



Instituto Geológico
y Minero de España

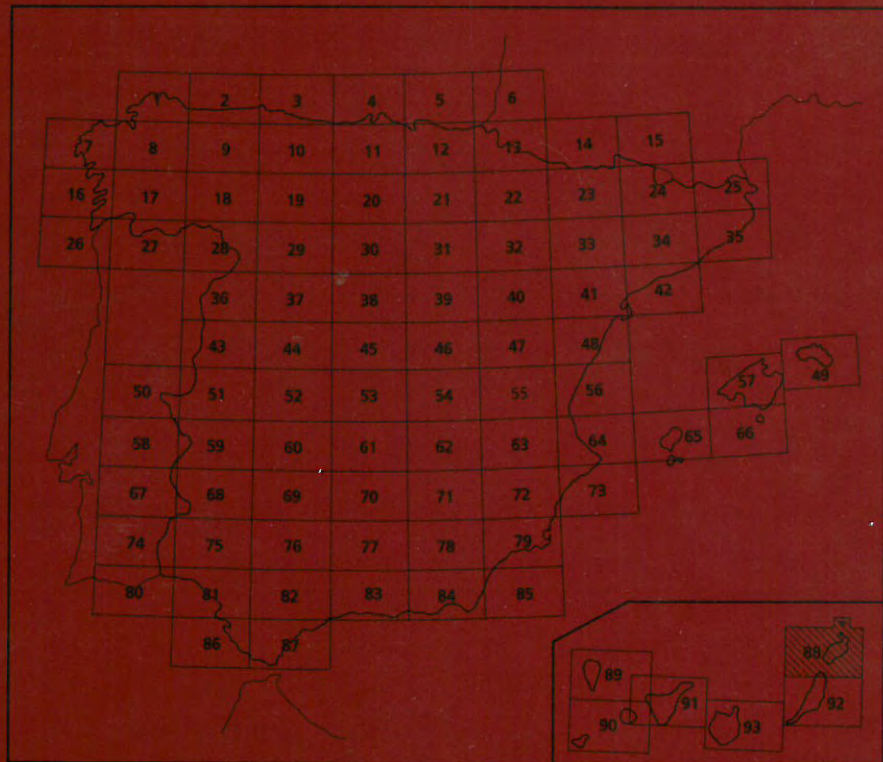
63108

88

12-9/10

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:100.000



Primera edición

LANZAROTE

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:100.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

ISLA DE LANZAROTE

(Hojas N.º 24-17/18 y 24-18/19)

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-43491-2005
ISBN: 84-7840-606-9
NIPO: 657-05-032-9

Fotocomposición: Revisatlas, S. A.
Impresión: Master's Gráfico, S. A.

La presente hoja y memoria a escala 1:100.000 de Lanzarote, 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. CC. Geológicas
Barrera Morate, J. L. (GEOPRIN, S. A.) Lic. CC. Geológicas
Gómez Sainz de Aja, J. A. (GEOPRIN, S. A.) Lic. CC. Geológicas
Ruiz G.^o, M.^o T. (GEOPRIN, S. A.) Lic. CC. Geológicas (Geomorfología)

Colaboradores:

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

Redacción de la memoria

Equipo base:

Balcells Herrera, R. (GEOPRIN, S. A.) Lic. CC. Geológicas
Barrera Morate, J. L. (GEOPRIN, S. A.) Lic. CC. Geológicas
Gómez Sainz de Aja, J. A. (GEOPRIN, S. A.) Lic. CC. Geológicas
Ruiz G.^o, M.^o T. (GEOPRIN, S. A.) Lic. CC. Geológicas (Geomorfología)
Cerrato Mosqueda, M. (GEOPRIN, S. A.) Ing. Téc. de Minas

Colaboradores:

Brändle, J. L. (Inst. Geol. Econ., CSIC-Madrid) Dr. CC. Geológicas (Geoquímica)
Hoyos, M. (Museo C. Naturales, CSIC-Madrid). Dr. CC. Geológicas (Geomorfología)

Í N D I C E

1.	INTRODUCCIÓN	9
1.1.	SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS	9
1.2.	ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL	11
1.3.	ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	11
1.4.	METODOLOGÍA SEGUIDA	13
2.	ESTRATIGRAFÍA	13
2.1.	GEOCRONOLOGÍA	15
2.1.1.	Antecedentes	15
2.1.2.	Nuevas dataciones K-Ar	15
2.1.3.	Estratigrafía geocronológica	15
2.2.	DOMINIO DE LA ISLA DE LANZAROTE. 1. ^{er} CICLO. PERÍODO MIO-PLIOCENO. EPISODIOS VOLCÁNICOS Y SEDIMENTARIOS	18
2.2.1.	Dominio de Ajaches	18
2.2.1.1.	Diques, coladas y piroclastos basálticos. (1)	19
2.2.1.2.	Intrusivos, tobas y coladas de composición intermedias. Tramo inferior. (2)	19
2.2.1.3.	Coladas y piroclastos basálticos. Tramo superior (3).....	20
2.2.1.4.	Intrusivos básicos. (4)	20
2.2.1.5.	Coladas basálticas. Episodios tardíos. (5)	20
2.2.2.	Dominio Central	20
2.2.2.1.	Coladas e intrusivos basálticos. (6)	20
2.2.3.	Dominio Famara	21
2.2.3.1.	Diques, coladas y piroclastos basálticos. Tramo inferior. (7)	21
2.2.3.2.	Coladas y piroclastos basálticos. Tramo medio. (8)	21
2.2.3.3.	Coladas y piroclastos basálticos. Tramo superior. (9)	22
2.2.3.4.	Intrusivos basálticos. (10)	22
2.3.	DOMINIO DE LA ISLA DE LANZAROTE. 2. ^o CICLO. PERÍODO PLIOCUATERNARIO. EPISODIOS VOLCÁNICOS Y SEDIMENTARIOS	22
2.3.1.	Período Plioceno	23
2.3.1.1.	Conglomerados y arenas (Rasa marina). (11)	23
2.3.1.2.	Arenas eólicas. (12)	23
2.3.1.3.	Glacis de Famara. (13)	24
2.3.1.4.	Coladas basálticas indiferenciadas. (14)	24
2.3.1.5.	Alineación Miña Roja-Miña Bermeja. Coladas y piroclastos basálticos. (15)	24
2.3.1.6.	Depósitos de ladera (1. ^a generación de abanicos). (16)	25
2.3.2.	Período Pleistoceno-Holoceno	25
2.3.2.1.	Pleistoceno inferior	25
2.3.2.1.2.	Edificios Atalaya de Haria, Mala y Teneguime. Coladas y piroclastos basálticos. (17, 18 y 19)	25
2.3.2.1.3.	Fisura de Tenezar. coladas y piroclastos basálticos. (20)	26
2.3.2.1.4.	Alineación Halcones-Caldera del Cuchillo. Coladas basálticas y piroclastos hidromagmáticos. (21)	26
2.3.2.1.5.	Alineación Nazaret-El Calvario. Conos de tefrabasálticos. (22)	27
2.3.2.1.6.	Alineación Chimia-San Rafael. Coladas y piroclastos basálticos. (23)	27
2.3.2.1.7.	Depósitos de caliche. (24)	27
2.3.2.1.8.	Edificio Guanapay. Coladas y piroclastos basálticos. (25)	27
2.3.2.1.9.	Edificios Guantesive y Temeje. Coladas y piroclastos basálticos	27
2.3.2.1.10.	Fisura Ubigue-Cabrera-Chica. Coladas y piroclastos basálticos. (27)	28
2.3.2.1.11.	Depósitos aluvial-coluvial. (28)	28
2.3.2.1.12.	Arenas y piroclastos alterados. (29)	28
2.3.2.1.13.	Fisura Lomo Camacho-San Andrés. Conos de tefra basálticos. (30)	28

2.3.2.1.14.	Alineación Gritana-Mña Mina. Coladas y piroclastos basálticos. (31)	28
2.3.2.1.15.	Alineación Hoya Antón-Mña Mesa. Coladas y piroclastos basálticos. (32)	29
2.3.2.1.16.	Alineación de Femés. Coladas y piroclastos basálticos. (33)	29
2.3.2.1.17.	Alineación Mña Zonzamas-Maneje. Coladas y piroclásticos basálticos. (34)	29
2.3.2.1.18.	Depósitos de conglomerados antiguos (aluvial). (35)	29
2.3.2.1.19.	Alineación Caldera Zonzamas-Corona. Coladas y piroclastos basálticos. (36)	30
2.3.2.2.	Periodo Pleistoceno medio	30
2.3.2.2.1.	Fisura de Tinajo y Morro de San Roque. Conos de tefra basálticos. (37)	30
2.3.2.2.2.	Alineación Mña Bermeja-Vieja Gabriela. Coladas y piroclastos basálticos. (38)	30
2.3.2.2.3.	Alineación Miguel Ruiz-Juan Bello. Coladas y piroclastos basálticos	31
2.3.2.2.4.	Alineación El Golfo-Mña Rodeos. Coladas y piroclastos basálticos	31
2.3.2.2.5.	Depósitos de ladera y coluviones. (41)	31
2.3.2.2.6.	Alineación Caldera Quemada-Chibusque. Coladas y piroclastos basálticos. (42)	31
2.3.2.2.7.	Alineación Guardilama-Guatisea. (43)	32
2.3.2.2.8.	Conjunto Tinaché; Mazo-Iguadén; Tizalaya-Tamia; Mña Yuco. Coladas y piroclastos basálticos. (44)	32
2.3.2.2.9.	Edificio Tahiche. Coladas y piroclastos basálticos. (45)	32
2.3.2.2.10.	Alineación de Soo. Coladas y piroclastos basálticos. (46)	33
2.3.2.3.	Periodo Pleistoceno superior	33
2.3.2.3.1.	Alineación La Montañeta-Caldera Honda. (47)	33
2.3.2.3.2.	Fisura de Mña Bermeja. Coladas y piroclastos basálticos. (48)	33
2.3.2.3.3.	Deslizamientos gravitacionales del Valle de Fena. (49)	33
2.3.2.3.4.	Fisura La Quemada-Los Helechos. Coladas y piroclastos basálticos. (50)	33
2.3.2.3.5.	Fisura La Corona-Los Helechos. Coladas y piroclastos basálticos. (51)	34
2.3.2.3.6.	Fisura de Calderetas de Guatiza y Mña. Guenia. Coladas y piroclastos basálticos. (52)	35
2.3.3.	Periodo Histórico	36
2.3.3.1.	Erupciones del Timanfaya (1730-1736). Coladas y piroclastos basálticos (63 y 64)	36
2.3.3.2.	Erupciones de 1824. Coladas y piroclastos basálticos. (65)	37
2.4.	DOMINIO DE LOS ISLOTES. 2.º CICLO. PERÍODO PLEISTOCENO. EPISODIOS VOLCÁNICOS Y SEDIMENTARIOS	37
2.4.1.	Isla de La Graciosa	37
2.4.1.1.	Sustrato lávico indiferenciado. Coladas y piroclastos basálticos. (53)	37
2.4.1.2.	Alineación Mña Amarilla-Agujas. Coladas y piroclastos basálticos. (57)	39
2.4.1.3.	Edificio Mña Bermeja. Coladas y piroclastos basálticos. (62)	40
2.4.2.	Isla de Mña Clara y Roque del Oeste	40
2.4.2.1.	Edificio Mña Clara. Coladas y piroclastos basálticos. (55)	40
2.4.2.2.	Edificio Punta del Agua. Piroclastos basálticos. (59)	40
2.4.2.3.	Fisura de Llanos del Aljibe. Coladas y piroclastos basálticos. (61)	41
2.4.3.	Isla de Alegranza	41
2.4.3.1.	Alineación Mña Lobos-La Rapadura. Coladas y piroclastos basálticos. (54)	41
2.4.3.2.	Edificio La Caldera de Alegranza. Piroclastos basálticos. (58)	41
2.4.3.3.	Malpais del Norte. Coladas y piroclastos basálticos	41
2.4.4.	Roque del Este. Piroclastos basálticos. (56)	41
2.5.	FORMACIONES SEDIMENTARIAS RECIENTES	42
2.5.1.	Playas de arenas y cantos. (66)	42
2.5.2.	Depósitos de barranco. (67)	42
2.5.3.	Depósitos antrópicos. (68)	42
2.5.4.	Arenas eólicas sobre sustrato	42
2.5.5.	Suelos y aluviales indiferenciados	42
2.6.	PLAYAS CUATERNARIAS	42
3.	TECTÓNICA	43
4.	GEOMORFOLOGÍA	48
4.1.	DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA	48
4.2.	ANÁLISIS MORFOLÓGICO	48
4.3.	ESTUDIO DEL MODELADO	49
4.3.1.	Formas endógenas	49
4.3.2.	Formas exógenas y depósitos superficiales	50
4.3.2.1.	Eólicos	50
4.3.2.2.	Fluviales	50
4.3.2.3.	Endorreicos	51
4.3.2.4.	Laderas	51
4.3.2.5.	Poligénicos	51
4.3.2.6.	Marino	52
4.3.2.7.	Antrópicos	53
4.4.	EVOLUCIÓN DINÁMICA	53
4.5.	MORFODINÁMICA ACTUAL	54

5.	PETROLÓGIA Y GEOQUÍMICA	54
5.1.	1. ^{er} CICLO. MIO-PLIOCENO	54
5.1.1.	Dominio Ajaches	54
5.1.2.	Dominio Central	54
5.1.3.	Dominio Famara	55
5.2.	2. ^o CICLO PLIO-CUATERNARIO	55
6.	HISTORIA GEOLÓGICA	57
7.	HIDROGEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	58
7.1.	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	58
7.2.	HIDROGEOLOGÍA	61
7.3.	PIEZOMETRÍA	63
7.4.	CALIDAD DEL AGUA	65
7.5.	RECURSOS HIDRÁULICOS NO CONVENCIONALES	65
8.	GEOTECNIA	66
8.1.	ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN	66
8.2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	66
8.3.	RIESGOS GEOLÓGICOS	68
8.4.	VALORACIÓN GEOTÉCNICA	68
9.	GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS	68
10.	PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	72
10.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS PIG	72
11.	GEOTERMIA	75
12.	BIBLIOGRAFÍA	76

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS

A escala 1:100.000, las hojas 24-17/18, HARIA y 24-18/19, ARRECIFE, correspondientes a la cartografía del Servicio Geográfico del Ejército conforman la isla de Lanzarote, situada en el extremo más septentrional y oriental del archipiélago canario, Fig. 1.1. Está situada a unos 125 km de la costa africana y de Fuerteventura, la isla más próxima por su extremo meridional dista 7 km. Forman parte también de Lanzarote un conjunto de cinco pequeñas islas o islotes, situados al norte de ella —La Graciosa M^{ta} Clara, Roque del Oeste, Alegranza y Roque del Este— al que en conjunto se le denomina archipiélago Chinijo y que asimismo aparece representado en el mapa.

Lanzarote es una isla de forma irregular, alargada en dirección NE-SO, con una superficie de 796 km² (836 km² con los islotes) que la convierten en la cuarta isla en extensión del archipiélago. Es la isla menos montañosa de todas, con su máxima altura (671 m) en el macizo de Famara. El relieve interior, no es abrupto aunque sí irregular, salvo en el sur, en Ajaches y en el norte, en Famara, donde los desniveles y la orografía es más accidentada. La red hidrográfica en esta isla está poco desarrollada, debido a la relativa juventud de los

materiales volcánicos en los que se encaja. Únicamente en los macizos de Ajaches y Famara los barrancos tienen un desarrollo considerable, existiendo algunos con encajamientos profundos. La costa de Lanzarote es acantilada a lo largo de los citados macizos, con acantilados escarpados de gran altura, siendo el resto en general baja y con amplio desarrollo de playas en algunos sectores.

Lanzarote, al menos en lo que concierne a su parte subaérea es enteramente de constitución volcánica. Constituye una parte emergida de las estructuras volcánicas submarinas, que en este sector oriental del archipiélago están alineadas según una orientación NNE-SSO y se emplaza sobre una litosfera oceánica «modificada» o atípica, de unos 11-15 km de espesor. Esta parte emergida no representa, sin embargo, más del 10% del volumen total.

Su historia geológica subaérea comienza hace unos 11 m.a., es decir, en el Mioceno medio, y desde entonces han tenido lugar dos fases o ciclos volcánicos constructivos, que progresivamente han ido configurando la isla, Fig. 1.2. Este proceso de construcción insular persiste hoy en día, habiendo ocurrido en época histórica, dos erupciones volcánicas, una muy masiva en el siglo XVIII y de seis años de duración (1730-36) y otra en 1824, que se prolongó únicamente por espacio de tres meses.

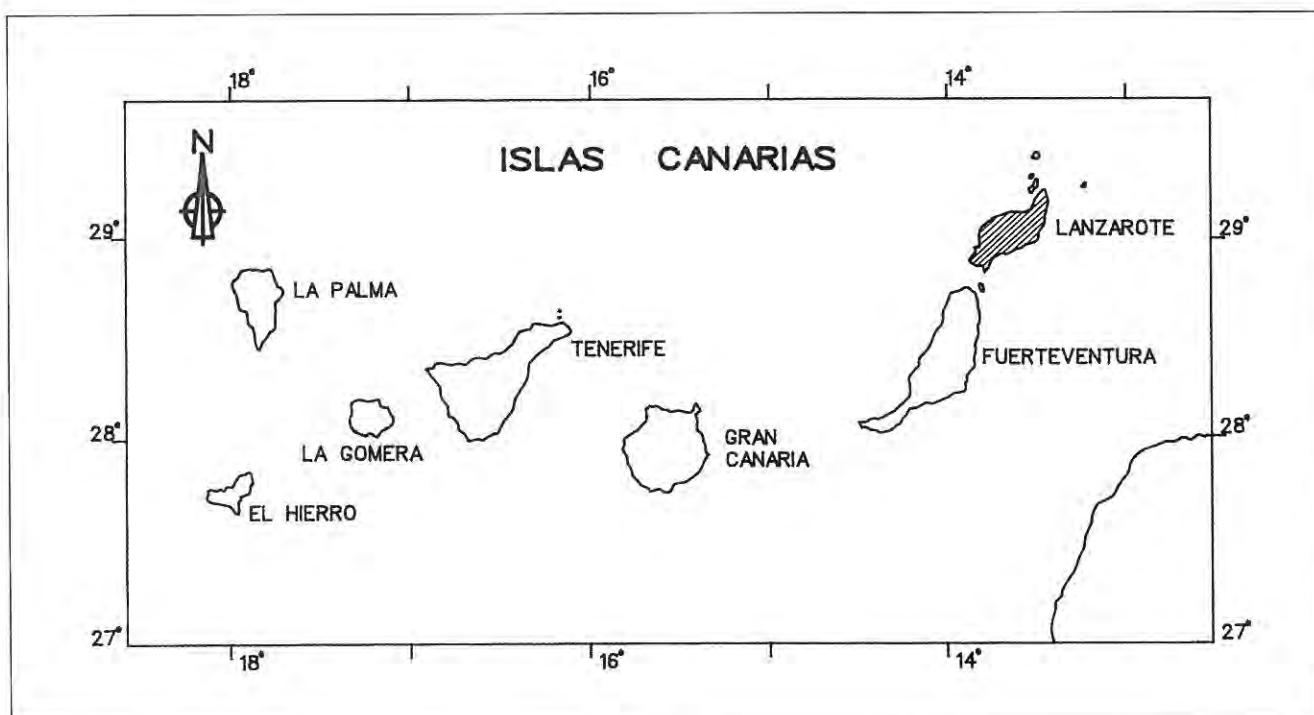


Figura 1.1

Durante el primer ciclo volcánico, (entre 11 y 3 m.a.) se construyeron los edificios principales de la isla, representados por los macizos basálticos de Famara y Ajaches, en el norte y sur, respectivamente, aunque inicialmente separados entre sí y ya hoy profundamente erosionados y desmantelados. Quedaron unidos, posteriormente, durante el segundo ciclo de actividad magmática, el cual se ha prolongado de manera casi continua hasta la actualidad, con erupciones subhistóricas o históricas como las ya mencionadas. En este segundo ciclo, el volcanismo sigue un régimen fisural, de componente dominante NE-SO, bajo el cual han surgido decenas de conos piroclásticos, alineados según esta fisura y que junto con sus extensos malpaíses o campos de lava son los que imprimen el verdadero carácter del paisaje de Lanzarote, razón por la cual se la denomina, la «isla de los volcanes». La formación de los islotes del norte tiene lugar también durante este último ciclo magmático, principalmente a lo largo del Pleistoceno.

Además de los materiales volcánicos, aparecen también en esta isla formaciones sedimentarias, si bien en grado subordinado a aquellos. Están representados principalmente por depósitos de arenas eólicas pliocenas y cuaternarias, que en algunos sectores alcanzan extensiones considerables y en menor medida por depósitos detríticos aluviales y coluviales.

El clima de Lanzarote es de carácter desértico-cálido, con marcada tendencia a la aridez. Las precipitaciones son escasas, no superando las medias anuales los 300 mm, y con los máximos valores en las zonas más elevadas topográficamente

(Famara). La insolación es a menudo intensa y las temperaturas medias oscilan entre 18 y 22 °C. Son frecuentes los días ventosos en la isla, con vientos a veces de intensidad moderada o fuerte, y al mismo tiempo, son habituales las invasiones de aire sahariano que aportan polvo en suspensión, disminuyendo la visibilidad y creando una atmósfera a veces sofocante.

Estas características climáticas condicionan que el tipo de vegetación preponderante en la isla sea de tipo herbáceo y arbustivo, de carácter xerofítico, con numerosos endemismos locales y regionales. Cabe así mencionar, la presencia de aulagas, tabaibas, barrillas, tarajales, etc., siendo también comunes las palmeras en algunos sectores, como en Haría, donde forman palmerales muy llamativos.

Los núcleos de población más importantes de la isla son Arrecife, la capital, Tegüise (antigua capital de la isla), Haría, San Bartolomé, Tinajo, Guatiza, Tías y Yaiza, además de algunos núcleos turísticos densamente poblados como Playa Blanca, Puerto del Carmen y Costa Tegüise, Fig. 1.3. En los islotes, únicamente existe población estable en La Graciosa, con su capital Caleta de Sebo, estando el resto deshabitados. La red viaria en Lanzarote es, en cierto modo, suficiente, y permite un cómodo y rápido acceso a cualquier punto de la misma. Únicamente existe línea marítima regular diaria con La Graciosa, desde el puerto de Orzola, en el norte de Lanzarote, debiéndose acceder al resto de islotes en embarcaciones privadas.

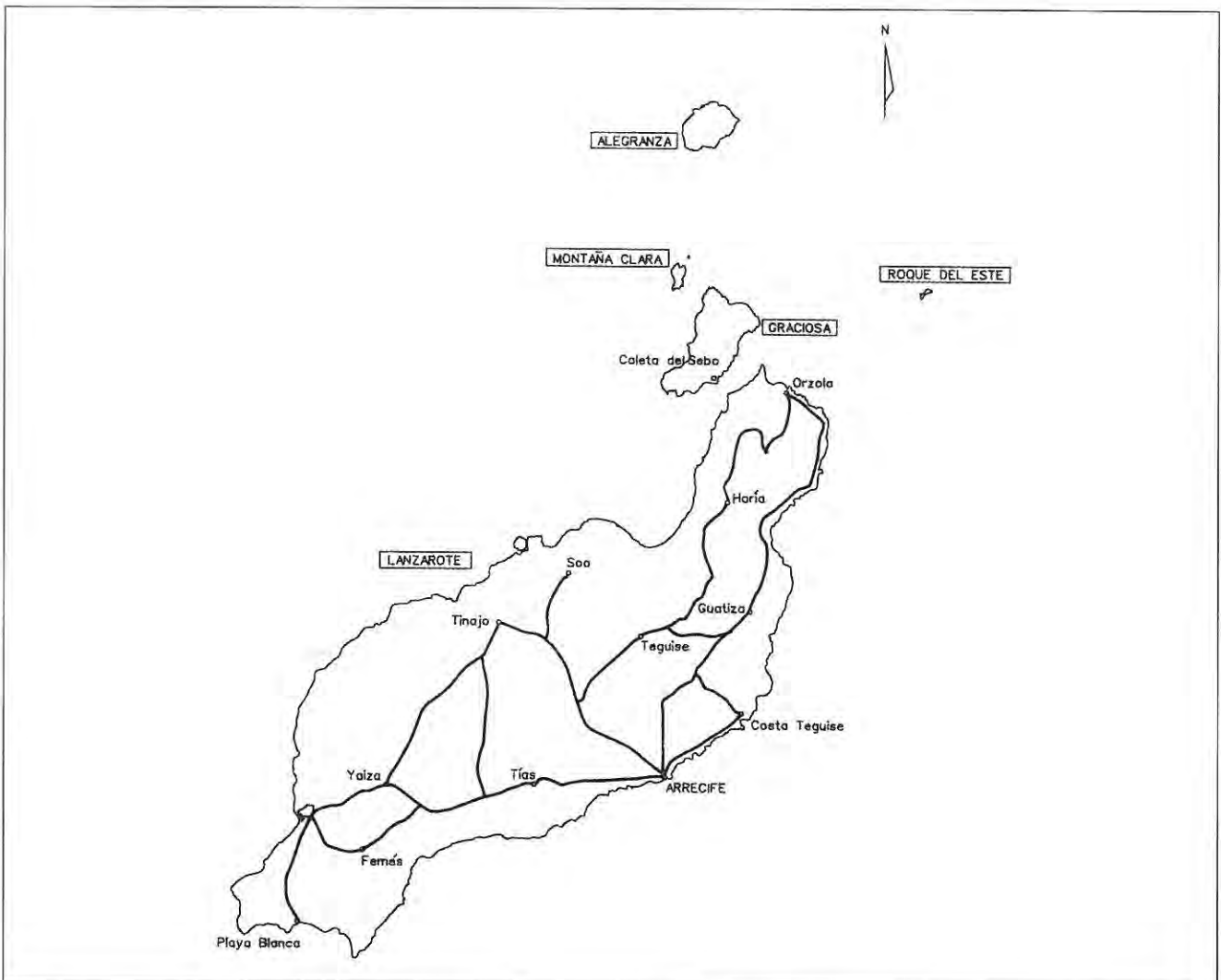


Figura 1.2. Esquema geográfico de la isla de Lanzarote.

Lanzarote es una isla cuidada y agradable desde el punto de vista ambiental, en la que, en cierta manera, los instrumentos de desarrollo territorial, económico y social han sido bastante respetuosos con su entorno físico. Los aspectos naturales, geológico-volcanológicos y geomorfológicos, combinados, en algún caso, con hábitats de especies vegetales endémicas, o con actividades agrícolas tradicionales de carácter singular, propias de esta isla, dan al conjunto insular situaciones de alto valor estético y paisajístico muy atractivos desde el punto de vista turístico, al mismo tiempo que han redundado en la creación de una red de espacios naturales protegidos de gran interés, entre los que destaca el Parque Nacional de Timanfaya.

1.2. ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL

Las Islas Canarias constituyen un conjunto de siete islas volcánicas mayores, situadas en ámbito oceánico, en el sector noroccidental del margen continental africano, entre los paralelos 27°38'-29°25' de latitud norte y los meridianos 13°20'-18°9' de longitud oeste.

Configuran un archipiélago oceánico intraplaca, alargado en dirección E-O, con una distancia entre sus extremos próxima a los 500 km, en el que cada isla es un dominio o un edificio volcánico independiente, excepto Fuerteventura y Lanzarote, que forman parte de un mismo bloque insular, elevados sobre el fondo marino, desde unos 2.000-3.000 m de profundidad.

La naturaleza de la litosfera oceánica sobre la que se asientan las islas varía desde el extremo occidental del archipiélago al oriental. Mientras que bajo las islas occidentales es una típica corteza oceánica, bajo las orientales, Fuerteventura, Lanzarote, y en parte también Gran Canaria, ese carácter oceánico es anómalo o atípico y presenta algunas diferencias respecto a la «normal».

El magmatismo en el ámbito de las Islas Canarias está relacionado con los procesos tectónicos ocurridos como consecuencia de la evolución dinámica de la placa afro-atlántica en este sector. Los rasgos volcanológicos subaéreos de las islas, sus evolución estructural, morfología y distribución espacial de cada una de ellas, son el resultado, por un lado, del campo de esfuerzos regional relacionado con directrices tectónicas del basamento, y por otro, del propio campo de esfuerzos local generado durante su formación.

La historia magmática en el ámbito de este archipiélago ha sido muy dilatada en el tiempo, comenzando con un volcanismo submarino hace unos 60 m.a., es decir, en el Cretácico superior, seguida de repetidos procesos de inyección magmática, al mismo tiempo que se producía el levantamiento y emersión progresiva de los edificios insulares. El volcanismo ha venido sucediéndose desde entonces, con algunas interrupciones importantes, pero con momentos álgidos a lo largo de Mioceno inferior y medio, prolongándose, de manera atenuada hasta la actualidad, con erupciones históricas en Lanzarote, Tenerife y La Palma.

A lo largo del proceso de crecimiento de las islas pueden distinguirse dos etapas constructivas fundamentales: una etapa submarina preinsular, representada por lo que se denomina Complejo Basal y otra final subaérea, que origina los edificios insulares tras su emersión, y por tanto, las islas en sí.

Los Complejos Basales constituyen la unidad estructural más antigua de las islas, y aunque afloran sólo en tres islas (Fuerteventura, La Gomera y La Palma), se supone que deben existir

debajo de las demás. Aunque de una isla a otra presentan diferencias entre ellos, suelen estar representados por sedimentos cretácicos plegados, de origen oceánico profundo, lavas y tobas submarinas, en las que intruyen, en varios episodios, cuerpos plutónicos máficos y ultramáficos de carácter alcalino, pero también ultralcalinos, como ocurre en Fuerteventura. Común a todas ellas, es la presencia muy espectacular de una densa malla filoniana que atraviesa toda la secuencia anterior.

El primer episodio subaéreo de las islas, apoyado sobre el Complejo Basal, comienza, en algunas, en el Mioceno inferior, construyéndose así el cuerpo principal de cada isla, y aunque es un episodio común en todas, no es sincrónico, pues en las más jóvenes, El Hierro y La Palma, es de edad cuaternaria.

Los siguientes episodios volcánicos, relativamente continuos entre sí, pero separados del anterior por un período erosivo más o menos prolongado en cada isla, proporcionan la fisonomía actual de cada una y se prolongan de manera atenuada hasta la actualidad, con la última erupción ocurrida en 1971 en La Palma.

La naturaleza geoquímica y petrológica de los materiales volcánicos del archipiélago canario se caracteriza por la presencia de asociaciones magmáticas alcalinas, propias de islas oceánicas, donde predominan los productos basálticos sobre los sálicos. Los diferentes ciclos volcánicos muestran una tendencia alcalina progresiva, creciente en todas las islas, si bien es más acentuada en las centrales, Tenerife, Gran Canaria y La Palma, donde además, los términos diferenciados son más abundantes que en el resto. Existen también episodios de tendencia toleitica en varias fases volcánicas y en diferentes islas, si bien dentro de esa marcada pauta alcalina general.

1.3. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

El punto de partida de esta cartografía y memoria de síntesis lo constituyen las 11 hojas geológicas, que a escala 1:25.000 conforman la isla de Lanzarote, Fig. 1.4, IGME (Plan MAGNA). Fueron realizadas por GEOPRIN, S. A. durante los años 1992-94, bajo contratación, normas y dirección del IGME. Durante la realización de dicha cartografía se consultaron también numerosas publicaciones existentes en la bibliografía geológica de la isla, que es relativamente extensa, tanto en trabajos de índole general y que abarcan el conjunto de la isla e islotes, como en aquellos que dedican su atención a temas geológicos concretos.

Ya desde el siglo pasado se han realizado numerosos reconocimientos y estudios geológicos de Lanzarote y los islotes, que han generado publicaciones donde se indican sus características geológicas y las primeras ideas sobre su génesis. Entre ellos están los trabajos de HARTUNG (1857), que fue el primero que definió la seriación temporal de las unidades volcánicas, posteriormente precisadas y actualizadas por otros autores y el del naturalista SIMONY (1892), que a su extenso estudio lo acompaña de un reportaje fotográfico de las islas muy interesante. Entre los primeros trabajos a escala insular, aunque algo posterior a aquellos, está también el de HERNÁNDEZ-PACHECO (1909), que aporta un mapa geológico a escala 1:50.000. Aunque antiguos, en todos los casos, su lectura resulta interesante y enriquecedora para abordar trabajos como el realizado ahora.

