran en la esquina noroccidental de la hoja, alineados según una fisura de orientación N50°E. Estratigráficamente sus emisiones recubren los malpaíses de la alineación anterior y en realidad responden a una reactivación de alineaciones precedentes.

Edificio La Montañeta. Es el edificio más suroccidental del grupo, estando localizado al norte de Tías. Alcanza unas dimensiones aproximadas de 625 x 625 m y una altura de 118 m sobre su base, mostrando varios cráteres superpuestos unos a otros. Está formado por escorias, lapilli y bombas basálticas dispuestas en mantos estratificados, de granulometría alternante entre tamaños finos y gruesos, con predominio de estos últimos.

A poca distancia del cono existen varios montículos de escorias y bloques que parecen corresponder a hornitos o pequeños salideros, emplazados también a lo largo de fisuras conjugadas.

Las coladas de estos centros de emisión forman un malpaís bien conservado de coladas basálticas, cuya dirección principal de flujo fue hacia el sur del área. Se observan grandes morrenas de lava formadas por cascotes y bloques, dando lugar a veces a largos costillares. En el interior, las coladas muestran una disyunción columnar bien desarrollada. En muestra de mano son de carácter vesicular y porfídico. Sus espesores visibles son del orden de 3 a 5 m.

Edificio Caldera Honda. Se trata de dos edificios superpuestos, cada uno con su cráter, localizados junto al pueblo de San Bartolomé. Tienen un perfil cónico truncado y unas dimensiones de 725 x 600 m, elevándose unos 54 m sobre su base.

Está constituido por depósitos piroclastos basálticos, de granulometría gruesa, con predominio de escorias, bloques, lapilli grueso y bombas. En conjunto el edificio está muy bien conservado.

Edificio de cota 344. Junto a Caldera Honda está este centro de emisión de cota 344 m, al parecer algo más antiguo, pero del mismo episodio eruptivo, constituido básicamente por lapilli y algo más degradado. Posiblemente el cono esté apoyado sobre un relieve mioceno.

El malpaís de lavas de este edificio está formado, igualmente, por coladas basálticas muy escoriáceas y potentes, alcanzando sus frentes actuales, alturas superiores a los 8-10 m. No llegaron a alcanzar, sin embargo, gran extensión, acumulándose próximas a sus salideros. El grado de conservación es también alto.

2.2.3. Período Pleistoceno superior. Episodios volcánicos y sedimentarios

2.2.3.1. Rasa marina jandiense (+5 m): arenas y conglomerados (19)

Las variaciones en la posición del nivel del mar a lo largo del Cuaternario han quedado registradas en la costa mediante niveles marinos fosilíferos y plataformas de abrasión levantadas a diferentes alturas respecto al nivel actual.

Los depósitos marinos correspondientes al Pleistoceno superior fueron descritos en Fuerteventura por MECO (1975, 1977) y más tarde denominados jandiense por MECO *et al.* (1987), estando bien expuestos también en Lanzarote.

En esta área los depósitos jandienses aparecen representados en la zona de las Salinas de Matagorda (Punta Lima), cerca del complejo turístico de Puerto del Carmen, entre 5 y 7 m sobre el nivel del mar. El afloramiento es conocido desde antiguamente, [LECOINTRE *et al.* (1967), HERNÁNDEZ-PACHECO (1969), FUSTER *et al.* (1968), etc.], y hasta no hace muchos años los depósitos se encontraban relativamente bien expuestos e incluso ocupando mayor extensión que hoy, al extenderse hacia Puerto del Carmen, donde ya fueron cartografiados por IGME-CSIC (1967g) como pla-

ya de 10 m, en la playa de los Pocillos. Actualmente, sin embargo, la fuerte presión antrópica en esa zona los ha degradado, hasta el punto de que en algunos casos, incluso han desaparecido totalmente (playa de los Pocillos) y pasan fácilmente inadvertidos. Desde el punto de vista morfológico parece apreciarse, no obstante, un pequeño escalón correspondiente a ese nivel marino.

Están constituidos por arenas finas biotécritas de color claro, bastante cementadas con cantos basálticos, así como por un material rojizo arenoso bastante abundante. Entre ellos aparecen abundantes restos de fauna marina, a veces muy fragmentados. La potencia visible no suele ser mucho mayor de 1 m.

La fauna identificada en estos depósitos [MECO (1975, 1977, 1981) y MECO *et al.* (1987)], se caracteriza por la presencia de *Strombus bubonius* Lamarck como el fósil más representativo de estos depósitos. Otras especies acompañantes y abundantes son *Conus testudinarius* Bruguiere, *Harpa rosacea* Lamarck, *Luria lurida*, *Charonia nodífera*, *Murex saxatilis* Linné, *Thais haemastoma* Linné, etc. Existen, además, abundantes lapas (patella), pertenecientes a diversas especies.

2.2.3.2. Depósitos aluviales arenoso-arcillosos (20)

Tienen escasa representación en esta área y a menudo su entidad es muy pequeña, por lo que sólo se han cartografiado allí donde alcanzan espesores de cierta consideración. En Argana Alta y en la zona entre Playa Honda y el aeropuerto es donde más importancia tienen, fundamentalmente en este último lugar. Recubren en casi todos los casos coladas basálticas cuaternarias.

Son depósitos de color anaranjado, de composición arenosa-arcillosa y granulometría media fina, con niveles de arenas y cantos. Su espesor visible oscila entre casi 1 m y los 3 m, como se observa cerca del aeropuerto. En sondeos realizados en el aeropuerto para obras de ampliación del mismo se han detectado hasta 10 m de depósitos de esta naturaleza.

2.2.4. Período Pleistoceno-Holoceno. Episodios sedimentarios

2.2.4.1. Arenas eólicas (Pleistoceno inferior-Holoceno) (15)

Ya desde finales del Mioceno se manifiesta en Lanzarote un intenso proceso de eolización que se extenderá de manera prácticamente continuo hasta la actualidad. Los depósitos de arenas eólicas originados debieron ir configurando extensos campos de dunas a lo largo de la isla, los cuales aún se observan en determinados sectores. Por su parte, las sucesivas emisiones volcánicas que tenían lugar desde entonces iban cubriendo y fosilizando esos depósitos, ocasionando la repetida intercalación de lavas o piroclastos y arenas eólicas.

En esta área afloran entre las lavas y piroclastos restos de campos de dunas antiguos que fueron sepultados y que hoy la erosión o la excavación para obras diversas los ha puesto de manifiesto. Son afloramientos reducidos, siendo los más destacados los de Montaña Blanca (junto al pueblo), Montaña Guatisea y los de la zona meridional de Güime. En los dos primeros casos, como se dijo antes, no está clara su posición estratigráfica con respecto a ambos centros de emisión, al contrario de lo que ocurre con los afloramientos de Güime, en los que las arenas están claramente entre los materiales miocenos y las lavas y piroclastos cuaternarios de la alineación Guardilama-Guatisea. Al ser Montaña Blanca y Montaña Guatisea de esta misma alineación, cabe suponer también que ambos están sobre las arenas.

Son arenas eólicas de color blanco-grisáceo, granulometría fina y naturaleza bioclástica, con estratificación cruzada muy marcada, como se observa, por ejemplo, en Montaña Blanca. Es de destacar la existencia en ellos de abundantes restos de caracoles del tipo *Helix*, así como algunos moldes de plantas. Cuando es visible su base, suele aparecer un nivel de color marrón algo más arcilloso.

En la cantera de basaltos miocenos existente en Morros de Güime se observa cómo están adosados a los relieves miocenos, ocupando un paleovalle o depresión existente en ellos. La mayor extensión de estos depósitos en este lugar permite apreciar la presencia de varios niveles de arenas, que indican diferentes episodios de eolización separados por períodos húmedos, estos últimos representados por niveles de coloración más asalmonada. En la arena se observan, además, algunos fragmentos de rocas granudas de color claro, de tipo gabroide o sienitoide.

2.2.4.2. *Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados (21)*

Los depósitos marinos holocenos aparecen de manera discontinua a lo largo del litoral de la isla, a alturas que oscilan entre +0,5 y 1 m sobre el nivel del mar. Generalmente se encuentran sobre el nivel de rasa actual, quedando cubiertos durante la pleamar. En esta área tienen bastante representación a lo largo de numerosos puntos de la hoja, apoyándose sobre coladas basálticas cuaternarias de diferentes emisiones volcánicas, si bien la calidad de los afloramientos es baja: Punta Montañosa, Playa Honda, Punta Grande, etc. Tales depósitos corresponden al nivel marino denominado erbanense (de Erbani, antiguo nombre de Fuerteventura), definido por MECO (1988) y MECO *et al.* (1987) en esa isla. A menudo, sin embargo, no es posible una caracterización precisa de la fauna presente, dadas sus semejanzas con la del depósito jandiense (Pleistoceno superior), pudiendo, además, coincidir ambos en altura, a estar el erbanense, superpuesto a aquél y formado por fragmentos procedentes de la destrucción del jandiense.

Los depósitos cartografiados están constituidos por una arenisca de color claro, cementada a menudo con un conglomerado de cantos básicos y abundante fauna marina. Habitualmente parecen apoyados directamente sobre coladas basálticas, aunque otras veces se observa un nivel marrón de arenas en su base. Afloran en forma de "beach rocks", en cubetas sobre las coladas, con espesores centimétricos o decimétricos. También formando niveles horizontales o inclinados hacia el mar, con espesores inferiores al metro.

La fauna en los depósitos erbanenses es semejante a la actual, caracterizándose por la presencia de *Theridium vulgatum* Bruguiere, que junto con patelas semejantes a las jandienses, constituyen la mayor parte de las poblaciones presentes. Entre el resto figuran *Columbella rustica* (Linné), *Linga columbella* Larmarck, *Conus mediterraneus* Bruguiere, *Erosaria spurca* (Linné), *Thais haemastoma* (Linné), *Luria lurida* (Linné), *Polinices lacteus* (Guildin), *Cantharus viverratus* Kiener, *Cerastoderma edule* (Linné) y *Ghlamys corallinoides*.

2.2.4.3. *Depósitos de ladera (24)*

La ausencia de grandes relieves en la zona hace que este tipo de depósitos tengan escasa entidad. Suelen desarrollarse en las laderas de los edificios de tefra, por lo que su composición y naturaleza es básicamente piroclástica. Donde mayor representatividad alcanzan es en las la-

deras orientales de Montaña Zonzamas y en el interior del cráter de Montaña Guatisea. En las partes más distales se horizontalizan y se entremezclan con depósitos detríticos diversos.

2.2.4.4. Depósitos aluviales de fondo de valle (25)

La relativa juventud de la mayoría de los materiales presentes en la hoja hace que la erosión no haya tenido tiempo de excavar y modelar profundamente el relieve, por lo que no existen grandes barrancos, ni en general una red hidrográfica en la que se desarrollen depósitos aluviales.

En la zona meridional, entre Puerto del Carmen y el aeropuerto, sí existen depósitos de este tipo, apoyados sobre lavas cuaternarias, e incluso en algún caso, como al sur de Morro Molina, alcanzan un espesor considerable, el cual puede llegar a unos 3 m. Son depósitos aluviales de color marrónáceo o grisáceo, horizontales, formados por arenas finas y cantos basálticos (propios de los materiales miocenos) en general, con mayor predominio de granulometrías finas que envuelven a los cantos y fragmentos mayores. Es frecuente la presencia de bases canalizadas, así como intercalaciones de niveles piroclásticos de tamaño fino o entremezclados con el material detrítico. El grado de consolidación es bajo. En algunas zonas su espesor es únicamente decimétrico, sobresaliendo las lavas cuaternarias por encima de ellos.

2.2.4.5. Playas de arenas y cantos (26)

La presencia de playas a lo largo del litoral de la hoja es frecuente y en algunos casos tienen gran desarrollo, siendo las principales las de Puerto del Carmen (playa Blanca y los Pocillos), playa Honda, playa Bastián y la playa del Trabuco, en Arrecife.

Se trata de depósitos de arenas finas bioclásticas, de coloración dorada o grisácea, con pequeña fracción de minerales máficos sueltos y con algunos fragmentos o cantos basálticos intercalados.

2.2.4.6. Depósitos antrópicos (27)

Ocupan el área del aeropuerto, estando constituidos por materiales de diverso origen, arenas, bloques, escombros de demoliciones, etc.

2.2.5. Período Histórico. Erupciones de Timanfaya

2.2.5.1. Tercer episodio. Coladas basálticas y piroclastos de dispersión (22 y 23)

El último episodio eruptivo de Timanfaya se manifiesta escasamente en esta área, con emisiones lávicas que afloran en esta hoja cerca de Masdache en la esquina noroccidental y en el tercio oriental de la misma. Sus centros de emisión parecen estar localizados en Montaña de Las Nueces y Montaña Colorada, situadas en la esquina suroriental de la hoja de Tinajo. De ellas surgieron numerosas coladas que fluyeron radialmente en todas direcciones, pero un ramal se canalizó hacia el este. En las proximidades de Mozaga (hoja de Teguisse) se dividió, a su vez, en dos ramales. Uno muy estrecho, fluyó hacia el norte, fosilizando parte del campo de dunas de Soo (hoja de Teguisse y Soo), y el otro surgió hacia el este, hasta que finalmente se canalizó hacia el sur, llegando hasta el mar, en Puerto Naos, ya cerca de Arrecife, donde avanzó más

300 m a partir de la línea de costa. El frente actual de este ramal supone un recorrido de unos 20 km desde el área fuente.

En general las lavas están muy conservadas y la morfología original se mantiene prácticamente intacta, al igual que la superficie que ocuparon inicialmente.

Son coladas basálticas generalmente de tipo "pahoehoe" vesiculares y escoriáceas, delgadas y con morfologías superficiales variadas: estructuras cordadas, en "tripa", lobuladas, con resquebajamientos axiales, superficies lisas, retorcidas, etc. Las potencias visibles no siempre pueden observarse, pudiendo oscilar entre 1-3 m y alguna decena de metros.

En el ramal próximo a Arrecife se aprecian igualmente estos caracteres, pero la superficie originalmente ocupada ha sido reducida, debido a la antropización de la zona. La morfología superficial está en algunos puntos también algo más degradada. En esta zona se observa que tienen espesores de hasta 3 m, disyunción columnar en la parte interna, donde a su vez se observa la distribución de las vesículas y sus formas (subesféricas, alargadas ...), más abundantes hacia las bases y techo. En esta parte se pone de manifiesto también la presencia de las típicas microfisuras paralelas y con cabeceo a la dirección de avance de la colada originadas por los esfuerzos de cizalla producido durante el flujo. Estas microfisuras muestran un perfil irregular y dentado. En esta zona se observa, igualmente, que se apoyan sobre un suelo arcilloso.

A lo largo de su superficie es frecuente observar también depresiones o hundimientos alargados o subcirculares, localmente conocidas como "jameos", que representan desplomes de los techos de tubos volcánicos originados en su interior.

En la zona de Masdache, en el lugar conocido por Volcán de Masdache o Malpaís del Sobaco, existe uno de estos tubos volcánicos bajo la superficie de estas coladas. Es el tubo volcánico conocido por Cueva de los Naturalistas, estudiado con detalle por E. HERNÁNDEZ-PACHECO (1909) y posteriormente por MACAU (1965), MARTÍN y DÍAZ (1985) y SOCORRO (1989). Recientemente este tubo volcánico ha sido declarado Monumento Natural (L-6) por la Ley de Espacios Naturales de Canarias (Ley 12/1994), BOC (n.º157, 24/12/94). El tubo se halla a unos 10-12 m bajo la superficie y tiene un recorrido de unos 1640 m, con una orientación prácticamente N-S.

En el área de Masdache existe un importante recubrimiento de lapillis de 0,5-1 cm, procedente de la lluvia piroclástica de dispersión durante la erupción. Recubren amplias zonas del relieve que existía anteriormente. Con respecto a las emisiones lávicas de este tercer episodio, estos depósitos piroclásticos están debajo de ellos, indicando que aquél fue eminentemente efusivo.

3. TECTÓNICA

De todos los elementos estructurales propios de la isla de Lanzarote, solamente la fisuración eruptiva cuaternaria (alineaciones volcánicas) y la fracturación apreciable en los basaltos mioceños del Dominio central son los que están presentes en la hoja de Arrecife. El sector volcánico representado en la hoja corresponde sobre todo a los campos lávicos emitidos desde el eje central del dominio, que se deslizan por pendientes suaves (en parte escalonadas) en dirección al mar.

El relieve más antiguo aflorante es el de los basaltos miocenos (Los Morros de Güime), que definen un área alargada en dirección SSO-NNE, que ha quedado cubierto parcialmente por las emisiones volcánicas cuaternarias. Estructuralmente se encuentran masas intrusivas (pitones) basálticas, junto a lavas muy potentes, que en ocasiones se pueden confundir con intrusivos. Fotogeológicamente, se aprecian lineamientos netos (posibles fallas) delimitando estas masas, marcados en saltos geomorfológicos, ocultos en parte por las lavas posteriores, [MARINONI y PASQUARÉ (1994).] La dirección dominante de estas posibles fracturas definitorias de los bloques tienen direcciones N70°-80°E, que en cierta medida concuerdan con la fisuración volcánica general que, se instala en este Dominio central de la isla durante el Cuaternario. Otras direcciones de fracturación son la N120°-135°E y la N150°-160°E.

Dentro de las masas consideradas como intrusivos basálticos miocenos es apreciable un intenso diaclasado, propio de este tipo de cuerpos. Sin embargo, en ningún momento se han observado en campo superficies estriadas o brechas de falla. La edad supuesta de esta fracturación, que compartimentó en bloques los basaltos miocenos, es incierta, aunque parece evidente que es anterior al Cuaternario.

Los centros de emisión piroclásticos aflorantes en la hoja son varios. Para hacer un análisis de su disposición geométrica dentro de alineaciones volcánicas es necesario considerar todos los conos del sector sur del Dominio central. De todos los conos existentes, el más antiguo es el de Montaña Bermeja. Estratigráficamente está incluido dentro de la alineación Gritana-Montaña Mina, aunque espacialmente se encuentra aislado de cualquiera de las fisuras eruptivas importantes que discurren algo más al norte. Realmente, Montaña Bermeja es un centro de emisión doble, compuesto por un cono sin cráter sobre el que superpone otro cono mayor con un cráter abierto al SE. El conjunto corresponde a una grieta local de dirección N150°E, en cierta manera concordante con algunas fallas que delimitan los bloques basálticos miocenos de Los Morros de Güime. Por tanto, es factible pensar que su erupción pudo estar controlada por la fracturación precuaternaria del área, y constituir una dirección conjugada con la orientación principal de la alineación completa de Gritana-Montaña Mina.

Del resto de conos aflorantes se distinguen dos alineaciones importantes: la de Guardilama-Guatisea (Pleistoceno medio) y la Montañeta-Caldera Honda (Pleistoceno superior). La primera está representada solamente por algunos de sus edificios (Montaña Tera, Montaña Blanca y Montaña Guatisea), que surgen sobre una fisura eruptiva bastante neta, con dirección N70°E. La gran mayoría de los edificios tienen planta redondeada o subredondeada, con cráteres de iguales geometrías. Este hecho unido a la ausencia de conos o bocas adventicias en la alineación, hacen pensar que el campo de esfuerzos que la originó era de régimen extensional. Solamente el edificio de Montaña Guatisea se aparta ligeramente de esta dirección y parece situarse más sobre otra fisura polifásica subparalela algo más al norte, que va desde Montaña Dama (hoja de Yaiza) hasta el volcán de Tahiche (hoja de Teguisse).

Si se alinean los dos edificios principales que definen la Alineación Montañeta-Caldera Honda, sin considerar la posición del resto de los conos del Dominio Central, se observa que tiene una dirección N45°-50°E, cruzada con la dominante OSO-ENE del área. Considerándolos dentro del conjunto del sector, entonces la situación es distinta. Montañetas participa claramente de la fisura eruptiva definida anteriormente de Guardilama, Guatisea, y supone una reactivación de la misma, mientras que Caldera Honda lo hace de Montaña Dama-Tahiche, como un episodio

más de los múltiples que tiene la fisura. Tanto Montañeta como Caldera Honda son edificios múltiples con bocas adventicias que se disponen de forma cruzada a la directriz principal de las fisuras eruptivas. Cabe pensar que durante su emisión en el Pleistoceno superior el régimen tectónico tuvo un pulso compresivo que provocó una fracturación "strike-slip" por la que surgieron algunas de estas emisiones.

En el límite norte de la hoja afloran sectores parciales de otros dos centros de emisión (Montaña Mina y Montaña Zonzamas), que se encuentran mejor representados en la hoja de Tegui-se, donde están comentados.

Los movimientos verticales habidos en este sector de la isla están reflejados en la presencia de varias rasas marinas, aflorantes en la línea de costa. La más alta, la rasa jandiense, a +7 m (Pleistoceno superior), y la más baja, la rasa erbanense a +0,5 m.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

El relieve de la hoja de Arrecife viene condicionado fundamentalmente por las formaciones volcánicas, que son las dominantes en la hoja y casi las únicas existentes. Aquél es muy homogéneo y los contrastes topográficos aparecen muy poco marcados.

Los relieves, no obstante, van disminuyendo desde el área noroeste de la hoja con cotas base de 300 m hasta el nivel del mar en dirección SE. Las mayores alturas se localizan en dicha área NO y corresponden a edificios volcánicos como los de Montaña Blanca, con 596 m Montaña Guatisea con 544 m Montaña Torsa, con 508 m, o La Montañeta, con 438 m. En la zona central y con una dirección NE-SO afloran algunos asomos de basaltos miocenos, que destacan suavemente sobre coladas más modernas. Salvo los edificios mencionados y algún otro, el resto de la superficie corresponde en su gran mayoría a malpaíses que se extienden hacia la costa con suaves pendientes, que no superan el 5%.

Dada la orografía de la hoja, debido a la juventud de los materiales y el clima existente, la red hidrográfica es muy incipiente, no habiéndose formado ningún curso de agua destacable ni barrancos de consideración.

La costa da un contorno suavemente ondulado que corresponde a la llegada de las distintas emisiones lávicas, dando formas convexas, que luego al ser batidas por el mar se transforman en cóncavas en algunos puntos. Los acantilados son casi inexistentes, apreciándose únicamente algún cantil aislado. Sí se desarrollan algunas playas de importancia, como pueden ser las de Puerto del Carmen o la de Arrecife.

El clima es de carácter cálido-seco, con temperaturas medias de 20-22 °C y con una insolación relativamente acusada. Las precipitaciones son escasas, no superando los 150 mm de media al año, [(MARZOL (1988)]. En la zona norte (área de La Geria) las condiciones se suavizan un poco con mayor grado de humedad ambiental. La acción del viento es relativamente intensa a lo largo del año.

La vegetación está condicionada por los factores climáticos y la escasez de suelo vegetal, es escasa, con especies de carácter herbáceo y arbustivo, predominando las de tipo xerófito, con formaciones de aulagas, tabaibas y tabaco moro fundamentalmente.

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, autores como MARINONI y PASQUARE (1994); ROMERO (1987), CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1993), etc., dividen la isla de Lanzarote en tres dominios: uno al norte, constituido fundamentalmente por el macizo de Famara, otro al sur formado por el macizo de los Ajaches, y otro central, de transición, constituido por las alineaciones volcánicas centrales.

La hoja de Arrecife se encuentra incluida en la zona central, en su parte oriental.

El Dominio central está constituido por retazos aislados, del edificio central mioceno [edificio Tías, según CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA, 1993], por las emisiones volcánicas pleistocenas y por las emisiones holocenas, entre las que se encuentran las emisiones históricas.

Existe una serie de lineamientos topográficos a escala de la isla, que en algunos casos han sido considerados como fracturas. Dentro de la hoja se pueden citar dos lineamientos que llevarían una dirección aproximada N70°E; uno que coincidiría con la alineación Guardilama-Guatisea, con una altitud topográfica de base de 300 m de cota, sobre la que destacan los edificios de Montaña Blanca, Montaña Guatisea y Montaña Torsa, con unas cotas del orden de 500 m en líneas generales y otro paralelo que coincidiría con una cota de unos 50 m en la que destacan discretamente (50-80 m aproximadamente) los asomos de los restos del edificio volcánico central mioceno. Ambos lineamientos podrían significar sendos escalones topográficos derivados del movimiento de bloques que actuó con posterioridad a la formación de los macizos antiguos de Ajaches, Central y Famara.

Este juego de bloques en el macizo central condicionaría las posteriores emisiones volcánicas del Pleistoceno y Holoceno, que influirán fundamentalmente en el relieve de la hoja, siendo por tanto éste de origen principalmente endógeno, de carácter estructural y volcánico.

4.2.2. Estudio del modelado

4.2.2.1. Formas endógenas

Dada la juventud de las formaciones volcánicas de la hoja, éstas son las que fundamentalmente imprimen el carácter al modelado del relieve, retocando los agentes externos muy ligeramente el mismo, de fuerte componente endógeno. Únicamente existe una pequeña área hacia el centro de la hoja en la que los relieves sobre rocas volcánicas son antiguos, pues se trata de los restos del edificio volcánico central de edad miocena.

Las formas más significativas son los conos volcánicos, cubiertos generalmente de piroclastos, que pueden ocupar grandes extensiones fuera de los edificios volcánicos, y las coladas de lava o malpaíses.