En épocas mucho más recientes, surgen los primeros trabajos, realizados ya con puntos de vista más modernos, abar-

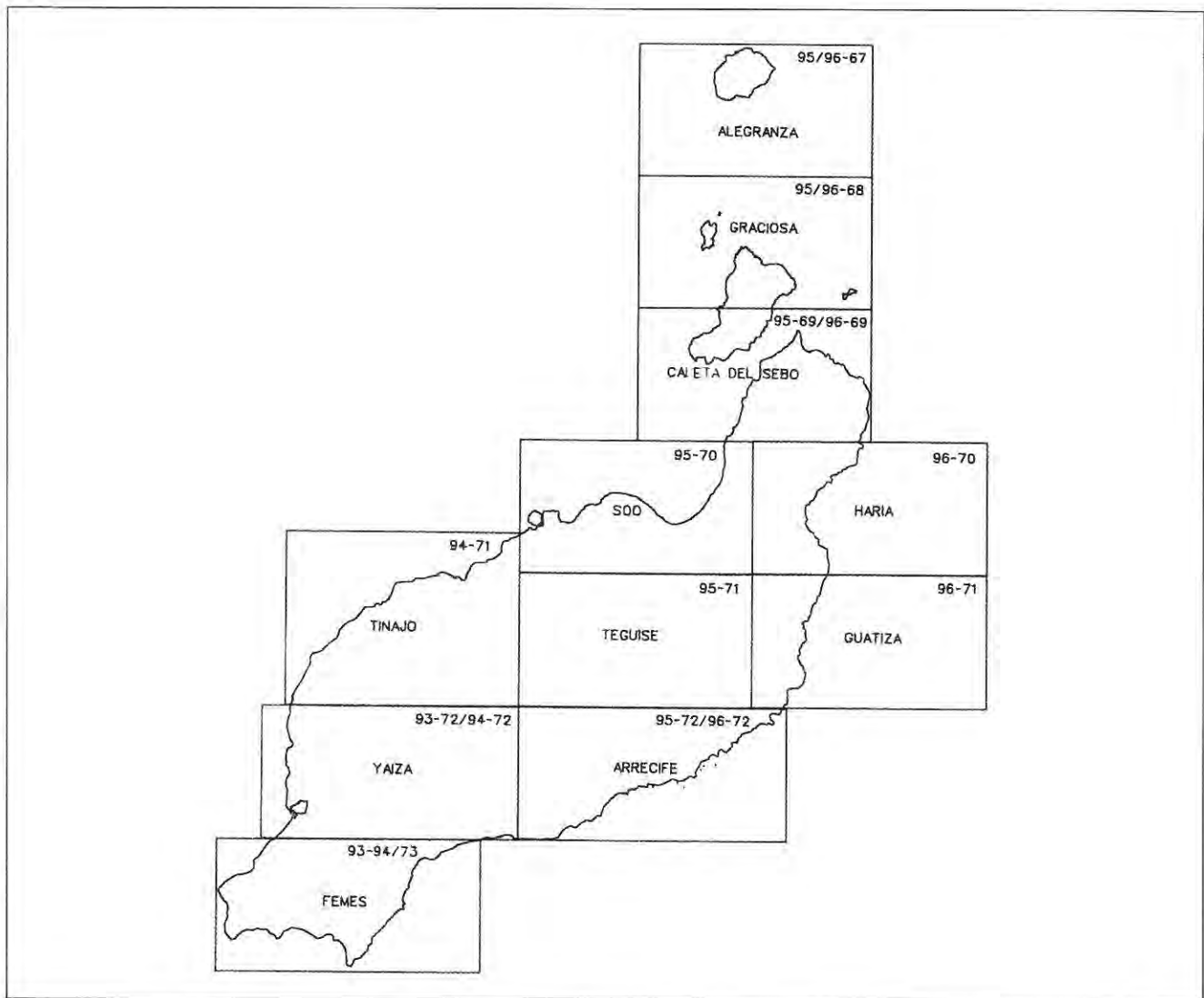


Figura 1.3 Esquema de distribución de hojas del Mapa Topográfico Nacional a E 1:25.000 de la isla de Lanzarote.

cando el conjunto de la isla, como el de HAUSEN (1958), que es una extensa monografía en la que se incluyen, además de numerosas observaciones de campo, análisis petrográficos y químicos de distintas unidades volcánicas y un mapa de síntesis a escala 1:200.000.

El trabajo más clásico y extendido es sin embargo, el de FUSTER *et al.* (1968), quienes establecen la volcanoestratigrafía moderna de la isla a partir de un completo estudio volcano-lógico, petrológico y geoquímico, tomando como base un extenso trabajo previo, de cartografía geológica de toda la isla, en ocho hojas, a escala 1.50.000, IGME-CSIC (1967 a-h), realizado por el mismo equipo. Acompaña a ese estudio un mapa geológico de la isla a escala 1:100.000.

Posteriormente y de manera más reciente, surgen publicaciones, ya no tanto de índole general sobre la isla, sino referidas a aspectos específicos o globales de una formación volcánica e incluso sobre algún episodio eruptivo concreto. Así, cabe destacar los estudios sobre las inclusiones de rocas ultramáficas en las emisiones volcánicas cuaternarias de la isla, SAGREDO (1969) o el muy reciente sobre este tema de NEUMANN *et al.* (1995); FERNÁNDEZ SANTÍN (1969) estudia los pegmatitoides basálticos en las emisiones miocenas, IBARROLA y LÓPEZ RUIZ (1967) hacen un estudio petrográfico y geoquímico de los episodios volcánicos subhistóricos e históricos y MARTÍ y

COLOMBO (1990), de los mecanismos eruptivos del edificio hidromagmático de El Golfo.

Respecto a las erupciones históricas de Timanfaya (1730-36), son numerosos y recientes los trabajos aparecidos, a parte de los de HERNÁNDEZ-PACHECO (1909) y HERNÁNDEZ NAVARRO (1919).

Realmente interesantes para su estudio, son los documentos históricos existentes sobre esta erupción, que narran, aunque de manera incompleta, los acontecimientos volcánicos ocurridos durante esta larga erupción así como los aspectos sociales derivados de ella. Posteriormente excepcional es el relato del cura de Yaiza, D. Andrés Lorenzo Curbelo, que fue recogido en el trabajo de VON BUCH (1836) y posteriormente traducido al español de una versión francesa, por HERNÁNDEZ-PACHECO (1909). La documentación histórica más completa es, sin embargo, la del Archivo de Simancas, GRACIA y JUSTICIA (1730) que engloba también el relato anterior e incluye un mapa (realmente una pintura) en colores, en el que se representan los aspectos de la erupción, pudiéndosele considerar, al mismo tiempo, el **primer mapa volcanológico de Canarias**. Una reproducción de todo este documento y análisis de ellos fue realizada por ROMERO (1991a).

Los aspectos volcanológicos petrológicos y geoquímicos de esta erupción son estudiados con detalle por CARRACEDO *et al.*

(1990), basándose en parte, en cuanto a los primeros, en aquellos documentos históricos. Además, incluye algunas consideraciones sobre el riesgo volcánico posible, en caso de repetirse un fenómeno eruptivo similar. En una nueva publicación, más divulgativa, pero sin perder el rigor científico, vuelven a tratar de manera conjunta esta importante erupción histórica, CARRACEDO y BADIOLA (1991). SIGMARSSON *et al.* (1992) estudian las relaciones isotópicas de erupciones históricas de Lanzarote, comparándolas con otras también históricas ocurridas en el archipiélago. Por otro lado, ROMERO *et al.* (1989) y ROMERO (1991 a, b), hacen mayor hincapié en los aspectos geomorfológicos de esta erupción y de la de 1824, así como un profundo análisis de los documentos históricos referidos a ellas.

Otro trabajo reciente y sintético sobre la evolución geológica y magmática de la isla es el de CARRACEDO y BADIOLA (1993). Los aspectos tectónicos sobre su evolución estructural son tratados por MARINONI y PASQUARÉ (1994).

Menos numerosos son los estudios sobre los depósitos sedimentarios de la isla. Referentes a los niveles marinos existentes, están los de HERNÁNDEZ-PACHECO (1969), ZAZO *et al.* (1993), MECO (1988), MECO y STEARNS (1981), MECO y POMEL (1985), MECO *et al.* (1987), etc., que aunque algunos de ellos se refieren a Fuerteventura, pueden extenderse a esta isla también.

La geología de los islotes del norte de Lanzarote es abordada también en varios estudios. A a algunos de los ya mencionados, SIMONI (1892), HERNÁNDEZ-PACHECO (1909), HAUSEN (1958), FUSTER *et al.* (1968), se les suman el de FUSTER *et al.* (1966), QUESADA *et al.* (1992) y BRAVO (1993), además de las respectivas hojas a escala 1:50.000 IGME-CSIC (1967 a-c).

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, que conjuntamente con aquellas han ayudado a precisar algo más los episodios volcánicos de la isla.

1.4. METODOLOGÍA SEGUIDA

Al iniciar la presente síntesis geológica de Lanzarote se plantearon, primeramente, los problemas y dudas que quedaron sin resolver durante la cartografía de base, a escala 1:25.000. En la medida de lo posible, se revisaron en el campo algunas cuestiones que fueron surgiendo hacia el final de dicho trabajo, a medida que se iba avanzando en el conocimiento de la isla o a la luz de nuevas publicaciones de otros autores.

La representación cartográfica consistió en hacer un filtrado de la información disponible en las hojas, agrupando algunas unidades de una misma formación, que por razones de escala, no pudieron ser individualizadas o no tuvieran importancia geológica significativa en la historia evolutiva de la isla. Sí se resaltaron, por el contrario y, a pesar de su escala, otras, cuya presencia supone un hecho fundamental en la historia geológica de Lanzarote. Asimismo, se reconsideraron algunas edades de determinados afloramientos, según los nuevos datos y discusiones mantenidas en el campo durante la fase de revisión.

Para la memoria se tuvo en cuenta lo escrito en las memorias de las hojas MAGNA y los nuevos trabajos generados por otros autores u organismos, posteriores a la realización de aquellas, sintetizándose y actualizándose los datos.

2. ESTRATIGRAFÍA

El volcanismo subaéreo de la isla de Lanzarote comenzó en su sector sur durante el Mioceno superior (hace 15,5 m.a.), como continuación del que se estaba manifestando en el norte de la vecina isla de Fuerteventura. En este sentido se podría hablar de una continuidad volcanológica para el conjunto de ambas islas, ya que hay una progresión espacial y temporal del mismo, a través de una fisura eruptiva miocena desde el sur de Fuerteventura hasta el norte de Lanzarote.

Siguiendo criterios cartográficos de campo (estratigrafía relativa, grado de conservación de los edificios y materiales, discordancias y secuencias sedimentarias intercaladas, etc...) y los datos geocronológicos K-Ar disponibles, se ha podido establecer una cronoestratigráfica bastante completa de todo el volcanismo de la isla.

Los criterios que se han utilizado para establecer esta 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. Los criterios para agruparlas han sido petrológicos, de grado de conservación, estratigrafía relativa y similitud geocronológica, cuando la había. Aún y con eso, ha habido edificios y coladas que han quedado más aislados —o relictos debajo de malpais posteriores— y que no ha sido posible establecer con ellos una estratigrafía relativa de superposición, como se ha hecho con otras. En estos casos, si no tenían dataciones geocronológicas, se han tratado como edificios independientes, o se han incorporado, siguiendo los criterios antes señalados, a alguna alineación de las ya definidas.

Evidentemente, esta división estratigráfica menor de alineaciones y edificios es, en algunos casos, subjetiva, pero dada la información de que se dispone, se considera útil y bastante verosímil.

En total, en la cartografía a escala 1:25.000 (Plan MAGNA) se han distinguido estratigráficamente dos ciclos volcánicos, con cuatro períodos de emisiones individualizados, Tabla 2.1, en los que se han agrupado los distintos edificios y alineaciones. Los dos ciclos establecidos comprenden los siguientes períodos: Mioplioceno, Plioceno, Pleistoceno-Holoceno e Histórico. Algunos períodos comprenden materiales y emisiones fisurales muy similares entre sí, ya que son simples reactivaciones eruptivas de un conjunto de fisuras que están funcionando desde comienzos del Cuaternario. Por contra, entre los dos ciclos sí se encuentran diferencias apreciables, no sólo en el volumen de material emitido, sino en las características estructurales de sus emisiones, y en la presencia, entre ellos, del más importante período erosivo que hay en la isla.

Durante la primera parte del 1.º Ciclo (Período Mioplioceno), se construyen inicialmente los edificios de los dos dominios extremos de la isla de Lanzarote: el Dominio Ajaches, (el más antiguo), y la base del Dominio Famara. Posteriormente, desde el Mioceno superior hasta la actualidad, se desarrollan las emisiones del Dominio Central y se termina de construir el edificio Famara. Es precisamente sobre el Dominio Central donde se superponen todos los períodos eruptivos posteriores del 2.º Ciclo (Cuaternario), conectándose espacialmente los dos anteriores.

Un dominio distinto es el que se ha definido con el conjunto de islotes (Graciosa, Alegranza, Montaña Clara, Roque del

Oeste y Roque del Este) que se encuentran al N-NE de la isla principal.

El **1.º Ciclo** comienza hace 15,5 m.a. (Mioceno medio) con la emisión del gran conjunto volcánico basáltico que dió lugar al macizo de Ajaches, el cual se ha subdividido en dos tramos: tramo inferior, tramo superior y unos episodios tardíos. Entre los dos primeros no se aprecia una discordancia clara, dada, entre otras cosas, la gran cantidad de conos y niveles piroclásticos intercalados. El último, corresponde a pequeños planchones lávicos discordantes.

La construcción del edificio Famara, en el dominio del mismo nombre, se ha individualizado al norte de la isla. Este edificio está condicionado, como puede suponerse, por el entorno espacial del mismo, ya que volcanológicamente tiene emisiones que se solapan en el tiempo con las del dominio mioceno central. En este edificio se han distinguido tres tramos (inferior, medio y superior), relativamente concordantes y continuos. Entre ellos no se han apreciado discordancias claras o marcadas, sino niveles de almagres y paleosuelos, más o menos continuos, que parecen marcar diferentes episodios dentro del edificio.

También dentro de este 1.º Ciclo, y según indican las dataciones absolutas, se ha emitido hace 6 m.a. el apilamiento lávico que actúa de basamento relativo del Dominio Central de la isla. Hoy en día aflora solamente en pequeñas «ventanas» debajo de los episodios volcánicos cuaternarios posteriores.

El **2.º Ciclo** comprende los tres periodos pliocuaternarios.

El *Periodo Plioceno* está muy poco representado en la isla. Volcanológicamente se han asignado a él las emisiones de Montaña Roja (sector SO de la isla) y el pequeño cono de Montaña Bermeja (al sur). La agrupación de estos dos centros en una alineación es discutible, aunque será una cuestión estructural tratada en su epígrafe correspondiente.

El *Periodo Pleistoceno-Holoceno* agrupa prácticamente la totalidad del volcanismo cuaternario de Lanzarote, a excep-

ción del volcanismo histórico. Dentro de él se han individualizado dos dominios, Dominio de la isla de Lanzarote, y Dominio de los islotes (Graciosa, Alegranza, Montaña Clara, Roque del Oeste y Roque del Este). Sus primeras emisiones se produjeron según fisuras eruptivas abiertas en el Dominio Central de la isla que dieron origen a volcanes cuyas emisiones cubrieron la mayor parte del mismo, precipitándose hacia el mar. De esta forma se extendió mayoritariamente la superficie de Lanzarote, tanto por la costa este como por la oeste. Sus emisiones intermedias y finales las conformaron volcanes de tipo estromboliano, con construcciones importantes de conos piroclásticos, que resaltan morfológicamente en el relieve de la isla.

El *Periodo Histórico* comprende las dos erupciones históricas habidas en la isla de Lanzarote. La primera, y más extensa, tuvo lugar entre 1730 y 1736, y comenzó en el caserío del Timanfaya. Es la que se conoce con el sobrenombre de erupciones de Timanfaya. La segunda fue volumétricamente muchísimo menos extensa, y se produjo en 1824, a través de una fisura reactivada de alineaciones pleistocenas.

En la Tabla 2.1. se ha representado la correlación volcanoestratigráfica entre la nueva estratigrafía establecida en el trabajo del Plan MAGNA, y la anterior existente del IGME-CSIC (1967 a-h) y FUSTER *et al.* (1968). Estos últimos autores distinguieron cuatro series basálticas sucesivas (I, II, III y IV) y una formación de tobas y rocas masivas traquíticas al sur de la isla, que consideraron la parte más antigua del conjunto. La Serie I que distinguen comprende el macizo de Ajaches, macizo de Famara y pequeños afloramientos en la zona de Tías-Uga, en el centro de la isla. Esta Serie I, junto con la formación de traquitas y tobas traquíticas, equivale al 1.º Ciclo (Dominio Ajaches, Dominio Central y Dominio Famara) del Plan MAGNA. El IGME-CSIC *et al.* (*op. cit.*) y FUSTER *et al.* (*op. cit.*) distinguieron las otras tres series basálticas (II, III y IV), siguiendo criterios de conservación, tipo de edificios y posición relativa respecto a los niveles de playas fósiles. Así, la Serie basáltica II comprendía los volcanes cuaternarios muy erosionados, anteriores al depósito de la playa fósil situada hoy a 20 metros. La Serie basáltica III los volcanes cuaterna-

Tabla 2.1. Correlación volcanoestratigráfica de la isla de Lanzarote

IGME-CSIC (1967 a-h) Fuster <i>et al.</i> (1968)	Plan MAGNA (1992-1995)
Serie basáltica IV	2.º Ciclo PERÍODO HISTÓRICO Erupciones de 1824 Erupciones de 1730-36
Serie basáltica III	PERÍODO PLEISTOCENO-HOLOCENO Dominio isla de Lanzarote Dominio islotes (Al, Gr, M ^{tes} C, RE)
Serie basáltica II	PERÍODO PLIOCENO
Serie basáltica I	1.º Ciclo PERÍODO MIOPLIOCENO Dominio Famara Dominio Central
Traquitas y tobas traquíticas	

rios que aún conservan bastantes rasgos de la morfología estromboliana originaria. Se desarrollaban entre los depósitos de las playas fósiles situadas entre los 10 metros y los 5 metros. La Serie basáltica IV comprendía los volcanes de épocas históricas o prehistóricas que recubrían las playas más recientes situadas a 1-2 metros sobre el nivel actual del mar.

Hay que señalar que la correlación entre grado de conservación y edad del edificio no es del todo precisa, y no todos los niveles de playas fósiles que se utilizan como referencia cronológica son continuos ni se encuentran siempre en relación con las coladas de muchos edificios. Por tanto, se ha preferido en el Plan MAGNA, cartografiar por erupciones y edificios individuales (agrupados después en alineaciones), y establecer una estratigrafía basada en las dataciones geocronológicas K-Ar y en las posiciones relativas de unas lavas o conos respecto a otros.

Tanto el Período Plioceno como el Período Pleistoceno-Holoceno distinguidos en el Plan MAGNA engloban, sin correspondencia exacta, a las Series II, III y IV del IGME-CSIC (*op. cit.*). Por su parte, el Período Histórico corresponde a la parte final de la Serie IV de los autores anteriores.

2.1. GEOCRONOLOGÍA

Se recopilan en este apartado todas las dataciones geocronológicas realizadas hasta la fecha en la isla de Lanzarote. La mayoría de ellas se han realizado por el método K/Ar salvo una realizada por termoluminiscencia por MECO y STEARNS (1981).

2.1.1. Antecedentes

La primera campaña de dataciones absolutas se llevó a cabo en 1971 por ABDEL MONEM *et al.* (1971), después se han sucedido otras cuatro campañas más. Estos primeros autores centraron su trabajo en datar las rocas de la S-I de FUSTER *et al.* (1968), ya que sobre un total de 11 muestras, 9 pertenecen a la S-I de los de autores citados. Las dos restantes son coladas de las alineaciones volcánicas cuaternarias.

IBARROLA *et al.* (1988) aportan 21 dataciones sobre lo que tradicionalmente se había considerado como serie I por FUSTER *et al.* (1968). A la luz de estos nuevos datos, se confirma que en Lanzarote los materiales que constituyen el macizo de los Ajaches son más antiguos que los que constituyen el macizo de Famara y entre ellos no existe ninguna relación.

Posteriormente COELLO *et al.* (1992) en un trabajo más amplio sobre las islas de Lanzarote y Fuerteventura recopilan las dataciones de IBARROLA (*op.cit.*) y completan la investigación de las series cuaternarias de Lanzarote realizando un total de 11 nuevas dataciones.

Por último, durante la relación del Plan MAGNA, se han realizado 6 nuevas dataciones K-Ar. Se han datado, principalmente coladas de las alineaciones volcánicas cuaternarias; ya que era en las que existían menos datos anteriores. No obstante, también se ha muestreado una colada del tramo superior del edificio Famara.

2.1.2. Nuevas dataciones K-Ar

Durante la ejecución de la Cartografía del Plan MAGNA 1.992-94, se han realizado seis nuevas dataciones K-Ar cuyos

resultados aparecen en la Tabla 2.2. Las dataciones fueron realizadas por el Prof. Robert Duncan de la Universidad de Oregón. Para el trabajo analítico se utilizó el reactor nuclear experimental TRIGA. El análisis isotópico fue efectuado en un espectómetro de masas.

La selección del muestreo se realizó teniendo en cuenta las dataciones bibliográficas existentes y la necesidad de precisar la estratigrafía de campo definida en la cartografía del Plan MAGNA. Según esto, se consideró necesario datar algunas coladas de los episodios tardíos del edificio Ajaches para ver si se podían establecer analogías con las coladas del Dominio Central. Sin embargo, no se pudo realizar la datación ya que todas las muestras obtenidas presentaban un alto grado de alteración, con desarrollo de minerales secundarios del tipo de las ceolitas.

En el edificio Famara se recolectaron varias muestras, fundamentalmente de los tramos medio y superior, ya que en el campo, alguno de estos contactos presentaba ciertos problemas y además, varias dataciones de los autores anteriores no acababan de encajar en el esquema general. De todas ellas sólo se pudo datar una muestra LZ-1 ya que el resto contenían algunos minerales de alteración. Esta muestra (LZ-1) queda situada estratigráficamente encima de la n.º 33 de IBARROLA *et al.* (1988) (datada en 6,2 m.a.). Sin embargo, la nueva datación ha dado problemas pues resulta una edad de 9,03 m.a. Desde luego este dato no es creíble y consideramos que no debe ser tenido en cuenta; pues se trata de una de las coladas próximas al techo del apilamiento y está dando una edad similar a las de la base (tramo inferior).

Las restantes muestras datadas pertenecen a las alineaciones volcánicas cuaternarias. Todas ellas se sitúan en un intervalo de tiempo muy corto dentro del Pleistoceno inferior.

2.1.3. Estratigrafía geocronológica

En la Tabla 2.3. se han representado todas las dataciones K/Ar realizadas en la isla, hasta la fecha, separándolas según los distintos autores. Las que ofrecen dudas, o pueden presentar problemas, también se han representado, pero se le ha añadido un signo de interrogación. En la columna de la derecha se han representado todas las muestras acumuladas para poder visualizar mejor los períodos de máxima actividad y los de calma.

La muestra más antigua es la datada por ABDEL MONEM *et al.* (1971) en el sector de Papagayo (1,9 m.a.). Aunque algunos autores posteriores han considerado que no debe ser tenida en cuenta, parece algo arriesgado ya que es una zona en la que hay pocos datos y los materiales son bastante diferentes de los que constituyen en sí el resto del apilamiento de Ajaches. Por otra parte, la intensa alteración que presentan puede modificar los resultados de las dataciones.

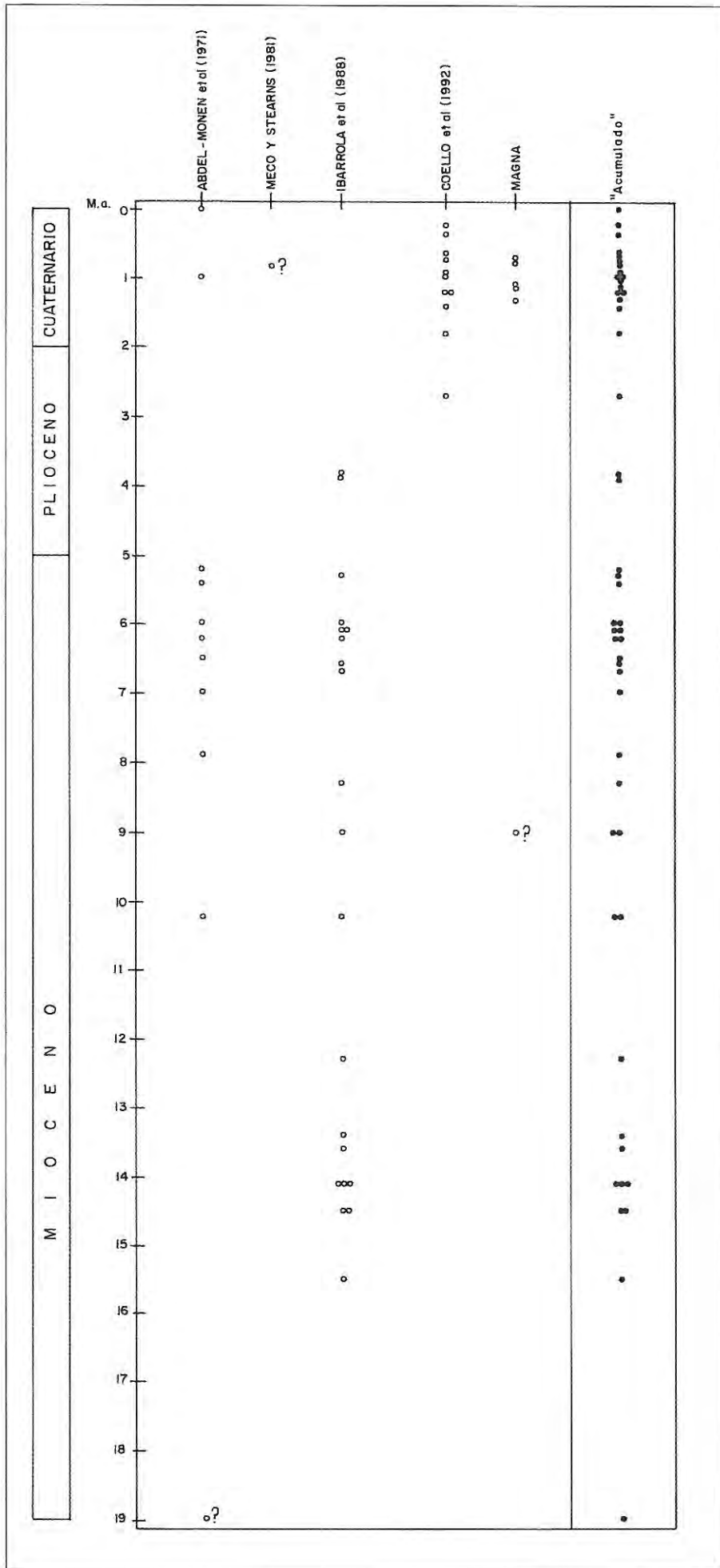
A continuación se observa un gran período de calma hasta los 15,5 m.a. Entre 15,5 y 12,3 m.a. hay varias dataciones todas ellas del Edificio Ajaches. Dentro de este grupo de edades se observa una gran concentración entre 14,5 y 13,4 m.a. que parece corresponder con el período de construcción de edificio. Además la datación (aislada) de 12,3 m.a. corresponde a un dique-capa, y por tanto representa algo local y tardío, probablemente.

La actividad en el edificio Famara comienza en 10,2 m.a. y se prolonga hasta los 3,8 m.a. de antigüedad. Dentro de este amplio espectro de edades se observa una cierta concentra-

Tabla 2.2. Nuevas dataciones geocronológicas del Plan MAGNA

Formación geológica	Muestra	Coordenadas (UTM)	Situación y descripción	% K	% rad. ⁴⁰ Ar	Edad (m. a.)
Pleistoceno inferior	Lz-6	X = 64.890 Y = 321.050	Colada basáltica olivínica de tipo «aa» del malpais correspondiente a los edificios Téjida-Corona en la desembocadura de un pequeño bco. al norte de Ensenada de La Gorrina, al final del camino de las Casas de Ancones. Cota 1 m.	1,474	2,7	0,77 ± 0,08
A. M ^{ns} Zonzamas-Maneje	Lz-3	X = 64.220 Y = 320.560	Colada basáltica olivínica con disyunción columnar y poco vesicular del malpais de la A. Mina-Zonzamas, en la Ctra. Arrecife-Costa Tegui. P.K. 1,2 al norte de Puerto Naos. Cota 20 m	0,937	3,9	0,71 ± 0,07
A. Gritana-Bermeja	Lz-4	X = 63.615 Y = 320.795	Colada basáltica olivínica con disyunción columnar y poco vesicular del malpais. Trinchera de la nueva ctra. Arrecife-San Bartolomé, en el PK 5,400. Cota 220 m	0,858	13,0	1,11 ± 0,07
	Lz-2	X = 62.285 Y = 320.345	Colada basáltica olivínica poco vesicular, en la trinchera de la nueva Ctra. de Uga a Mña de la Vieja, a 100 m del cruce a Uga. Cota 205 m.	0,749	4,8	1,13 ± 0,07
A. Guantesive-Temeje	Lz-5	X = 64.430 Y = 321.670	Colada basáltica olivínica de tipo «aa», del edificio Guantesive, en la ladera este del bco. de Munguía, bajo la Ctra. El Mojón a Lomo Guantesive. Cota 290 m.	1,353	8,6	1,34 ± 0,04
Edificio Famara: Tramo superior.	Lz-1	X = 64.460 Y = 322.320	Colada basáltica olivínica con disyunción columnar en el PK 22,400 de la Ctra. GC-700 Haria-Tegui. Cota 485 m	1,499	20,3	9,03 ± 0,12

Tabla 2.3. Relación de las dataciones geocronológicas de la isla de Lanzarote



ción de ellas entre 6,7 y 5,3 m.a. que corresponde con un período de construcción del edificio. Además, casi simultáneamente con este episodio se producen las emisiones del Dominio Central. Para el cual existen dos dataciones de IBARROLA *et al.* (1988) con edades respectivas de 6,1 y 6,6 m.a.

Uno de los mayores períodos de calma se produce entre 3,8 y 1,8 m.a. en el cual solo se tiene registrada la emisión puntual del volcán de M^{na} Roja datada por IBARROLA *et al.* (1988) en 2,7 m.a. Estas emisiones también han sido datadas por MECO y STEARNS (1981) en 0,82 m.a. Sin embargo, este último dato parece algo incorrecto pues estas coladas son cubiertas por las de los volcanes del Grupo de Femés que han sido datadas en 0,92 m.a. por IBARROLA *et al.* (1988).

Las emisiones de las alineaciones cuaternarias más antiguas han sido datadas en 1,8 m.a. y se prolongan, de manera casi continua, hasta tiempos históricos. Solamente se ha observado un pequeño «gap» entre 0,6 y 0,4 m.a. que puede deberse a falta de muestreo.

2.2. DOMINIO DE LA ISLA DE LANZAROTE. 1.^{er} CICLO. PERÍODO MIO-PLIOCENO. EPISODIOS VOLCANICOS Y SEDIMENTARIOS

Durante el Mioceno tiene lugar una intensa actividad volcánica en la mayor parte del archipiélago. Concretamente en las canarias orientales se produce el emplazamiento en superfi-

cie del Complejo Basal (Fuerteventura) y se desarrolla una fisura de dirección NNE-SSO que se prolonga desde Fuerteventura a Lanzarote y al Banco de La Concepción. Asociados a esta fisura, se construyen tres edificios en Fuerteventura (Tetir, Gran Tarajal y Jandía) y al menos dos en Lanzarote (Ajaches, al sur, y Famara al norte). En el sector central de la isla de Lanzarote debió construirse otro edificio (Edificio Central) que ha sido compartimentado tectónicamente y que tiene menos expresión morfológica, quedando tan sólo algunos retazos a modo de islotes entre las emisiones cuaternarias. Según datos de edades absolutas podrían corresponder con los episodios tardíos de los Ajaches y con una fase de intensa actividad y construcción del edificio Famara, en torno a 6,5 m.a.. Por último, parece que la actividad póstuma en el edificio Famara se produce en el Plioceno, con emisiones de carácter puntual, intrusivos, etc., en torno a 3,8 m.a.

Todo este conjunto de materiales basálticos que constituyen estos edificios se corresponden con la «formación basáltica más antigua» de HARTUNG (1857) o «The basaltic table-land series» de HAUSEN (1958); más recientemente FUSTER *et al.* (1968) lo denominan como SERIE BASALTICA I.

2.2.1. Dominio de Ajaches

Estructuralmente la isla de Lanzarote se ha dividido en tres dominios: Dominio Famara (al norte), Dominio Central y Dominio Ajaches (al sur), Fig. 2.1.