Los conos volcánicos muestran formas troncocónicas o cónicas, normalmente aplastadas, con suaves pendientes, aunque en los casos de Montaña Torsa, Montaña Blanca y Montaña Guatisea, las pendientes son algo superiores. Sus cráteres suelen ser alargados o en forma de herradura con una abertura lateral, salvo en el caso de Montaña Blanca, que es circular. Su estado de conservación suele coincidir con su edad; así los mejores conservados son los de la alineación La Montañeta-Caldera Honda, con un alto grado de conservación, seguidos de los conos de la alineación Guardilama-Guatisea y Zonzamas-Maneje con un grado medio-alto, y por último, se encuentran Montaña Bermeja y Montaña Mina (prácticamente fuera de la hoja), con un grado medio.

Los mantos piroclásticos más llamativos son los que rodean a Montaña Blanca, que recubren superficies con pendientes que van bajando hasta las localidades de Tías y Güime.

Los malpaíses que cubren mayor superficie de la hoja son los de las alineaciones Zonzamas-Maneje, Guardilama-Guatisea y del edificio Tahiche.

De ellos, el de peor estado de conservación es el malpaís de la alineación Zonzamas-Maneje, que aparece con su superficie degradada y transformada en las partes distales por haber sido construido sobre él la ciudad de Arrecife y su periferia. Los otros malpaíses conservan en líneas generales bien su morfología original, con lavas muy escoriáceas y vesiculares en superficie, y conservando en algunos casos la individualidad de las coladas. Constituyen amplias superficies que van amoldándose a relieves previos, a los cuales suavizan, para terminar finalmente en la costa.

4.2.2.2. *Formas exógenas*

Las formas exógenas, bien sean denudativas o acumulativas, se agrupan según los procesos o sistemas morfogenéticos siguientes:

Laderas

Dada la morfología de la hoja, las únicas laderas existentes son las que constituyen los conos volcánicos. Así, sobre las laderas de Montaña Zonzamas, Monte Guatisea, Montaña Blanca y Montaña Torsa se forman coluviones que tapizan las laderas y suavizan las pendientes.

Fluviales

El modelado fluvial adquiere también poca relevancia en la hoja. Dada la juventud de los materiales y el relieve de la hoja, la red hidrográfica no ha incidido apenas los materiales volcánicos, y los cursos de agua, al ser tan escasos, no han dado lugar a la formación de barrancos, etc.; sólo se forman débiles incisiones lineales.

Únicamente se puede citar la presencia de un pequeño encajamiento en el pueblo de Montaña Blanca sobre depósitos de arenas eólicas.

Otro tipo de forma fluvial son los conos de deyección, también de escaso interés, que se forman fundamentalmente a la salida de pequeños regueros en los relieves de los materiales miocenos, o al norte de la hoja, al sur de Montaña Zonzamas.

Otras formas fluviales serían las llanuras de carácter aluvial que se forman en las proximidades del aeropuerto y en la zona de Los Pocillos, que dan relieves muy aplanados.

Eólicos

Los depósitos eólicos se localizan en pequeñas vaguadas adosándose a las paredes de las mismas en la zona central, sobre el malpaís de Guardilama-Guatisea, al que recubren escasamente, o al norte de la hoja, donde también cubren finamente materiales de malpaís. En ningún caso dan lugar a una morfología propia, y sólo tapizan y suavizan las formas ya existentes.

Endorreicos

Las pequeñas cuencas de carácter endorreico formadas por depósitos areno-arcillosos dan lugar a formas aplanadas que suavizan y rellenan fondos de valle. Así se encuentran las pequeñas cuencas al NO de Arrecife y otra al E del aeropuerto.

Marino

El modelado marino no ha dado lugar a la formación de acantilados casi en ningún punto de la costa. Las formas más significativas son las originadas por los depósitos de playas, tanto antiguas como actuales.

Aparecen restos de una superficie (rasa) jandiense [MECO *et al.* 1987]] en la zona de las Salinas de Matagorda, a unos 7 m sobre el nivel del mar. También se aprecian en diferentes puntos restos de la rasa erbanense, a 0,5-1 m aproximadamente sobre el nivel del mar.

Las playas actuales cubren áreas relativamente importantes de la costa, especialmente al sur, como pueden ser las de los Pocillos, playa Blanca o playa de Guasimeta. Éstas forman amplios arenales alargados, existiendo otras de menores dimensiones que dan pequeñas formas de concha.

Poligénicos

Prácticamente sin relevancia en la hoja, aparecen pequeños retazos de una superficie de glaciares en las cumbres de los restos de relieve mioplioceno del edificio central. Superficialmente existe un débil encostramiento de caliche, que no ha sido distinguido en el mapa.

Antrópicos

Las formas más destacables son las explotaciones realizadas fundamentalmente en los basaltos miocenos del área de El Guardián de Abajo.

4.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

4.3.1. Depósitos eólicos

Estos depósitos no son muy significativos en la hoja. Afloran al norte de la misma, rodeando a la Montaña Mina, sobre mantos piroclásticos, adquiriendo un escaso espesor.

Además aparecen otros afloramientos muy reducidos, como los de Montaña Blanca, Montaña Guatisea y los de la zona meridional de Güime. Se apoyan directamente sobre los materiales miocenos.

Todos los afloramientos están constituidos por arenas de color blanco grisáceo, granulometría fina y naturaleza bioclástica. En algún punto se aprecian estratificaciones cruzadas.

La edad de los depósitos es como mínimo del Pleistoceno inferior, aunque en las áreas donde se apoyan sobre materiales miocenos podrían ser perfectamente anteriores.

4.3.2. Depósitos fluviales

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, la red hidrográfica es muy escasa y la misma no ha desarrollado depósitos de fondo de barranco. Unicamente existen depósitos aluviales de relativa entidad en áreas del sur de la hoja, entre Puerto del Carmen y el aeropuerto, apoyándose sobre coladas cuaternarias. En líneas generales los depósitos son de escasa potencia, aunque excepcionalmente se pueden observar hasta 3 m, como por ejemplo al sur de Morro Molina.

Están constituidos por arenas finas y cantos basálticos (propios de materiales miocenos) de tonos marrones y grises, con predominio de las granulometrías finas sobre los cantos. También se encuentra una pequeña área con este tipo de depósitos al norte de la hoja.

Otro tipo de depósitos de origen fluvial son pequeños conos de deyección, formados al pie de algunos relieves del macizo central o al pie del edificio de Montaña Mina, al norte de la hoja. Están formados por arenas y gravas que constituyen depósitos de escasa potencia.

4.3.3. Depósitos endorreicos

Este tipo de depósitos se encuentra en tres pequeñas cuencas, entre coladas, ocupando suaves depresiones de fondo muy plano, sin drenaje al exterior. En la zona de Argana Alta y en el área de Playa Honda es donde adquieren mayor importancia, sobre todo en el último caso. Se apoyan sobre coladas cuaternarias.

Son depósitos de color anaranjado, con granulometrías de tamaño arena, limo y arcilla, predominando estas últimas, entre las que se encuentran niveles de arenas y cantos. Su espesor visible oscila entre uno y tres metros.

4.3.4. Depósitos de ladera

Dada la ausencia de grandes relieves en la hoja, este tipo de depósitos no adquieren importancia en la misma. Se trata de coluviones que se desarrollan en las laderas de los edificios de tefra, únicos relieves destacables, por lo que su composición es fundamentalmente piroclástica.

Donde alcanzan mayor representatividad es en las laderas orientales de Montaña Zonzamas y en las de Monte Guatisea, así como en su cráter.

4.3.5. Depósitos litorales

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

De este modo aparecen los depósitos asociados a las "rasas", que en el caso de esta hoja son la jandiense y la erbanense, ya citadas anteriormente.

Los depósitos jandienses se encuentran en la zona de las Salinas de Matagorda, aunque, como se indica en el Capítulo 2, el área aparece fuertemente degradada por la acción antrópica y los depósitos prácticamente han desaparecido. Están constituidos por finas arenas de color claro, biodetríticas, con abundante fauna, cementadas y con cantos basálticos. En algunos casos también aparece a muro un nivel de arenas marrones-rojizas.

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

La rasa erbanense presenta depósitos que aparecen de manera discontinua a lo largo de la costa. Están constituidos por una arenisca de color claro, cementado, y por un nivel de conglomerados de cantos básicos y abundante fauna. En algunas ocasiones también se observa un nivel de arenas marrones-rojizas en su base, como en el caso anterior.

Las playas actuales son relativamente frecuentes a lo largo de la costa en la hoja. Las de mayor desarrollo son las de Puerto del Carmen (playa Blanca y Los Pocillos), playa Honda, playa Bastián y playa del Trabuco.

Están constituidas por arenas finas, bioclásticas, de tonos dorados o grises, con algún fragmento o canto basáltico.

4.3.6. Depósitos antrópicos

Se localizan en el área del aeropuerto, constituyendo una zona relativamente amplia, en la que se mezclan materiales de distinto origen, como escombros de obras, bloques, arenas, etc. todo ello removilizado.

4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

La evolución del relieve en esta hoja comienza a partir del apilamiento de coladas de edad miocena que constituyen el edificio central. Este edificio afloraba en una superficie muy superior a la que ahora se observa, pero debido a la erosión y a la emisión de coladas más modernas ha quedado en las dimensiones actuales.

Al final del Mioceno y comienzos del Plioceno, mientras en el macizo de Famara se emiten las últimas coladas volcánicas, en el edificio central comienzan ya los procesos de erosión. Se genera una superficie de erosión a partir de la cual se generan glaciares de erosión. Parece probable que, al igual que sucede en el macizo de Famara, comenzaran a jugar determinadas fracturas que generarían nuevos sistemas de glaciares. Asimismo comenzaría a formarse la red de barrancos en esta etapa fundamentalmente pliocena.

De estas fracturas, las más importantes podrían tener una dirección N70°E y darían sendos escalones ahora reflejados en los lineamientos topográficos mencionados en el apartado 4.2. Sobre uno de ellos habría surgido una serie de edificios de edad pleistocena y el otro marcaría en

el labio hundido una plataforma de abrasión, alrededor de la cota 50 m que coincide con el borde de los afloramientos de los basaltos miocenos.

La regresión marina coincide con una época de clima semiárido, [CRIADO (1988)].

En el Pleistoceno inferior después de un largo período de calma eruptiva, surgen nuevos edificios que dirigen sus coladas hacia el SE, deslizándose por los relieves miocenos previamente establecidos y cubriéndolos en gran parte.

Las emisiones volcánicas siguen produciéndose a lo largo del Pleistoceno medio, también ocupando gran parte de la superficie de la hoja y configurando en gran medida lo que va a ser el relieve de la hoja.

Simultáneamente a las distintas emisiones se han podido formar depósitos eólicos que en gran parte habrían sido cubiertos.

Durante el Pleistoceno superior se forma una plataforma de abrasión que deja depósitos con fauna marina [MECO *et al.* (1987)] y constituyen la rasa jandiense. El período de regresión marina coincide con un clima de carácter semiárido que propicia el encajamiento de los barrancos, que en el caso de la hoja casi no queda reflejado.

Tiene lugar una nueva transgresión marina a comienzos del Holoceno que genera nuevos depósitos, de los cuales quedan algunos retazos con fauna marina, y la regresión subsecuente del mar deja al descubierto otra superficie (rasa) de características similares a la anterior, a 0,5-1 m sobre el nivel del mar actual.

Ya el relieve de la hoja está casi plenamente configurado; se forma una serie de playas en la costa, se van rellenando las pequeñas cuencas endorreicas, se forman coluviones en las laderas de algún edificio volcánico, y lo más significativo, se produce una nueva emisión volcánica que constituye el tercer episodio de las erupciones históricas de Timanfaya, las cuales se localizan al NO y E de la hoja. Los procesos actuales siguen retocando el relieve.

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 ha añadido los disponibles en la bibliografía. Se parte de la consideración de dos grandes ciclos volcánicos constructivos dentro del conjunto de la isla: un primer ciclo, representado por los macizos miocenos de Ajaches, Dominio central y Famara (mioplioceno), y un segundo ciclo, constituido por el resto de emisiones, mayoritariamente cuaternarias, incluidas las de fecha histórica.

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

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

5.1. PRIMER CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA

5.1.1. Período Mioceno. Dominio central

Desde el punto de vista petrográfico, las muestras correspondientes a estos materiales miocenos corresponden mayoritariamente a basaltos y en menor medida a basanitas. Los basaltos incluyen, a su vez, varios tipos petrográficos: basaltos olivínicos y basaltos olivínico-piroxénicos.

Basaltos olivínicos. Son los tipos más abundantes. Están formados por abundantes microfenocristales idiomorfos-subidiomorfos de olivino de hasta 2,5 mm de tamaño, con esporádicos golfos de corrosión e iddingsitización parcial, preferentemente en los bordes.

La matriz suele ser microgranular, si bien pueden aparecer algunos tipos algo más cristalinos, casi intergranulares. Está formada por plagioclasa microlítica, casi intergranular, augita y opacos granulares dispersos. A veces se observa vidrio intersticial.

Con carácter secundario aparecen serpentina y calcita, de manera intersticial o rellenando microvesículas. Puede aparecer igualmente escasa biotita, de nucleación incipiente, generalmente asociada a zonas serpentinizadas.

Basaltos olivínico-piroxénicos. Son también muy frecuentes y se diferencian de los anteriores únicamente por la presencia, en cantidades apreciables, de fenocristales de augita, aunque generalmente en menor proporción que los de olivino. El piroxeno, generalmente idiomorfo, se presenta como cristales de hábito tabular o hexagonal, con color ligeramente rosado en sus bordes, como consecuencia de su mayor contenido en Ti. Los tamaños son variables, pudiendo llegar hasta los 2 mm; presentan en ocasiones maclado y zonado, tanto concéntrico como en "reloj de arena".

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

Época	Dominio central Mioceno	Pleistoceno inferior			Pleist. medio	Erupciones de Timanfaya (1730-36)		
Muestra	RB-99	RB-97	13632	BM-2025	BM-2008	BM-2006	13778	M-41
SiO ₂	41.49	45.44	46.12	44.29	46.39	49.20	49.95	50.15
Al ₂ O ₃	11.64	11.00	12.28	12.16	12.67	12.74	13.69	14.39
Fe ₂ O ₃	12.71	11.00	1.94	11.75	11.68	10.10	1.30	1.42
FeO			8.53				9.20	8.96
MgO	11.84	14.03	13.66	10.66	9.45	10.02	9.58	9.07
CaO	10.97	9.66	10.43	10.87	9.96	9.21	9.67	9.09
Na ₂ O	3.50	4.00	2.52	3.53	3.11	2.50	2.92	2.95
K ₂ O	0.73	0.95	1.00	1.14	0.87	0.57	0.76	0.55
MnO	0.17	0.15	0.16	0.17	0.16	0.14	0.11	0.13
TiO ₂	3.32	2.35	2.07	2.77	2.59	2.11	1.88	2.14
P ₂ O ₅	0.70	0.66	0.77	0.72	0.51	0.28	0.29	0.24
H ₂ O	0.11	0.74	0.35	2.23	0.49			
CO ₂								
Total	97.20	100.00	99.83	98.06	97.39	99.99	99.84	99.09
Ba								229
Ce	107	69		79	38	<20		18
Co								41
Cr	365	522		360	321	354		498
Cu								70
La	40	42		27	24	<20		15
Nb	75	67		71	53	28		23
Ni	219	426		203	186	261		296
Rb	11	24		24	19	14		16
Sr	900	679		720	574	384		358
Th								2
V	249	178		222	191	161		233
Y	19	17		20	18	14		17
Zr	284	250		233	218	152		132
Q						3.35		
Or	4.31	5.61	5.91	6.74	5.14	3.37	4.49	3.25
Ab	19.56	23.84	16.41	23.11	26.32	21.16	24.71	24.96
An	13.90	9.25	19.24	13.97	18.04	21.86	22.00	24.40
Ne	5.45	5.42	2.66	3.66				
Di	19.51	20.84	22.00	20.46	15.30	11.84	19.54	15.52
Hy					12.59	19.46	9.74	18.29
Ol	14.32	17.71	24.73	11.96	2.70		12.74	6.36
He	12.71	11.00	11.75	11.68	10.10			
Mt			2.81				1.88	2.06
Il	0.36	0.32	3.93	0.36	0.34	0.30	3.57	4.06
Tn						4.79		
Pf	5.32	3.71		4.39	4.10			
Ap	1.62	1.53	1.78	1.67	1.18	0.65	0.67	0.56
ID	29.32	34.87	24.98	33.51	31.46	27.87	29.20	28.21
FEMG	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.29	0.29
IP	0.56	0.69	0.43	0.58	0.48	0.37	0.41	0.38

RB-99 Basanita. Colada a 1.100 m al S de Montaña Bermeja, hacia Los Roferos; cota 165 m. MAGNA.

RB-97 Basalto. Colada a 750 m al SE de Montaña Bermeja; cota 180 m. MAGNA.

133632 Basalto. Colada de Montaña Bermeja en Las Montañetas. FUSTER *et al.* (1968).

BM-2025 Basalto. Colada 150 m al N de las Salinas de Punta Chica; cota 20 m. MAGNA.

BM-2008 Basalto. Colada a 1.200 m al N del Aeropuerto de Lanzarote en la zona de Guasimeta; cota 83 m. MAGNA.

BM-2006 Basalto subcalino. Colada del tercer episodio de Timanfaya, en la zona de Granados; cota 69 m. MAGNA.

13778 Basalto. Colada de Montaña de Las Nueces (tercer episodio de Timanfaya). IBARROLA y LÓPEZ RUIZ (1967).

M-41 Basalto. Colada de Montaña de Las Nueces (tercer episodio de Timanfaya). CARRACEDO *et al.* (1990).

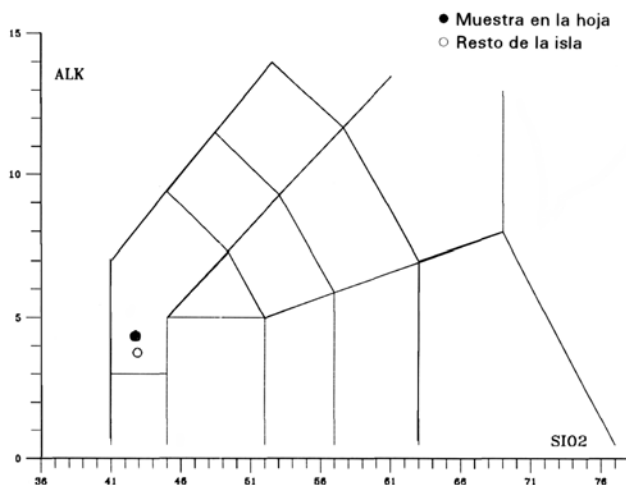


Fig. 5.1. Diagrama TAS del Dominio central.

En los ejemplares situados en Matachuelos, al sur de Tías, se reconoce la presencia de anfíbol de color pardo-marrón, fuertemente pleocroico.

Basanitas. Se han muestreado algunos tipos en la zona del cerro de los Morretes. Se trata de rocas porfídicas, con abundantes microfenocristales de olivino, entre idiomorfos y subidiomorfos, con esporádicos golfos de corrosión. La iddingsitización afecta a la mayoría de estos cristales. La augita aparece igualmente en forma de microfenocristales, con tonalidades ligeramente rosadas en sus bordes, presentando también zonado. Cuando se presenta como cristales de hábito tabular suele agruparse en glomérulos radiales.

La matriz, microcristalina, contiene abundantes opacos granulares de tamaños diversos y augita, no observándose nefelina modal.

Con carácter tardío y rellenando espacios intersticiales, aparece anortoclasa con características maclas en enrejado. Por último, de manera esporádica, aparece biotita tabular de escaso tamaño.

5.2. PRIMER CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA

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

teriza por su carácter más subsaturado y mayor alcalinidad, en la que los tipos dominantes son basanitas y donde no existen episodios diferenciados.

5.2.1. Período Mioceno. Dominio Central

Los datos analíticos disponibles de materiales del Dominio central, junto con otros nuevos recientemente aportados por CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1993) (aunque no publican los análisis), indican que todos ellos corresponden a términos basaníticos, según el diagrama de clasificación TAS, (Fig.5.1), siendo pequeña la dispersión que presentan los valores. Se observa así buena correspondencia entre la composición modal y normativa de estas rocas.

Son rocas muy subsaturadas, con contenidos en SiO_2 incluso inferiores a los valores medios y relativamente bajos también de Al_2O_3 , mientras que muestran contenidos en CaO y MgO algo mayores. Los álcalis son también bajos y se reflejan en la norma en pequeñas cantidades de Ne normativa, dando como resultado, igualmente, un valor bajo del índice de peralcalinidad.

5.3. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA

5.3.1. Período Pleistoceno

Las emisiones de estos volcanes corresponden a basaltos olivínicos porfídicos, pero sin grandes fenocristales.

El olivino tiene tamaños de hasta 0,4 mm y aparece parcialmente iddingsitizado. Está rodeado por plagioclasa de hábito tabular, con tamaños parecidos al de aquél y está maclada polisintéticamente. La augita suele ser mucho más pequeña (rara vez mayor de 0,1 mm), presentándose como granos alotriomorfos, mientras que los abundantes opacos presentan en ocasiones, formas esqueléticas.

Alineación Montaña Gritana-Montaña Bermeja. Aparecen indistintamente basaltos de tipo olivínico y olivínico-piroxénicos. En ambos casos el olivino, siempre preponderante, suele aparecer en forma de fenocristales de entre 0,2 a 2 mm, predominando los ejemplares de menor tamaño (0,2-0,7 mm). La augita, cuando aparece, se presenta en forma de cristales subidiomorfos con bordes titanados y ocasionalmente con núcleos acmíticos.

Cabe destacar la presencia de cristales de ortopiroxeno incoloro, con marcada exfoliación (100), por lo general bien desarrollados y con coronas de reacción más o menos extensas en su contacto con la matriz formada por augita. La presencia igualmente de olivinos, de extinción ondulante, espinelas marrones y de pequeños microacumulados ultramáficos hacen suponer que todos ellos provienen de la disgregación de nódulos ultramáficos de tipo peridotítico, arrastrados por el magma en su ascenso.

Emisiones no claramente asignables a Montaña Bermeja, localizadas en la zona de Puerto del Carmen, poseen características similares.

Alineación Montaña Mina-Montaña Zonzamas-Montaña Maneje. Aparecen, fundamentalmente basaltos olivínicos con presencia de abundantes microfenocristales de escaso tamaño (aunque aparecen cristales de hasta 1,5 mm, suelen predominar aquellos entre 0,2 y 0,6 mm),

entre idiomorfos y subidiomorfos y por lo general escasamente alterados. No son raros los golfos de corrosión, así como la presencia de esporádicos cristales esqueléticos. La augita sólo aparece en escasos microfenocristales, generalmente con núcleos acmíticos. Se observa, al igual que en las emisiones precedentes, la presencia de microacumulados ultramáficos y escasos olivinos de extinción ondulante (xenocristales), si bien en proporciones muy inferiores.

La matriz consta de plagioclasa microlítica maclada, augita y opacos granulares. Sólo en la muestra BM-2017 aparece además escasa biotita de nucleación incipiente.

Merece destacar un único ejemplar de basalto plagioclásico en estas coladas (BM-2023) muestreado en la isla del Francés, cerca del Charco San Ginés. Presentan un alto grado de cristalinidad, con abundantes cristales de hábito tabular de plagioclasa de hasta 2 mm, maclada polin-sintéticamente. El olivino es menos abundante, así como de menor tamaño (0,3-1,5 mm), apareciendo en cristales subidiomorfos parcialmente iddingsitizados. La augita rara vez cristaliza formando fenocristales, apareciendo en ocasiones agrupada formando agregados radiales. Abundantes opacos de hábito acicular completan la matriz.

Alineación Montaña Pelada-Caldera de Zonzamas. Entre los ejemplares muestreados aparecen únicamente basaltos olivínicos, caracterizados por el escaso tamaño de sus fenocristales (nunca mayores de 0,6 mm), apenas algo mayores que la matriz circundante. Dicho olivino presenta alteración parcial a iddingsita en sus bordes.

Las muestras suelen presentar abundantes microvesículas circulares rellenas, en parte por vidrio o por crecimientos de plagioclasa y opacos aciculares.

Alineación Guardilama-Cerro Tegoyo-Tesa-Montaña Blanca Guatisea. Destaca en estas emisiones la enorme uniformidad de las muestras estudiadas, no observándose diferencia alguna entre los ejemplares asociados a Montaña Tesa, Montaña Guatisea, Montaña Blanca y otras muestras de la alineación.

En todos los casos se trata de basaltos olivínicos porfídicos, con presencia de microfenocristales de escaso tamaño (rara vez mayores de 1 mm), entre idiomorfos y subidiomorfos, en una matriz con plagioclasa microlítica, augita y opacos granulares. Son muy abundantes los microenclaves ultramáficos, así como los cristales disgregados de dichos enclaves: preferentemente olivino, con extinción ondulante, así como de ortopiroxeno, con coronas de reacción más o menos desarrolladas. Igualmente se observan, de manera aislada, ejemplares de espinela-cromita en forma de cristales ameboides.