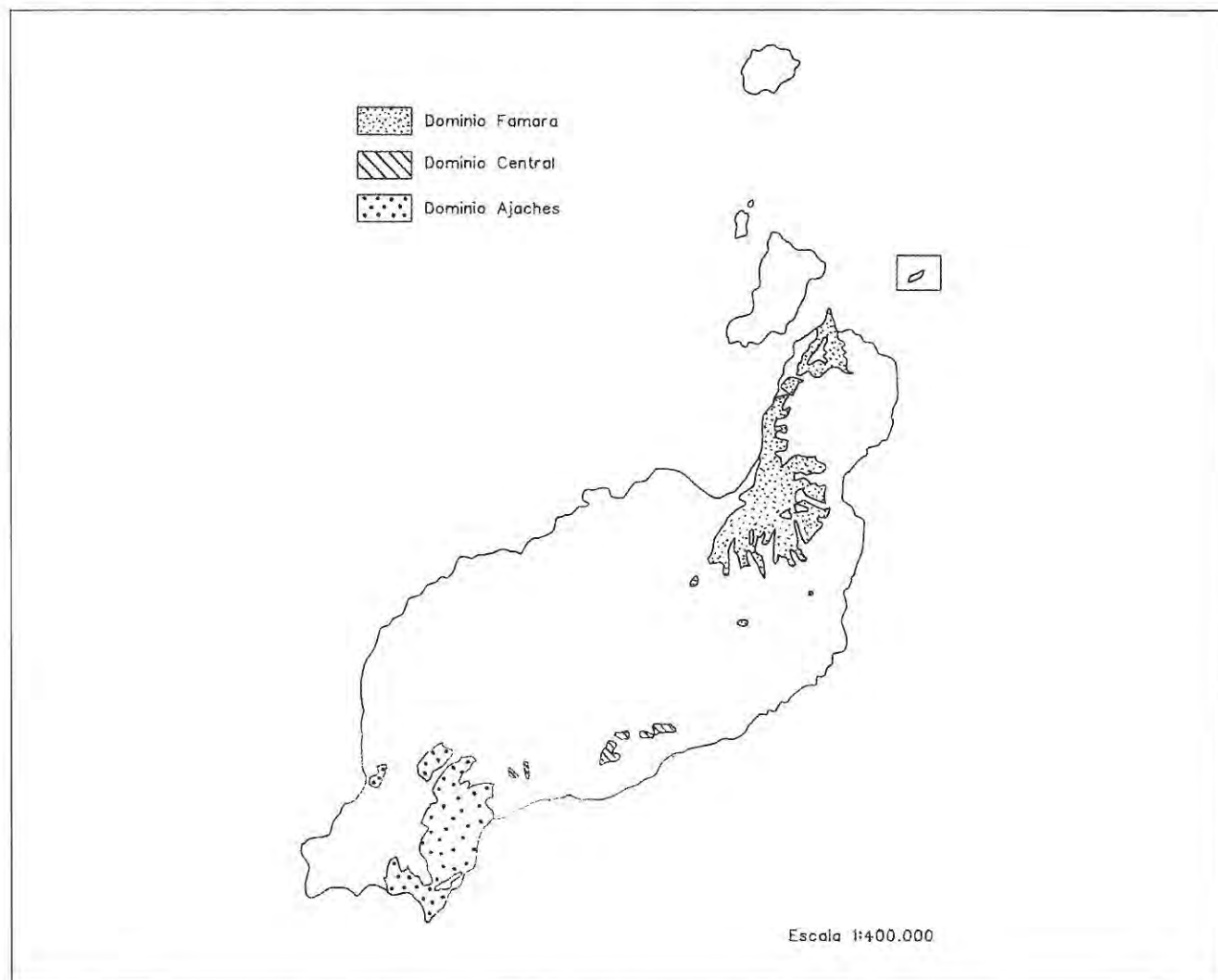


Figura 2.1 Extensión superficial de las emisiones miocenas y mio-pliocenas.

El edificio mioceno de los Ajaches constituye un macizo elevado que ocupa la parte suroriental de la isla de Lanzarote. Está constituido por un monótono apilamiento de coladas basálticas de más de 550 m de espesor. En general estas coladas presentan un suave buzamiento de unos 5-10° al ESE. Intercalados entre el apilamiento lávico se observan algunos niveles de escorias y/o conos enterrados que constituyen pequeños salideros, coetáneos con las emisiones lávicas.

El Dominio de Ajaches queda compartimentado en tres afloramientos principales, separados entre sí por los valles tectónicos de Femés y Fena (con orientación NE-SO). Por último hay dos afloramientos que presentan unas características algo diferentes, se trata del sector de Janubio y Papagayo. Estos sectores presentan ciertas diferencias con respecto al resto del macizo ya que se observa una mayor proporción de diques y de rocas intrusivas con composiciones sálicas e intermedias. Estas rocas están prácticamente ausentes en el resto del macizo. Además, presentan características morfológicas similares entre sí pero diferentes al resto del macizo y en parte corresponden con el tramo inferior del edificio.

Aunque la proporción de diques es mucho mayor en el tramo inferior del edificio, también se observan diques que cortan a toda la sucesión y que pueden relacionarse con el tramo superior.

En uno de estos afloramientos del tramo inferior (Papagayo) ABDELL MONEM *et al.* (1971) dataron unas coladas en 19,1 m.a. que constituyen los materiales más antiguos de la isla. Sin embargo, las coladas que constituyen el escarpe clásico de Los Ajaches han sido datadas por IBARROLA *et al.* (1988) de muro a techo en 15,5-12,3 m.a.

2.2.1.1. *Diques, coladas y piroclastos basálticos (1)*

Dentro del tramo inferior del edificio Ajaches sólo se han distinguido dos unidades cartográficas, ésta aquí descrita y la unidad n.º 2, constituida por materiales intrusivos, tobas y coladas de composición intermedia. Esta última unidad presenta un carácter más restringido, mientras que la unidad n.º 1 es la que aflora de forma más amplia y constituye propiamente el tramo inferior del edificio. Aflora ampliamente en el sector del Papagayo, en la base de los escarpes del macizo de los Ajaches y de Montaña de La Cinta, en el Janubio, y en el fondo de algunos de los barrancos principales del relieve de los Ajaches.

Prácticamente casi todos los diques son de composición básica. Solamente se han muestreado algunos diques traquíticos en la zona del Janubio, uno en M^{na} del Cabo y otro en la Playa de Las Coloradas. Tienen direcciones variables entre N5°E y N45°E y mayor potencia que los basálticos, alcanzando en algún caso 4 m. Son rocas afaníticas de color gris claro, con pátina de alteración marronácea y/o verdosa. También se ha observado algún «sill» y cuerpos intrusivos que se tratarán en el apartado siguiente.

Los diques básicos son los que constituyen propiamente la red filoniana del macizo de los Ajaches. Están constituidos por rocas masivas, compactas, poco vesiculares, y, a veces con diaclasado transversal a sus extremos. También presentan bordes enfriados de espesor centimétrico. En general tienen espesores variables desde 0,5 m hasta 2 m y recorridos más o menos rectilíneos. Los diques que aparecen relacionados con conos piroclásticos suelen tener trazados más divagantes y dan lugar a resaltes topográficos. En general predominan los diques con orientación norteadada observándose que

la mayoría de ellos se sitúan entre N5°E y N25°E. En el sector de playa Blanca hay también varios diques de tendencia norteadada, pero con orientación oeste, entre N5°W y N12°W; además parece que estos diques convergen hacia la zona del Papagayo. Relacionados con los tramos superiores del edificio se observan algunos diques de tendencia N50°E-N60°E. Composicionalmente predominan los tipos basálticos olivínicos, aunque también aparecen tipos afaníticos y olivínico-piroxénicos. Más escasos son los de basaltos plagioclásicos. En algunos puntos de la zona costera del Papagayo se han observado intrusiones múltiples, diques dobles y triples.

Las coladas que constituyen básicamente el tramo inferior son de composición basáltica y se caracterizan por su grado de alteración elevado. Esto dificulta la observación de las estructuras originales de colada y medir buzamientos dentro del apilamiento. En algunos casos extremos la alteración es tan intensa que al disgregarse aparecen numerosos cristales individuales de piroxeno que recuerdan a los campos de picón. El olivino está siempre alterado (iddingsitización) y son frecuentes los rellenos secundarios de ceolitas y carbonatos. Composicionalmente existen basaltos olivínicos, basaltos olivínico-piroxénicos y basaltos afaníticos.

Los depósitos piroclásticos se localizan principalmente en el sector de Playa Blanca-Papagayo, donde cubren extensas áreas, (cartografiables a esta escala). Además, intercalados entre el apilamiento lávico aparecen niveles piroclásticos que a veces corresponden a centros de emisión enterrados. Así se observa en las laderas del macizo de los Ajaches, M^{na} de La Cinta y M^{na} del Medio. Se trata de volcanes o centros de emisión puntuales, de carácter estromboliano, localizados en zonas periféricas del edificio pero asociados, en algunos casos, a fisuras eruptivas de primer orden en la estructura volcánica del edificio. Están constituidos por lapillis, escorias y bombas de composición basáltica. Predominan los depósitos de granulometría fina (tipo lapilli), aunque ocasionalmente se observan escorias y bloques lávicos de mayor tamaño. Las bombas suelen tener formas esféricas o en huso y pueden llegar hasta 30 cm de diámetro. Predominan los tonos amarillentos, rojizos y anaranjados.

2.2.1.2. *Intrusivos, tobas y coladas de composición intermedia. Tramo inferior. (2)*

En esta unidad se han agrupado, por conveniencia cartográfica, diversos tipos de materiales: lávicos, piroclásticos e intrusivos, todos ellos tienen en común su composición intermedia-sálica. Además, afloran exclusivamente en el área del Papagayo. Tanto las coladas como los intrusivos son rocas de color gris que de «visu» recuerdan a «andesitas». Realmente son rocas difíciles de clasificar que parecen corresponder a términos más diferenciados que los traquibasaltos, próximos a benmoreitas y traquitas máficas. Se caracterizan por presentar colores de alteración grises y carnosos con abundantes fenocristales de feldespato.

Se han observado varios tipos de brechas y tobas que no son cartografiables a la escala del mapa.

Así aparecen unas brechas monomícticas con fragmentos muy angulosos de composición intermedia (traquibasalto-traquita máfica) que recuerdan a brechas de extrusión o bien a colapsos de domos. También se han observado brechas mixtas con fragmentos sálicos de tamaños variables y juveniles básicos. Por último hay zonas que presentan cierta orientación con juveniles «acintados» de varios centímetros y líticos de hasta 15-20 cm de tamaño máximo.

Estratigráficamente se sitúan sobre las coladas del tramo inferior en el cual intruyen. Aunque no existe una relación espacial entre esta unidad y las coladas del tramo superior, se ha considerado que estos materiales pueden representar los diferenciados sálicos finales del tramo inferior.

2.2.1.3. *Coladas y piroclastos basálticos. Tramo superior. (3)*

Esta unidad, predominantemente lávica, es la que caracteriza al tramo superior del edificio. Desde el punto de vista litológico no hay grandes diferencias entre las coladas de este tramo y las del inferior. Sin embargo, desde el punto de vista morfológico y estructural sí; ya que son coladas masivas y potentes con escasas intercalaciones piroclásticas, que constituyen relieves escalonados. Presentan espesores de 3-5 m, llegando en ocasiones a 7-8 m. Tienen disyunción columnar y diaclasado subhorizontal. En conjunto constituyen un apilamiento de más de 300 m de potencia, con buzamientos suaves de 5°-8° al ESE. Composicionalmente predominan los tipos porfídicos olivínicos y olivínico-piroxénicos. También aparecen coladas de basaltos con matriz afanítica, fundamentalmente hacia la parte superior del apilamiento. Localmente se han observado coladas de basaltos plagioclásicos, algo vesiculares, con fenocristales de olivino y piroxeno.

Intercalados entre estas coladas existen algunos niveles de almagre de color rojizo. Muchos de estos niveles coinciden con paleosuelos y, en otras ocasiones, con niveles piroclásticos de caída. Estos últimos están constituidos por lapillis, escorias y bombas, que debido a su escasa potencia no han sido cartografiados.

Tanto los diques como los piroclastos son muy escasos. Los primeros suelen adoptar orientaciones entre N45° y N60°E más propias del Dominio Central que del de Los Ajaches. En cuanto a los centros de emisión, se han observado dos localizados respectivamente en la ladera sur del barranco de La Higuera, y en la ladera nororiental de Hacha Grande. Están constituidos por piroclastos rojizos: lapillis, escorias, «spalter» y algunas bombas.

2.2.1.4. *Intrusivos básicos. (4)*

Se trata de pequeños afloramientos casi incartografiados que perforan a las coladas del tramo superior y que en algunos casos parece que llegaron a extruir.

Composicionalmente son basaltos olivínicos con abundantes fenocristales de olivino que en ocasiones adquieren tamaños cercanos a un centímetro. Asociados con estos afloramientos se han observado algunas venulaciones «pegmatitoides» y brechas de borde de la intrusión. Todos estos cuerpos intrusivos presentan una marcada disyunción columnar salvo el afloramiento existente junto a las Casitas de Femés que no tiene expresión morfológica en el paisaje. Aflora a media ladera y presenta una forma alabeada abriéndose en la parte alta.

2.2.1.5. *Coladas basálticas. Episodios tardíos. (5)*

Se han considerado como episodios tardíos del edificio Ajaches algunas emisiones puntuales que se adaptan al paleo-relieve del mismo. Se trata de afloramientos de reducidas dimensiones y muchos de ellos no se pueden cartografiar. Sólo se han señalado en el mapa el afloramiento del Pico Naos y unas pequeñas «hombreras» localizadas en el barran-

co de La Casita. En ambos casos parecen relacionarse con centros de emisión puntuales o salideros tardíos que dan lugar a estas coladas que se adaptan al relieve del edificio mioceno.

Composicionalmente son basaltos olivínicos de matriz negra y fractura limpia. El afloramiento del Pico Naos presenta, además, una disyunción columnar muy característica.

2.2.2. Dominio Central

De los tres edificios miocenos distinguidos en la isla, éste es el menos estudiado; ya que sus afloramientos son pequeñas ventanas que aparecen fundamentalmente a lo largo de la carretera de Uga-Arrecife. Estos afloramientos deben prolongarse hacia el norte y noroeste constituyendo el sustrato sobre el que se asientan las alineaciones volcánicas cuaternarias. Se trata de materiales que han sido datados por IBARROLA *et al.* (1988) en torno a 6 m.a. Según esto, su emisión es mucho más tardía que la construcción del edificio Ajaches. Además, en las Salinas del Janubio, se observa una colada discordante sobre la rasa tortoniense que a su vez cubre a las coladas del macizo de los Ajaches. Esta colada ha sido datada por los autores anteriores en 6,6 m.a.

CARRACEDO y BADIOLA (1993) han estudiado la polaridad magnética de este edificio y han observado que mientras los afloramientos más próximos a Tías tienen polaridad negativa, las coladas que bordean el macizo de los Ajaches son de polaridad normal. Además los datos radiométricos de IBARROLA *et al.* (antes citados) muestran también una mínima diferencia, 6,1 m.a. (Tías) frente a 6,6 m.a. en el Janubio. No obstante, hasta el momento hay pocos datos radiométricos que permitan confirmar estas hipótesis.

Por otra parte, existen otros criterios de campo y geoquímicos que permiten establecer diferencias entre el macizo de los Ajaches y los otros dos edificios. Así, se han observado dentro del Dominio de los Ajaches salideros puntuales muy tardíos, cuyas coladas se derraman por las laderas. Esta actividad puntual y póstuma puede relacionarse con las emisiones del Dominio Central, ya que, geoquímicamente algunos de estos salideros y diques tardíos corresponden a términos basaníticos que se correlacionan perfectamente con la geoquímica de los afloramientos del Dominio Central.

2.2.2.1. *Coladas e intrusivos basálticos. (6)*

No se han localizado los centros de emisión de estos materiales pero se supone que debían encontrarse en la zona ocupada actualmente por los malpaíses de Timanfaya.

Son coladas muy masivas y potentes con disyunción columnar muy desarrollada y espesores visibles de 10 a 20 m. Debido a su enorme potencia y al carácter tan masivo que presentan en muchas ocasiones hay dudas en cuanto a asignarlos como coladas o intrusivos. Además, en algunos casos hay venas y diquecillos de carácter pegmatitoide, que reforzarían la segunda hipótesis. Sin embargo, en las proximidades del instituto de Yaiza, a la altura del km 15 de la carretera, parece observarse una base escoriácea de colada y un depósito rojizo, intercalado, de carácter piroclástico. En la cartografía de IGME-CSIC (1967 a-h) y FUSTER *et al.* (1968) fueron considerados como intrusivos. En muestra de mano se observa que son rocas oscuras, de matriz afanítica, en las que se observan fenocristales de olivino (alterados a iddingsita) y piroxenos.

2.2.3. Dominio Famara

El edificio Famara constituye un enorme macizo montañoso que ocupa el extremo norte de la isla de Lanzarote, extendiéndose dentro de las hojas E.1.25.000 de Caleta del Sebo, Haría, Soo y Tegüise. Está constituido por un monótono apilamiento de coladas basálticas con más de 650 m de espesor visible. En general las coladas presentan suaves buzamientos al E y SE con cantidades variables entre 2° y 7°.

Entre el apilamiento lávico se observan niveles de escorias y/o conos enterrados que constituyen pequeños salideros coetáneos con las emisiones lávicas. Además, hay diques e intrusivos básicos que cortan a todo el apilamiento constituyendo resaltes erosivos en las partes altas (ejemplos: Peñas del Chache, La Triguera, Peña Pequeña, El Agujero).

Dentro del edificio no se han observado grandes discordancias, ni niveles sedimentarios de importancia que faciliten la individualización cartográfica de los tramos. En este sentido, solamente se observan algunos paleosuelos o niveles de almagra, que junto con otros criterios de campo, tales como densidad de inyección filoniana, grado de alteración, etc. han servido para separar los tres tramos del edificio. También se han utilizado los datos geocronológicos, aunque existen algunas contradicciones entre las muestras analizadas tanto en IBARROLA *et al.* (1988) como ABDELL MONEM *et al.* (1971), e incluso con las dataciones efectuadas en este proyecto (MAGNA). A pesar de ello, siguiendo en cierta medida los datos de IBARROLA *et al.* (1988) (ya que son los que han estudiado un mayor número de muestras para ese sector (10)) puede indicarse que existen tres periodos de actividad principales. El más antiguo se sitúa en torno a los 10,2-8,3 m.a. y correspondería con el *tramo inferior* de la cartografía MAGNA. A continuación aparecen un grupo de edades que corresponden a las etapas finales del Mioceno, con valores entre 6,7 y 5,3 m.a. Estos datos merecen analizarse con cierto detenimiento, pues aunque a primera vista parecen muy coherentes, se observan que los valores de 6 m.a. y 5,3 m.a. corresponden a muestras del extremo norte del edificio situadas respectivamente a 0 m y 20 m sobre el nivel del mar. Sin embargo, en la zona central del edificio hay dos muestras (de estos autores) datadas en 6,7 y 6,2 que corresponden respectivamente a un intrusivo y a una colada que cartográficamente se situarían en el *tramo superior*. Por este motivo, durante la campaña de dataciones del proyecto MAGNA se recolectó otra muestra de una colada (muy potente y masiva con disyunción columnar) situada estratigráficamente sobre la datada por IBARROLA *et al.* (*op. cit.*). Esta colada presentó una edad de 9,03 m.a. lo cual es difícilmente creíble y no se puede encajar dentro del esquema anterior. Por último, existen dos edades de IBARROLA *et al.* (1988) que señalan una actividad póstuma de edad pliocena (3,66 y 3,9 m.a.).

CARRACEDO y BADIOLA (1993) han estudiado también la polaridad magnética de este edificio y observan una correlación entre los tres tramos definidos, con tres unidades magnetoestratigráficas. Así el tramo inferior es correlacionable con la Época 9 de polaridad N. El tramo medio correspondería con un período de polaridad inversa (Época 6 de polaridad R). Por último, la actividad final del edificio podría corresponder con el Evento Cochiti de polaridad N.

2.2.3.1. Diques, coladas y piroclastos basálticos. Tramo inferior. (7)

Estos materiales afloran fundamentalmente en la base del escarpe occidental del macizo de Famara, y en el fondo de algunos de los barrancos del sector oriental. Mayoritariamente

esta unidad está constituida por un monótono apilamiento de coladas basálticas con suaves buzamientos hacia el ESE. En general los buzamientos no superan los 8° siendo las direcciones N-25° y N35°E (propias de este dominio estructural). Aparecen tanto coladas «pahoehoe» como de tipo «aa». Ambos tipos se caracterizan por un color gris e intenso grado de alteración con frecuentes rellenos secundarios de ceolitas y carbonatos. Composicionalmente predominan los tipos basálticos olivínicos y olivínico-piroxénicos, estando el olivino alterado a iddingstita. Intercalado entre el apilamiento lávico suelen aparecer algunos «sills» de composición semejante, que pueden confundirse con coladas. También se han observado niveles piroclásticos de poco espesor, casi incartografiados.

Los diques son mayoritariamente de composición basáltica observándose tipos olivínicos, olivínico-piroxénicos y afaníticos. Localmente se ha observado algún dique de composición olivínico-piroxénica-plagioclásica, con espesores que en general oscilan entre 0,5 y 1,5 m. Tienen direcciones norteadas variables (entre N-S y N-30°E). También hay diques de tendencia E-O y con direcciones variables que no siguen la pauta regional y parecen relacionarse con centros de emisión puntuales. Asimismo, en la parte inferior del apilamiento aparecen diques divagantes de poco espesor (< 20 cm) con terminaciones digitadas.

2.2.3.2. Coladas y piroclastos basálticos. Tramo medio. (8)

Está constituido por un potente apilamiento de coladas basálticas entre las que se intercalan niveles de almagra y/o paleosuelos. Además aparecen algunos conos piroclásticos enterrados. Asociados con estos centros de emisión suelen encontrarse mayor densidad de diques y de cuerpos intrusivos. En conjunto estas coladas definen una estructura tabular suavemente inclinada hacia el E. (2°-8°). En el extremo norte del macizo esta inclinación se torna hacia el N y NE, y parece obedecer a un basculamiento tectónico. La separación entre este tramo (medio) con respecto al inferior y superior obedece, fundamentalmente, a criterios de campo. También se han utilizado criterios geocronológicos, si bien, este método presenta algunos problemas en el macizo de Famara, ya que no encajan todos los datos. Por otra parte, no existe una discordancia muy evidente entre estas unidades. Sólo se han observado, niveles de paleosuelos y con carácter local, algún nivel de cantos algo redondeados que aparece entre materiales piroclásticos. Utilizando los datos geocronológicos (fundamentalmente de IBARROLA *et al.* (1988) puede estimarse que este tramo debió emitirse entre 7,2 m.a. y 5,3 m.a. tal y como ya indican COELLO *et al.* (1992).

Esta unidad ocupa una considerable extensión aflorando tanto a lo largo del escarpe occidental del macizo como en los barrancos y lomas del sector central y nororiental. Donde aparece peor representada es en la zona sur. En los sectores centrales y orientales la erosión ha labrado profundos barrancos. Entre otros hay que mencionar los de: Tenesía, Chafarís, Tenegüime, Valle del Palomo, Valle de los Castillejos, etc. En estos barrancos es donde mejor puede observarse la disposición estructural de estos materiales y los conos enterrados. En la cartografía a escala 1:100.000 se han suprimido muchos afloramientos y solo aparece los de mayor entidad.

Las coladas son de tipo «aa» con bases y techos escoriáceos y espesores individuales entre 0,8 y 2,5 m. Algunas de ellas tienen disyunción columnar y fractura limpia. Composicionalmente predominan los tipos basálticos olivínicos con matriz negruzca y afanítica. Intercaladas entre estas coladas hay

niveles de lavas «pahoehoe» mucho más delgadas y oxidadas. Presentan mayor grado de vesicularidad y rellenos secundarios de ceolitas y carbonatos. También se han observado algunos «sills» de composición basáltica, muy semejante a la de las coladas. La proporción de diques es mucho menor que en el tramo inferior y, en general, se asocian con centros de emisión enterrados, que han quedado al descubierto por la erosión. Se trata de conos piroclásticos constituidos por lapillis, escorias, «spatter» y escasas bombas que obedecen a actividad estromboliana. Las capas de lapilli suelen presentar colores de alteración amarillo-marrón y marrón-rojizo. Todos ellos tienen también composición basáltica. En el centro de emisión del barranco del Cuchillo son además abundantes los «spatter» y bombas acintadas. El edificio señalado en las proximidades de La Triguera está constituido mayoritariamente por lapilli de tonos amarillo-negruzcos y rojizos entre los que destacan algunas capas con escorias y bombas de composición basáltica. Concretamente se ha observado una bomba de más de 1 m de diámetro con abundantes nódulos dendríticos.

2.2.3.3. *Coladas y piroclastos basálticos. Tramo superior. (9)*

Este tramo aparece coronando los relieves más importantes del macizo de Famara. Está integrado, mayoritariamente, por potentes coladas basálticas con marcada disyunción columnar. Entre ellas aparecen, de forma subordinada, niveles piroclásticos y conos enterrados. La proporción de diques es muy inferior a la observada en los dos tramos subyacentes, sin embargo, son relativamente frecuentes los cuerpos intrusivos.

Se caracteriza por los potentes apilamientos de coladas horizontales o subhorizontales, con pequeños buzamientos periclinales al N y NE en el sector N y al S y SE en el sector S. Estas inclinaciones son poco perceptibles, solamente desde el mar o desde las proximidades de Guatiza, se tienen buenas perspectivas que permiten realizar estas afirmaciones. Son coladas «aa», masivas y potentes, con disyunción columnar y espesores de hasta 10-12 m. Composicionalmente predominan los basaltos olivínicos con matriz negruzca. Los fenocristales tienen tamaños variables, en general inferior a 8 mm. También se han muestreado algunas coladas con nódulos duniticos. En conjunto se han medido espesores de hasta 100-130 m. En el sector centro-occidental (en las proximidades de Peñas del Chache) abundan los piroclastos finos en capas subhorizontales, que en algunas ocasiones constituyen un recubrimiento superficial. En este sector se han observado algunas coladas muy potentes de corto recorrido y otros afloramientos lávicos masivos que presentan dudas en cuanto a su génesis, pues no se sabe seguro si se trata de intrusivos o centros de emisión que han llegado a extruir (salideros) o incluso «descuelgues» locales de coladas algo más tardías.

2.2.3.4. *Intrusivos basálticos. (10)*

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

Muchos de los cuerpos intrusivos muestran una morfología característica y atraviesan el apilamiento de coladas basálticas o encajan en materiales piroclásticos. Otros, sin embargo, se sitúan en el techo del apilamiento y resulta dudosa su génesis, pues no se sabe si son intrusivos o centros de emisión que han llegado a extruir (salideros) o incluso «descuelgues» locales de coladas algo más tardías. La mayoría de los cuerpos del primer grupo tienen dimensiones muy reducidas y no son representables a esta escala. Muchos de ellos se sitúan en las proximidades del escarpe occidental del macizo y quedan al descubierto por la erosión. Al segundo grupo se asignan una gran parte de los afloramientos señalados: Peñas del Chache, Peña de Guantevén, ladera norte del barranco de Tenegüime y Valle de los Castillejos.

Al realizar la cartografía de las hojas a E. 1:25.000 (PLAN MAGNA) se ha comprobado que la distribución de estos cuerpos obedece a pautas NNE-SSO pudiendo señalarse al menos tres alineaciones subparalelas. Estas directrices estructurales coinciden con el régimen fisural del edificio Famara. Sin embargo, al haber suprimido muchos cuerpos, por motivos de escala, en el mapa 1:100.000 no resultan tan evidentes estas lineaciones.

En general son rocas masivas de composición basáltica y matriz afanítica en la que destacan fenocristales de olivino. En algunas ocasiones relacionados con estos cuerpos aparecen venulaciones pegmatoides que fueron estudiadas por FERNÁNDEZ SANTÍN (1969) también se han encontrado algunos enclaves de tipo piroxenítico. Por último, hay que señalar que en los intrusivos relacionados con el centro de emisión del barranco Chafaris aparecen zonas centrales de enfriamiento lento, de tipo subvolcánico, con texturas microgranudas.

2.3. DOMINIO DE LA ZONA DE LANZAROTE. 2.º CICLO. PERIODO PLIO-CUATERNARIO. EPISODIOS VOLCÁNICOS Y SEDIMENTARIOS

La finalización del primer ciclo volcánico tiene lugar en el Plioceno, hacia los 3,9 m.a., cesando toda actividad magmática hasta el comienzo del siguiente ciclo. En este intervalo de tiempo los fenómenos erosivos van desmantelando las estructuras volcánicas formadas, modelando y configurando un nuevo relieve.

A mediados del Plioceno, hacia los 2,7 m.a., se reanuda la actividad volcánica con las emisiones del segundo ciclo magmático, el cual, con pequeñas interrupciones temporales, se extiende de manera casi continua hasta tiempos históricos, siendo las últimas erupciones ocurridas las de 1824. En estas nuevas emisiones, los volúmenes de materiales emitidos son, sin embargo, muy inferiores al de los magmas extruidos en el primer ciclo, durante el período de construcción de los edificios miocenos. De todo este ciclo el máximo eruptivo tiene lugar a lo largo del Pleistoceno inferior, disminuyendo progresivamente desde entonces hasta la actualidad. La formación de las islas e islotes del norte de Lanzarote tiene lugar también durante el segundo ciclo volcánico.

A grandes rasgos, este ciclo está controlado por un régimen eruptivo fisural, que determina la aparición de numerosos centros de emisión piroclásticos, alineados según las principales fracturas. La dirección dominante en la isla es la NE-SO, concentrándose una gran cantidad de conos a lo largo de una banda que sigue esa orientación y que se extiende desde la parte central, próxima a las estribaciones meridionales de Famara, hasta el extremo suroccidental de la isla. Existen,

Igualmente, alineaciones de centros de emisión paralelos o subparalelos a ambos lados de esa banda estructural dominante. En Famara, la orientación de los volcanes cuaternarios es más noroesteada, acorde con la propia elongación del macizo mioceno. Los mecanismos eruptivos son generalmente estrombolianos, si bien, es frecuente que en los primeros momentos del proceso eruptivo predominen las fases hidromagmáticas, sobre todo en los edificios próximos a la costa, pero también en otros más elevados del interior.

2.3.1. Período Plioceno

Durante el Plioceno, son escasas las manifestaciones volcánicas pertenecientes al segundo ciclo, destacando el centro de emisión de M^{na} Roja y M^{na} Bermeja, en la parte meridional y un apilamiento de coladas basálticas en la costa centro-occidental, Fig. 2.2. Se atribuyen a este período diversos depósitos sedimentarios aluviales de ladera y arenas eólicas, así como depósitos marinos pertenecientes a una extensa plataforma de abrasión localizada en el borde sur del macizo de Ajaches.

2.3.1.1. Conglomerados y arenas (rasa marina). (11)

Esta unidad aflora exclusivamente en el extremo sur de la isla, apoyada sobre el macizo de Ajaches. Constituye un nivel marino que se mantiene de forma bastante constante entre 40 y 50 m de altura sobre el nivel del mar actual. El depósito está constituido por areniscas y conglomerados marinos con abundantes clastos basálticos. Los cantos son muy redondeados y algunos están rubefactados. Tienen tamaños variables desde 1-2 cm hasta 10-15 cm. Las areniscas son biotriticas con tonos blanquecinos y grisáceos. Estos afloramientos se disponen de forma discordante sobre los basaltos miocenos con suave pendiente hacia el mar.

Los depósitos son prácticamente idénticos a los observados en Fuerteventura (ver hojas del Plan MAGNA de esa isla, en prensa) y ya fueron descritos por HAUSEN (1958), LECOINTRE *et al.* (1967) y KLUG (1968). Posteriormente, MECO (1977, 1981, 1982 y 1983) realiza un estudio paleontológico muy detallado y asigna esta unidad al Plioceno inferior. Los fósiles más abundantes y característicos son: *Gryphaea virleti*, *Nerita emiliana*, *Strombus coronatus* y *Patella ambroggii*, entre otros.

2.3.1.2. Arenas eólicas. (12)

Desde finales del Mioceno tiene lugar en Lanzarote un intenso proceso de eolización que se extiende prácticamente hasta la actualidad. Los depósitos de arenas eólicas que se iban formando configurarían, desde sus inicios, campos de dunas que jalonaban el litoral insular, algunos de los cuales se observan aún, como ocurre en todo el área norte, entre Caleta de Famara, Soo, Tiagua, etc. A este vasto campo de arenas se le conoce como El Jable. Las sucesivas emisiones volcánicas ocurridas paralelamente a su formación fueron cubriendo y fosilizando los depósitos, ocasionando la repetida intercalación de lavas o piroclastos y arenas eólicas.

Al ser un proceso continuo, a efectos cartográficos se los ha incluido en una sola unidad en la leyenda del mapa, dándole una distribución estratigráfica que va desde el Plioceno hasta la actualidad. La removilización de la arena de los depósitos antiguos por el viento hace que ésta vaya alcanzando más extensión, recubriendo los relieves volcánicos.

En general los depósitos están formados por arenas eólicas de color claro, carácter calcáreo y granulometría fina. Los más antiguos presentan cierto grado de encalichamiento que les da mayor consistencia. Suelen englobar abundantísimos restos de caracoles terrestres, de tipo helicido. Los espesores varían de unos afloramientos a otros desde 1-3 m, a 10-12 m en algunos huecos del área de El Jable o 22 m en la cantera de Mala. Generalmente representan simples acumulaciones de arenas, pero a menudo presentan morfologías dunares bien desarrolladas, formas tipo nebla, etc.