Alineación La Montañeta-Montaña Honda. La totalidad de las lavas corresponden a basaltos olivínicos, con presencia de abundantes microfenocristales idiomorfos de olivino de escaso tamaño (rara vez mayores de 0,7 mm), a veces con golfos de corrosión.

La matriz consta de plagioclasa microlítica, sin ninguna orientación apreciable, augita, opacos granulares y escaso vidrio intersticial o relleno de microvesículas.

Se observan en ocasiones fragmentos de roca de composición basáltica, con ligeras diferencias texturales respecto de la roca circundante. No se observan, por el contrario, microenclaves ultramáficos, como en el caso de las emisiones anteriores.

Edificio Tahiche. Los materiales de este volcán no presentan particularidad alguna, tratándose de basaltos olivínicos con abundantes microfenocristales de olivino, por lo general escasamente desarrollados. Algunas muestras tienen olivinos de mayor tamaño (hasta 4 mm) y aspecto esquelético, con vidrio y más raramente de plagioclasa. La augita aparece exclusivamente en la matriz como pequeños cristales granulares o de hábito tabular, junto con microlitos de plagioclasa, a veces con ligera orientación y opacos granulares dispersos. El vidrio es más bien escaso, rellenando parcialmente microvesículas.

5.3.2. Período Histórico. Erupciones de Timanfaya

Las coladas de Timanfaya (1730-36) en esta zona son únicamente de basaltos olivínicos, muy vesiculares y de textura porfídica, con presencia de microfenocristales de olivino de escaso tamaño (nunca mayores de 0,5 mm), subidiomorfos, rara vez acompañados por ejemplares de augita algo mayores que la matriz circundante. Ésta consta de abundante plagioclasa tabular, maclada polisintéticamente, augita, olivino y opacos, tanto en forma granular como acicular. Las abundantes vesículas suelen aparecer total o parcialmente rellenas por vidrio.

Se observan microacumulados ultramáficos de composición tanto dunítica (formados por olivino de extinción ondulante) como piroxenítica (apareciendo el piroxeno en cristales de hasta 3 mm).

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.

5.4.1. Período Pleistoceno

Las emisiones del Pleistoceno inferior en esta hoja pertenecen a la alineación Montaña Gritana-Bermeja-Mina y a la de Montaña Zonzamas-Maneje. Son rocas basálticas, (Fig.5.2), poco diferenciadas, con contenidos bajos en SiO_2 y Al_2O_3 , mientras que por el contrario, la cantidad de MgO es bastante alta, probablemente debido al elevado contenido en cristales y xenocristales de olivino. Muestran en general un carácter moderadamente alcalino.

En el Pleistoceno medio, el comportamiento geoquímico es prácticamente idéntico al anterior, presentando las emisiones composiciones basaníticas y basálticas, (Fig. 5.3). La muestra tomada en esta hoja, perteneciente a la alineación Guardilama-Guatisea, es un basalto con un grado de alcalinidad muy bajo. Comparado con las anteriores, es de destacar el menor contenido en MgO.

5.4.2. Período Histórico. Erupciones de Timanfaya

Desde el punto de vista geoquímico, las erupciones de Timanfaya representan un comportamiento anómalo y diferenciado con respecto a otras erupciones históricas de las islas Canarias.

Por su importancia y novedad, ya fueron estudiadas sus características petrográficas y geoquímicas por IBARROLA y LÓPEZ RUIZ (1967) y FUSTER *et al.* (1968). Recientemente, CARRACEDO *et al.* (1989, 1990, 1992) y CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1991) realizan un completo estudio volcanológico, petrológico y geoquímico de la misma, haciendo hincapié en su evolución petrológica-geoquímica.

En esta área están únicamente representadas algunas de las emisiones del tercero y último episodios eruptivos, correspondiendo las muestras analizadas a basaltos, (Fig. 5.4), hecho ya puesto de manifiesto en el estudio petrográfico. CARRACEDO *et al.* (1990) indican una evolución temporal desde basanitas a basaltos alcalinos y finalmente a basaltos toleíticos en los estadios finales, como parece observarse en las muestras analizadas, (Tabla 5.1). Sólo una de ellas presenta un claro carácter toleítico, con Q e Hy normativos, mientras que el resto sólo tiene Hy normativa.

Este tránsito desde basanitas y basaltos alcalinos hacia basaltos toleíticos en los estadios finales de la erupción está producido, según CARRACEDO *et al.* (1993), por variaciones en el grado de fusión parcial, que en este caso aumenta, condicionadas, a su vez, por la profundidad de generación de los magmas. Las relaciones isotópicas Th/U y $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ estudiadas por SIGMARSSON *et al.* (1992) ponen de manifiesto y corroboran esto último, sugiriendo que las diferencias detectadas en dichas relaciones en este último estadio de la erupción reflejan aportes magmáticos de varias fuentes.

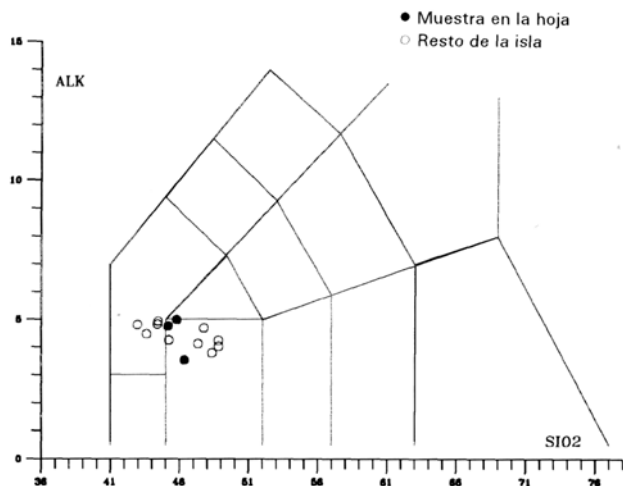


Fig. 5.2. Diagrama TAS del período Pleistoceno inferior.

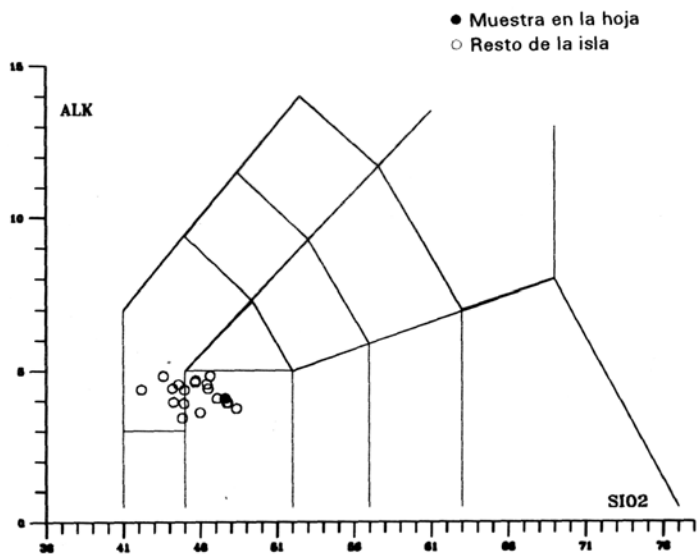


Fig. 5.3. Diagrama TAS del período Pleistoceno medio.

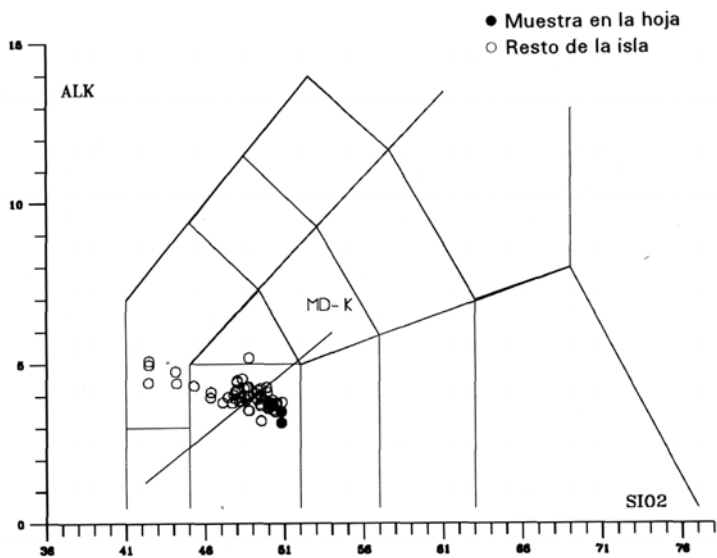


Fig. 5.4. Diagrama TAS de las emisiones históricas de Timanfaya.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

Los datos geocronológicos de la isla de Lanzarote indican que el volcanismo subaéreo comenzó hace 13,5 m.a. (Mioceno medio), con la construcción del edificio Ajaches, en la zona meridional de la isla, si bien los primeros estadios submarinos se remontan al Oligoceno medio. En el área cartografiada, sin embargo, las primeras manifestaciones volcánicas no se suceden hasta el Mioceno superior, hace alrededor de 6 m.a. cuando se emiten, en esta zona un conjunto de materiales basálticos que constituyen el denominado Dominio central. Este edificio se formó en el extremo oriental del edificio Ajaches, en esta época ya bastante erosionado, y sus lavas lo llegaron a rodear por el norte. Actualmente los afloramientos del Dominio central quedan muy reducidos al estar cubiertos por emisiones cuaternarias.

Concluida la actividad miocena, los relieves recién creados sufrieron un intenso período de erosión durante el Plioceno, quedando profundamente desmantelados. En Ajaches, incluso, se desarrolló una plataforma de abrasión marina (rasa pliocena) que en el área sur de la isla alcanza los 50 m, si bien queda enmascarada por las emisiones cuaternarias.

La reactivación del volcanismo tiene lugar de nuevo en el Cuaternario, comenzando en el Pleistoceno inferior con emisiones que siguen una pauta fisural, representada por alineaciones de centros de emisión, cuyas edades oscilan entre 1,11 y 1,34 m.a., según dataciones radiométricas de COELLO *et al.* (1992) y las realizadas durante la ejecución de esta cartografía. Estas primeras emisiones cuaternarias están representadas en la hoja por los edificios de Montaña Bermeja y Montaña Mina, cuyas lavas sortearon los relieves miocenos hasta llegar a la costa, prolongando el perímetro insular. En algunos casos, en los primeros episodios se manifiestan fases hidromagmáticas, posiblemente con construcción de edificios propios de este tipo de actividad, que gradualmente van pasando a fases estrombolianas con formación de conos de tefra.

De manera casi continua, se van repitiendo sucesivas emisiones volcánicas, durante el Pleistoceno medio y superior, siguiendo el régimen fisural anterior, de orientación NE-SE, de tal manera que los edificios se van aglomerando y casi superponiendo unos sobre otros, ganando terreno al mar sus coladas.

En el Pleistoceno superior, se originan en la costa depósitos marinos, correspondientes al denominado nivel jandiense y caracterizados por la presencia de *Strombus bubonius*, que actualmente quedan levantados unos 5-7 m sobre el nivel del mar.

Nuevamente, en el Holoceno, con una posición del mar algo más alta que la actual, se forman en el litoral depósitos marinos fosilíferos, que quedan hoy a alturas de 0,5-1 m.

Finalmente, ya dentro del período comprendido entre los años 1730 y 1736, se suceden en la isla una serie de erupciones volcánicas basálticas, globalmente denominadas erupciones de Ti-manfaya, cuya magnitud las convierte en una de las más importantes del archipiélago, e incluso del mundo. Siguen también la misma pauta fisural que los anteriores, ocupando las emisiones una superficie de unos 200 km², con un volumen aproximado del orden de 3 a 5 km³. En esta área aparecen representadas, sin embargo, únicamente las emisiones correspondientes al último episodio eruptivo.

7. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

Se han consultado el reciente Plan Hidrológico de Lanzarote, [CABILDO INSULAR DE LANZAROTE y GOBIERNO DE CANARIAS (1992)], y los trabajos del ITGE, como son la síntesis sobre las Aguas Subterráneas de España, [ITGE (1989) y el de ITGE (1992).] Estudios hidrogeológicos como el SPA/15 (1975) y MAC-21 (1976) se han consultado también, y aunque ya antiguos, son todavía de enorme interés y aún hoy sus conclusiones son tenidas en cuenta en los estudios recientes mencionados, pues en algunos casos desde entonces no se ha generado nueva información.

Al no existir suficientes datos hidrogeológicos 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 y existen fuertes contrastes térmicos diarios, con oscilaciones entre 15 y 17 °C en un mismo día, siendo la oscilación media anual de 8 °C, [MARZOL (1988)]. La insolación en esta área es generalmente alta durante gran parte del año.

Un aspecto bastante típico de Lanzarote es la acción del viento, a menudo con intensidades fuertes, con una componente dominante NNE, modificada en algunos sectores por la presencia de accidentes topográficos.