Los depósitos más antiguos se encuentran en Valle Chico, junto a Orzola, intercalados en las coladas miocenas del edificio Famara y en el escarpe occidental del mismo, frente a la isla de La Graciosa, en el lugar conocido por Fuente Guza. Otro afloramiento menor y escasamente visible está en Valle Grande, al sur de Orzola. La cota a la que se encuentran varía entre 35-50 m. Ninguno de ellos, por su reducida extensión, se ha incluido en este mapa (ver hoja a escala 1:25.000, Caleta de Sebo). Lo más llamativo de ellos es la presencia de huevos fósiles de aves, atribuidos inicialmente a avestruces, ROTHE (1964), SAUER y ROTHE (1972). Al tratarse de aves no voladeras, esta interpretación dio lugar a que se propusieran hipótesis sobre el carácter continental de las islas orientales del archipiélago (Lanzarote y Fuerteventura), suponiendo la existencia de puentes continentales con África.

Investigaciones más recientes y nuevos descubrimientos de huevos en Fuente Gusa, GARCÍA TALAVERA (1990), los asignan a aves voladoras y corredoras de gran envergadura, como son las del orden odontopterygiforme, que estarían aparentados con pelícanos y cormoranes actuales. Según este autor, estas aves presentan una distribución estratigráfica que abarca desde el Eoceno inferior al Plioceno superior y formaban colonias a lo largo de la costa occidental africana y en las cercanas islas canarias orientales.

Otros afloramientos de arenas eólicas, también de extensión reducida pero cartografiados a esta escala se localizan al norte de Arrecife, bajo piroclastos y coladas de lava de la alineación Guardilama-Guatisea o incluso bajo alguno de estos edificios (M^{na} Blanca y M^{na} Tesa).

En la zona sur de la isla, las arenas eólicas de cierta extensión aparecen relacionadas con los depósitos de la rasa marina pliocena, aunque existen también zonas de recubrimientos eólicos de escasa consideración procedentes de la removilización de aquellas.

En la isla de Lanzarote la mayor extensión de arenas eólicas se encuentra en la zona de El Jable. En diversos cortes excavados en ellas, debido a extracciones de arena para áridos, se observan niveles inferiores, ya endurecidos, que corresponden a los depósitos más antiguos, posiblemente pliocenos. En algunas secciones es posible apreciar varios niveles de arenas, que indican distintos episodios de eolización coincidentes en periodos climáticos áridos, culminantes con niveles de color asalmonado, con mayor proporción de restos de gasterópodos, indicativos de periodos más húmedos.

Junto al pueblo de Mala existe una cantera excavada en estos depósitos, donde se observa un frente de unos 22 m de altura y se pueden identificar también varios episodios dunares. Estas arenas se hayan recubiertas por las coladas del grupo de volcanes de Calderetas de Guatiza. En los alrededores, la dispersión de la arena provocada por el viento ha ocasionado que la arena haya invadido posteriormente amplias zonas del malpaís.

En la Graciosa, los campos de dunas alcanzan igualmente gran extensión, recubriendo los malpaíses en la zona suroccidental y en el sector norte. En ocasiones el recubrimiento es casi pelicular, si bien existen zonas donde las acumulaciones superan varios metros.

2.3.1.3. *Glacis de Famara. (13)*

Coronando el apilamiento de coladas basálticas del edificio Famara aparecen unos pequeños depósitos de arenas y cantos de naturaleza basáltica empastados y parcialmente encalichados. Tienen una reducida potencia \wedge 1 m y poca continuidad lateral.

2.3.1.4. *Coladas basálticas indiferenciadas. (14)*

Se ha asignado a este período, el apilamiento de coladas basálticas del Caletón de las Animas y de la Laja del Sol, Fig. 2.2, en la costa centro-occidental, si bien no existe certeza sobre su edad. Los criterios empleados para situarlo estratigráficamente en esta posición han sido principalmente morfológicos, potencia del apilamiento, atípica en las emisiones cuaternarias, presencia de abundantes nódulos duníticos, a diferencia de lo que ocurre en las series miocenas de Famara y Ajaches, etc. Sobre ellos se asientan los edificios cuaternarios de M^{na} Costa de Tinajo y M^{na} Tenezar, cuyas lavas rode-

an por los extremos estos apilamientos, adaptándose a él. El apilamiento de coladas tiene una orientación N40-45°E, coincidente con muchas de las alineaciones volcánicas del Dominio De Famara.

Son coladas basálticas olivínicas, de tipo aa, con suave buzamiento hacia el norte, y espesores individuales de 1-2,5 m, siendo la potencia conjunta de unos 60 m. La presencia en ellos de abundantes nódulos duníticos, ceolitas y carbonatos no favorece la realización de una datación absoluta con un resultado fiable.

2.3.1.5. *Edificios Mña Roja-Mña Bermeja. Coladas y piroclastos basálticos. (15)*

Son dos edificios bastante alejados entre sí, M^{na} Roja, en la punta meridional de Lanzarote y M^{na} Bermeja, en la parte oriental de los escarpes de Ajaches. Una datación de 2,7 m.a. en M^{na} Roja, COELLO *et al.* (1992), hace que este edificio sea la primera manifestación volcánica conocida posterior al primer ciclo de la isla. No hay evidencias, sin embargo, de que ambos edificios sean de la misma edad, pero el hecho de que M^{na} Bermeja esté parcialmente cubierta por lavas del grupo de M^{na} Gritana, que es uno de los volcanes cuaternarios más antiguos, hace que posiblemente su edad esté próxima a la de M^{na} Roja. Ambos edificios se encuentran en sectores periféricos del macizo de Ajaches.

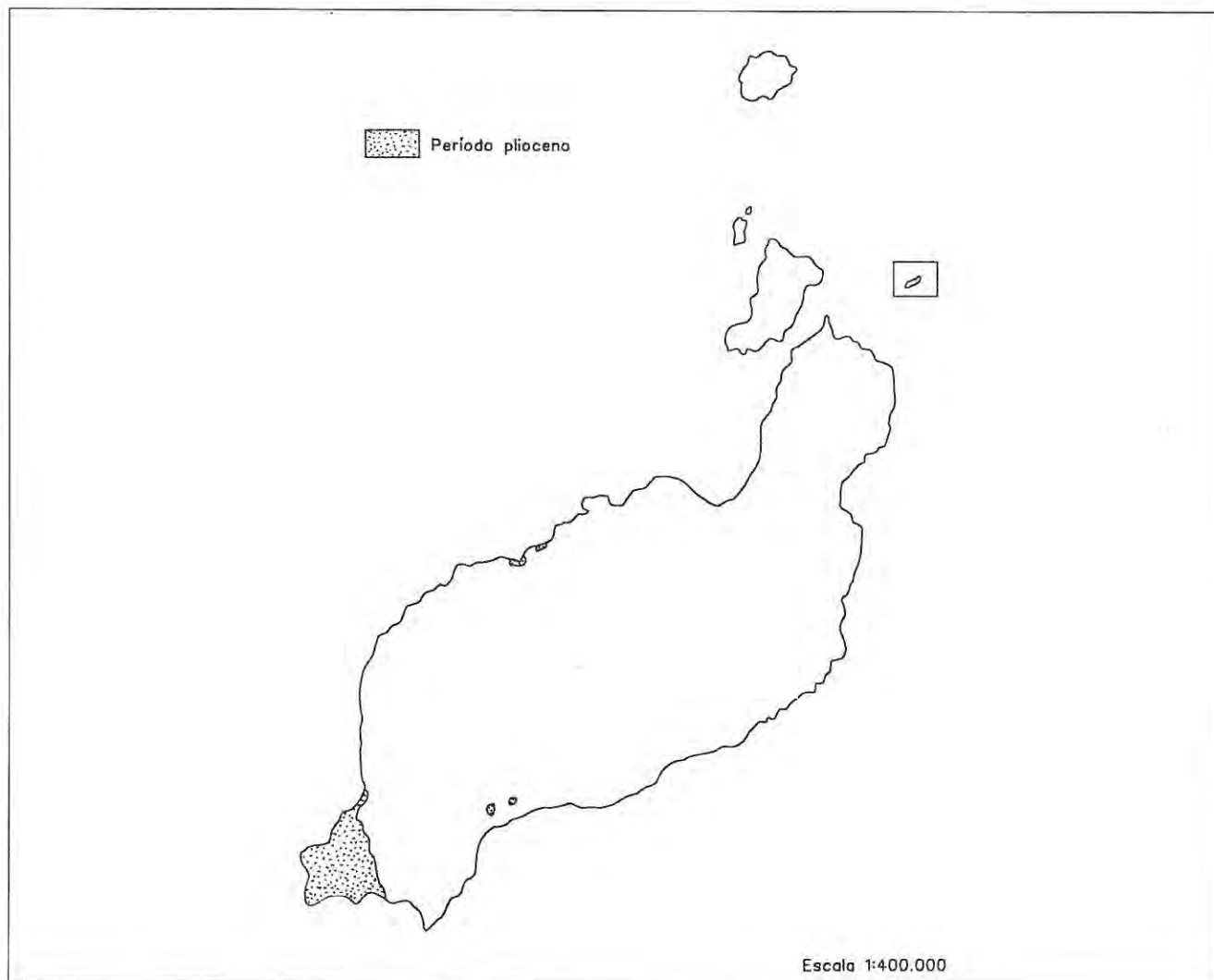


Figura 2.2 Extensión superficial de las emisiones pliocenas

Edificio M^{na} Roja. Surgió hace 2,7 m.a., sobre la plataforma de abrasión pliocena, en la zona de Punta Pechiguera, Fig. 2.2. Emitió gran cantidad de coladas de lava basáltica que originaron un enorme malpaís, el cual ocupa actualmente alrededor de 15 km², prácticamente toda la punta suroccidental de Lanzarote. El malpaís se encuentra hoy muy degradado y parcialmente recubierto por depósitos detríticos diversos (suelos, aluviales, etc.); hacia el este lo está por las emisiones de los volcanes de Femés. Las lavas son de tipo aa, con disyunción columnar en su parte interna y espesores de 1-2 m, pero también existen flujos pahoehoe, con morfologías cordadas, lobuladas, etc. Próximos al edificio y alargado hacia el norte, existe una gran acumulación de lavas, que parecen indicar la existencia de alguna fisura orientada en ese sentido.

El edificio es un típico cono piroclástico de escorias y lapilli basáltico, constituido por fases eruptivas estrombolianas, si bien, debieron tener lugar, igualmente, mecanismos derivados de la interacción agua/magma, como lo atestiguan las intercalaciones de niveles de depósitos hidromagmáticos.

Edificio M^{na} Bermeja. Está situada en las laderas orientales del macizo de Ajaches, siendo también un cono de piroclastos, ya algo degradado. Su emisiones lávicas son basálticas olivínicas y afloran escasamente, al quedar cubiertas por lavas del grupo de M^{na} Gritana, Caldera Riscada, etc. A escasa distancia existe otro edificio, **Cortijos Viejos**, posiblemente relacionado con M^{na} Bermeja, pero casi en su totalidad cubierta por esas lavas.

2.3.1.6. Depósitos de ladera (1.^a generación de abanicos). (16)

Esta unidad aflora únicamente en el escarpe sur-occidental del macizo de Famara, constituyendo pequeños afloramientos que aparecen adosados a los relieves del edificio basáltico de Famara.

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

En planta presentan formas pseudotriangulares, algo lobuladas, con el vértice agudo apuntando hacia la zona de cabecera. Están fosilizados por los depósitos de ladera de las siguientes generaciones. Su edad, ha de ser posterior al desarrollo del macizo de Famara y anterior a estos depósitos citados.

En la columna estratigráfica se han incluido en la parte final del Plioceno aunque no se descarta que puedan llegar hasta los inicios del Pleistoceno. En campo se observa que estos depósitos debían constituir una superficie casi continua, que posteriormente ha sido incidida por la red de drenaje.

2.3.2. Período Pleistoceno-Holoceno

Durante el Pleistoceno y el Holoceno las erupciones volcánicas se suceden de manera prácticamente continua, según indican las dataciones radiométricas disponibles, surgiendo gran número de edificios que emiten lavas y que gradualmente van modificando y construyendo la isla hasta la actualidad, Fig. 2.3.

En la leyenda del mapa adjunto los edificios y lavas cartografiados se han dispuesto, en la medida de lo posible, siguiendo un orden cronológico, teniendo en cuenta los datos radiométricos, la posición estratigráfica relativa entre ellos, intercalaciones de depósitos marinos fosilíferos conocidos, grado de conservación, etc.

Desgraciadamente, en algunos casos, la ausencia de este tipo de criterios no ha permitido posicionarlos con la precisión deseada.

La mayoría de las emisiones volcánicas ocurridas durante este período son de similares y a veces idénticas características, tanto composicionales y estructurales, siendo escasas las diferencias entre unas y otras, factor que hace que a menudo la cartografía de los edificios individuales y sus coladas asociadas sea difícil e imprecisa.

2.3.2.1. Pleistoceno inferior

Es el período de mayor actividad volcánica del Cuaternario, con formación de numerosos edificios alineados según la orientación dominante de la isla, NE-SO, Fig. 2.3. Las emisiones más antiguas parecen comenzar en el macizo de Famara, en el norte, con emisiones datadas en 1,8 y 1,4 m.a., si bien, en Ajaches, en el sur, y en la zona central, existen también volcanes con edades superiores al millón de años. En la cartografía adjunta, los edificios volcánicos pertenecientes a este período se agrupan entre los números 17 al 36.

2.3.2.1.2. Edificios Atalaya de Haría, Mala y Tenegüime: coladas y piroclastos basálticos (17, 18 y 19).

Estos tres edificios surgieron sobre el macizo de Famara, siendo sus edades de 1,8 m.a. para las emisiones de Mala y 1,41 m.a. para las del barranco de Tenegüime, COELLO, *et al.* (1992).

El edificio de Atalaya de Haría (17) junto al pueblo de Haría es, probablemente, algo anterior ya que sus emisiones recubren las partes altas del relieve de Famara y no muestran signos de derrame hacia los barrancos laterales, que se supone debían tener ya un cierto grado de encajamiento.

Los otros dos edificios, **Mala y Tenegüime (18 y 19)** se caracterizan porque sus lavas se emitieron como coladas «intracanyon», es decir, se canalizaron íntegramente por los barrancos del Palomo y Tenegüime, respectivamente, dando lugar a situaciones de relieve invertido bastante espectaculares, sobre todo en el caso de Tenegüime. En ambos casos, el encajamiento actual de los barrancos ha dejado las coladas colgadas sobre el cauce.

La colada del barranco del Palomo surge de un cono piroclástico muy desmantelado, en el cual la erosión del barranco permite ver parte de la chimenea subvolcánica del mismo. El frente actual de esta colada tiene unos 40 m de potencia y es donde se apoyan los estribos de la presa de Mala.

El centro de emisión de la colada del barranco de Tenegüime está igualmente muy erosionado y corresponde al lugar denominado Peñas del Pico, situado entre los PK-19 y 20 de la carretera Tegüise-Haría. Es una potente colada aa, de 20-25 m de espesor, con disyunción columnar, a veces con formas «arrosetadas».

Composicionalmente, en los tres casos, las lavas son basálticas olivínicas.

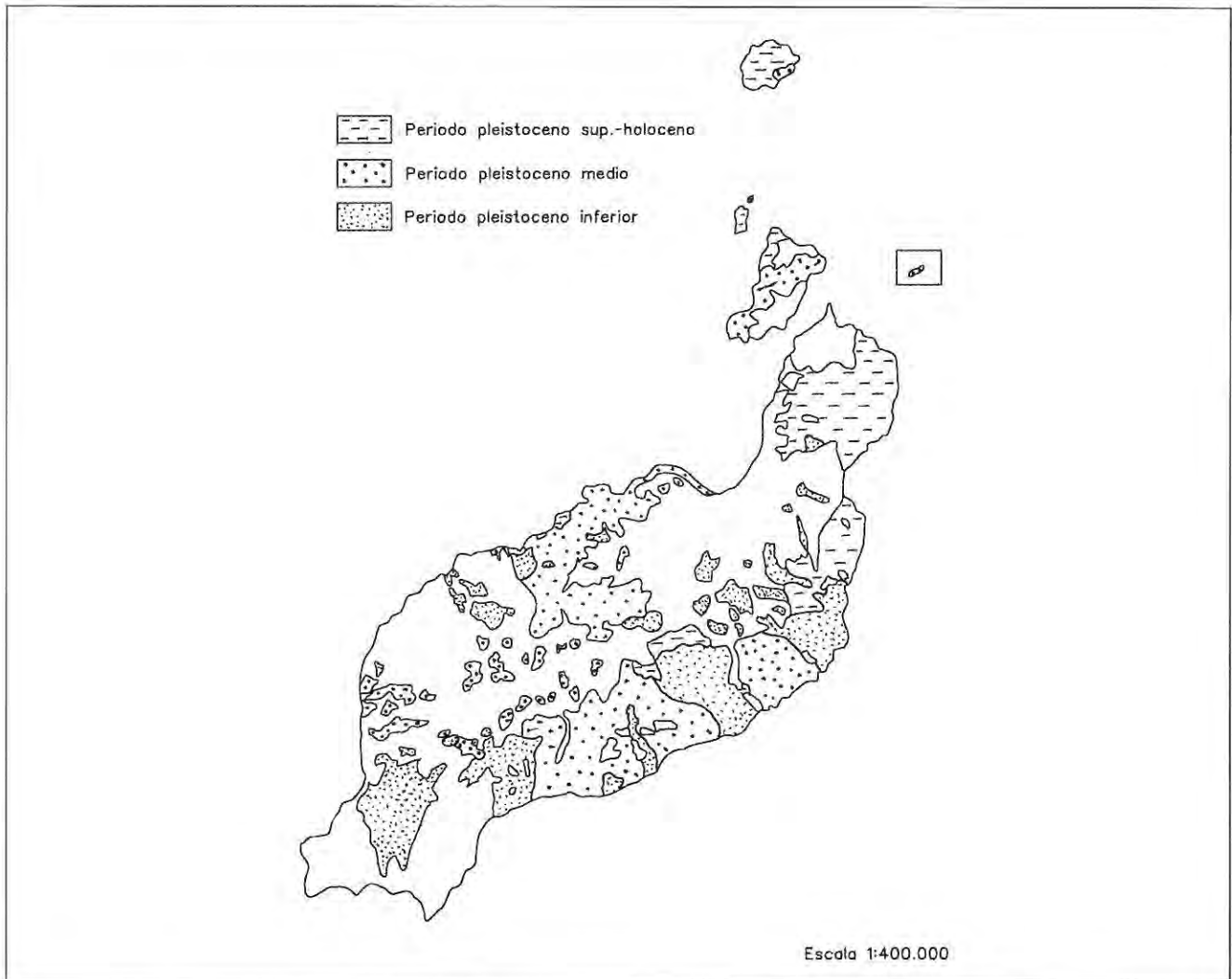


Figura 2.3 Extensión superficial de las emisiones cuaternarias no históricas

En la costa, nororiental, al sur de la playa de la Garita, en Arrieta, existe un potente frente acantilado de lavas basálticas, cuya edad y procedencia es desconocida. Por su posición estratigráfica, respecto a unidades volcánicas y sedimentarias adyacentes, se le considera del mismo grupo que estos tres edificios.

2.3.2.1.3. Fisura de Tenezar: coladas y piroclastos basálticos. (20)

Bajo esta denominación se incluyen dos edificios, M^{na} Tenezar y M^{na} Tilama, alineados según una fisura de orientación N30-35°E, y situa dos cerca de la costa centro-occidental de la isla. Junto a ellos se encuentra el volcán Costa de Tinajo, emplazado, al igual que M^{na} Tenezar, sobre los apilamientos de coladas basálticas cartografiadas como indiferenciadas del Caletón de las Animas (apartado 2.3.1.4).

La **Montaña de Tenezar** es un edificio de tefra basáltico, compuesto por múltiples bocas eruptivas, de las cuales surgieron lavas que constituyen un malpaís hoy medianamente conservado, que coronan el apilamiento lávico del Caletón de las Animas. De menores dimensiones pero de similar composición y constitución, es la **M^{na} Tilama**, a la cual no se asocian coladas de lava, debido a que tanto uno como otro están completamente rodeados por las lavas del grupo Tinaché, Mazo-Iguadén y Tizalaya-Tamia (unidad 44 de leyenda).

El edificio **Costa de Tinajo** es un pequeño volcán basáltico en escudo, completamente rodeado también por las lavas del grupo volcánico mencionado.

2.3.2.1.4. Alineación Halcones-Caldera del Cuchillo. Coladas basálticas y piroclastos hidromagmáticos. (21)

Las razones de agrupar en una misma alineación a edificios espacialmente tan alejados entre sí como M^{na} Halcones, Caldera Blanca y Caldera del Cuchillo, son un poco imprecisas, pues están basadas en sus similares características volcanológicas, su posición próxima a la paleocosta occidental de Lanzarote y su posición estratigráfica respecto a otras emisiones adyacentes.

Edificio M^{na} Halcones. Se encuentra completamente rodeado por las emisiones históricas del siglo XVIII, dentro del área del Parque Nacional de Timanfaya, próximo a la costa centro-occidental. Es un edificio piroclástico de tipo «tuff ring», formado por tobas hidromagmáticas palagonitizadas, que le da una coloración amarillenta. Está atravesado por varios diques basálticos y en su cima existen delgadas coladas de lava de igual composición.

Edificio Caldera Blanca. La Caldera Blanca es un espectacular edificio piroclástico con un cráter de más de 1.100 m de diámetro, que junto con La Caldera de la isla de Alegranza, es de

los de mayores dimensiones de todo el archipiélago. Forma el volcán principal de un conjunto eruptivo de varias bocas, localizado en la zona centro occidental de la isla, todos completamente rodeados por los malpaíses históricos de Timanfaya.

La característica más sobresaliente de este conjunto de edificios es su construcción mixta, al haber intervenido en ella fases eruptivas hidromagmáticas y fases estrombolianas, todas bien visibles en las paredes de sus cráteres: Mⁿ Blanca, Lomo Alto de Arriba y Risco Quebrado. En el edificio adyacente de M^{na} Caldereta no se han apreciado episodios hidromagmáticos, pero no se descarta que su construcción haya seguido una evolución volcanológica similar al de los otros, ya que el fondo de su cráter está a cota inferior que el área circundante, hecho este que puede indicar la existencia de fases explosivas en los que hubo interacción agua/magma.

Los depósitos hidromagmáticos en los tres edificios mencionados se presentan como depósitos de facies húmedas («wet surge»), palagonizadas, con estratificaciones masivas y niveles de lapilli acrecionario, que evolucionan, a facies secas («dry surge»), con estratificaciones planares y onduladas, que engloban abundantes líticos basálticos, a menudo de fragmentos duniticos. Las partes superiores son depósitos de lapilli estrombolianos, que a veces aparecen como pequeños niveles intercalados en los hidromagmáticos.

El conjunto emitió coladas basálticas olivínicas que debieron formar un malpaís considerable. Hay está notablemente reducido por las emisiones de Timanfaya, entre las que afloran como islotes, cada uno de los cuales con un topónimo específico y que destacan de aquellas por su coloración más clara: islote de los Betancores, islote del Aljibe Blanco, islote de Cho Gregorio, etc.

Caldera del Cuchillo. Es otro edificio hidromagmático muy llamativo, localizado al SO de Soo, también completamente rodeado por emisiones volcánicas posteriores y campos de arenas eólicas. Está constituido por oleadas piroclásticas basálticas húmedas y secas, entre las que se intercalan niveles de lapilli de caída, todos ellos con estructuras y características similares a los descritos en Caldera Blanca. APARICIO *et al.* (1994) realizan un detenido estudio de este edificio, presentando varias columnas estratigráficas muy detalladas de los depósitos. Indican al menos, la ocurrencia dos episodios volcánicos en la construcción del edificio.

2.3.2.1.5. Alineación Nazaret-El Calvario. Conos de tefra basálticos. (22)

Son un conjunto de pequeños conos de tefra basálticos, localizados entre las poblaciones de Tahíche y Teguíse, en las estribaciones más meridionales del macizo de Famara. La orientación de esta alineación es N45°E, paralela a la de edificios próximos. De todos los edificios volcánicos que existen en esa zona, estos son lo más antiguos y de hecho se encuentran bastante erosionados y en el caso de Nazaret, se hallan parcialmente cubiertos por las emisiones del volcán de Guanapay y depósitos arenoso-arcillosos de alteración. Estas razones hacen que no se sepa con certeza si estos volcanes han llegado a emitir coladas.

2.3.2.1.6. Alineación Chimia-San Rafael. Coladas y piroclastos basálticos. (23)

Esta alineación está integrada por tres edificios, que se asientan sobre los materiales meridionales del edificio Famara,

según una orientación NNE-SSO. Son tres conos de lapilli y escorias basálticas, ya bastante degradados y parcialmente encalichados, de los que surgieron lavas que cayeron por el escarpe occidental de Famara, fosilizando, incluso, dunas que recubrían las laderas de este macizo.

2.3.2.1.7. Depósitos de caliche. (24)

Estos depósitos son característicos de las dos islas orientales del archipiélago, si bien, los afloramientos en la isla de Lanzarote tienen menor continuidad y desarrollo que en Fuerteventura. Se trata de pequeños recubrimientos o encostramientos calcáreos que afectan a las unidades miocenas, pliocenas y a algunas del Pleistoceno inferior. Se observa que estos encostramientos se producen más favorablemente en zonas de morfología suave y de no excesiva cota, aunque existe algún afloramiento aislado en la parte alta del macizo de Famara y sobre las coladas de la alineación Chimia-San Rafael. También se han observado en el sector costero, entre Arrieta y Mala y en el extremo sur de la isla, donde recubren tanto las coladas de M^{na} Roja, como los basaltos miocenos (sector del Papagayo).

La edad de estos depósitos siempre ha planteado ciertas dudas, ya que probablemente hay varias etapas de encalichamiento. No obstante, parece que la etapa principal de encalichamiento se produce con posterioridad al episodio eólico plioceno y se prolonga, al menos hasta el Pleistoceno inferior.

En general son depósitos poco potentes constituidos por carbonato cálcico. Son típicos de climas desérticos o subdesérticos, en los que la escasez de lluvias hace que se desarrollen estos suelos duros o en costra.

2.3.2.1.8. Edificio Guanapay. Coladas y piroclastos basálticos. (25)

Localizado muy próximo a los edificios anteriores, el volcán de Guanapay se emplazó directamente sobre los relieves meridionales del macizo de Famara, alcanzando gran altura sobre las áreas circundantes. Es un edificio de lapillis, escorias y bombas bastante apelmazados y con un amplio cráter circular en su cima.

Emitió un gran volumen de coladas basálticas olivínicas que cubrieron los relieves miocenos de Famara, configurando una extensa plataforma subhorizontal en las proximidades del centro de emisión. El flujo de lavas fue radial, pero mayoritariamente hacia el este y sureste, cayendo por dichos relieves, hasta finalmente alcanzar la costa oriental. La superficie cubierta fue enorme (similar quizás a la del volcán La Corona) pero en la actualidad se halla notablemente reducida, al estar cubierta por otras emisiones cuaternarias (Tahíche, M^{na} Téjida, Corona Calderetas de Guatiza, etc.) y depósitos arcillosos y aluviales. El malpaís formado, al igual que el de todos los campos de lava cuaternarios, está formado por lavas basálticas olivínicas aa, muy escoriáceas y caóticas, con su morfología original ya muy arrasada.

COELLO *et al.* (1992) datan las coladas de este edificio en 1,2 m.a.

2.3.2.1.9. Edificios Guantesive y Temeje. Coladas y piroclastos basálticos. (26)

Se ubican también sobre los relieves meridionales de Famara, habiendo sido datadas las lavas de M^{na} Guantesive en

1,34 m.a. (PLAN MAGNA, hoja de Tegui-se). M^{na} Temeje está encima de la colada «intracanyon» del barranco de Tene-güime, cuya edad radiométrica es de 1,4 m.a., COELLO *et al.* (1992), lo que hace que, a grandes rasgos, ambos edificios se asemejen en edad. Tanto uno con otro son conos de lapilli y escorias basálticas, ya algo degradados, encalichados y recubiertos por depósitos arcillosos de alteración. Las coladas de Guantesive se emitieron hacia el sur alcanzando esca-so recorrido.

2.3.2.1.10. Fisura Ubigue-Cabrera-Chica. Coladas y piroclastos basálticos. (27)

Se hayan alineados según una fisura de orientación N50°E en la zona más meridional de Famara, aunque M^{na} Ubigue está ya en la zona de tránsito entre Famara y el Dominio Central. M^{na} Chica y Cabrera se apoyan sobre los materiales de Famara.

Únicamente a M^{na} Ubigue se le pueden asignar claramente coladas basálticas, localizadas junto al cono, ya que en M^{na} Chica y Cabrera, sus posibles emisiones quedan cubiertos por depósitos arcillosos.

2.3.2.1.11. Depósitos aluvial-coluvial. (28)

Estos materiales afloran ampliamente a lo largo de la isla de Lanzarote y de los islotes de Alegranza y La Graciosa. Son depósitos de carácter aluvial y/o coluvial, de naturaleza arenar-cillosa, que suelen ocupar pequeñas cuencas o depresiones con cierto grado endorreísmo. En algunas ocasiones estas cuencas pueden tener un origen tectónico, como ocurre en los valles de Femés, Fena y Vegas de Guatiza y Arrieta. En otras ocasiones, sin embargo, estos cierres de barrancos o cuencas son debidos a la actividad volcánica cuaternaria que provoca barreras naturales y trastoca la red de drenaje natural.

Uno de los mayores afloramientos cartografiados es el del área de Tegui-se-Guanapay. Este afloramiento se extiende desde esta zona de modo radial, llegando a ocupar algunos valles de la vertiente meridional del macizo de Famara y la vega de Tahíche. En otras ocasiones estos depósitos se asocian con los relieves volcánicos cuaternarios, ocupando tanto los fondos de los cráteres como zonas adyacentes. Ejemplos de este tipo se encuentran en Caldera del Cuchillo, M^{na} Tina-ché, Caldera de Alegranza y Las Aguas (isla de La Graciosa).

En general son materiales de tipo areno-arcilloso de color anaranjado y textura terrosa. A menudo se observan intercalaciones de pequeños niveles de cantos basálticos, con matriz arenosa. A veces aparecen también niveles de lapilli intercala-dos en el depósito. Una de las características más típicas son sus formas de alteración, que dan lugar a acarcavamientos y abarrancamientos. En general los espesores son muy reduci-dos, apenas 1-3 m.

2.3.2.1.12. Arenas y piroclastos alterados. (29)

Forman recubrimientos, a veces de espesores importantes, adosados a algunas laderas de los relieves de Famara, sobre todo en el lado oriental y en el Mirador del Río. A veces se acumulan también en áreas deprimidas y cerradas. Son depósitos de Coloración anaranjada, de carácter arcilloso, poco consolidadas en las que es frecuente que se desarrollen regueros y acarcavamientos. Proceden de la alteración de arenas y piroclastos, debido quizá, a las condiciones más

húmedas de esas zonas, que facilitan su transformación a materiales de tipo arcilloso. En algunos casos puede obser-varse el material original aún no totalmente transformado.

Cerca de El Agujero, al SO de Arrieta, aparecen, asociados a dichos depósitos, gran cantidad de nódulos esféricos y elip-soidales, compuestos por un material arenoso fino, a veces de estructura interna concéntrica o con un núcleo lítico.

2.3.2.1.13. Fisura Lomo Camacho-San Andrés. Conos de tefra basálticos. (30)

Estos edificios presentan una morfología achatada o escudi-forme, que los hacen marcadamente diferentes a la de los edificios típicamente cónicos, tan frecuentes en la isla. Están situados sobre una fisura de orientación N95°E y se les consi-dera como uno de los grupos de edificios más antiguos de la zona. Son volcanes de gran tamaño, y a pesar de su morfo-logía «en escudo», están constituidos íntegramente por lapi-lli basáltico, en general bastante homogéneos granulométri-camente, con intercalaciones de bombas volcánicas y niveles de escorias. Es frecuente la presencia de enclaves o nódulos de dunita, bien como fragmentos sueltos o englobados en las escorias y bombas.

La morfología original en algunos sectores, fundamen-talmente en Lomo Camacho, está seriamente retocada por las extracciones del lapilli en canteras abiertas en su perímetro.

Adosados a los flancos de Lomo San Andrés, aparecen depó-sitos de arenas eólicas, aunque en general la dispersión de esta arena por el viento hace que el recubrimiento sea débil.

Se desconoce si ambos centros de emisión llegaron a emitir coladas de lava, pues todo el área circundante está cubierto por esas arenas eólicas o coladas de edificios más recientes que ellos.