Pluviometría

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

La escasa pluviosidad es debida en gran parte a la baja altitud de sus relieves, que no alcanzan la cota de inversión del alisio (alrededor de 700 m), principal portador de lluvia al archipiélago.

En el mapa de isoyetas de la isla, Figura 7.1, se reflejan las bajas precipitaciones del conjunto de la isla y en particular de esta hoja, en donde las precipitaciones son inferiores a 100 mm/año.

En la estación de Guasimeta (aeropuerto), las precipitaciones medias mensuales son del orden de 125,3 mm, según el Servicio Hidráulico de Las Palmas [en MARZOL (1988)]. Como dato orientativo, se incluyen en la Tabla 7.1 datos de precipitaciones medias mensuales, medidas en estaciones de la hoja, tomadas del SPA/15 (1975) y MARZOL (1988).

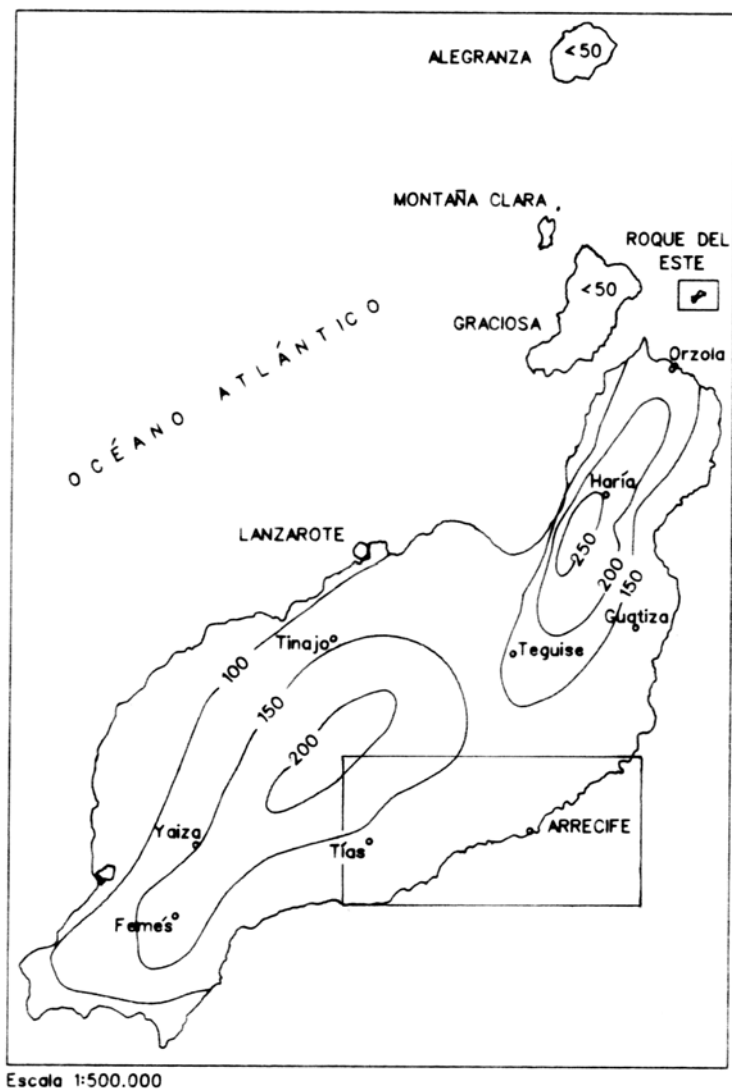


Fig. 7.1. Esquema de isoyetas de la isla de Lanzarote. Modificado de MARZOL (1988).

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

Estación	O	N	D	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	Total
Arrecife (Casco)	12,8	21,1	22,8	21,9	14,3	9,2	6,0	1,1	0,1	0,0	0,1	2,6	112,0
Guasimeta (aeropuerto)	13,1	26,3	24,5	29,5	14,5	10,8	7,2	1,4	0,3	0,0	0,0	3,9	131,6
PUERTO NAOS (Faro)	10,7	13,2	18,0	15,1	10,0	6,2	4,2	0,7	0,1	0,0	0,0	3,3	81,5
Guasimeta (*)	8,8	20,9	24,6	28,1	18,3	12,5	6,3	1,3	0,2	0,0	0,1	4,2	125,3

La infiltración aproximada del agua en terreno, para el conjunto de la isla, se determinó en 4,1 mm/año, obteniéndose mayores valores de infiltración en las áreas ocupadas por materiales más permeables, como son los malpaíses basálticos. En esta área, por ejemplo en la Geria, la infiltración es también notable, al ser el terreno bastante permeable (piroclastos y coladas cuaternarias).

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

**Tabla 7.2. Resumen de las características hidrológicas.
(Plan Hidrológico de Lanzarote 1992).**

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

Cuencas y cauces principales

En esta área la red hidrográfica es casi inexistente, dada la relativa juventud de los materiales que la integran. En los relieves miocenos sólo existe algún pequeño barranco y en los materiales cuaternarios únicamente existen débiles incisiones que sirven de vía de drenaje hacia el mar de las aguas de escurrentía.

En general todos estos cauces están secos durante el año, debido a las escasas precipitaciones que se producen, e incluso en los períodos de mayor pluviosidad es raro que circule agua por ellos. En gran parte, la elevada permeabilidad de los materiales volcánicos impide que exista alguna escurrentía de cierta importancia.

Aprovechamiento de los recursos superficiales e infraestructuras hidráulicas básicas

La infraestructura de aprovechamiento de las aguas superficiales es escasa, dada la ausencia de escurrentías 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 del mismo nombre, al NE de la isla.

Elementos de aprovechamiento de la escurrentía superficial lo constituyen obras de menor envergadura como son los aljibes y estanques y algunos represamientos tradicionales sobre los barrancos o barranqueras existentes. No existe un inventario actualizado del número de estos

depósitos ni de su capacidad real de almacenamiento. El Plan Hidrológico, tomando los datos del SPA/15 (1975), cita una capacidad de 18.000 m³.

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, almágres e intrusivos hacen de las formaciones volcánicas un medio heterogéneo, que condiciona enormemente el flujo y almacenamiento del agua subterránea. Asimismo, los procesos posteriores al emplazamiento y consolidación de los materiales modifican también su comportamiento primario.

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

La elevada permeabilidad primaria de los materiales más modernos (malpaíses cuaternarios) contrasta con la de los más antiguos, como los basaltos miocenos del área de Tías, en los que los procesos de alteración, relleno de fisuras y huecos, compactación en profundidad, etc., los hacen más impermeables.

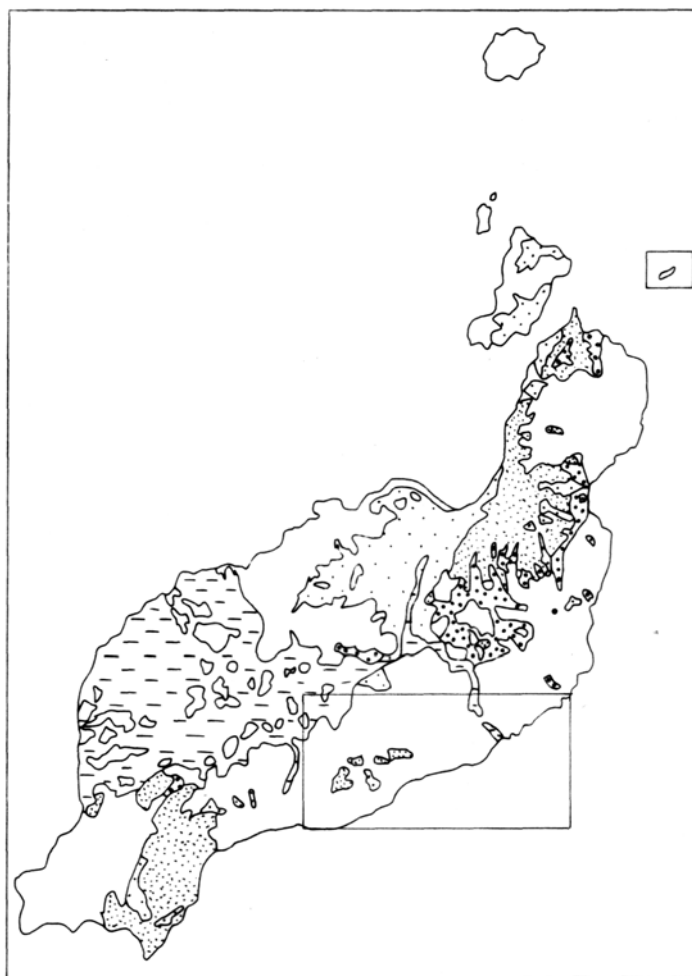
En los malpaíses cuaternarios de la zona central de la isla se han obtenido permeabilidades del orden de 1 m/día.

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, mientras que en coladas basálticas cuaternarias próximas a Arrecife ésta varía entre 0,01 y 0,02 m/día para la roca masiva y del orden de 0,40 para las zonas escoriáceas.

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

Formaciones acuíferas

Desde el punto de vista hidrogeológico, en la hoja de Arrecife, la principal formación acuífera la constituyen los materiales basálticos de edad miocena, que conforman los afloramientos centrales del área de Tías. En el resto de formaciones, por sus características hidrogeológicas, potencia, posición topográfica, etc., tampoco existen niveles saturados de importancia.



-  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. 7.1. Esquema hidrogeológico de la isla de Lanzarote.

El macizo de Famara, en el norte la isla, es donde únicamente se dan condiciones hidrogeológicas aceptables, habiéndose realizado ya desde hace años numerosas galerías subterráneas para extraer el agua. La mayoría de ellas, sin embargo, son hoy ya improductivas, por quedar por encima de los niveles saturados.

Aprovechamiento de los recursos subterráneos

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

Pozos. En esta área existen algunos pozos, pero en su mayoría extraen aguas de salinidad elevada, que se emplea para uso industrial (refrigerante, etc.). Otros han quedado secos, al disminuir la cota de los niveles saturados.

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 Arrecife. Este mapa es prácticamente igual al que ya fue elaborado en el SPA/15 (1975) y tal cual fue incorporado también a los trabajos de ITGE (1989) e ITGE (1992). Al no existir datos más recientes, no es posible realizar un seguimiento de la evolución de los niveles piezométricos. Gran parte de las líneas isopiezas son supuestas, al carecer de suficientes puntos de control de agua a lo largo de su superficie.

En la parte norte de la hoja, así como en la vecina hoja de Tinajo, se observa un escaso gradiente piezométrico como consecuencia de la mayor permeabilidad de los malpaíses cuaternarios. El agua se encuentra a cotas próximas al nivel del mar, con la consiguiente posibilidad de intrusión de agua salada. Por el contrario, en el área de Tías-San Bartolomé la situación de los niveles piezométricos es algo más favorable, existiendo un pequeño máximo local.

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 miocena de Ajaches. Pero no sólo próximo al litoral, sino incluso también 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, debido a la escasa carga existente en la zona. Según se expone en el Plan Hidrológico, la heterogeneidad de los materiales y el efecto de

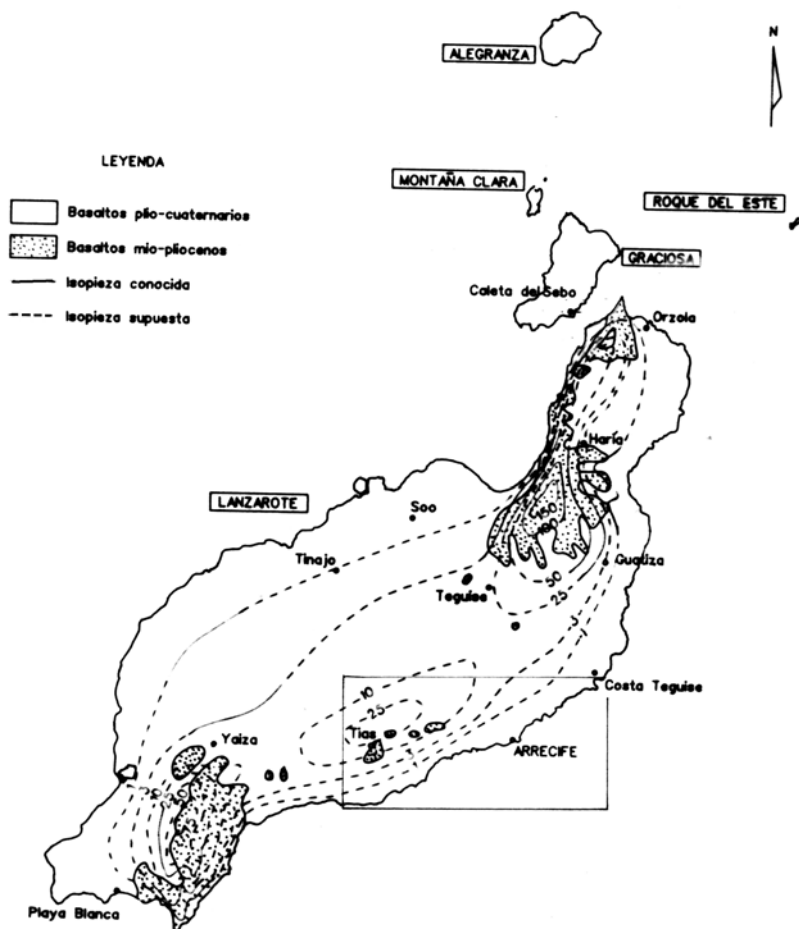


Fig. 7.3. Esquema piezométrico de la isla de Lanzarote.
(Plan Hidrológico de Lanzarote, 1992).