2.3.2.1.14. Alineación Gritana-M^{na} Mina. Coladas y piroclastos basálticos. (31)

Esta alineación está constituida por una gran número de edi-ficios de cinder, dispuestos sobre una fisura eruptiva de orientación N60°E, que forma una larga cadena montañosa de varios kilómetros de longitud (**Caldera Gritana, Riscada, Tinasoria, La Montañeta, Bermeja, Mina, etc.**). Los conos surgieron sobre los relieves del macizo de Ajaches y sobre los materiales del Dominio Central. Son edificios típicamente cónicos formados por piroclastos basálticos más o menos heterométricos (lapilli, escorias, bloques, bombas), generados en fases explosivas estrombolianas. Algunos, como Caldera Gritana, Riscada, Tinasoria, etc., presentan morfologías y dimensiones más propias de edificios hidromagmáticos («tuffcone»). En la zona existen depósitos asociados de este tipo, indicando, por tanto, la actuación inicial de mecanismos hidromagmáticos en la construcción de dichos edificios, que finalmente evolucionaron a los propios de erupciones estrombolianas que configuran el manto externo de estos conos. Hay que mencionar que Caldera Gritana y Caldera Riscada están emplazados sobre el paleocauce del valle de Femés, habiendo causado la obturación temporal del mismo, lo que pudo haber favorecido la actuación de estos fenóme-nos explosivos hidromagmáticos.

En general el proceso eruptivo fue altamente explosivo, cubriendo las emisiones piroclásticas grandes superficies, has-ta el punto que en la zona central, los relieves miocenos que-

daron prácticamente recubiertos. Los mantos de lapilli alcanzan espesores visibles de varios metros, cuando cubren áreas más o menos planas, y menores cuando caen sobre zonas de gran pendiente. Su granulometría es fina, oscilando entre 0,5 y 2 cm. Son lapillis de carácter basáltico y vesiculares.

Entre los depósitos piroclásticos de dispersión aparecen zonas con gran abundancia de líticos básicos y lapilli poco vesicular, reflejando esa sucesión continua de fases hidromagmáticas y estrombolianas a lo largo del paroxismo eruptivo. En algunas canteras al sur de Montaña Mojón se observa perfectamente la intercalación de estos niveles piroclásticos mixtos.

En algunos lugares, como a lo largo de la trinchera de la carretera hacia Femés, entre el km 1 y 2, aparecen bien expuestos depósitos piroclásticos freatomagmáticos masivos, de carácter húmedo, que se extienden hacia los lomos cercanos. Presentan abundancia de líticos basálticos, escorias, lapilli denso y algunas bombas de tamaños centimétricos, mostrando el depósito un carácter brechoide y proximal. La coloración del mismo es ocre-amarillenta, indicando un grado de palagonitización importante.

Las emisiones de lava de estos volcanes debieron ser muy importantes en cuanto a la superficie que ocuparon, sobre todo hacia el SE, llegando incluso a ganar terreno mar. En su recorrido hacia la costa recubrieron los relieves miocenos del Dominio Central, bordeando por el este el macizo de Ajaches y recubriendo algunos edificios situados a menor cota como Cortijos Viejos, etc. También debió haber emisiones hacia el N, aunque sólo se han observado en las proximidades de Uga. Precisamente en estas coladas se ha realizado una datación radiométrica (Plan MAGNA, hoja de Yaiza), en la que se ha obtenido una edad de 1,13 m.a. En la zona de La Gería, el extenso campo de piroclastos, la presencia de otros volcanes y coladas históricas de Timanfaya impiden su apreciación. No obstante, la morfología de esa zona próxima a estos edificios de la alineación, las pendientes, etc, permiten intuir que, además de materiales miocenos del primer ciclo volcánico, deben existir coladas de lava emitidas desde ellos.

El malpaís o campo de lavas formado está ya muy arrasado y notablemente reducido, siendo sus características idénticas a las de otras emisiones cuaternarias. Son lavas basálticas olivínicas, porfídicas, de tipo aa, escoriáceas superficialmente, pero masivas, coherentes y con disyunción columnar en su parte interna.

2.3.2.1.15. Alineación Hoya Antón-M^{na} Mesa. Coladas y piroclastos basálticos. (32)

Constituye un grupo de tres pequeños edificios orientados según una fisura N50°E, localizados en el eje del Valle de Fena, cerca de Yaiza.

Son tres conos de cinder constituidos por mantos de lapilli, escorias y bombas de composición basáltica olivínica, en general de granulometría heterométrica. Englobado en el piroclasto es frecuente la presencia de fragmentos de dunitas, con tamaños de hasta 30-40 cm.

A ninguno de los tres edificios puede atribuírsele emisiones de lava, pues se hayan completamente rodeados por campos de lava de emisiones posteriores que recubren todo el área e impiden su observación.

Una datación en estas coladas realizada por Coello *et al.* (1992) les asigna una edad de 0,92 m.a.

2.3.2.1.16. Alineación de Femés. Coladas y piroclastos basálticos. (33)

Este grupo de volcanes están emplazados sobre los relieves miocenos del macizo de Ajaches, formando una alineación de conos de orientación N45°E, coincidente por tanto, con las otras alineaciones, como Gritana-M^{na} Mina.

La boca eruptiva principal es el cráter de la Atalaya de Femés, que está superpuesto a otros salideros anteriores del mismo episodio eruptivo. Anidado dentro de él existe asimismo un pequeño cráter.

Del centro volcánico principal surgieron ingentes cantidades de lavas basálticas que se derramaron en cascada sobre las laderas del macizo mioceno, hasta alcanzar el mar, inundando previamente la plana costera, ocupada ya por las coladas de M^{na} Roja, a las que cubren parcialmente. Un ramal se canalizó también por el valle de Fena, habiéndose asignado a esta misma erupción las coladas de lava que constituyen el sustrato del pueblo de Yaiza. En su descenso hacia la costa rodearon al centro de emisión de M^{na} Maciot, el cual se ha atribuido a esta misma alineación. Se trata también de un malpaís de coladas basálticas olivínicas escoriáceas y caóticas en superficie. En su parte septentrional, han quedado cubiertas por las masivas emisiones de Timanfaya, aflorando entre ellas como ventanas aisladas.

2.3.2.1.17. Alineación M^{na} Zonzamas-Maneje. Coladas y piroclastos basálticos. (34)

Esta alineación volcánica está constituida por el complejo eruptivo de M^{na} Zonzamas y la M^{na} Maneje, que están alineados según una fisura eruptiva de orientación N70°E. Ambos edificios están localizados a pocos kilómetros al norte de Arrecife. Estratigráficamente se apoya sobre M^{na} Zonzamas otro edificio denominado Caldera de Zonzamas, cuyas emisiones de lava rodean a M^{na} Maneje.

Edificio M^{na} Zonzamas. Está compuesto por un grupo de bocas eruptivas superpuestas que conforman un edificio de tefra alargado. En el flanco suroriental surgió posteriormente La Caldera de Zonzamas, truncando la escotadura de cráteres que tenía el edificio.

Edificio M^{na} Maneje. Está situado al este del anterior, tratándose de un edificio de lapilli bastante esbelto y de perfil cónico, completamente rodeado por las potentes coladas procedentes de Caldera Zonzamas.

Las emisiones de ambos edificios se extienden hacia el sur, llegando hasta la costa, formando un malpaís de lavas basálticas olivínicas, bastante escoriáceas y caóticas, a veces con espesores individuales de hasta 5 m. Actualmente su morfología original está bastante degradada por la fuerte actividad antropogénica, principalmente en las zonas más distales, que es donde se ubica Arrecife, la capital de la isla, y su aglomeración periférica.

Una edad radiométrica obtenida en estas coladas da una edad de 0,71 m.a., (PLAN MAGNA, hoja de Arrecife).

2.3.2.1.18. Depósitos de conglomerados antiguos (aluvial). (35)

Aparecen en los barrancos Las Piletas-La Espoleta y Mullión, al suroeste y sur de Guatiza, y en la desembocadura del valle

de Temisa, junto a Arrieta, así como en la ladera norte del barranco de Fuente Dulce, al sur de Orzola. Se trata de depósitos aluviales antiguos, aterrizados y levantados sobre el cauce actual. En el valle de Temisa, a su desembocadura se abren en abanico, formando una llanura aluvial bastante amplia; en Fuente Dulce y en Mullión debió ocurrir lo mismo, si bien actualmente los afloramientos están mucho más reducidos.

Están formados por arenas y cantos basálticos redondeados y subredondeados, heterométricos, con una proporción de matriz baja, pero variable de unos afloramientos a otros. Los espesores también son muy variables, desde 1,8 a 2 m en Temisa, desde inferior al metro hasta 4 m en los afloramientos más meridionales.

2.3.2.1.19. Alineación Caldera Zonzamas-Corona. Coladas y piroclastos basálticos. (36)

Esta alineación comprende un grupo de edificios con una morfología bastante bien conservada en todos ellos. Se hallan dispuestos a lo largo de una fisura de orientación N70°E, localizándose Caldera de Zonzamas en un extremo de ella, al norte de Arrecife, y el grupo M^{na} Téjida-M^{na} Corona, en las inmediaciones de Costa Teguisse.

Edificio Caldera de Zonzamas. Es un gran edificio de tefra con un amplio cráter, apoyado directamente sobre el conjunto de bocas eruptivas de M^{na} Zonzamas. Sus emisiones lávicas son potentes coladas aa basálticas muy viscosas, que conforman un estrecho malpais abrupto y caótico que rodeó a M^{na} Maneje. Son frecuentes y abundantes los enclaves de dunita englobados, tanto en los piroclastos como en las lavas.

Los edificios M^{na} Téjida y M^{na} Corona constituyen un conjunto eruptivo formado por dos edificios principales y otras bocas menores, cuyas emisiones conforman un amplio malpais que se extienden hacia la costa oriental, cubriendo parte del campo de lavas de Guanapay. La morfología avanzada que provoca en la línea litoral, su escaso arrasamiento y cantiles elevados denotan su relativa juventud. A lo largo de la superficie del malpais se observa perfectamente el carácter aa y escoriáceo de las coladas basálticas, que a veces forman potentes coladas o verdaderas morrenas de bloques y cascos. Se aprecian también superficies cordadas, algunos hornitos y tómulos.

Los edificios en si son de constitución piroclástica típica, con formas cónicas, en ocasiones con cráter y otras sin él, contruidos mediante fases estrombolianas. Inicialmente, sin embargo, hubo fenómenos de interacción agua/magma, que generaron depósitos hidromagmáticos, tal como se observa en la zona meridional de M^{na} Corona y Téjida.

En un frente actual de colada en la costa, en las inmediaciones de la Ensenada de La Gorrina, se ha realizado una datación radiométrica K/Ar, (PLAN MAGNA, hoja de Guatiza), en la que se obtuvo una edad de 770.000 años.

2.3.2.2. Período Pleistoceno medio

A lo largo del Pleistoceno medio no existe alteración significativa en el tipo y características de la actividad volcánica, continuando las emisiones de lavas basálticas escoriáceas a partir de fisuras, y la construcción alineada de conos piroclásticos, Fig. 2.3. Se observa, al menos a partir de las dataciones radiométricas disponibles, que existe una disminución en el

número de centros de emisión, si bien las tasas eruptivas en muchos de ellos se mantienen elevadas, al igual que ocurría en las emisiones del período anterior.

2.3.2.2.1. Fisura de Tinajo y Morro de San Roque. Conos de tefra basálticos. (37)

Representa posiblemente una pequeña fisura conjugada de otras más importantes que siguen la orientación dominante en la isla. Sobre ella se han emplazado dos pequeños centros de emisión **M^{na} Tinajo y Morros de San Roque**, que se encuentran completamente rodeados por lavas del conjunto Tinaché, Mazo-Iguadén y M^{na} Tamia. Están compuestos por lapilli escorias y «spatter» de composición basáltica. Sus posibles derrames lávicos se hayan cubiertos por las emisiones posteriores.

2.3.2.2.2. Alineación M^{na} Bermeja-Vieja Gabriela. Coladas y piroclastos basálticos. (38)

Esta alineación está constituida por un conjunto de volcanes localizados al norte de las Salinas de Janubio, en el sector suroccidental de la isla, y se hayan alineados según una fisura de orientación N80°E. Las emisiones históricas de Timanfaya los rodean completamente, dejándolos aislados de otros edificios con quienes correlacionarlos estratigráficamente. El único criterio para situarlos cronológicamente antes de la alineación El Golfo-M^{na} Rodeos (situada inmediatamente al norte) es la presencia sobre M^{na} Gabriela de depósitos hidromagmáticos, atribuibles al cono de tobas de El Golfo.

Este conjunto de volcanes consta de cuatro bocas principales (**M^{na} Bermeja, Caldera Chozas, Vieja Gabriela y Pico Redondo**) y otras menores, superpuestas e imbricadas unas con otras, salvo M^{na} Bermeja que se encuentra en el extremo suroccidental y separada del resto. Son edificios de tefra basáltica, bastante erosionados y a veces algo encalichados, normalmente recubiertos, en las partes inferiores de sus laderas, por un delgado tapiz de lapilli procedente de la lluvia de dispersión de Timanfaya. La Caldera Chozas es un edificio de «spatter» con un cráter perfectamente circular.

Adosados a la ladera occidental y al pie del flanco septentrional de M^{na} Vieja Gabriela (junto a la pista que va hacia El Golfo) se observan placas de depósitos piroclásticos finamente estratificados, de carácter hidromagmático. Están constituidos por un material oscuro fino de color gris, con abundantes líticos y bastante consolidados, de espesor total inferior al metro. Dado que este edificio es de carácter estromboliano, la procedencia de estos depósitos se atribuye a oleadas piroclásticas del edificio El Golfo, situado a escasa distancia al norte.

La **M^{na} Bermeja** presenta un grado de conservación algo mejor que el resto, y además está apoyada sobre coladas procedentes de aquellos, por lo que parece más moderno que ellos. IGME-CSIC (1967g) y FUSTER *et al.* (1968) la consideran igualmente posterior, asignándola a su Serie IV, y a los otros a la Serie III.

Al pie del flanco occidental de M^{na} Bermeja se observan depósitos de aglutinados, que gradualmente van siendo más masivos, hasta que pasan a formar auténticas lavas, con espesores de 2 m.

Las emisiones lávicas de este grupo volcánico son de carácter basáltico olivínico, estando su superficie ya notablemente ero-

sionada y reducida en extensión por las históricas del siglo XVIII.

2.3.2.2.3. Alineación Miguel Ruiz-Juan Bello. Coladas y piroclastos basálticos. (39)

Forma una cadena de edificios volcánicos orientados N50°E, que se extiende varios kilómetros de longitud en la zona central de la isla. Su presencia representó una primera barrera topográfica a la expansión de los flujos lávicos de la masiva erupción histórica de Timanfaya.

Los edificios que conforman esta alineación, **M^{na} Miguel Ruiz, Chupaderos, Díama, Peña Palomas, Negra, Testeyna, Juan Bello**, etc., presentan un grado de conservación relativamente alto, y en gran medida muchos de ellos se hayan recubiertos por la lluvia de lapilli de dispersión de Timanfaya. Algunos centros de emisión, como M^{na} Testeyna, quedan un poco apartados de la directriz principal de la alineación, pudiendo corresponder a pequeñas fisuras conjugadas de aquella. Su constitución es enteramente de lapilli, escorias y bombas basálticas olivínicas.

Las emisiones de lava surgieron de fisuras en la base de los conos, y en el caso de M^{na} Díama y Juan Bello, se acumularon, justamente en su salida, formando una potente masa lávica. Las de M^{na} Miguel Ruiz forman un malpaís muy caótico de bloques y morrenas de lava muy potentes, que se desparraman en abanico, sin llegar a alcanzar grandes distancias de su centro emisor. No obstante, en todos los casos, es posible que estas lavas se continúen debajo del campo lávico de Timanfaya.

2.3.2.2.4. Alineación El Golfo-M^{na} Rodeos. Coladas y piroclastos basálticos. (40)

Comprende la sucesión de edificios **M^{na} El Golfo, Caldera Islote de la Vega, M^{na} Hernández, Tremesana, Fuego Sur, Caldera del Corazoncillo y M^{na} Rodeos**, localizados en el sector suroccidental de la isla, desde la costa hasta la zona de Montañas del Fuego y prácticamente todos ellos dentro del Parque Nacional de Timanfaya. La directriz estructural que forman es subparalela a la fisura principal de las erupciones de Timanfaya, y sigue una dirección de N65°E.

Todos los edificios que componen esta alineación, salvo la M^{na} El Golfo son idénticos, estructural y composicionalmente, tratándose de conos de cinder basálticos, a veces de grandes dimensiones, como M^{na} Tremesana y Fuego Sur, y con amplios cráteres en su parte cimera. La Caldera del Corazoncillo es un perfecto edificio circular con un cráter de más de 100 m de profundidad. En general son el resultado de una actividad explosiva estromboliana, construidos en varios episodios eruptivos; todos ellos presentan un recubrimiento más o menos importante de lapilli de Timanfaya.

El edificio más característico del conjunto es sin duda la **M^{na} El Golfo**. Es un edificio hidromagmático al que le falta toda su mitad oriental, presentando en ese lado un elevado escarpe vertical que permite apreciar perfectamente su constitución interna. La secuencia eruptiva de este edificio fue estudiada con detalle por MARTI y COLOMBO (1990), analizando la sucesión de depósitos piroclásticos que lo constituyen y sus características sedimentológicas.

El edificio surgió sobre la plataforma costera, en un medio subacuático, lo que ocasionó la consiguiente interacción explosiva entre el magma ascendente y el agua marina. Está

constituido por depósitos de oleadas piroclásticas generadas por el colapso de sucesivas columnas eruptivas, MARTI y COLOMBO (*op. cit.*). En la secuencia piroclástica expuesta se aprecian dos tipos de depósitos claramente diferentes, que reflejan las variaciones en la relación agua/magma a lo largo del proceso eruptivo.

El depósito inferior es de carácter húmedo, formado por una toba algo brechoide, con estratificación masiva, coloración amarillenta por la intensa alteración palagónica y con un grado de litificación importante. Los productos de alteración identificados, según dichos autores, son esmectitas, ceolitas y óxidos de hierro. En la parte superior el depósito, de carácter seco y coloración grisácea, está constituido por un material arenoso de grano fino, con laminaciones planares y paralelas, de gran continuidad, destacando sus estructuras tipo duna y antiduna, estratificaciones cruzadas, estructuras de impacto que deforman la láminas, lapilli acrecionario (más abundante que en la parte inferior), etc. Entre los fragmentos juveniles destacan fragmentos de vidrio y bombas de composición basáltica. La fracción de líticos accesorios es bien visible, apareciendo fragmentos de gabros, dunitas, etc. En general a lo largo del depósito destaca la ausencia de depósitos estrombolianos, lo que indica la constancia en la interacción entre el magma y el agua.

La dispersión de los flujos piroclásticos fue radial, tal como señala el análisis de paleocorrientes efectuado por MARTI y COLOMBO (1990) y los depósitos debieron alcanzar gran extensión. Como se dijo antes, se han detectado depósitos de este tipo y supuestamente de esta procedencia en la ladera de M^{na} Vieja Gabriela, situada a unos 2,3 km de distancia al SE de El Golfo.

En las inmediaciones de los edificios de la alineación se observan coladas escoriáceas y vesiculares de basaltos olivínicos, cuyo grado de erosión y alteración contrasta con la de los malpaíses históricos de Timanfaya. Esas coladas corresponden a las emisiones lávicas de estos edificios, pero su extensión es desconocida al quedar prácticamente cubiertos por los del siglo XVIII.

2.3.2.2.5. Depósitos de ladera y coluviones. (41)

Estos materiales aparecen fundamentalmente relacionados con los relieves miocenos de los macizos de Ajaches y Famara. También se han observado algunos depósitos de esta naturaleza en las faldas de algunos de los conos volcánicos cuaternarios. La edad de estos depósitos es algo incierta, ya que al situarse sobre las laderas de los relieves miocenos, pueden haber comenzado a formarse en épocas relativamente antiguas y continuar el depósito hasta casi la actualidad. No obstante, esta generación de depósitos es posterior a la primera generación de abanicos de ladera, los cuales aparecen encalichados y seccionados por éstos.

Los constituyentes primordiales son arenas, cantos y bloques angulosos y subangulosos, muy heterométricos de composición eminentemente basáltica. Los cantos están englobados en una matriz arenosa sin que se observe ningún tipo de estructuración interna.

2.3.2.2.6. Alineación Caldera Quemada-Chibusque. Coladas y piroclastos basálticos. (42)

Es una de las alineaciones de mayor longitud de la isla, extendiéndose desde la costa occidental, cerca de El Golfo,

hasta la zona central, cerca ya de Tao, y con una orientación N75°E. Esta misma fisura se reactivará más tarde, en el siglo XVIII, dando lugar a las erupciones de Timanfaya.

Los edificios del extremo occidental son **M^{na} Quemada**, un cono circular con un amplio cráter **M^{na} Pedro Perico**, formada por varios cráteres y **M^{na} Encantada**. A su alrededor afloran coladas de lava basálticas que se les supone emitidas por ellos, mostrando igualmente un grado de arrasamiento considerable, lo que permite distinguirlas de las emisiones de Timanfaya, las cuales rodean todo este conjunto volcánico. Sobre la superficie de esas lavas se encuentran algunos hornitos y pequeños hundimientos (jameos) que denotan la presencia de tubos volcánicos en el interior.

Alejados de ellos se encuentra el resto de edificios, **M^{na} Miraderos**, uno de las mayores dimensiones, **M^{na} Peña Santa Catalina**, que está compuesto por dos edificios alargados, **M^{na} el Alto y Chibusque**. Son todos de constitución piroclástica, fundamentalmente lapilli y escorias basálticas. Al estar completamente rodeadas por las lavas de Timanfaya, no es posible saber si llegaron a tener emisiones lávicas, aunque probablemente sí.

Dada su proximidad a los centros eruptivos de las erupciones históricas, todas ellos están prácticamente recubiertos por lapilli de esas erupciones, aflorando, escasamente el edificio entre ellos. Esto hace que a primera vista pueda pensarse que toda esta aglomeración de volcanes próximos a M^{na} del Fuego pertenezcan a las erupciones de Timanfaya.

2.3.2.2.7. Alineación Guardilama-Guatisea. (43)

Constituye la prolongación de la alineación Caldera Gritana-Bermeja-Mina, por lo que se trata de una reactivación posterior de la misma fisura eruptiva. Su orientación es N60°E y forma una alineación montañosa que se extiende desde la zona de La Geria hasta el barrio de M^{na} Blanca.

Los edificios surgieron sobre los relieves miocenos del Dominio Central, por lo que algunos, los de mayores dimensiones, alcanzan en su cima grandes alturas, como **M^{na} Guardilama, Caldera Gáida, M^{na} Tesa (o Tersa), M^{na} Blanca y M^{na} Guatisea**. Las laderas inferiores de los edificios mencionados, que son los más occidentales, están recubiertas también por la lluvia de dispersión de lapilli de Timanfaya, aflorando el edificio original sólo en su parte superior. Algunos de ellos como M^{na} Blanca y Guatisea surgieron asimismo recubriendo depósitos de arenas eólicas.

Son conos de tefra formados por capas de lapilli, a veces bien estratificados y mostrando alternancia de niveles con granulometrías distintas, intercalaciones de escorias y bombas que en ocasiones engloban enclaves de dunita. La lluvia de dispersión alcanzó una amplia zona, cubriendo gran parte de los relieves miocenos del Dominio Central (áreas de Güime), y aunque enmascaran la topografía previa, no impiden adivinar la morfología original.

En estos depósitos de dispersión existe una abundante fracción de líticos basálticos centimétricos y milimétricos, que indican la coexistencia de fases hidromagmáticas y estrombolianoas alternantes durante la erupción. En algunas zonas, como por ejemplo, en la trinchera de la carretera general Arrecife-Tías, existen depósitos hidromagmáticos de tipo húmedo, formando una toba palagonítica amarillenta.

La emisión de lavas de esta fractura se canalizó principalmente hacia la parte centro-meridional de Lanzarote, alcanzando en conjunto gran dispersión. Las lavas fluyeron sobre los materiales miocenos o incluso sobre otras emisiones cuaternarias, como las de Gritana-Bermeja-Mina, hasta llegar a la costa, donde a veces se observa que cayeron en cascada desde cierta altura (proximidades de Puerto del Carmen). Formaron un malpaís de lavas basálticas olivínicas aa, escoriáceas en superficie y masivas en el interior. Actualmente, al norte de Playa Honda, su superficie se haya recubierta por arenas eólicas voladoras, si bien con escasa potencia.

Existe una edad de 240.000 años, obtenida por Coello *et al.* (1992) en las lavas de la zona de Salinas de Matagorda, que pone de manifiesto que se trata de una erupción bastante reciente.

2.3.2.2.8. Conjunto Tinaché, Mazo-Iguadén; Tizalaya-Tamia; M^{na} Yuco. Coladas y piroclastos basálticos. (44)

En la zona central de la isla se han agrupado dos conjuntos de centros de emisión que forman alineaciones paralelas entre sí (N80°E); por un lado, el conjunto de **M^{na} Dolores, Tinaché, Timbaiba**, y por otro **M^{na} Mazo, Rostros, Coruja, Iguadén, volcanes de Tizalaya y M^{na} Tamia**. Todos ellos, excepto M^{na} Mazo que se encuentra aislado, en el extremo SO del grupo, forman una aglomeración muy intrincada, con emisiones de lava, que resulta difícil individualizar.

Las características de este grupo son similares a las de los otros volcanes ya descritos, es decir, se trata de conos de lapilli y escorias de composición basáltica olivínica, en algunos casos de contorno perfectamente circular, como en el caso de M^{na} Iguadén. Es frecuente que todos ellos engloben abundantes fragmentos duniticos.

Las lavas fluyeron principalmente hacia el norte hasta alcanzar la costa. Rodean y recubren emisiones anteriores, como los volcanes de Tenezar, Costa Tinajo y Morros de San Roque, etc., y a su vez fueron recubiertas posteriormente por las de Timanfaya. La superficie ocupada es extensa y en gran parte se haya reducida también por los depósitos dunares del área de Tinajo-Tiagua (El Jable).

2.3.2.2.9. Edificio Tahíche. Coladas y piroclastos basálticos. (45)

Aunque se le ha considerado por separado, el volcán de Tahíche se encuentra igualmente dentro de la banda de alineaciones volcánicas de orientación NE-SO y posiblemente quizás, relacionado con las emisiones de la alineación de Caldera Zonzamas.

Es un edificio de lapilli y escorias basálticas de morfología muy bien conservada, el cual emitió gran cantidad de lavas que forman un extenso malpaís, también muy bien presevado, de unos 17,6 km² de superficie. Las coladas alcanzaron la costa, a unos 4-5 km del centro de emisión, cubriendo emisiones anteriores como las de M^{na} Zonzamas-Maneje o las de Téjida-Corona y Guanapay. Estas coladas forman potentes morrenas de lava, muy escoriáceas, con grandes bloques sueltos y caóticos en superficie, si bien, como es habitual en este tipo de coladas, su interior es masivo y coherente, con disyunción columnar. Su potencia visible puede alcanzar 4 o 5 metros, la composición invariablemente basáltica olivínica.

En la costa se observan pequeños depósitos marinos fosilíferos pertenecientes a la rasa marina erbanense, apoyados sobre las coladas de Tahíche.

De las emisiones lávicas de Tahíche se dispone de tres dataciones absolutas K-Ar, y las tres las asignan una edad inferior al millón de años. La más antigua es de 990.000 años, ABDEL MONEM *et al.* (1971), mientras que las otras dos son de 350.000 y 630.000 años, COELLO *et al.* (1992). Por su posición estratigráfica respecto a edificios y malpaíses próximos, algunos también datados, parece más lógico considerar de las tres dataciones las más bajas.

2.3.2.2.10. Alineación de Soo. Coladas y piroclastos basálticos. (46)

Está integrada por seis edificios principales, **M^{na} Mosta, Pico Colorado, Caldera Trasera, M^{na} Juan del Hierro, M^{na} Chica y M^{na} Cavera**, junto con otras bocas eruptivas menores, todos alineados según una fisura de orientación NE-SO, paralela a la costa norte de Tinajo.

En la mayoría de los edificios se observan dos episodios claramente diferenciados. Uno inicial, de origen hidromagmático y otro final ya de carácter estromboliano. Los depósitos correspondientes al primero ocupan las partes interiores o el núcleo de los edificios, y están formados por tobas palagónicas amarillentas de tipo húmedo («wet surge»), bastante consolidadas y con estratificación masiva poco desarrollada. Estos depósitos evolucionan a depósitos cineríticos secos, en los que se observan laminaciones planares, a veces con estructuras de impacto.

La parte superior, discordante con la anterior, está formada por depósitos de lapilli basáltico de color oscuro, originados en estadios explosivos estrombolianos, los cuales forman el manto externo del edificio, cubriendo en gran medida los depósitos anteriores.

Las coladas de lava emitidas discurrieron hacia la costa norte, y donde mejor exposición presentan es a lo largo del acantilado, ya que en general están recubiertos por arenas eólicas de El Jable. En su recorrido debieron fosilizar, también, los campos de dunas que jalonaban el litoral. Son lavas basálticas olivínicas bastante vesiculares y engloban abundantes enclaves de dunitas.

2.3.2.3. Período Pleistoceno superior

En el Pleistoceno superior no se detectan variaciones en el tipo de actividad volcánica respecto a los episodios anteriores de este mismo período. Continúa, eso sí, la disminución en el número de emisiones, si bien algunas de ellas dan lugar también a grandes volúmenes de lava.

2.3.2.3.1. Alineación La Montañeta-Caldera Honda. (47)

Está compuesta por dos edificios, **La Montañeta y Caldera Honda**, localizados en la zona central, al norte de Tías y próximo a San Bartolomé, alineados según una fisura de orientación N50°E. En realidad corresponden a reactivaciones de fisuras anteriores.

El relativo buen grado de conservación de los edificios y malpaís, así como su aparente posición estratigráfica superpuesta a emisiones adyacentes ha permitido su indi-

vidualización, a pesar de que Caldera Honda se halle bastante apartada de La Montañeta. Las lavas emitidas por este grupo de conos de cinder forman un malpaís basáltico de morfología idéntica a otros ya descrita. Desde La Montañeta se canalizaron hacia el sur, mientras que las coladas emitidas desde Caldera Honda, se acumularon próximas al centro de emisión, formando potentes morrenas de lava, que denotan un grado de viscosidad considerable y un carácter más tardío respecto a emisiones iniciales más lejanas.

2.3.2.3.2. Fisura de M^{na} Bermeja. Coladas y piroclastos basálticos. (48)

La **M^{na} Bermeja** se encuentra junto a la costa centro-occidental de Lanzarote, al norte de Tinajo. Es un pequeño cono piroclástico bastante bien conservado, con un cráter abierto hacia el norte, constituido por lapilli gruesos, bloques, escorias y bombas volcánicas de composición basáltica. Junto a ella existen otras bocas eruptivas menores.

De todos estos salideros surgieron lavas que traspasaron la línea de costa algunas decenas de metros, formando un malpaís escoriáceo aún relativamente bien conservado. En la cartografía de FUSTER *et al.* (1968) a este volcán se le asigna a la Serie más reciente, la Serie IV.

2.3.2.3.3. Deslizamientos gravitacionales del Valle de Fena. (49)

Los fenómenos de deslizamientos gravitacionales en masa de las laderas de los edificios volcánicos son uno de los acontecimientos más frecuentes y característicos en su evolución volcano-tectónica. En el caso de Lanzarote se supone que debieron ser responsables, en gran parte, del desmantelamiento de los edificios miocenos, siendo el caso, más evidente, el actual escarpe occidental de Famara, posteriormente retocado por agentes erosivos diversos.

En el edificio mioceno de Ajaches ha sido reconocido un deslizamiento gravitacional, a pequeña escala, en la ladera meridional del valle de Fena.

Los depósitos originados presentan un relieve irregular, con superficie caótica, alomada y a veces formando pequeñas acumulaciones o cerritos alineados, que definen una morfología de tipo «hummocky», característica de estos depósitos. Están formados por fragmentos angulosos o megabloques de coladas basálticas, a veces enteras, pero muy rotas y brechificadas, y una escasa matriz arenosa.

2.3.2.3.4. Fisura La Quemada-Los Helechos. Coladas y piroclastos basálticos. (50)

El grupo de edificios de **La Quemada, Los Helechos, La Corona y La Quemada de Orzola**, situados sobre el macizo de Famara, constituyen en realidad una misma alineación volcánica cuaternaria (N45-50°E) en la que ha habido dos pulsos eruptivos. El primero representado por lo que se ha llamado Fisura La Quemada-Los Helechos y el segundo, más moderno y superpuesto al anterior, por la Fisura La Corona-Quemada de Orzola. El mayor grado de erosión y arrasamiento de los malpaíses próximos al primer grupo permiten establecer esa división, al mismo tiempo que indican una progresión de la actividad eruptiva desde el extremo suroccidental al nororiental.

No existe ninguna datación radiométrica de este conjunto volcánico. Su edad relativa puede estimarse, sin embargo, por la presencia, sobre las lavas del segundo grupo, de depósitos marinos erbanenses, con edades entre 2.000 y 4.000 años. Se supone, por tanto, que el proceso eruptivo tuvo lugar hacia mediados o finales del Pleistoceno superior, representando así uno de los últimos episodios subhistóricos de Lanzarote. IGME-CSIC (1967 c y e) y FUSTER *et al.* (1968) lo asignaron igualmente a su serie volcánica más reciente, la Serie IV.

Además de los centros de emisión principal, La Quemada y Los Helechos, existen otros menores como la Cerca y El Valle.

Los centros de emisión **La Quemada, los Helechos, La Cerca** y otros salideros menores se superponen unos a otros formando una perfecta grieta eruptiva sobre los relieves de Famara. Son edificios de cinder, a menudo de spatter, de composición basáltica olivínica. La actividad explosiva ocasionó una lluvia de piroclastos, que dispersada por el viento ocupó grandes áreas próximas a los edificios. En ocasiones estos depósitos alcanzan potencias de varios metros, recubriendo completamente la topografía previa y en algunos lugares son explotados en canteras.

La emisión de lavas surgidas de grietas y fisuras localizadas en la base de los conos (en algunos casos salieron de los propios cráteres) se canalizaron masivamente hacia la vertiente oriental, a través del valle de Máguez, cayendo por los relieves de Famara, hasta alcanzar la costa. Los frentes actuales de estas lavas se encuentran hoy a unos 5-6 km de distancia de las áreas de emisión y puede apreciarse, por la morfología avanzada que dan en la costa, que prolongaron el perímetro insular mar adentro.

Desde el pueblo de Arrieta se tiene una espléndida panorámica de la caída en cascada de estas lavas por el relieve de Famara. Desde esta zona puede verse también un pequeño ramal que quedó aislado (bco. de La Negra) de la emisión masiva.

Otro ramal, se dirigió, tras inundar el valle de Guinate, hacia la costa occidental, cayendo por los impresionantes escarpes del macizo de Famara. En la costa la emisión se abrió en abanico antes de su entrada en el mar, mostrando vistosas formas cordadas o arqueadas por el empuje producido desde atrás y la resistencia lateral al flujo.

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

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

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

2.3.2.3.5. Fisura La Corona-Los Helechos. Coladas y piroclastos basálticos. (51)

Uno de los malpaíses o campos de lava no históricos más espectaculares de Lanzarote es el de los volcanes La Corona-La Quemada de Orzola, más conocido por **Malpaís de La Corona**.

La Corona es un gran cono de más de 250 m de altura, constituido por mantos de lapilli y escorias basálticas. Surgió sobre la parte alta de los relieves de Famara y su lluvia de dispersión de lapilli recubrió todo el área, aflorando aquellos únicamente en pequeñas ventanas entre los piroclastos. La potencia de estos depósitos en las zonas próximas al volcanes de varios metros.

La Quemada de Orzola está situada en el extremo nor-oriental de la alineación. Es un cono de tefra estromboliano, en el que han intervenido también fases freatomagmáticas.

Otro centro de emisión importante se encuentra en las **Peñas de Tao** y así lo identifican también BRAVO (1964) y FUSTER *et al.* (1968). Esta boca eruptiva es eminentemente efusiva y de ella surgieron enormes coladas de bloques de lava.

Las coladas que salieron de estos centros de emisión cayeron también masivamente hacia el este sobre el macizo de Famara, incrementando por ese lado el perímetro insular, al alcanzar la costa. Sólo un ramal procedente de La Corona, invadiendo primeramente la vega de Ye, se precipitó a través de un estrecho portillo por el acantilado occidental, provocando un pequeño delta al entrar en el mar. Hacia el sur recubrieron parte de las emisiones del pulso de La Quemada-Los Helechos. La superficie total ocupada por este malpaís junto con el de La Quemada-Los Helechos es del orden de 50 km².

La morfología de las coladas es similar a las anteriores es decir, grandes y potentes morrenas de bloques y cascotes, con taludes frontales y laterales muy pronunciadas, de espesores que pueden variar entre 1-4 m y 10-30 m. Los afloramientos más espectaculares, por sus dimensiones, son los del área de las Peñas de Tao. Sobresaliendo entre estas lavas aa y de bloques existen reflujos pahoehoe que muestran arcos de empuje, formas lobuladas, etc.

Bastante frecuente a lo largo del malpaís es la presencia de grandes bloques de lava -megabloques- que fueron arrastrados por las lavas en su desplazamiento, (proximidades de Orzola, Peñas de Tao, etc.). Sobresalen como islotes o mogotes y tienen varios metros cúbicos de volumen, con alturas que pueden llegar a 10 m.

Otro aspecto llamativo son los abombamientos o intumescencias en las coladas, a menudo con agrietamientos longitudinales y radiales, originadas por la presión interior de los gases. En algún caso se observa algún reflujo de lava pahoehoe saliendo de su interior.

La actividad debió prolongarse bastante tiempo, observándose frentes y ramales de coladas mucho más tardías que recubren flujos previos de la misma erupción.

En la costa, las coladas están ya bastante arrasadas y sobre ellos se depositaron los sedimentos marinos correspondientes al nivel de playa erbanense (Holoceno), quedando hoy levantados unos 0,5 m sobre el nivel del mar.

Otro aspecto morfológico de las coladas, además de los superficiales, ya mencionados, es la presencia, a veces, de

tubos volcánicos o cavidades subterráneas en este tipo de campos de lavas. Existen varios ejemplos de estos en Lanzarote, como la Cueva de Los Naturalistas (bajo el malpaís de Timanfaya), pero entre todos, sobresale el desarrollado bajo el Malpaís de La Corona por sus dimensiones longitudinales e internas, buen estado de conservación en determinados tramos, fácil acceso, vistosidad, etc, lo que ha hecho que algunos sectores del mismo hayan sido acondicionados para su visita turística con guías. A este tubo volcánico se le conoce popularmente como Los «Jameos del Agua», nombre que hace referencia a una de las entradas al mismo, ya que el término «jameo» se emplea para designar las aberturas por las que se accede a estas cavidades.

Se trata de un tubo volcánico que comienzan al pie del edificio La Corona, en su parte suroriental, y se extiende de manera prácticamente continua hasta la costa, situada a unos 6,10 km de distancia. A partir de ella se prolonga todavía varios kilómetros bajo el mar, sin que hasta hoy se haya logrado llegar al final: es el denominado «**Túnel de la Atlántica**».

Su recorrido subterráneo está perfectamente marcado en superficie por la existencia de esas depresiones u hoyas, que en Lanzarote llaman «jameos», los cuales de manera alineada van mostrando su trazado. Estas depresiones o jameos se forman como consecuencia del colapso del techo del tubo volcánico, alcanzando, en ocasiones, profundidades de hasta 20 o 30 m, con paredes completamente verticales. Son precisamente estos hundimientos del techo del tubo los que permiten su detección y acceso al interior, pues de lo contrario podrían pasar desapercibidos.

Existen numerosos jameos a lo largo de este tubo volcánico, recibiendo, muchos de ellos nombres locales, como Jameo Trasero, Jameos de Arriba, Jameos de la Puerta Falsa, Jameo Cumplido, Jameo Redondo, Jameo de la Gente, Jameo de los Lagos, Jameo del Agua (éste el más famoso), etc., BRAVO (1964). En los dos últimos hay pequeños lagos de agua salada, debido a la comunicación subterránea con el mar. En los Jameos del Agua, existe, un pequeño cangrejo ciego y despigmentado (blanco), de la especie *Munidopsis polymorpha*. La sucesión encadenada de todos estos jameos es denominada por este autor con el gráfico nombre de «Ruta de los Jameos».

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

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

La formación de los tubos volcánicos está condicionada por las características físicas de las lavas (temperatura, fluidez, composición química, etc.) pero también por la superficie topográfica por la que discurren. Su formación se ve favorecida por una elevada temperatura y fluidez de las lavas, en general propio de las de composición basáltica, como en este caso, además de pendientes poco abruptas, más bien suaves. Como consecuencia de ser las lavas malas conductoras del calor, una vez enfriada y solidificada la superficie de la corriente lávica, el interior queda aislado térmicamente y protegido del enfriamiento, permitiendo el flujo continuo de la lava bajo la costra superior endurecida. Al cesar la emisión o disminuir la tasa de efusión en la boca eruptiva, permanecerá vacía una cavidad de forma tabular.

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

2.3.2.3.6. Fisura de Calderetas de Guatiza y M^{na} Guenia. Coladas y piroclastos basálticos. (52)

El grupo volcánico de Calderetas de Guatiza parece representar una de las últimas erupciones no históricas de Lanzarote, habiendo ocurrido, probablemente, ya en el Holoceno. Constituye una alineación de varios centros volcánicos principales y otros menores, adventicios, localizados en el sector septentrional y oriental de la isla, al este de los relieves de Famara.

El grado de conservación del malpaís, de los edificios y la morfología avanzada en la costa, con cantiles de algunos metros es uno de los criterios utilizados para pensar que se trata de una erupción relativamente reciente. Sin embargo, el rasgo más significativo es que parece estar ocupando la rasa marina erbanense en la zona de Riscos del Lajero, al sur de Arrieta.

Los edificios son típicos conos de tefra basálticas (**M^{na} Tinamala, Las Calderas, Calderetas de Guatiza**, etc.), a veces con amplios cráteres y en algún caso, como M^{na} Tinamala, surgieron sobre relieves miocenos. Es posible que hayan intervenido fases hidromagmáticas en los estadios iniciales de su construcción. El área circundante, pero principalmente al sur de los conos, está extensamente cubierta por piroclastos de dispersión.

Las lavas son basálticas, muy escoriáceas y vesiculares en superficie, pero masivas en el interior, y forman también potentes morrenas de cascotes sueltos, con taludes pronunciados. Engloban abundantes enclaves de rocas ultramáficas (dunitas, piroxenitas) y en algún caso de gabros. El malpaís formado ocupa una amplia superficie, principalmente hacia el norte y este de los centros de emisión y cubre emisiones anteriores como los de Guanapay y coladas antiguas al sur de Arrieta.

La M^{na} de Guenia, es otro volcán posiblemente contemporáneo a estos, surgido sobre los materiales de Famara, al oeste de M^{na} Tinamala. Sus coladas cayeron, por un lado, hacia el este, como se observa en el barranco de Teneguïme, a donde se precipitaron en cascada por el relieve mioceno. Un grueso ramal se emitió hacia el oeste del cono, bordeándolo y dirigiéndose hacia el sur (zona de las Vegas de Guenia), alcanzando un recorrido de 1 km. En este sector son coladas

muy potentes, de varios metros de espesor, también de composición basáltica olivinica.

2.3.3. Periodo histórico

El volcanismo histórico de la isla de Lanzarote está representado por las erupciones de Timanfaya (1730-36) y por la alineación volcánica del año 1824. Ambas manifestaciones han tenido lugar en el sector centro-occidental de la isla, Fig. 2.4, y existe numerosa documentación sobre ellas gracias a las crónicas de entonces, realizadas por los curas de Yaiza y San Bartolomé. Además recientemente, CARRACEDO y BADIOLA (1991) han descubierto otro documento elaborado por la Junta de la Real Audiencia de Canarias que se conserva en el Archivo de Simancas.

La erupción de Timanfaya constituye la de mayor importancia dentro del volcanismo histórico del archipiélago, tanto por la extensión que ocupan sus lavas y el volumen de material emitido, como por la duración de la misma (casi 6 años). Sin embargo, la alineación volcánica del año 1824 está integrada únicamente por tres pequeños edificios de cinder con sus coladas respectivas y la duración fue considerablemente inferior a la del siglo XVIII. Composicionalmente también existen diferencias entre estas dos erupciones históricas, ya que mientras las emisiones del siglo XIX son invariablemente

basaltos y basanitas alcalinas, las del siglo XVIII (Timanfaya) evolucionan desde rocas alcalinas en los estadios iniciales, a rocas de afinidad toleítica en las fases finales de la erupción. Algunos autores como CARRACEDO y BADIOLA (1993) explican esta peculiaridad «en la presencia de dos fuentes de generación de los magmas, en dos ambientes de diferente profundidad y posiblemente distinto régimen tectónico. Estas variaciones composicionales también pueden explicarse por la mezcla de los distintos magmas generados».

2.3.3.1. Erupciones de Timanfaya (1730-1736). Coladas y piroclastos basálticos. (36 y 64)

En la cartografía de las hojas geológicas del Plan MAGNA a escala 1:25.000 se han distinguido tres episodios de actividad dentro del volcanismo de Timanfaya. Sin embargo en este mapa, debido a su escala 1:100.000, se ha considerado más práctico unificar toda la erupción en una sola unidad. Una descripción más pormenorizada de los edificios que integran este evento se encuentra en las memorias de las hojas E. 1:25.000 de Tinajo y Yaiza (Plan MAGNA, IGME).

Sobre las erupciones históricas de Timanfaya existen numerosas crónicas documentales, en general de carácter no científico. Narran los acontecimientos ocurridos durante gran parte del tiempo en que se prolongan los fenómenos eruptivos,

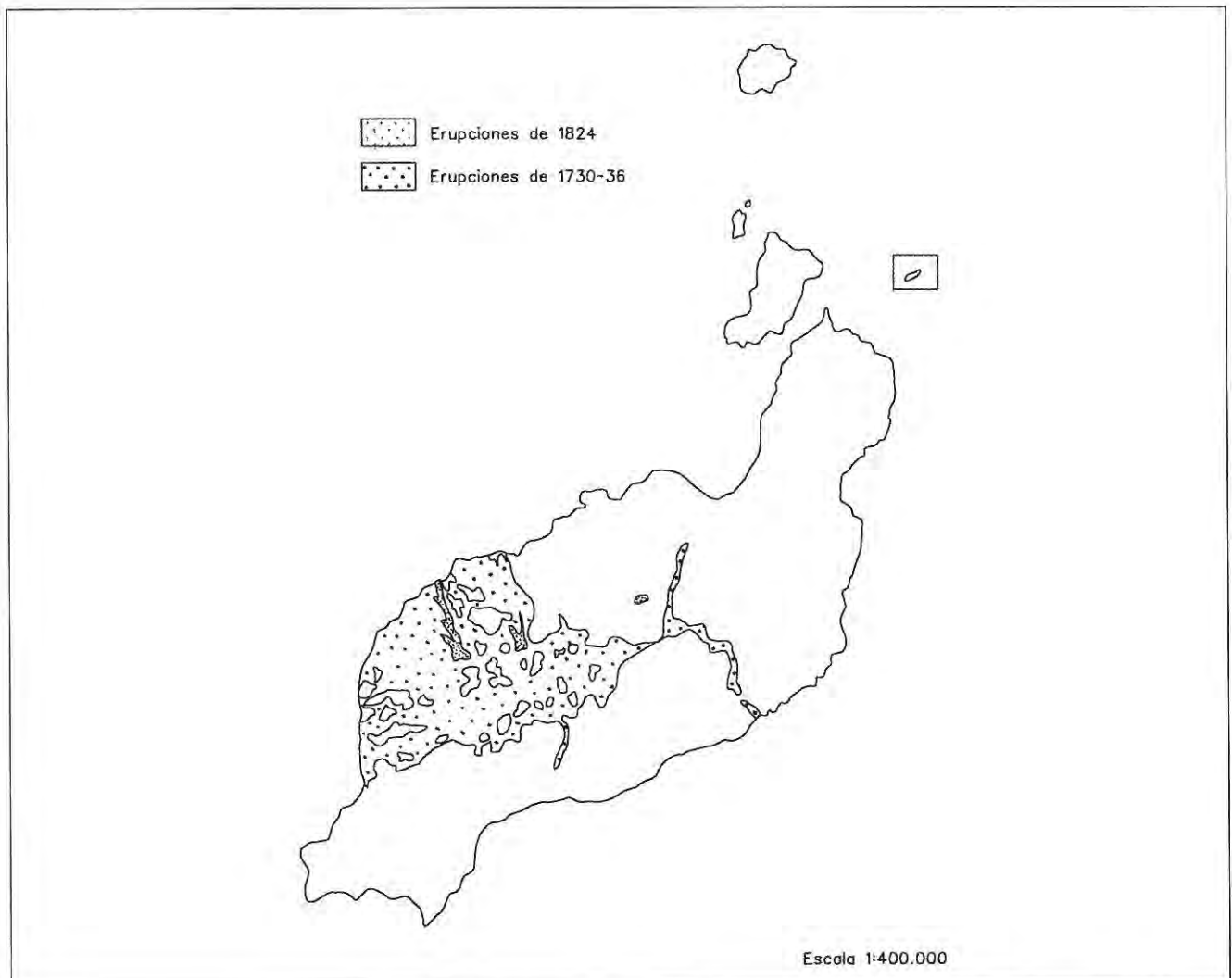


Figura 2.4 Esquema de situación de las emisiones históricas.

aportando datos sobre el desarrollo de la propia erupción y fundamentalmente sus consecuencias sobre la población y las áreas afectadas.

Las informaciones proceden de referencias transmitidas por historiadores canarios, viajeros ocasionales y el intercambio de información entre las autoridades civiles, militares y eclesiásticas de la isla y el gobierno central, durante los acontecimientos.

Dentro de todo este tipo de información, dos son los documentos más valiosos sobre estos acontecimientos. Por un lado, el texto que narra parte de los hechos, escrito por el cura de Yaiza, Don Andrés Lorenzo Curbelo, el cual fue recogido y resumido ya en el siglo XIX, por BUCH (1825). Posteriormente del francés fue traducido al español por HERNÁNDEZ-PACHECO (1909). Actualmente el manuscrito original permanece en panadero desconocido.

El otro documento importante es el encontrado en el Archivo de Simancas por CARRACEDO y BADIOLA (1991) (Legajo GJ 89). Se trata de un informe elaborado por la Junta creada por la Real Audiencia de Canarias para el manejo de la crisis. Este informe tiene por título «Descripción del estado a que tiene reducida el Volcán la Isla de Lanzarote desde el primer día de septiembre de 1730 hasta el 29 de diciembre del mismo año». ROMERO (1991) analiza también estos dos documentos y establece una cronología comparada (véase Tabla 2.4).

Según estas crónicas citadas y las investigaciones posteriores, principalmente de CARRACEDO *et al.* (1990), CARRACEDO y BADIOLA (1991) y CARRACEDO *et al.* (1992) la erupción comenzó en la M^{na} de Los Cuervos o de las Lapas, desplazándose a continuación hacia el NO con las emisiones de Caldera de Santa Catalina y Pico Partido. Estos últimos edificios se sitúan ya sobre la fisura eruptiva de Timanfaya. Esta fisura parece ser una prolongación o reactivación de la alineación de edificios pleistocenos de Caldera Quemada-Encantada. Es una fisura de orientación N80°E, con la orientación típica del Dominio Central y que divide a la isla aproximadamente en dos mitades.

A partir de este eje estructural las coladas que fueron saliendo de los sucesivos centros eruptivos se canalizan hacia el flanco norte o hacia el sur. Las coladas que se derramaron hacia el norte del eje alcanzaron las costas y ampliaron la isla existiendo por tanto un gran volumen de material lávico que se desplomó hacia el talud continental. En el sector sur los relieves pleistocenos y miocenos han actuado como barrera obligando a las coladas a canalizarse por la Vega de Uga hacia el SO. Estas coladas llegaron hasta la costa en las inmediaciones de El Golfo. El aspecto que presentan «de visu» estas rocas es muy homogéneo, se trata de basaltos olivínicos de matriz negruzca y, en ocasiones, con acumulados máficos y ultramáficos. Sin embargo petrográfica y geoquímicamente se han muestreado basaltos de tendencia foleítica y basanitas (ver aptdo. correspondiente).

2.3.3.2. Erupciones del año 1824. Coladas y piroclastos basálticos. (65)

La alineación del año 1824 está constituida por tres edificios: **Volcán Nuevo de Fuego o Chinero, Volcán Nuevo en el Plano o Tinguatón y Volcán del Clérigo Duarte o de Tao.** En conjunto los tres edificios definen una alineación (N-71oE) de unos 14 km de longitud, que prácticamente coincide con la alineación de M^{na} Mazo-Iguadén, siendo probablemente una reactivación de la misma.

Según las crónicas de la erupción (realizadas por D. Baltasar Perdomo, cura de Yaiza), ésta comenzó el día 29 de julio de 1824 en las proximidades de Tao, dando lugar al edificio Clérigo Duarte. El día 29 de septiembre surgió el volcán Chinero y por último, el 16 de octubre terminó la actividad con la creación del edificio Tinguatón. Todos ellos son conos piroclásticos constituidos por lapillis, escorias y bombas de composición basáltica. Presentan tamaños relativamente pequeños si se compara con los de las alineaciones pleistocenas, y como peculiaridad hay que reseñar la existencia de varios orificios dentro del cráter principal de M^{na} Tinguatón, por los que se emitieron chorros de vapor de agua. En el volcán del Clérigo Duarte hay siete pequeñas bocas eruptivas alineadas según la dirección de la fractura, y según las narraciones históricas, también se emitieron chorros de vapor en las fases finales de la erupción.

Las emisiones lávicas han sido muy reducidas salvo en el caso del Volcán Nuevo del Fuego, donde las coladas presentan las clásicas morfologías de malpaís, sin que exista por el momento colonización vegetal. Composicionalmente son basaltos olivínicos.

2.4. DOMINIO DE LOS ISLOTES. 2.º CICLO. PERÍODO PLEISTOCENO. EPISODIOS VOLCÁNICOS Y SEDIMENTARIOS

Se conoce como **archipiélago Chinijo** al grupo de islotes situados al norte de Lanzarote, es decir **La Graciosa, M^{na} Clara, Roque del Oeste, Alegranza y Roque del Este**, a quien pertenecen geográfica y administrativamente.

El acceso a La Graciosa, de todas la única habitada, se realiza mediante embarcación que mantiene una línea regular diaria entre Caleta de Sebo (su capital) y el Puerto de Orzola, en la costa norte de Lanzarote. Al resto de islotes ha de llegarse en embarcación contratada expresamente, si bien su acceso a ellos está restringido por tratarse de un espacio natural protegido.

De ninguno de estos islotes se dispone de dataciones radiométricas, siendo el único criterio estratigráfico la presencia sobre los materiales volcánicos de depósitos marinos fosilíferos cuaternarios que permiten atribuir la formación de estas islas a diferentes épocas del Pleistoceno o Pleistoceno-Holoceno.

2.4.1. Isla de La Graciosa

Es la de mayor extensión del archipiélago (27 km²), encontrándose separada de Lanzarote por un estrecho brazo de mar de 1.100 m de ancho, conocido por El Río. Tiene una forma alargada en sentido NE-SO, y por tanto, paralela a la directriz volcánica cuaternaria principal de Lanzarote. El relieve es bajo y relativamente llano, sobresaliendo únicamente como mayores alturas, los edificios volcánicos.

En la isla se han distinguido tres unidades volcánicas que en orden estratigráfico creciente son:

2.4.1.1. Sustrato lávico indiferenciado. Coladas y piroclastos. (53)

El sustrato visible de la isla lo constituyen unas coladas basálticas olivínicas, situadas en diferentes puntos de la costa occidental y oriental de la mitad septentrional de La Graciosa: Baja del Ganado, Los Resbalajes, Morros Negros, etc.

Tabla 2.4. Comparación entre la cronología según el cura de Yaiza del Manuscrito de Simancas. (Según Romero, 1991)

Cura de Yaiza

Fases activas	Sectores afectados		Fases de calma	Observaciones
1 al 20 sep.	Por Coladas	Por Piroclastos		
	Timanfaya 1, Rodeos 2 parte Mancha Blanca 3 Mareas y Sta. Catalina 4, Mazo 5 hasta el mar	Timanfaya, Peña Palo-mas 1, Jaxetas, Geria Alta, Texteina 2, Conil 3, San Bartolomé 4, Guaticea 5, Masda-che 6, Guagual 17 y Calderetas. Geria Baja; Vega de Chupadero 8 y parte de Uga 9		
18/29 oct.		Sta. Catalina 1	21 sep/17 oct.	La duración de esta etapa es aproximada. Hemos tomado como referencia días con erupción segura
			30/31 oct	Señalada expresamente en el relato de Curbelo.
1 nov/17 dic	Sectores ya ocupados Chupadero 1 y Vega de Uga 2.			
			A partir del 18 dic./ 6 ene	La duración de esta etapa es aproximada. Hemos tomado como referencia días con erupción segura
7 ene /27 ene	Sectores ya ocupados hacia el mar 1.		28 ene /2 feb.	Señalada expresamente en el relato de Curbelo.
3 al 28 feb	Comarca y aldea de Rodeo 1 hasta el mar.	Rodeo 1		
			1 al 6 mar.	Sin precisar expresamente en el relato de Curbelo.
7 al 31 mar.		A 1/2 legua de Rodeo	1 al 5 abr.	Sin precisar expresamente en el relato de Curbelo.
6 al 30 abr.	Sectores ya ocupados hacia Yaiza 1.			
			1 mayo	Señalada expresamente en el relato de Curbelo.
2 al 6 may.	Sectores ya ocupados hacia Yaiza 1.			
			7 may./3 jun.	Señalada expresamente en el relato de Curbelo.
4 al 31? jun	Sectores ya ocupados hacia el mar 1.	Timanfaya 1. Sta. Catalina 2 y Mazo 3		
			Julio, agosto y septiembre	Sin referencia a la actividad volcánica durante ese tiempo
Oct./nov./dic.	Jaretas, Capilla de San Juan (Yaiza)1.			

Tabla 2.4. (Continuación)

Simancas

Fases activas	Sectores afectados		Fases de calma	Observaciones
	Por Coladas	Por Piroclastos		
1-19 sep. (1730)	Chimanfaya, Rodeo, Mancha Blanca la grande, parte de Las Jarretas, Buen Lugar, Sta Catalina y Mazo.	Peña Palomas, resto de Jarretas, la mayor parte de la Jeria alta.		
			20 sep.-9 oct.	Señalada expresamente en las cartas del 29 de dic. y del 17 de oct.
20-24 oct	Sta. Catalina, Mazo	Testeina, Guaguaro, Conil Masdache, Guatiz, Calderetas, San Bartolomé, Jeria Baja, Vega de Chupadero y parte de Uga		
27-oct. 1730* 7/11 ene 1731	Chimanfaya, Vega de Rodeo, la de Mancha blanca la Grande, Sta. Catalina, Buen Lugar, Las Jaretas, malpaís de Sta Catalina, término Diana y Tingafa Mazo, Vega de Chupadero, Vegueta Honda, Vega Vieja de Huga, Hoya de Juan de la Mar, Tegurrame, Tresmesana, Buenburro, Sagamo, Granzo, Horquetas, Vega de Vilaflor, Vega Nueva, Guatizelo, Bardito, Vega de Boiajo, Yaiza.	Vegueta, Yuco, Tiagua, Tao Cercado, San Bartolomé, Calderetas, Mña. Blanca, Mosaga, Lomo de S.Andrés, Conil Masdache, Asomada, Guaguaro, Testeina, Nazaret, Tahiche, Sonsamas, Gerias, Mancha Blanca chiquita, Ynaguaden, Fiquineo, Peña Palomas y parte de Las Jarretas y Tingafa	25-26 oct.	Señalada expresamente en la carta del 8 de noviembre En la carta del 23 de noviembre D. Melchor de Arvelos señala una fase de quietud eruptiva de 60 horas, pero no precisa la fecha de la misma
			8/12 al 19 ene	Señalada en la carta de 19 de febrero y del 1 de abril de 1731. (No coinciden las fechas)
20 enero/abril	Sectores afectados sin especificar. Uga, El Tablero, Temuime, parte de Femes, Valle de Fenanso, Yaiza, La Vega de Machín, los términos de Guerma y los comarcas de Montaña Blanca de Perdomo, Tenesar, Chimada*, Tagaste, y todo el lugar de Tingafa, Tinajo			

* Se cita la relación de sectores afectados hasta el 29 de Diciembre, según consta en la carta de igual fecha

Afloran escasamente a lo largo de una estrecha franja de la costa, tienen aspecto antiguo, respecto a las lavas que las recubren y su morfología está ya muy arrasada. Una característica común en casi todos los afloramientos es la presencia de nódulos de dunita englobados en la lava, bien oxidados (color rojizo) o más frescos (color verdoso).

Sobre estas coladas, en la costa noroccidental se depositaron sedimentos marinos fosilíferos, probablemente correspondientes al nivel marino jandiense (Pleistoceno superior) localizados hoy a una altura de unos 6 m.

2.4.1.2. *Alineación Mña Amarilla-Agujas. Coladas y piroclastos basálticos. (57)*

Esta alineación volcánica está compuesta por cinco centros de emisión principales y otras bocas de menor entidad, alineados según una fisura de orientación N45°E, que intersecta a la isla por su zona central. Los centros de emisión principales son **M^{na} Amarilla**, **M^{na} Mojón** y el grupo de las Agujas **M^{na} Aguja Grande** y **M^{na} Aguja Chica** y en la mayoría de ellos se observan dos episodios constructivos, el primero de ellos representado por una actividad hidromagmática inicial y

otro final, en la que los mecanismos eruptivos son claramente estrombolianos.

La **M^{na} Amarilla**, situada en el extremo sur de la isla, es uno de los edificios donde mejor se observan los depósitos resultantes de estos dos tipos de mecanismos eruptivos. En su flanco meridional, cortado por la erosión, se pone de manifiesto la existencia de depósitos piroclásticos hidromagmático de tipo húmedo, que forman una toba palagonítica, de estratificación masiva, con algunas estructuras típicas, lapilli acrecionario, etc, y coloración amarillenta.

Atravesando el depósito hidromagmático existen algunos diques de basaltos olivínicos, uno de los cuales se derrama dando lugar a coladas de esta composición (Punta del Pobre). Otras originan en la parte alta del cono un depósito de lapilli oscuro, escorias y bombas que representan ya la etapa de actividad estromboliana, en la que los conductos magmáticos han quedado aislados de la entrada de agua marina.

M^{na} Mojón, situado más al norte, es un cono de tefra basáltico, en el que no existen evidencias de actividad hidromagmática inicial. En la ladera sur de **M^{na} Aguja Grande** se observa que sus primeros episodios fueron también de génesis hidromagmática, evolucionando hacia fases estrombolianas en las etapas finales. Otras boca eruptivas, localizadas más al norte son pequeños cráteres de escorias y lapilli muy apelmazados.

Las coladas de estos edificios surgieron de grietas y fisuras en su base, formando un malpais de lavas aa escoriáceas, de composición basáltica olivínica y con espesores de varios metros (10-15 m) como en el caso en **M^{na} Amarilla** y de las **Agujas**.

El sustrato sobre el que fluyeron estas lavas no es visible, tratándose, probablemente, en parte, de las coladas mencionadas en el apartado anterior. Los extensos campos de arenas eólicas que recubren gran parte de la isla, reducen considerablemente la superficie aflorante de estas lavas.

2.4.1.3. *Edificio M^{na} Bermeja. Coladas y piroclastos basálticos. (62)*

La **M^{na} Bermeja** es el edificio más septentrional de La Graciosa, y aparentemente, el más moderno. Es un típico cono de cinder de composición basáltica, compuesto por capas de lapilli y escorias estratificadas en mantos.

De la base del cono surgieron también coladas basálticas olivínicas que se extendieron hacia el norte formando un malpais que mantiene aún un grado de conservación notable en algunos sectores. Sobre él destacan hornitos e intumescencias de lavas escoriáceas vesiculares, spatter, etc. Igual que en el caso anterior, parte de su superficie está recubierta de arenas eólicas, en algún caso con espesores visibles próximos al metro.

La similitud de este malpais con el existente en la esquina suroccidental de **M^{na} Clara**, (fisura de Llanos del Aljibe, apartado 2.4.2.3), hace pensar que ambos fueron contemporáneos. HAUSEN (1958) opina que las dos islas estuvieron originalmente unidas por este sector.

2.4.2. Isla de **M^{na} Clara** y **Roque del Oeste**

Localizada a 1,7 km al NO de La Graciosa y con una superficie del 1,36 km², **M^{na} Clara** es prácticamente un único y gran

edificio volcánico, la **M^{na} Clara**, al que se le adosan en su extremo sur, otros de mucha menor entidad. La isla está también orientada en sentido NNE-SSO, mostrando una topografía abrupta, sobre todo en lo que se refiere al edificio principal, suavizada por depósitos eólicos en la parte meridional, más moderna.

A esta escala, tres son las unidades volcánicas cartografiadas en dicha isla, los cuales serán descritas a continuación, de más antigua a más moderna.

2.4.2.1. *Edificio M^{na} Clara. Coladas y piroclastos basálticos. (55)*

El edificio **M^{na} Clara** constituye la mayor parte de este islote. Es un cono de tobas hidromagmáticas de composición basáltica, formado por vidrio y fragmentos de tamaño lapilli de coloración ocre-amarillenta, debido a la alteración palagonítica. Presenta estratificaciones bien desarrolladas, planares y cruzadas, a veces masiva, sin estructuras específicas. En algunas zonas, como por ejemplo, en el flanco occidental (La Capilla o Caletón Oscuro) en un elevado escarpe, en el Entradero de los Conejos, se observan discordancias angulares dentro del propio edificio. Es característico la presencia en el depósito de fragmentos de caliza.