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; otras son de carácter privado, para dar servicio a complejos turísticos. Los sistemas que emplean varían de unas a otras, siendo uno de los más comunes el de ósmosis inversa. En la isla hay 15 plantas instaladas, [ITGE (1992),] de las cuales tres se hallan en el municipio de Arrecife.

En 1966 la producción de agua desalinizada fue de 0,22 hm³/año, pasando a 0,9 en 1972, según datos del SPA/15 (1975). El ITGE (1992), tomando datos del Plan Hidrológico del Archipiélago Canario (1986-88), indica, asimismo, una producción de 4,4 hm³/año. El ritmo ha seguido un aumento, llegando a 6 hm³/año en 1989, [CUSTODIO *et al.* (1991)].

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

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

De los datos contenidos en la citada tabla, se desprende el enorme incremento que aporta, con los años, la producción de agua desalinizada, como consecuencia de la creciente demanda para usos diversos. A la vista de los escasos recursos que aportan las aguas subterráneas y superficiales en el futuro, la demanda de agua en la isla parece satisfacerse con plantas desalinizadoras del agua marina.

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

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

8. GEOTECNIA

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, por tanto, de un estudio orientativo, siendo necesario realizar estudios más detallados cuando haya que proyectar obras de cierta importancia. De manera orientativa ha servido para la redacción del capítulo el mapa geotécnico general de la isla, IGME (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 subdividido 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.

Zona I₁. Coladas basálticas miocenas.

Características litológicas y estructurales. Se trata de coladas basálticas superpuestas unas a otras, formando apilamientos que alcanzan conjuntamente y en esta área, potencias de 50-60 m con buzamientos de 5 a 7° hacia el SSE. A veces se intercalan en las lavas niveles piroclásticos y almagres. La potencia de las unidades lávicas individuales es de 1-3 m, pero existen zonas donde el espesor es de 8-9 m, pudiendo corresponder éstos a intrusivos. La roca en este último caso es masiva y coherente, con disyunción columnar, y más vesicular y alterada en las coladas más delgadas.

Características geomorfológicas. El apilamiento de estas coladas origina relieves de consideración, si bien en esta área, no destacan precisamente por su altura. Tienen más bien una morfología aplanada y no dan grandes resaltes.

Características hidrogeológicas. A grandes rasgos, estos materiales presentan un carácter semipermeable, que se va haciendo más impermeable hacia los tramos inferiores, donde están más alterados y compactados. Favorecen un drenaje aceptable y pueden contener niveles saturados colgados.

Capacidad portante. Presentan, en general, una elevada capacidad de carga, siendo los asientos previsible bajos o despreciables. En las zonas alteradas, estos valores pueden verse reducidos.

Facilidad de excavación. Carecen absolutamente de ripabilidad, por lo que su excavación requiere emplear martillo hidráulico o explosivos.

Estabilidad de taludes. Generalmente muestran taludes elevados, próximos a la vertical y altamente estables. Pueden, sin embargo, producirse desprendimientos de bloques que quedan sueltos por el diaclasado. A veces, la presencia de materiales menos competentes intercalados como piroclastos o sedimentos pueden favorecer también desplomes y caídas al erosionarse más fácilmente.

Área II.

Comprende el resto de materiales aflorantes en el área, ya sean volcánicos o sedimentarios, pudiéndose diferenciarse cinco zonas diferentes.

Zona II₁. Coladas basálticas cuaternarias.

Características litológicas y estructurales. Son coladas basálticas que originan malpaíses o campos de lavas extensos. Tienen un carácter escoriáceo y caótico superficialmente, altamente vesicular y masivo, coherente y poco vesicular en el interior, donde desarrollan un diaclasado columnar vertical y espaciado. La potencia media de las coladas varía entre 1 y 4 m. Se disponen de manera subhorizontal, salvo cuando caen por los relieves miocenos, en que alcanzan inclinaciones mayores.

Características geomorfológicas. Los malpaíses que forman estas lavas dan lugar a superficies subhorizontales, abruptas e irregulares, poco incididas todavía por barrancos.

Características hidrogeológicas. Generalmente son materiales bastante permeables por fisuración, mostrando un drenaje superficial moderado-bajo.

Capacidad portante. Tienen una capacidad de carga media-alta, como consecuencia de su naturaleza escoriácea superficial, pero pueden alcanzar también valores altos. Es necesario considerar la posibilidad de la existencia de cavidades subterráneas o tubos volcánicos en alguna zona, que pueden favorecer hundimientos importantes.

Facilidad de excavación. Su excavabilidad es muy baja, requiriéndose medios mecánicos de gran potencia, tales como martillo hidráulico o explosivos, para su movimiento.

Estabilidad de taludes. Los taludes naturales observados son bajos y presentan tendencia a la verticalidad, siendo en general, estables. Pueden producirse, no obstante, desprendimientos ocasionales de bloques, al quedar individualizados por el diaclasado.

Zona II₂. Depósitos piroclásticos cuaternarios.

Características litológicas y estructurales. Los depósitos piroclásticos son de composición basáltica, estando constituidos por materiales granulares, cuyos tamaños varían entre 2 y 64 mm, cuando son lapilli y superiores cuando son bloques, escorias y bombas, con granulometría me-

dia entre 8 y 80 cm. Forman depósitos relativamente sueltos, poco consolidados cuando son recientes. En los más antiguos pueden estar muy compactados y oxidados.

Características geomorfológicas. Las acumulaciones piroclásticas más características presentan formas cónicas o tronco-cónicas, a veces de gran altura y pendientes del orden de 20 a 35°. Otras veces ocupan extensiones más suaves, tapizando el relieve previo, como ocurre en la zona de Tías.

Características hidrogeológicas. Tienen una elevada porosidad y un grado de permeabilidad a menudo importante, si bien cuando están muy alterados este parámetro se ve considerablemente reducido.

Capacidad portante. Su capacidad portante puede variar entre media y baja, estando determinada por su heterogeneidad granulométrica, grado de consolidación, etc.

Facilidad de excavación. Constituyen habitualmente depósitos poco consolidados o sueltos, por lo que son ripables con facilidad. En algunos casos están más endurecidos y deben ser excavados con retroexcavadora y martillo.

Estabilidad de taludes. Los ángulos de reposo de las acumulaciones que forman edificios volcánicos varían entre 20 y 35°, mostrando generalmente una buena estabilidad. Cortes próximos a la vertical, cuando el material está consolidado, se mantienen en condiciones estables.

Zona II₃. Depósitos aluviales cuaternarios.

Características litológicas y estructurales. Son depósitos detríticos groseros, heterométricos, mal seleccionados, formados por fragmentos basálticos redondeados. La matriz es arenosa de grano fino-medio, a menudo piroclástica y suele envolver los cantos, si bien a veces es muy escasa. Las potencias observadas son del orden de 1 a 3 m.

Características geomorfológicas. Adoptan formas planas y poco inclinadas.

Características hidrogeológicas. Tienen una naturaleza granular que les proporciona un carácter permeable. La consolidación es escasa, por lo que la infiltración en ellos es considerable.

Capacidad portante. Las condiciones geotécnicas están siempre limitadas en cuanto a las cargas de trabajo, por poseer baja capacidad de carga, con asientos importantes.

Facilidad de excavación. Salvo casos en que estén altamente consolidados, cosa que no ocurre habitualmente, son materiales ripables y excavables con retroexcavadora.

Zona II₄. Depósitos arenoso-arcillosos cuaternarios.

Características litológicas y estructurales. Ocupan generalmente zonas planas deprimidas o endorreicas, alcanzando espesores visibles, desde 1 a 3 m. Se han detectado hasta 10 m en un sondeo cerca del aeropuerto. Están compuestos por material arenoso y arcilloso de grano medio-fino, de carácter aluvial, pero también resultan de alteraciones *in situ* de piroclastos y arenas.

Características geomorfológicas. La morfología en estos materiales es siempre plana y de escasa pendiente.

Características hidrogeológicas. Presentan un carácter impermeable, favoreciendo encharcamientos, y en general un drenaje superficial pobre.

Capacidad portante. La capacidad portante baja siempre será un factor condicionante de las cargas de trabajo.

Facilidad de excavación. Al estar poco consolidados es fácil excavar en ellos y removilizarlos con una simple retroexcavadora.

Estabilidad de taludes. Los cortes observados en ellos son de escasa altura y revelan una cierta estabilidad ante cortes verticales, pero precaria con el tiempo.

Zona II₅. Depósitos de arenas eólicas pliocuaternarias.

Características litológicas y estructurales. Son arenas eólicas de color claro, constituidas por fragmentos calcáreos de caparzones marinos. El grado de consolidación varía según su edad, siendo mayor en los depósitos más antiguos. Las potencias observadas no suelen sobrepasar los 2 m. La removilización de la arena por el viento origina depósitos sueltos, que constituyen recubrimientos delgados sobre las lavas.

Características geomorfológicas. Originan formas bastante aplanadas en los casos de depósitos más antiguos, encontrándose a veces fosilizadas por lavas y piroclastos. Los depósitos sueltos constituyen pequeñas acumulaciones de tipo nebkka.

Características hidrogeológicas. Son materiales muy permeables.

Capacidad portante. Presentan una baja capacidad de carga, con asientos importantes.

Facilidad de excavación. Son fácilmente extraíbles mediante pala excavadora.

Estabilidad de taludes. Los taludes estables que admiten pueden alcanzar alturas de varios metros, incluso cuando están próximos a la vertical, si bien, la estabilidad es siempre precaria y el equilibrio se rompe fácilmente, originándose frecuentes desmoramientos y caídas.

8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS

En el área cartografiada no se detectan, *a priori*, riesgos geológicos que puedan suponer una amenaza inminente a las poblaciones asentadas en ella. Desde el punto de vista de utilidad en cuanto a ordenación del territorio, se consideran los siguientes tipos de riesgos geológicos: riesgo volcánico, subsidencia del terreno e inestabilidad de laderas.

Riesgo volcánico. Esta zona está ampliamente ocupada por una pequeña parte de las emisiones lávicas históricas del siglo XVIII, procedentes del área de Timanfaya. De repetirse una erupción de similares características en cuanto al tipo de lavas, composición, fluidez, etc., y en el mismo lugar, las lavas ocuparían una zona parecida a la del siglo XVIII. El efecto barrera ejercido por las alineaciones de edificios anteriores volvería a ser importante, limitando la caída masiva de las lavas hacia las zonas meridionales, que están densamente pobladas (Arrecife, Puerto del Carmen, etc.). La lluvia piroclástica de dispersión sí que puede alcanzar una amplia extensión, afectando a las zonas indicadas y a otras más. CARRACEDO *et al.* (1990) realizan una evaluación más extensa del riesgo volcánico en este sector, considerando varios escenarios posibles de erupciones similares a la de Timanfaya.

Riesgo de subsidencia del terreno. Es frecuente la presencia de túneles volcánicos y cavidades subterráneas bajo estos malpaíses recientes (son numerosos, por ejemplo, en la zona del Parque Nacional de Timanfaya). Aunque no es un hecho habitual, hay que considerar la posibilidad de hundimientos a la hora de programar determinado tipo de cimentaciones.

Riesgo de inestabilidad de laderas. Se puede considerar un riesgo de baja incidencia, dada la buena estabilidad que presentan los relieves más elevados.

8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA

Las características expuestas anteriormente permiten realizar una valoración geotécnica provisional de los materiales representados en la hoja, en cuanto a su idoneidad constructiva. En consecuencia, se han dividido todos los terrenos 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

Se agrupan bajo este calificativo los depósitos sedimentarios aluviales, los de tipo arenoso-arcilloso y los depósitos de arenas eólicas (Zonas II₃ y II₄ y II₅).

Los problemas que se presentan en ellos son de tipo geotécnico, debido a la limitación en las cargas de trabajo, ya que los asentamientos previsibles serán importantes. El factor geomorfológico no presenta limitaciones sin embargo, dada la naturaleza permeable en los depósitos aluviales y eólicos, es posible que puedan presentar algún problema. En los de carácter arenoso-arcilloso, son frecuentes los encharcamientos y los problemas de drenaje.