Atravesando el cono existen varios diques basálticos que en algunos casos resaltan topográficamente por erosión diferencial. En el escarpe de la parte occidental se observa, asimismo un potente dique basáltico vertical que intruye los piroclastos del edificio, abriéndose a modo de sill en la parte superior, coronada por depósitos de lapilli subaéreo.

En la base del edificio e intercaladas en los piroclastos hay planchones de coladas basálticas.

El **Roque del Oeste o del Infierno** se encuentra a 60 m a NE de **M^{na} Clara** y representa un pequeño promontorio de 0,017 km² de superficie, alrededor del cual emergen en bajamar otros pequeños roques o bajas. Está formado por coladas basálticas, con nódulos de dunita. Por su proximidad y similitud a las lavas de **M^{na} Clara** se piensa que puede tratarse de restos de emisiones lávicas procedentes de ese volcán. Otros autores, como BRAVO (1993) lo consideran como restos del núcleo de un edificio volcánico.

2.4.2.2. *Edificio Punta del Agua. Piroclastos basálticos. (59)*

Es un edificio bastante desmantelado, localizado en la costa suroccidental de la isla. Los primeros episodios constructivos fueron de carácter hidromagmático, evolucionando posteriormente a emisiones estrombolianas de lapilli, escorias y bloques de composición basáltica. Atravesando el edificio existen una serie de diques basálticos.

Por motivos de escala se han agrupado en esta misma unidad unos depósitos piroclásticos en los que alternan fases hidromagmáticas y estrombolianas, que recubren las laderas de **M^{na} Clara**. Los niveles inferiores son de carácter cinerítico con laminaciones paralelas, incluyen liticos basálticos y alternan con otros de lapilli de caída. Hacia arriba éstos últimos van siendo cada vez más abundantes, hasta coronar **M^{na} Clara** un depósito de tefra gruesa, relacionada con el dique que intruye este edificio por el flanco occidental.

2.4.2.3. *Fisura de Llanos del Aljibe. Coladas y piroclastos basálticos. (61)*

En la zona sur y más llana de la isla, conocida por Llanos del Aljibe, existe una fisura eruptiva de orientación N40°E, a lo largo de la cual se emplazaron varios coneletes de escorias y se emitieron lavas basálticas.

Este episodio parece representar un estadio eruptivo bastante tardío en la isla, quizás contemporáneo con M^{na} Bermeja en La Graciosa.

2.4.3. Isla de Alegranza

Alegranza (12 km²) es la isla más septentrional de las Islas Canarias, encontrándose a 16 km al norte de Lanzarote. Es un isla de contorno circular, algo alargada en sentido NE-SE, con una morfología interior irregular, abrupta, pero sin grandes desniveles, en la que sobresalen los conos volcánicos, y una costa acantilada en determinados sectores.

Las unidades volcánicas diferenciadas en esta isla son las siguientes.

2.4.3.1. *Alineación M^{na} Lobos-La Rapadura. Coladas y piroclastos basálticos. (54)*

Ambos edificios se encuentran alineados con una orientación N50°E paralela a la costa oriental. Las primeras manifestaciones, tanto en uno como en otro son de carácter hidromagmático, con formación de edificios de tobas palagoníticas, como M^{na} Rapadura. En M^{na} Lobos los depósitos hidromagmáticos afloran escasamente en su parte inferior, al estar cubiertos por depósitos estrombolianos de caída (lapilli, escorias, bombas de composición basáltica) que son los que constituyen realmente el cono. La dispersión de piroclastos de M^{na} Lobos recubre parte de La Rapadura.

Hacia el sur de M^{na} Lobos existe un potente acantilado de lavas basálticas emitidas probablemente desde ese centro de emisión.

2.4.3.2. *Edificio La Caldera de Alegranza. Piroclastos basálticos. (58)*

La Caldera de Alegranza es el edificio más emblemático de la isla. Es un enorme edificio circular (dimensiones 2.600 x 1.750 m, un cráter de más de 1.100 m de diámetro y 250 m de profundidad), construido íntegramente a partir de fases hidromagmáticas.

Es un cono de tobas (tuff cone) formado por oleadas piroclásticas de carácter húmedo, que constituyen un depósito de tobas bastante compactas y color anaranjado-amarillento debido a la alteración palagonítica. Granulométricamente el depósito es bastante homogéneo, con tamaños entre 0,5-1 cm, aunque presenta también componentes más gruesos. El depósito presenta una estratificación masiva poco desarrollada y en algunos casos se observan estructuras sedimentarias, lapilli acrecionario, etc. Son frecuentes los líticos magmáticos de composición basáltica, en proporciones y distribución variable, a veces con zonas de acumulación preferente, así como fragmentos accesorios de rocas calcáreas en fracciones muy subordinadas respecto a los anteriores. La alteración palagonítica, aunque generalizada a todo el edificio no fue homogénea, encontrándose zonas, a modo de bolsadas, sin alterar.

En las áreas circundantes al edificio predominan las facies de carácter seco, como se puede observar en el farallón de El Veril, en la costa sur. Son depósitos de granulometría fina, de carácter arenoso, con laminaciones paralelas, de tipo «sand-wave», estratificaciones cruzadas de bajo ángulo, estructuras dunares y antidunas, estructuras de impacto, lapilli acrecionario, etc, y en general con un menor grado de consolidación que los anteriores. La fracción de componentes juveniles es variable (a veces se observan bombas con formas en «coliflor»). El espesor de estos depósitos en El Veril oscila entre 25-30 m.

En general en el edificio no se aprecian depósitos estrombolianos, lo que indica una relativa constancia en las relaciones agua/magma durante todo el proceso, si bien, la presencia de esos dos tipos de facies, húmedas y secas, manifiesta variaciones en las condiciones energéticas del proceso eruptivo.

Hacia el interior de la isla, pero cerca del edificio, ya se observan depósitos mixtos, con facies estrombolianas ricas en líticos, ocurridas hacia los estadios finales de la erupción.

No han sido reconocidas durante la ejecución de la cartografía a escala 1:25.000 ni por otros autores, HERNÁNDEZ-PACHECO (1909), HAUSEN (1958) y QUESADA *et al.* (1992), emisiones lávicas asociadas a este edificio. Dos pequeños mogotes o espigones lávicos de composición basáltica, que afloran al pie del flanco NO del edificio, pueden corresponder a salideros o intrusivos, si bien la reducida extensión de los mismos no facilita conocer su verdadera naturaleza morfológica.

2.4.3.3. *Malpais del Norte. Coladas y piroclastos basálticos*

Las últimas emisiones volcánicas en Alegranza surgieron de hornitos fisuras y salideros localizados inmediatamente al norte de M^{na} Lobos. Los centros de emisión son de naturaleza eminentemente lávica pero presentan también escorias, bloques, spatter, etc. Las lavas son de composición basáltica olivínica, muy escoriáceas, y forman potentes coladas de cascotes y bloques. Constituyen un extenso malpais o campo de lavas que se extiende por toda la mitad septentrional de la isla.

En la costa norte parecen apoyarse sobre una superficie de lavas anteriores, muy arrasadas y de procedencia desconocida. La relación estratigráfica entre estas coladas y el nivel marino fosilífero, de edad supuestamente jandiense (Pleistoceno superior), no está muy clara, pareciendo, en principio, que el citado depósito se encuentra entre el sustrato lávico inferior y las lavas del Malpais del Norte.

2.4.4. Roque del Este. Piroclastos basálticos. (56)

El Roque del Este es el islote más alejado de todos, situado a unos 11 km al NNE de Lanzarote y representa al mismo tiempo, la porción de tierra más oriental del archipiélago canario.

Constituye los restos de un edificio volcánico hidromagmático muy desmantelado, con una superficie actual de 0,05 km², que originalmente debió ser mayor a la vista de la batimetría circundante. Es un depósito piroclástico de tipo húmedo que forma una toba palagonítica de grano fino, en la que se intercalan niveles cineríticos muy delgados. Presenta laminaciones planares, estructuras onduladas o dunares y a veces estructuras de impacto causadas por líticos de gran tamaño. Entre éstos destacan fragmentos de caliza. Varios diques basálticos atraviesan el edificio en la parte nororiental.

Por el extremo NE se observa una fuerte discordancia angular, que indica la superposición de dos episodios a lo largo de la construcción del edificio.

2.5. FORMACIONES SEDIMENTARIAS RECIENTES

2.5.1. Playas de arenas y cantos. (66)

Es frecuente, a lo largo del litoral de Lanzarote y de los islotes, el desarrollo de playas de arenas y cantos, en algunos casos de gran extensión. Por la naturaleza de los depósitos que las forman pueden distinguirse dos tipos.

Playas de arenas. Son las más frecuentes, siendo las más representativas, por su longitud, las de Puerto del Carmen, Arrecife, Caleta de Famara, El Risco (al pie del escarpe occidental de Famara) y otras de menor desarrollo, pero también muy conocidas, como las de la zona de El Papagayo (punta sur de la isla), Playa Honda, Costa Teguisse, La Garita (Arrieta), la Cantería (Orzola), etc. En los islotes, cabe destacar en La Graciosa, la playa de las Conchas (peligrosa), playas al sur de Caleta de Sebo y playa del Francés.

Están constituidas por arenas finas bioclásticas de color dorado, a veces algo grisáceo, por una mayor proporción de arena oscura procedente de la desintegración de rocas basálticas. La fracción de cantos suele ser baja, en general, en todas ellas.

Playas de cantos. Son más escasas, pero a veces tienen extensiones grandes, como la de las Salinas de Janubio, M^{na} Bermeja (al sur de El Golfo), la playa de El Golfo y la zona norte de la playa de El Río, al pie del escarpe occidental de Famara. Están formadas por cantos subredondeados de rocas basálticas (callaos), con una proporción baja de arena, si bien algunas veces ésta es importante, siendo su color negro (playas de arena negra).

2.5.2. Depósitos de barranco. (67)

Son muy escasos el número de barrancos en Lanzarote con un desarrollo importante de depósitos aluviales en sus cauces. Estos aparecen únicamente en las formaciones más antiguas, es decir, en los macizos miocenos de Ajaches y Famara, donde presentan un grado de encajamiento y amplitud importante. En las formaciones cuaternarias, tanto de Lanzarote como de los islotes, dada su relativa juventud, la red hidrográfica no ha tenido tiempo suficiente para provocar grandes incisiones. Los barrancos más importantes en cuanto a desarrollo de este tipo de depósitos son el Fraile y la Higuera en Ajaches, Tenegüime, Fuente Salada, Fuente Dulce y Valle Grande, en Famara. Es frecuente, como ocurre en Tenegüime y en los barrancos próximos a Orzola, que los depósitos presenten un derrame hacia el norte, justo a la salida de los cauces, pudiendo indicar la existencia de basculamientos en ese sentido.

Están formados por arenas y gravas, a veces con grandes bolos de rocas basálticas, sin gran selección u ordenación interna, con tamaños medios de los cantos entre escasos centímetros y 30-80 cm. En ocasiones, pueden llegar al metro de diámetro. El porcentaje de finos que los envuelve es también grande, si bien a veces hay zonas donde los cantos están muy concentrados y la matriz queda reducida. Las secciones visibles no permiten apreciar espesores de consideración, siendo siempre del orden de 1 o 2 m. En profundidad en algunos casos, pueden llegar a ser tres o cuatro veces más potentes.

2.5.3. Depósitos antrópicos. (68)

Esta unidad tiene una escasa representación en la isla. Únicamente se han asignado a ella un pequeño afloramiento localizado al oeste de Playa Blanca y otro de mayor entidad que se corresponde con el aeropuerto. El primer afloramiento es una antigua cantera que ha sido utilizada como vertedero de residuos sólidos y escombros procedentes de las urbanizaciones del entorno.

El área del aeropuerto está ocupada por materiales de diverso origen: arenas, cantos, bloques e incluso escombros, que en conjunto forman la base de la explanación de la pista de aterrizaje.

2.5.4. Arenas eólicas sobre sustrato. (69)

Con esta denominación se han cartografiado aquellas superficies de arenas eólicas que representan pequeños recubrimientos sobre materiales volcánicos. El pequeño espesor que adquieren estos depósitos (centimétrico o decimétrico) hace que afloren entre ellos el sustrato sobre el que se apoyan. Esta unidad se ha cartografiado en diversos sectores de La Graciosa en la Vega de Mozaga y en algunas zonas costeras, sobre malpaíses subhistóricos. Su naturaleza es idéntica a la del resto de depósitos eólicos de la isla.

2.5.5. Suelos y aluviales indiferenciados. (70)

Estos materiales afloran preferentemente en el sector comprendido entre Puerto del Carmen, el aeropuerto y los relieves miocenos del Dominio Central. Además hay otros afloramientos aislados en la zona sur de la isla, en los alrededores de Playa Blanca-M^{na} Roja. También hay otro afloramiento de cierta importancia en la vertiente sur de M^{na} Mina.

Presentan una cierta variedad litológica, desde limos arcillosos muy finos, de color marrón, a depósitos de mayor granulometría (arenas y gravas). Estos limos pueden estar, en parte, relacionados con el «loess» africano, como ya sugerían FUSTER *et al.* (1968). En general constituyen recubrimientos de poco espesor (1-3 m), si bien, en sondeos realizados para ampliar el aeropuerto se han detectado espesores de hasta 8-10 m de estos depósitos.

2.6. PLAYAS CUATERNARIAS FOSILES

Los depósitos marinos cuaternarios, pertenecientes a niveles de playas antiguas, constituyen pequeños afloramientos casi incartografiados a la escala del mapa. Por este motivo no se les ha asignado número en la leyenda, sino simplemente se han incluido dentro del cuadro de símbolos como dos cordones de puntos. Se han representado, con color negro, los niveles del Pleistoceno superior y en rojo los del Holoceno. En muchas ocasiones resulta complicado distinguir ambos depósitos ya que se presentan imbricados y además la rasa holocena se desarrolla a partir del nivel pleistoceno. En cuanto a su contenido faunístico, alguno de los tipos presentes en uno y otro son idénticos.

Tanto en la isla de Fuerteventura como en ésta de Lanzarote es donde mejor han sido estudiados estos niveles. Concretamente Meco (1975 y 1977) describe estos depósitos pleistocenos y los caracteriza faunísticamente. Posteriormente Meco *et al.* (1987) denominan al nivel pleistoceno como **jandiense** y al nivel holoceno como **erbanense**.

La **rasa jandiense** aparece representada en la costa norte de los islotes de Alegranza y La Graciosa. En la isla de Lanzarote los afloramientos más importantes se localizan en la Caleta de Famara, Salinas de Matagorda y en el sector sur, entre Caldera Roja y El Berrugo. Debido a la acción antrópica, muchos de estos afloramientos están muy deteriorados ya que aparecen, normalmente, en zonas costeras de fuerte presión turística. Aparecen a alturas comprendidas entre +1 y +7 m sobre el nivel del mar actual, y están constituidas por areniscas biodetríticas, muy cementadas, y con cantos inferiores a 2 cm. A techo suele aparecer un conglomerado de cantos basálticos con abundante fauna marina, empastados por la arenisca. La arenisca tiene color crema y grisáceo, y al microscopio se observa que es una biomicrita con abundantes restos fósiles y algunos fragmentos de roca.

Los fósiles característicos de estos niveles jandienses son los *Strombus bubonius* Lamarck, aunque también suelen aparecer *Patellas* de diversa morfología, atribuidas al grupo de la *Patella ferruginea* Gemelin, y *Murex Saxatilis* Linné (MECO, 1991 a). El afloramiento de la Caleta de Famara ha sido datado por el método Th/U, por ZAZO *et al.* (1993), obteniendo una edad de $(126 \pm 4,9) 10^3$ años. Esta edad es semejante a la estimada por MECO por métodos paleontológicos (en torno a 100.000 años). Los autores anteriores, (ZAZO *et al.* (*op. cit.*)) establecen una correspondencia entre estos depósitos y los tirrenienses del sur de la Península Ibérica.

En cuanto a la rasa erbanense, ha sido definida por MECO (1991b) en la Playa de la Jaqueta (isla de Fuerteventura). En las islas de La Graciosa y Lanzarote constituye pequeños afloramientos que aparecen de forma discontinua a lo largo del litoral, salvo en el sector costero occidental ocupado por los malpais históricos de Timanfaya. Como se ha comentado anteriormente, presenta problemas en cuanto a su separación de los depósitos jandienses, ya que en muchas ocasiones constituyen pequeñas cubetas excavadas en los propios conglomerados jandienses, en forma de «beach rock».

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

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

3. TECTÓNICA

La isla de Lanzarote forma parte del volcanismo oceánico intraplaca en el margen continental «pasivo» africano. Junto con la isla de Fuerteventura y el Banco de la Concepción constituyen la denominada Cordillera oriental Canaria («East Canary Ridge», ECR), una alineación estructural volcánica de unos 75 km. de largo con dirección NNE-SSO. Esta alineación es activa desde, al menos, el final del secundario, y parece progresar con el tiempo en sentido NNE. Lanzarote tiene una forma alargada NNE-SSO que claramente refleja su pertenencia a la ECR. Morfoestructuralmente se pueden distinguir tres bloques o dominios:

— Dominio Famara: de unos 22 km de largo, 10 de ancho, y altura de 600 m.

— Dominio Ajaches: menos rectilíneo que Famara, con unas dimensiones de 10 × 14 km. Su altura máxima es 560 m.

— Dominio Central: Es un amplio sector entre los dos anteriores con pendientes a dos aguas y escalones que lo limitan en dirección NNE-SSO.

La evolución estructural de Lanzarote está compuesta, por tanto, por la interacción del campo de esfuerzos regional - responsable, entre otras directrices, de las fisuras eruptivas y fallas de primer orden miocenas de Fuerteventura y Lanzarote - y del campo de esfuerzos local provocado por el ascenso magmático durante la construcción de la isla. En su conjunto, esta evolución no es muy compleja y se distribuye en el tiempo según varias fases de deformación.

Los principales elementos estructurales existentes para definir la evolución tectónica de la isla son: fallas (algunos lineamientos), diques, alineaciones de conos volcánicos (fisuras eruptivas) e intrusivos.

De los datos aportados por los estudios sísmicos, geofísicos, batimétricos y de sondeos, realizados en el archipiélago canario en los últimos tiempos, se han podido detectar dos conjuntos de fallas que definen el esquema tectónico regional. Un primer conjunto lo forman las fallas (en ocasiones directrices o lineamientos) de dirección NNE-SSO subparalelas a la «East Canary Ridge» y, en el caso de Lanzarote, a los escarpes que limitan el dominio de Famara. Algunas de estas fallas son activas, como lo demuestran la sismicidad que llevan asociada. Es el caso de la falla sinistral «strike-slip» entre las islas de Tenerife y Gran Canaria, cuyo mecanismo focal han estudiado MEZCUA *et al.* (1990). Otro segundo grupo de fallas parece ser el de dirección E-O. Aparte de otros autores, BANDA *et al.* (1981) sugieren la presencia de una falla con esta dirección entre Lanzarote y Fuerteventura, para explicar las diferencias corticales apreciadas debajo de cada isla, según los estudios de perfiles sísmicos profundos.

Ya en el caso concreto de la isla de Lanzarote, los elementos estructurales observados, indican una caracterización tectónica frágil y polifásica.

Las fallas. No se han detectado gran número de fracturas en la isla. Sin embargo, en los Dominios de Ajaches y Famara, hay una serie de lineamientos (deducidos del análisis fotogeológico), entre los que se encuentran los que limitan los escarpes de ambos dominios, que sugieren la presencia de discontinuidades frágiles tipo fracturas. No hay evidencia de brechas de falla en ninguno de ellos, aunque sí se aprecian, superficies de fractura con ligeras estriaciones. En la mayoría de las ocasiones, la existencia de fracturas es deducida a partir de otros datos geológicos. Así, en el estudio gravimétrico realizado por MAC FARLANE y RIDLEY (1969) se pone de manifiesto un conjunto de bloques dentro de la isla que contienen los distintos valores gravimétricos anómalos observados. Para el límite de algunos de estos bloques, los autores sugieren un conjunto de fracturas NNE-SSO que hundieron la parte central de la isla, a modo de graben, entre Famara y Ajaches. Este graben, atendiendo a otros datos gravimétricos y geomorfológicos podría haberse formado por fallas inversas.

En la Fig. 3.1. se representan las principales fallas y fracturas fotogeológicas que distingue MARINONI y PASQUARÉ (1994), y en la Fig. 3.2. el mapa de lineamientos mayores, dado por los mismos autores. De la observación de campo del Plan MAGNA, muchas de las supuestas fracturas dadas, no se aprecian. Por el contrario, los lineamientos sí pueden considerarse como discontinuidades geomorfológicas y, por tan-

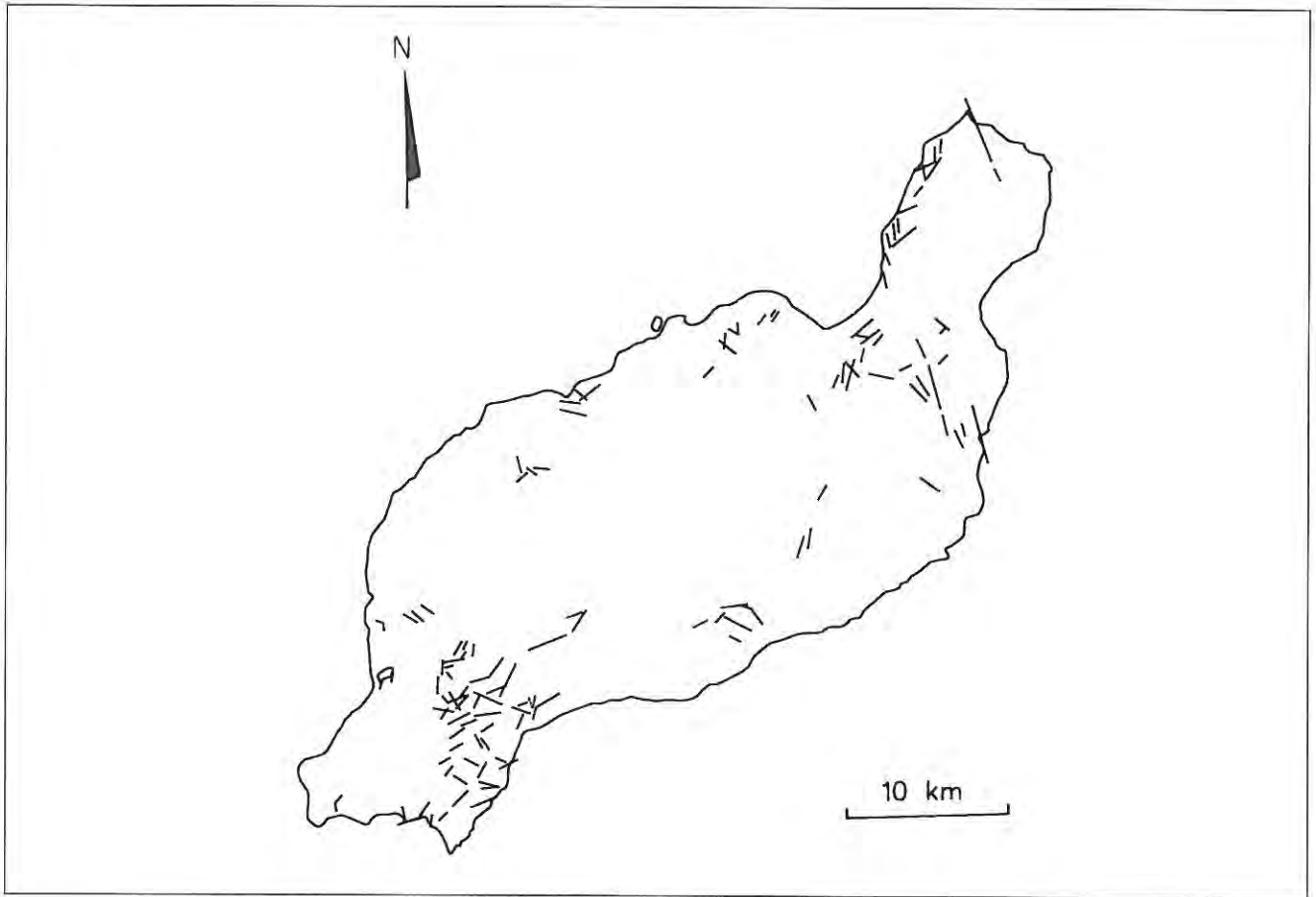


Figura 3.1 Fallas y fracturas foto geológicas

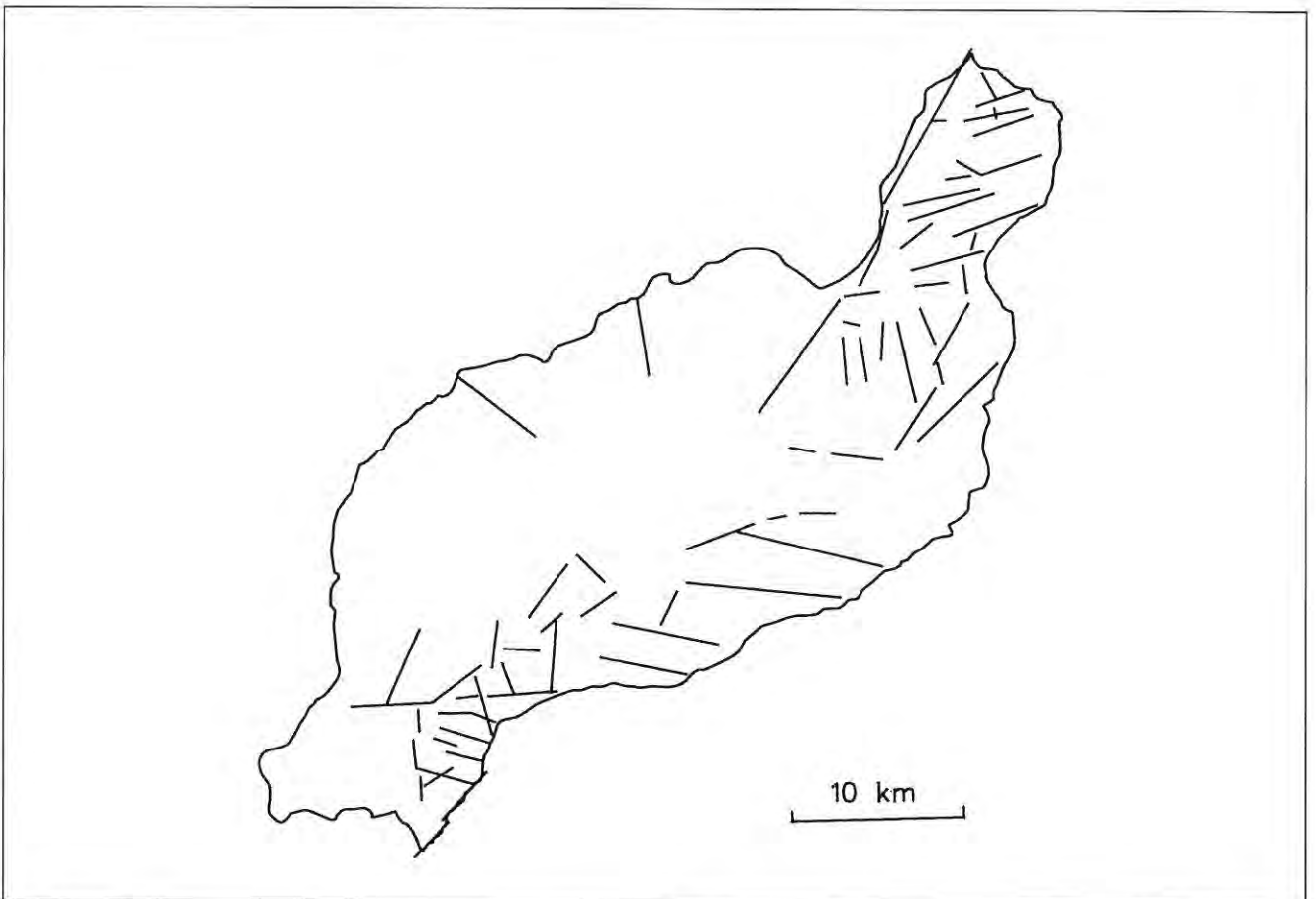


Figura 3.2. Lineamientos.

to, sacar deducciones estructurales de ellos. Muy probablemente, el volcanismo cuaternario de la isla ha utilizado como directrices eruptivas las posibles fracturas que afectaron al volcanismo mioplioceno previo (hoy oculto en el Dominio Central). Por esa razón, no es factible observar mayoritariamente las estructuras frágiles generadas anteriormente en varias zonas.

MARINONI y PASQUARÉ (*op. cit.*) aprecian tres tipos de fracturas:

- Inversas: con dirección principal N110°-119°E y buzamiento al SO.
- Normales: con dirección principal N70°-100°E y buzamiento al N. Posiblemente han sido activas después de las inversas.
- «strike-slip»: las sinistralas presentan dos «set» en ángulo de 80°, lo que las hace incompatibles con un campo de esfuerzos único. Las dextrales son más abundantes, y también aparecen formando dos conjuntos incompatibles.

Según la información de estos autores, los campos de esfuerzos responsables de esta deformación cambian de orientación durante el tiempo. Realmente, son pocos los datos que se poseen para poder definir los tensores de los campos de esfuerzos. Los indicadores cinemáticos considerados, se restringen a escalones pobremente mineralizados y estrías sobre superficie de fracturas. La conclusión a la que llegan, después del análisis numérico de los datos, es a la existencia de dos campos de paleoesfuerzos transcurrentes: el primero con un eje de compresión máxima nortada, correspondiente a una primera fase de deformación. El segundo, con una compresión ONO-ESE, correspondería a la segunda fase de deformación. Debido a los escasos datos considerados, no es posible datar estas fases deformativas.

En la Fig. 3.2, están representadas las anomalías lineales más importantes de la isla. En el Dominio de Famara, los lineamientos dominantes son nortados, seguidos por los E-O. En el Dominio Central son mayoritarios los de dirección N90°-100°E y en el Dominio de Ajaches, los más comunes están a N40°-50°. Algunas de estas anomalías lineales, sobre todo en Famara, corresponden a valles colgados.

Indicadores volcánicos. Como en todos los terrenos volcánicos, existe una relación muy estrecha entre orientación del campo de esfuerzos tectónicos y los caminos de inyección magmática, (fisuras eruptivas).

Los *diques* cartografiados afloran sólo en los dominios de Ajaches y Famara, Fig. 3.3, y corresponden a dos tipos. Los mayoritarios están asociados con la fracturación propia de los dos grandes edificios basálticos de esos dominios, mientras que otros son diques propios de los centros de emisión parásitos (conos piroclásticos) a esos grandes edificios. Por tanto, estos últimos resultan irrelevantes a la hora de definir el modelo tectónico general de la isla.

En el Dominio de Famara, prácticamente no hay diques de carácter regional, sino que la inmensa mayoría son los que se asocian con los conos de tefra. Los pocos que presentan una tendencia regional, tienen direcciones preferentes entre N10°-45°E, son subverticales (> 70°) y buzan hacia el E-SE. Una segunda dirección preferente es la N130°-160°E, también subvertical. Sin embargo, en Ajaches, la profusión de diques es elevada, sobre todo en el tramo inferior del edificio.

Los diques del Dominio Ajaches están bien expuestos a lo largo del acantilado, y su edad es, mayoritariamente, anterior al tramo superior basáltico. Sin duda, son anteriores a las emisiones basálticas de 6 m.a. del Dominio Central. Son diques basálticos generalmente de menos de 1 m de espesor, con direcciones dominantes entre N0° y 75°E, y buzamientos subverticales, preferentemente al ESE. La dirección dominante es la N10°-30°E. A nivel global de los dos dominios, las direcciones principales corresponden a un rango entre N10°-45°E que, en cierta medida, es la dirección de elongación principal de ambos dominios: la más nortada es de Ajaches, y la más NNE de Famara.

Las *Alineaciones volcánicas* o fisuras eruptivas, constituyen el mejor reflejo de la fracturación cortical habida en la isla. En la Fig. 3.4 se han representado los centros de emisión (con cráter o sin él) más importantes del volcanismo cuaternario. De su distribución espacial, así como de las directrices que presentan, se aprecia muy claramente la existencia de los tres dominios o bloques estructurales en que está dividida la isla: Famara (Fa) al norte, Ajaches (Aj) al sur y el Central (Ce) entre ambos. Los límites de esta división de bloques, deducida simplemente de los cambios de orientaciones de las fisuras eruptivas, se ajusta perfectamente con las definidas en el esquema de anomalías lineales de MARINONI y PASQUARÉ (*op. cit.*).