8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables

Se pueden considerar como aceptables en cuanto a características constructivas los terrenos formados por las coladas basálticas y los depósitos piroclásticos cuaternarios (Zonas II₁ y II₂).

La capacidad portante de estos materiales varía entre media y alta en las coladas o media-baja, en los piroclastos, adaptándose relativamente bien a los condicionantes constructivos. Igualmente, la estabilidad de posibles taludes elevados y pronunciados es suficiente, aunque algo inferior en los depósitos piroclásticos. La caída de bloques de lava será en general un hecho ocasional y en los casos menos favorables. El factor geomorfológico no será un hecho que imponga grandes restricciones, salvo en casos de gran pendiente, como ocurre en los edificios volcánicos. El drenaje y la escorrentía será generalmente alto.

8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables

Se incluyen aquí los materiales de la Zona I₁, es decir, las coladas basálticas miocenas.

Las condiciones constructivas están favorecidas por la alta capacidad de carga y estabilidad. Los asentamientos son despreciables. El factor geomorfológico en esta zona no es tampoco restrictivo y las laderas serán estables, pudiendo ocurrir ocasionalmente alguna caída de bloques. El drenaje superficial es también aceptable. Ante obras subterráneas puede haber problemas de infiltración e intersección de niveles saturados colgados.

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

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

Área	Zona	Unidad cartográfica	Litología Estructura	Hidrogeología	Características geotécnicas	Características constructivas	Riesgos geológicos
I	1	Coladas basálticas miocenas	Apilamiento de coladas subhorizontales, con suave buzamiento hacia el SE. Morfología abrupta e irregular	Permeabilidad media-baja por fisuración, disminuye con la profundidad	CP = Ata FE = Muy baja ET = Ata	Favorables	V = Medio ST = Posible en malpaíses IL = Baja
II	1	Coladas basálticas cuaternarias	Extensos campos de lava (malpaíses) de morfología suaves pero abruptas	Permeabilidad alta-elevada por fisuración	CP = Media-alta FE = Muy baja ET = Alta	Aceptables	
	2	Depósitos piroclásticos cuaternarios	Depósitos granulares relativamente sueltos, a veces consolidados	Permeabilidad media alta, que disminuye con la alteración	CP = Media-baja FE = Alta-baja, según consolidación ET = Precaria	Aceptables	
	3	Depósitos aluviales cuaternarios	Depósitos granulares heterométricos con matriz arenosa, poco consolidados	Permeabilidad alta	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	
	4	Depósitos arenoso-arcillosos cuaternarios	Depósitos terrosos-granulares	Permeabilidad baja-muy baja. Encharcamientos; drenaje escaso	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	
	5	Depósitos de arenas eólicas cuaternarias	Arenas biotritricas poco consolidadas, horizontales	Permeabilidad alta	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	

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

9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS

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

El ITGE realizó hace ya casi veinte años el mapa de rocas industriales de la isla a escala 1:200.000 [IGME (1976b)], en el que hacen un inventario de los yacimientos de rocas industriales, señalando el estado operativo de canteras existentes en ese momento. Analizan también la explotabilidad y reservas de los diferentes materiales aprovechables, haciendo una valoración de los mismos, para establecer y optimizar su explotación racional. Desde entonces hasta el momento actual, el número de explotaciones no ha variado significativamente.

En el área cartografiada los materiales objeto de beneficio económico son principalmente coladas e intrusivos basálticos, de manera general llamados simplemente basaltos, y en menor

medida, los depósitos piroclásticos. En la cartografía se han indicado con la simbología conveniente los lugares de explotación.

Basaltos (coladas e intrusivos). Son objeto de explotación en la actualidad en una gran cantera situada en los afloramientos basálticos del Dominio central, al sur de Güime, aunque anteriormente en los otros afloramientos miocenos de la hoja también lo fueron, estando ahora inactivos los frentes de explotación.

Son rocas oscuras, coherentes y duras, de gran resistencia, empleadas principalmente para áridos de trituración.

Además de estas explotaciones, se extraen también rocas basálticas cuaternarias, aunque a mucha menor escala y ocasionalmente en el malpais de Tahiche.

Materiales piroclásticos (picón). No existen en esta zona explotaciones activas de piroclastos, aunque en la mayor parte de los edificios piroclásticos de la hoja se han llevado a cabo labores de extracción. Esta actividad está actualmente abandonada o se mantiene intermitente en algunos de ellos, para pequeñas necesidades locales.

Localmente, al material piroclástico se le denomina picón, así como también arena volcánica o rofe.

Como consecuencia del incremento notable de materiales de este tipo, principalmente para la industria de la construcción, el IGME (1986) ha realizado un estudio con el objeto de establecer las bases para la ordenación minera y ambiental de las explotaciones de picón en esta y otras islas del archipiélago. En dicho estudio se selecciona una serie de edificios piroclásticos que sean idóneos para su explotación pero que causen el menor impacto ambiental posible. Establece también una serie de parámetros técnicos, ambientales y económicos referidos a su explotabilidad, de tal manera que su aprovechamiento incida lo menos posible en el entorno y asegure el abastecimiento a los sectores consumidores.

En esta área, sin embargo, ninguno de los centros de emisión existentes figura dentro de los recomendados para su explotación en ese estudio. A modo indicativo, en la Tabla 9.1 se indican los edificios volcánicos considerados en el estudio del IGME (1986), junto con las reservas de picón calculadas en cada uno, así como la alineación volcánica a la que pertenecen.

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

Edificio	Alineación volcánica	Reservas (m³)
Montaña Bermeja	Gritana-Bermeja-Mina	818.000
Montaña Mina	Gritana-Bermeja-Mina	88.193
Montaña Zonzamas	Zonzamas-Maneje	409.006
Montaña Tera	Guardilama-Guatisea	26.507
Montaña Blanca	Guardilama-Guatisea	79.194
Montaña Guatisea	Guardilama-Guatisea	559.000
La Montañeta	La Montañeta-Caldera Honda	3.711
Caldera Honda	La Montañeta-Caldera Honda	29.452

La utilización de este material es como áridos ligeros (tamaños finos) y material de relleno (tamaños gruesos). Se emplea igualmente en labores agrícolas (tamaños tipo lapilli, 2-64 mm), en ornamentación de parques, jardines, márgenes de carreteras, etc. En construcción es habitual su uso para prefabricados (bloques) de cemento. En estructuras armadas no es recomendable su empleo y en carreteras se emplea para bases de asfalto.

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 deterioro 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 los 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 Arrecife se ha seleccionado un PIG cuya singularidad, es decir, contenido, calidad de afloramiento, etc., le 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 DE LOS PIG

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

Campo de dunas plioleistocenas. Este campo de dunas debió de ocupar gran parte de la isla entre el Plioceno y buena parte del Pleistoceno medio, quedando actualmente enterrado bajo los malpaíses de lavas posteriores. En la zona de Soo se manifiesta aún masivamente en superficie, mientras que en otras áreas aflora ocasionalmente en barrancos y solares excavados para diversas obras, como ocurre en esta hoja: Montaña Blanca, Morros de Güime, etc. El proceso de funcionamiento de estos campos dunares continúa actualmente, como se observa aún en la mencionada zona de Soo, Tiagua, etc.

Se trata de arenas eólicas doradas o grisáceas, de origen bioclástico, con estratificación cruzada, pero actualmente, dado lo reducido de los afloramientos, sin una morfología particular.

Considerada en su conjunto, esta formación dunar destaca por su alto valor geomorfológico y estratigráfico, en el caso de los extensos afloramientos de Tiagua-Soo, por formar parte de ecosistemas de gran valor ecológico, hoy cada vez más escasos.

Por su utilización, aunque los afloramientos aquí expuestos son reducidos, cabe mencionar su interés científico y didáctico, con fines a conocer ambientes paleográficos, paleoecológicos, etc. Por su influencia, los afloramientos pueden tener 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.; 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. y RODRÍGUEZ BADIOLA, E. (1991): "Lanzarote. La erupción volcánica de 1730". *Servicio de Publicaciones del Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote*, 183 pp. Incluye mapa geológico a E. 1:25.000 de la erupción y mapa de itinerarios.

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

CRiado, C. (1988). "Evolución geomorfológica de Fuerteventura". *Tesis Doctoral, Fac. Geografía e Historia, Univ. La Laguna*, 985 pp.

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, Almuñecar*, ETSIM-IGME, Madrid, Tomo III, pp. 593-603.

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

FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1919): "Las erupciones en fecha histórica de Canarias". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 11, 2,

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 pp.
- HAUSEN, H. (1958): "On the geology of Lanzarote, Graciosa and the Isletas (Canarian Archipielago)". *Soc. Sci. Fennica Comm. Phys. Math*, 23 (4), 117 pp. (Incluye mapa geológico a escala 1: 200.000).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1909): "Estudio geológico de Lanzarote y de las isletas Canarias". *Real Soc. Esp. Hist. Nat*, Tomo VI, pp. 107-331. (Incluye mapa geológico a escala 1:50.000).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1969): "Los niveles de playas cuaternarias de Lanzarote". *Rev. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat*, Tomo 63 (4), pp. 903-961.
- IGME (1976a). "Mapa Geotécnico General, escala 1:200.000. Hoja y Memoria N° 88-92. *Arrecife-Puerto del Rosario*".
- IGME (1976b). "Mapa de Rocas Industriales, escala 1:200.000. Hoja y Memoria n.º 88-92. *Arrecife-Puerto del Rosario*".
- IGME (1986). *Bases para la ordenación minera y ambiental de la extracción de picón en las islas canarias, (Tenerife, Lanzarote y Gran Canaria)*, 51 pp. (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 N.º 1.081. *Montaña Clara*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967c). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N.º 1.082. *Graciosa*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967d). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N.º 1.083. *Teguise*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967e). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N.º 1.084. *Haría*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967f). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N.º 1.087. *Punta Pechiguera*". Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967g). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N° 1.088. *Arrecife*. Lanzarote.
- IGME-CSIC (1967h). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria N.º 1.089. *El Charco*. Lanzarote.
- ITGE (1989). "Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis". 603 pp. Islas Canarias, Cap. XVII, pp. 503-528.
- ITGE (1992). *Definición de unidades hidrogeológicas en los sistemas acuíferos 82, 83, 84 y 87 de las Islas Canarias*. Documento N° 36534. ITGE, Servicio Documentación.

- LE BAS, M. J.; LE MAITRE, R. W.; STRECKEISEN, A. y ZANETTIN, B. (1986): "A chemical classification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Silica diagram". *Jour. Petrol*, 27, part 3, pp. 745-750.
- LECOINTRE, G.; TINKLER, K. J. y RICHARDS, H. G. (1967): "The marine quaternary of the Canary Islands". *Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia*, 119, 8, pp. 325-344.
- MAC-21 (1976). *Proyecto de planificación de la explotación y uso racional de los recursos de agua en las Islas Canarias*. Com. Interministerial de las actuaciones del Estado en materia de aguas de las Islas Canarias.
- MARINONI, L. B. y PASQUARÉ, G. (1994): Tectonic evolution of the emergent part of a volcanic ocean island: Lanzarote, Canary Islands. *Tectonophysics*, 239, pp. 111-135.
- MARZOL, M.^a V. (1988): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Servicio de Publicaciones de la Caja Gral. de Ahorros de Canarias, nº 130, (S. investigación, 32), 220 p.
- MECO, J. (1975): "Los niveles con "Strombus" de Jandía. Fuerteventura, Islas Canarias". *An. Est. Atlánticos*, 21, pp. 643-660.
- MECO, J. (1977): "Paleontología de Canarias I: Los "Strombus" neógenos y cuaternarios del Atlántico euroafricano (taxonomía, bioestratigrafía y paleoecología). Ed. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, 142 p. y 31 láminas.
- MECO, J. (1981): "Neogasterópodos fósiles de las Canarias Orientales". *An. Est. Atlánticos*, 27, pp. 601-615.
- MECO, J. (1982): "Los bivalvos fósiles de las Canarias Orientales". *An. Est. Atlánticos*, 28, pp. 65-125.
- MECO, J. (1983): "Los bivalvos fósiles de las Canarias Orientales (Suplemento)". *An. Est. Atlánticos*, 29, pp. 65-125.
- 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 p.
- SAGREDO, J. (1969): *Origen de las inclusiones de dunitas y otras rocas ultramáficas en las rocas volcánicas de Lanzarote y Fuerteventura*. Tesis Doctoral, FFCC Geológicas, UCM.
- SPA/69/515 (1975). *Estudio científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias*. Ministerio de Obras Públicas-UNESCO, Madrid, Tomo I: generalidades, resumen y conclusiones; Tomo II: Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote; Tomo III: Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro; +2 vols. de figuras.



MINISTERIO
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ISBN 84-7840-528-3



9 788478 405282