El total de alineaciones representadas en el mapa geológico es de unas 26. Muchas de ellas no presentan dudas en cuanto a su definición, pues corresponden a conos sincrónicos que, por tanto, se alinean indiscutiblemente sobre la fisura eruptiva. Sin embargo, hay centros de emisión más dispersos y de edad no conocida, en los que resulta incierta su asignación a algunas de las alineaciones evidentes. Por tanto, en el esquema representado, hay un cierto margen de subjetividad, propio de los autores que lo han realizado. Por otra parte, conviene advertir que las directrices eruptivas deducidas simplemente de la Fig. 3.4, no son del todo las mismas que las alineaciones volcánico-estratigráficas representadas en la leyenda del mapa. Esto quiere decir que, varias de esas directrices se han reactivado repetidamente a lo largo del cuaternario, para producir emisiones volcánicas diacrónicas en la columna estratigráfica. Se concluye así que, muchas de las alineaciones volcánicas han sido condicionadas por la fracturación cortical precuaternaria de la isla, que presentan orientaciones diferentes según el dominio estructural donde se encuentran.

En el Dominio de Famara y el conjunto del archipiélago Chinijo (La Graciosa, Alegranza, Montaña Clara, Roque del Este y Roque del Oeste). Las fracturas eruptivas son todas subparalelas entre sí, con una dirección de N45°E. Las alineaciones volcánicas más destacadas son: Lobos-Rapadura (Alegranza), Montaña Amarilla-Agujas (La Graciosa), Soo, La Quemada-Los Helechos-La Corona, Calderetas de Guatiza.

En el Dominio Central es donde se produce la mayor profusión de fisuras eruptivas cuaternarias, muchas de ellas tienen varios kilómetros de longitud. La orientación dominante de ellas es N60°-70°E, lo que supone un giro respecto las fisuras sincrónicas localizadas en el Dominio de Famara, lo que confirma el condicionamiento de la fracturación precuaternaria en la orientación adoptada por las fisuras. Varias de las fisuras han sido activas durante largos periodos de tiempo (como el Pleistoceno), reactivándose en varios pulsos magmáticos. Este es el caso de la fisura que comienza en Caldera Quemada y finaliza en la Montaña de Chibusque. Destacan igualmente las de Guardilama-Guatisea, Chupadero-Juan Bello, Tizalaya-Tamia, etc. También las dos erupciones históricas de Timanfaya (1730-36) y del Tinguatón-Clérigo Duarte (1824),



Figura 3.3 Esquema de diques basálticos miocenos



Figura 3.4 Centros de emisión de 2.º ciclo.

suponen reactivaciones de fisuras correspondientes a erupciones anteriores.

En el Dominio de Ajaches, las fracturas eruptivas están ligeramente más norteadas que en el Central, con una orientación preferente a $N45^{\circ}-50^{\circ}E$, similar a la de Famara. Siguiendo esta directriz se encuentra la más importante alineación del dominio, la de Gritana-Bermeja, que comienza claramente en este dominio, para penetrar en el Central, convergiendo con la fisura de Guardilama-Guatisea (propia del Dominio Central) formando un ligero ángulo de 10° . Esta misma fisura de Gritana se reactiva posteriormente con la erupción de la Alineación de Femés, más al oeste.

Analizando en conjunto todas las directrices principales eruptivas, se aprecia que la inmensa mayoría están entre $N10^{\circ}-80^{\circ}E$. Si una alineación volcánica se considera como una pura extensión mecánica cortical, habría que concluir que el tensor de esfuerzos está a $N150^{\circ}E$, ya que la media de la orientación es $N60^{\circ}E$. Sin embargo, es frecuente la presencia de direcciones conjugadas en estas fracturas, lo que hace pensar en variaciones regionales o locales en las direcciones de esfuerzos.

El sentido de propagación de las fisuras eruptivas es variable, cuando se puede apreciar tal circunstancia. Dentro de una

propia alineación, la tendencia general es a que el sentido de propagación sea desde el SSO al NNE (por ejemplo, la Quemada-Los Helecho-La Corona, Alineación de Soo), hecho también observado en el volcanismo cuaternario del norte de Fuerteventura. Sin embargo, dentro de una fisura importante polieruptiva, no se aprecia ningún sentido preferente de propagación en la localización de las alineaciones que la constituyen. A nivel regional, y considerando el conjunto de la «ECR», el desplazamiento del volcanismo en este mismo sentido, NNE, es una constante dentro de los grandes ciclos o fases eruptivas. Este hecho se considera un factor estructural de primer orden a la hora de construir un modelo de evolución temporal volcano-estructural de la región.

La dirección principal de todas estas alineaciones volcánicas, (NNE-SSO) parece ajustarse a la dirección de los planos «strike-slip» medidos en algunos puntos de Lanzarote y también referenciados en áreas de las Canarias centrales por MEZCUA *et al.* (1990) para la geometría de falla y mecanismo focal de terremotos. Por tanto, es posible que las fallas «strike-slip» jueguen un papel importante desde tiempos miocenos en la tectónica de Lanzarote.

Los *intrusivos volcánicos* presentes en la isla, se encuentran restringidos a los terrenos miocenos del Dominio Central, y a

los dos grandes edificios de Famara y Ajaches. En Famara afloran varios de ellos, como conductos erosionados («neck») de emisiones basálticas. Todos se localizan dentro de una banda SSO-NNE subparalela a la elongación del propio macizo. Establecer alineaciones definidas entre ellos es un poco arriesgado, ya que los datos disponibles tampoco son muchos. En el Dominio Central aparecen algunos aislados, que no pueden referenciarse con claridad a ninguna directriz específica. Por su parte, en el Dominio de Ajaches, también afloran varios intrusivos, localizados preferentemente en su sector central englobados dentro de un recinto con una cierta elongación norteada o NNE.

Los movimientos en la vertical de la isla han quedado registrados mediante rasas o niveles marinos elevados varios metros sobre el nivel del mar actual. Estas variaciones con respecto al nivel marino se vienen sucediendo desde el Mioceno, con la presencia de un pequeño nivel (Tortonense), en Janubio, a unos 20 m de altura. Del Plioceno es la rasa que se extiende por la zona suroriental de Lanzarote, a unos 40-50 m de altura. Durante el Cuaternario también han quedado registrados dos niveles, uno en el Pleistoceno superior (jandiense) y otra en el Holoceno (erbanense).

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA

La superficie de Lanzarote y los islotes del norte está cubierta en su mayor parte, 80-85%, por materiales de origen volcánico, siendo el resto de carácter sedimentario que ocupa, por tanto, una extensión superficial pequeña.

La forma de Lanzarote es alargada, con una parte central de orientación ENE-ONO y dos extremos, que corresponden fundamentalmente a los macizos de Famara y de Ajaches, con una dirección más norteada. Existe una línea de cumbres, con las máximas altitudes de la isla, que recorre la misma, más o menos por su parte central y con una dirección que es similar a las direcciones mencionadas, siendo así paralela a la forma del perímetro de la isla.

Estas máximas estribaciones al norte y sur de la isla corresponden a los restos del desmantelamiento de los macizos de los Ajaches y Famara. En Famara las máximas altitudes pertenecen al Risco de Famara, con la mayor altitud de toda la isla en Las Peñas del Chache de 670 m y otras elevaciones como el Risco de las Nieves (608 m), La Montaña (634 m), El Castillo (624 m) o el Rincón de Famara (588 m). En los Ajaches las elevaciones más significativas de dicha línea de cumbres son: Pico de La Aceituna (482 m), Pico Redondo (551 m), Degollada del Portugués (454 m), Hacha Grande (560 m) y Morro de Los Dises (480 m).

En la zona central las alturas más importantes, que se alinean según una dirección ONO-ESE son las de Atalaya de Femés (608 m), Caldera Riscada (446 m), Caldera de Gaida (593 m), Guardilama (603 m), Montaña Blanca (596 m), Guatisea (544 m), Montaña Mina (444 m) y Tahíche (321 m).

Paralela a esta línea de máximas altitudes se encuentra otra más al NO, cuyas alturas más significativas son: Montañas del Fuego (510 m), Pico Partido (517 m), M^{na}, Tizalaga (453 m) y M^{na} Tao (550 m).

En este área central a partir de estas alturas las cotas van descendiendo con una suave pendiente hacia el SE y NO.

En las áreas de los macizos de Famara y Ajaches el relieve es relativamente abrupto, formándose una serie de barrancos con pautas más o menos radiales, con direcciones O-E, que van a parar al mar o son cortados por coladas cuaternarias, como es el caso de Famara. En el resto de la isla el relieve aparece muy suavizado, con escasas pendientes, en donde sólo destacan los conos volcánicos.

La red hidrográfica en la isla, fuera de los macizos de Famara y Ajaches, es prácticamente inexistente. En los macizos de Famara y Femés, como se ha indicado, se encuentran una serie de barrancos, que en la actualidad funcionan como ramblas, pues permanecen secos durante todo el año.

El clima de la isla es cálido y seco, con unas condiciones de aridez importantes, pues las máximas altitudes de la isla no pueden parar el «mar de nubes» situado entre 950 y 1.500 m, provocando esto la escasez de precipitaciones. Así, las máximas precipitaciones medias anuales no superan los 300 mm en la zona del macizo de Famara o los 250 mm en el centro de la isla. En la estación de Arrecife, por ejemplo, la precipitación media anual es de 130 mm.

La temperatura media anual oscila entre los 18 °C y 21 °C. En la estación de Arrecife la media es de 20 °C con unas oscilaciones en meses extremos de 17 °C a 24 °C de media. El régimen térmico es de Tierra Templada, el régimen de humedad es desértico y el tipo climático Desértico de bajas latitudes, según la clasificación de Papadakis.

Gran parte de la superficie de Lanzarote está constituida por un sustrato rocoso sin vegetación; en las zonas donde ésta existe los suelos son de carácter fersialítico o andosoles vítricos en su gran mayoría.

Este clima y tipo de suelos dan como consecuencia una vegetación de carácter xerófito con predominio de los tipo herbáceos y arbustivos como es el caso de tabaibas, cardones, aulagas, tarajales, etc.

Acompañando a esta memoria se adjunta una reducción del mapa geomorfológico E 1:100.000 producto de la síntesis de los mapas geomorfológicos realizados a 1:25.000.

4.2. ANÁLISIS MORFOESTRUCTURAL

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

Otro dominio es el constituido por Los Islotes, al que pertenecen las islas de Alegranza, La Graciosa, M^{na} Clara, Roque del Oeste y Roque del Este.

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

En este dominio de Famara existen una serie de lineamientos topográficos, que en algún caso han sido considerados como

líneas de debilidad o fracturas. Los más significativos parecen seguir direcciones características, ya mencionadas en el capítulo 3. Así se encuentran el escarpe del Risco de Famara con una dirección N30°E; lineamientos de dirección subparalela a la N-S como el escarpe de Punta Fariones o lineamientos que marcan el borde del macizo de Famara como los del O de Orzola o del E de Trujillo que marcan asimismo escalones topográficos o lineamientos coincidentes con cabeceras de glaciés en la hoja de Haría. Otros de dirección N45°E pueden ser el del O de Mala a otro que marcaría las cabeceras de glaciés en la hoja de Soo.

Estas líneas de debilidad pueden ser algunas de las que den lugar a un juego de bloques una vez conformado el macizo de Famara.

Como parte de este juego de bloques se han podido observar fenómenos de basculamiento hacia el N-NE o E reflejados, por ejemplo, en una asimetría de los conos de deyección al O de Orzola, o en la posición más baja de la original de las series basálticas más modernas al norte del macizo, etc.

Otros elementos estructurales importantes localizados en el dominio de Famara son las marcadas por las fisuras volcánicas de dirección N45°E, como las alineaciones de Soo, Guatiza, Helechos-La Quemada, Chimia-San Rafael, Nazaret-Guantesive o Ubigue-Cabrera-Chica. Unas se sitúan sobre el propio macizo de Famara y otras fuera de éste.

El dominio Central está constituido por retazos aislados del edificio central mioceno (edificio Tías, según CARRACEDO y RODRIGUEZ BADIOLA, 1993), por emisiones volcánicas pleistocenas y por emisiones holocenas, entre las que se encuentran las emisiones históricas.

En este dominio en el área del macizo central también se pueden destacar dos lineamientos topográficos de una dirección aproximada N70°E; uno coincidiría con la alineación Guardilama-Guatisea, con una altitud topográfica de base de 300 m de cota, sobre la que destacan los edificios de M^{na} Blanca, M^{na} Guatisea y M^{na} Tera y otro paralelo que coincidiría con una cota de unos 50 m en la que destacan discretamente (50-80 m) 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.

El resto de los elementos estructurales en el dominio central lo constituyen las fisuras o alineaciones volcánicas que, con direcciones entre N60°E y N90°E, ocupan la mayor parte del dominio. Algunas de ellas son, por ejemplo, Fisura de Tinajo, conjunto Tinaché, Tingafa-Iguadén o Tizalaya-Tamia. La alineación de edificios de Timanfaya con una dirección N70°E es muy significativa, así como la alineación paralela surgida en 1824.

Estas direcciones ENE-OSO son pues muy características del dominio Central.

El dominio de Ajaches está constituido por el macizo de Los Ajaches propiamente dicho y por los malpaíses pliocenos de M^{na} Roja y cuaternarios de la Caldera Maciot y la Atalaya de Femés, fundamentalmente.

En este dominio se encuentran dos lineamientos topográficos, que han sido considerados como fracturas en la cartografía geológica, que con una dirección N55°E-60°E marcan los valles de Femés y de Fena; otro lineamiento paralelo a

éste sería el encontrado al SE del macizo de Ajaches, al borde del mismo, marcado asimismo por depósitos de antiguos conos de deyección.

También parecen observarse sendos escalones topográficos de dirección N30°E, marcados además por los depósitos de glaciés, y otra lineación sensiblemente paralela a éstos en el borde O del macizo que podría indicar un hundimiento del bloque oeste con respecto al macizo.

Por último, en el dominio de Los Islotes los únicos elementos estructurales son las alineaciones volcánicas existentes en la Graciosa, Roque del Oeste y Alegranza, que con una dirección N45°E parecen participar de la directriz principal encontrada en el dominio de Famara.

Todos los elementos estructurales mencionados hasta aquí, condicionan el relieve de Lanzarote y Los Islotes que tiene un componente fundamentalmente endógeno, de marcado carácter volcánico y también estructural. En el ámbito de los macizos antiguos, los agentes externos, especialmente la erosión, han remodelado de manera importante el relieve original.

4.3. ESTUDIO DEL MODELADO

4.3.1. Formas endógenas

Salvo en las zonas cubiertas por los macizos antiguos, en donde el relieve ha sido remodelado fuertemente por los agentes externos, en el resto de la isla el modelado responde muy directamente a las formas volcánicas. Así, cada emisión acaecida configura en su momento un nuevo relieve y son estas formaciones volcánicas las que imprimen carácter al modelado de dicho relieve que a su vez es retocado muy ligeramente por los agentes externos.

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

Con carácter general se puede decir que el estado de conservación, tanto de los conos como de las coladas, es mejor cuanto más moderna es la emisión. Así las coladas del Plioceno o Pleistoceno inferior aparecen bastante degradadas, con tonos de alterción marrón-grisáceo y han perdido su aspecto escoriáceo en superficie.

Entre las formaciones volcánicas mejor conservadas se encuentran las de los edificios y malpaíses de Los Helechos-La Corona, del Pleistoceno-superior, que ocupan la parte centro y este del extremo norte de Lanzarote.

Los conos son de formas cónicas, de cráteres circulares y sus malpaíses son bastante espectaculares, similares a los de los malpaíses históricos.

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

Las formas más llamativas las constituyen los tubos de lava y jameos del malpaís de La Corona, con un tubo que alcanza varios kilómetros de longitud. Este tubo se encuentra ampliamente descrito en la hoja 1:25.000 de Caleta de Sebo.

Todos los edificios de las emisiones históricas y sus coladas, pero especialmente las pertenecientes al segundo episodio de las emisiones de Timanfaya, que constituyen el Parque Nacional, dan lugar a las formas más típicamente volcánicas, ampliamente descritas en la bibliografía, ROMERO (1987, 1991a, 1991b); CARRACEDO *et al.* (1990) y CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1991), ya que caracterizan al paisaje del dominio central y por extensión a toda la isla. Entre estas formas cabe citar: cráteres adosados o superpuestos, lavas cordadas, en tripas, ojivas de presión, canales de lava, tubos de lava, jameos, lagos de lava, hornitos, etc.

También se pueden destacar los numerosos hornitos, también pertenecientes a los momentos finales de este segundo episodio, a menudo alineados en fisuras representando pequeñas bocas de salida de lava; en otras ocasiones, también, frecuentemente, representan puntos de salida de gases y por último, menos frecuentemente, pueden representar acumulaciones de la lava con formas cónicas. Son también destacables los lagos de lava formados en los cráteres de Caldera de la Rilla (Santa Catalina), otro al N de Pico Partido y otro, bastante llamativo, al SO de M^{na} de Los Miraderos.

En las coladas de M^{na} Colorada, del tercer episodio, se aprecia un gran canal de lava. En las proximidades del edificio Chinero, de la erupción de 1824, se observa el comienzo de un tubo volcánico de 2 km de longitud.

Se han distinguido los piroclastos históricos del resto de los depósitos piroclásticos por dar una morfología contrastada en gran parte de los edificios del centro de la isla, independientemente de su edad. Se extendieron mucho más allá de sus centros de emisión, cubriendo amplias zonas llanas y la mayoría de las partes bajas de los edificios existentes, apareciendo muy frescos, de color negro y sueltos.

4.3.2. Formas exógenas y depósitos superficiales

Las formas exógenas producidas por denudación o acumulación de depósitos se agrupan según los procesos o sistemas morfogenéticos que se citan seguidamente.

4.3.2.1. Eólicos

Se encuentra un área extensa que cubre gran parte de la zona norte de Lanzarote, (en la hojas de Sóo y de Teguisse), donde las arenas eólicas se han agrupado bajo una sola unidad cartográfica, dado lo difícil de su separación; aunque sin embargo se han observado distintos episodios en la deposición de las arenas, con edades que van desde el Plioceno hasta el Holoceno, pues, por ejemplo, se encuentran arenas debajo del edificio de M^{na} Timbaiba de edad Pleistoceno medio.

En diferentes puntos se han apreciado la existencia de paleosuelos carbonatados y encostrados en posiciones más bajas, estratigráficamente, o asalmonado-rojizo en posiciones más altas; la presencia de estos paleosuelos marcaría la sucesión de los distintos episodios.

Todos los depósitos están constituidos por arenas finas formadas por diminutas conchas de moluscos y caparzones de crustáceos, con tonos fundamentalmente blanquecino-cremosos.

Cubren los malpais pleistocenos e incluso se observan también finos recubrimientos sobre las coladas históricas. Al bor-

de del macizo de Famara se indentan con los depósitos de los conos de deyección y también en algunos casos los cubren.

Los campos de dunas no presentan una morfología definida, sólo acumulaciones y montículos irregulares, en ocasiones cubiertos por vegetación. Raramente se observan morfologías de barjanas. Estos recubrimientos suavizan notablemente el relieve pues las arenas rellenan depresiones y tapizan todo tipo de irregularidades en el mismo.

Bajo la misma unidad cartográfica también se han agrupado extensas áreas de depósitos eólicos, de las mismas características, en la isla de la Graciosa. El espesor puede alcanzar varios metros cubriendo totalmente los materiales preexistentes, habiendo comenzado su formación desde el Pleistoceno.

Se encuentran otras áreas en las islas de La Graciosa y Alegranza en donde el espesor de las arenas es muy escaso, incluso centimétrico, que cubren malpais pero cuya morfología no ha sido ocultada totalmente.

Se han separado otros pequeños afloramientos al sur del macizo de Los Ajaches que aparecen apoyados sobre la rasa pliocena y adosados a los relieves miocenos. Se trata de calcarenitas biodetríticas con abundantes gasterópodos terrestres, que corresponden a dunas litorales pliocenas y que aparecen algo encalichadas en superficie; su potencia puede llegar a los 7 m.

Se ha diferenciado asimismo un afloramiento de edad Pleistoceno superior de arenas eólicas que aparecen debajo de las coladas de la alineación Calderetas de Guatiza. Son arenas de coloración amarillenta o blanquecina de grano fino y constituidas por conchas marinas. Aparecen ligeramente cementadas por neoformaciones de carbonatos y presentan estructuras de estratificaciones cruzadas.

4.3.2.2. Fluviales

El modelado fluvial ha actuado fundamentalmente en los relieves de los macizos antiguos, sobre todo en el de Los Ajaches. La dinámica fluvial ha conformado barrancos en V, que han incidido en los apilamientos de coladas, con una dirección aproximada O-E. Forman paredes bastante escarpadas, sobre todo en sus cursos altos, con pequeñas cuencas de recepción que marcan interfluvios a menudo en aristas. En los cursos bajos los interfluvios son menos escarpados y presentan formas alomadas. Se trata de medios de alta energía, con cursos de agua esporádicos de carácter torrencial. En el fondo de los barrancos suelen dejar depósitos de gravas y arenas que en ocasiones, especialmente en el curso medio, pueden dar lugar a terrazas que quedan colgadas ante una nueva incisión de dichos barrancos.

A la salida de algunos cursos de agua, cuando la energía se pierde en gran parte, se forman amplios depósitos formando abanicos aluviales, que coalescen entre sí, especialmente en el borde oeste del macizo de Femés, donde se producen amplias acumulaciones de depósitos de escasa pendiente. Estos abanicos suavizan y tapizan, en gran medida, los escarpes de los relieves occidentales del macizo.

En el área oriental del macizo de Ajaches o de Famara, en algunos barrancos se produce en las proximidades de su salida al mar algunos encajamientos que dan lugar a pequeñas gargantas.

El modelado fluvial adquiere poca relevancia fuera de los macizos antiguos, pues, debido al clima existente a lo largo del Cuaternario, que como mínimo ha sido semiárido, los cursos de agua han sido prácticamente inexistentes, llegando por tanto a formarse sólo incisiones muy débiles; la excepción no obstante serían los barrancos de las Piletas-La Espoleta y de Mullión, que se forman sobre las coladas del edificio Guanapay del Pleistoceno inferior.

Los materiales encontrados en Lanzarote, y relacionados con el medio fluvial, consisten en depósitos de terrazas, fondos de barranco, conos de deyección y llanuras aluviales.

Los que tienen mayor representatividad superficial son los conos de deyección. Estos están formados por arenas, gravas, cantos e incluso bloques en el macizo de Famara, de composición basáltica, de gran heterometría, con bordes desde redondeados y subredondeados en Ajaches, hasta angulosos y subangulosos en Famara. Estas granulometrías aparecen empastadas por una matriz areno-arcillosa, mostrando laminaciones y estratificación paralela discontinua.

Son escasos los barrancos en los que los depósitos de fondo adquieren cierta entidad, así se pueden citar los de Temisa, Tenesía, Mullión, Fraile, Higuera, Casita, Parrado o Juan Perdomo; de éstos, en los de Temisa, Tenesía, Piletas-La Espoleta, Mullión, Casita y Parrado también se encuentran pequeñas terrazas en sus laterales.

La composición de los depósitos de fondo de barranco y de las terrazas es similar, apareciendo en estas últimas con un mayor grado de compactación. Están constituidos por arenas, gravas y cantos basálticos heterométricos, de bordes redondeados y subredondeados, con tamaños de hasta 20-25 cm, rodeados por una matriz limo-arcillosa. Las potencias encontradas oscilan entre 1 y 2,5 m.

También se han distinguido en la cartografía algunas pequeñas zonas llanas, deprimidas de escasa escorrentía, de carácter aluvial. Los depósitos son de granulometrías predominantemente finas, arenas y limos, con algunos niveles de cantos. Su potencia suele ser escasa, aunque excepcionalmente se han podido observar espesores de 3 m. Algunas de estas áreas se encuentran al sur de la hoja de Arrecife, entre Puerto del Carmen y el aeropuerto.

4.3.2.3. *Endorreicos*

Se encuentran en diferentes zonas de la isla pequeñas áreas deprimidas con sustrato de materiales volcánicos o valles que en algún momento han sido cerrados por coladas, que funcionan como «valles ciegos», con mal drenaje, en los que la escasa escorrentía aporta lateralmente los materiales finos disponibles de la alteración de las propias coladas. De este modo se rellenan de depósitos areno-arcillosos dando lugar a una morfología de fondo de valle plano.

Los depósitos están constituidos por arenas, limos y arcillas de color marrón-anaranjado, de potencias escasas, normalmente entre 1 y 4 m.

Algún ejemplo de estas «cuencas» lo constituyen los valles de Fena y Femés que fueron cerrados por las coladas de M^{na} Miguel Ruiz en el Pleistoceno medio y de M^{na} Riscada en el Pleistoceno inferior, respectivamente; también la Vega de Guatiza cerrada por las coladas holocenas de la Caldera o la vega situada en las proximidades de Orzola cerrada por las coladas de Los Helechos-La Corona, en el Pleistoceno superior.

En este apartado también se han considerado los depósitos que rellenan el fondo de algunos cráteres como los de M^{na} Blanca, Pico Colorado o La Caldera del Cuchillo, que están constituidos por arenas, limos y arcillas de color marrón-rojizo procedentes de la alteración de los piroclastos de las paredes del cráter.

4.3.2.4. *Laderas*

Las formas de ladera y sus depósitos correspondientes más significativos en Lanzarote son los coluviones formados en las mismas, especialmente aquellos desarrollados en las laderas de los escarpes de los macizos de Famara y Ajaches, así como en los barrancos de dichos macizos. También se forman coluviones en las laderas de algunos conos volcánicos, que suavizan su pendiente y tapizan las mismas, entre los que se encuentran, por ejemplo, los de las laderas orientales de M^{na} Zonzamas y Montaña Guatisea hacia el sur de la isla.

En los escarpes occidentales del macizo de Ajaches y Famara (Risco de Famara) se han distinguido dos generaciones de coluviones.

La primera de estas generaciones, de una posible edad Pleistoceno inferior-medio, se caracteriza por el desarrollo de carbonatos en su superficie, produciéndose un encostramiento y formación de procesos edáficos; presentan formas triangulares redondeadas y ocupan las partes más altas de dichas laderas, con una mayor pendiente. Se encuentran incididos por la siguiente generación.

La segunda generación aparece más desarrollada, ocupando posiciones más bajas en la ladera. Está formada por materiales sueltos, que suavizan las pendientes, sobre todo en sus partes más distales, y se enlazan sin solución de continuidad con conos de deyección de amplio desarrollo. Su formación podría comenzar en el Pleistoceno superior.

Ambas generaciones presentan la misma litología, tratándose de materiales detríticos groseros, heterométricos, sin clasificación ni ordenación interna, con cantos o bloques basálticos de bordes angulosos y subangulosos envueltos en una matriz arenosa.

La litología de los depósitos de ladera en los conos volcánicos suele consistir fundamentalmente en material piroclástico retrabajado.

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

4.3.2.5. *Poligénicos*

Se han distinguido retazos de superficies de glaciación en los tres macizos antiguos (Ajaches, Central y Famara) de Lanzarote, que, al menos en el macizo de Famara, parecen corresponder a tres generaciones como mínimo. Su formación comienza a partir de la superficie «penillanurizada» de los niveles de coladas basálticas del último episodio de los edificios de Famara, Central o Ajaches. Debido a una serie de fracturas y

basculamientos se forman otros sistemas de glacis que aparecen de manera escalonada, a distintas alturas hacia el E y S, especialmente en Famara que es donde se han conservado con mayor extensión superficial. Presentan formas más o menos triangulares o alargadas, encontrándose flanqueadas por barrancos. Son superficies aplanadas, que ocupan las partes altas de los lomos entre valles y que posiblemente presenten mayor pendiente que la original debido a basculamientos sufridos durante el Pleistoceno.

En la parte superior de la mayoría de las superficies de glacis se encuentran finas láminas de depósitos formados por cantos basálticos, de bordes subangulosos, milimétricos o centimétricos con una matriz arenoso-arcillosa. Su potencia es inferior al metro y a menudo presentan en superficie fenómenos de carbonatación o de edafización, con formación de óxidos de hierro. Se les han asignado edades que van desde el Plioceno inferior hasta el Pleistoceno inferior.

Bajo este epígrafe también ha sido considerada la presencia de algunas pequeñas «cuencas» de origen aluvial-coluial en distintos puntos de las islas y sobre todo una amplia zona que ocupa gran parte de la hoja de Tegüise al este de Lanzarote, con depósitos de tipo aluvial-coluial. La parte más o menos central y más alta de esta zona sería el edificio de Guanapay que queda al descubierto, así como también se observan «ventanas» de las coladas de dicho edificio no cubiertas por los depósitos mencionados. La zona se extiende alrededor del edificio Guanapay, descendiendo en suave pendiente desde el mismo, de forma radial, hasta las estribaciones del macizo de Famara al norte o hasta los materiales de emisiones cuaternarias por el E, S y O que cierran la zona, dándole así un carácter semiendorreico a la misma.

En la parte más alta de esta zona han tenido lugar importantes procesos de edafización y alteración dando como consecuencia la formación de materiales bastante arcillosos e impermeables. Así, sobre estos materiales, con un régimen de lluvias fuertes y muy esporádicas, se forman áreas de acarcavamiento bastante llamativas.

En puntos más bajos de esta zona, donde las pendientes se suavizan, el régimen fluvial está constituido por pequeños rueros y amplias zonas de arroyada difusa.

Los depósitos de estas áreas de origen aluvial-coluial están constituidos por materiales areno-arcillosos de tonos anaranjados entre los que se intercalan lentejones de cantos y arenas. También se intercalan niveles de piroclastos re trabajados y arenas. Su potencia oscila entre 1 y 3,5 m.

También hay otras zonas, como amplias áreas de ladera o zonas llanas, donde se produjeron procesos de carbonatación y también de edafización, con formación de suelos rojos, y pseudogley en las zonas llanas, etc., formando una capa de materiales finos producto de las alteraciones sufridas especialmente durante el Pleistoceno medio en el que las condiciones climáticas favorecían estos procesos.

4.3.2.6. Marino

Los efectos del medio marino a lo largo de las costas de la isla de Lanzarote y de las islas del norte se han traducido en la formación de zonas acantiladas de distinta envergadura, de plataformas de abrasión en diferentes momentos de la historia de las islas, que pueden conservar o no sus depósitos, y en la formación de playas actuales.

En la isla de Lanzarote las áreas donde los acantilados adquieren mayor altitud (60-100 m) corresponden a tramos de costa en los macizos de Los Ajaches y de Famara. En Famara se encuentran en la costa oeste, sobre coluviones y depósitos gravitacionales; en Ajaches, en la costa este de la isla, sobre basaltos miocenos. Existen otros tramos donde se desarrollan pequeños acantilados, e incluso en la costa oeste, sobre coladas históricas se han labrado pequeños cantiles de 1 a 3 m.

En las islas del norte, como La Graciosa, M^{na} Clara, Alegranza o Roque del Este, el mar ha actuado con fuerza sobre algunos edificios formados por piroclastos al borde de la costa, que al ofrecer menor resistencia por ser materiales más sueltos, da como consecuencia un desmoronamiento de los mismos. Así ocurre, por ejemplo, en M^{na} Clara, con acantilados de unos 200 m o en el Roque del Este.

En el área de las Salinas del Janubio y en el extremo sur de la isla, ambas zonas dentro del dominio de los Ajaches, se conserva una superficie que corresponde a una plataforma de abrasión formada sobre las coladas miocenas. Por dataciones paleontológicas, como ya se indica en el capítulo 2, se sabe que se formó durante el Plioceno inferior. Esta superficie se encuentra ahora a 35-50 m sobre el nivel del mar.

En el área de las Salinas del Janubio no se han encontrado depósitos que correspondan a esta superficie; en el extremo sur, desde Punta del Garajao hasta El Pasito, se encuentra un nivel de escaso espesor que aflora de manera casi continua. Se dispone sobre los basaltos miocenos y debajo de arenas eólicas o de conos de deyección, a 40-50 m sobre el nivel del mar. Está constituido por areniscas y conglomerados; éstos presentan clastos basálticos muy redondeados, heterométricos, con tamaños entre 1-2 cm y 10-15 cm; las areniscas muestran abundante fauna y colores blanquecinos y grisáceos.

En pequeños tramos a lo largo de la costa de Lanzarote y también de La Graciosa y Alegranza permanecen retazos de la rasa marina «jandiense», datada paleontológicamente por MECO (1975, 1977) y MECO *et al.* (1987), como Pleistoceno superior. Los afloramientos más significativos se encuentran al norte en La Caleta de Famara, al sur, en el área de Arrecife en la zona de Las Salinas de Matagorda y en el extremo sur, en el dominio de Femés, en Playa Quemada, Salinas del Berrugo o Punta Pechiguera.

Los depósitos 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. Estos depósitos aparecen levantados sobre el nivel del mar a una altura de 1 a 6 m según donde hayan sido encontrados. Su contenido faunístico y otras características se encuentran descritos en el capítulo 2.

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.

De manera discontinua, pero a lo largo de toda la línea de costa de Lanzarote y los islotes, exceptuando gran parte de la costa oeste formada por las emisiones de Timanfaya, se encuentran restos de una estrecha superficie de abrasión, la rasa «erbanense», MECO (1988) en unas ocasiones conservando sus depósitos y en otras aflorando únicamente como superficie trabajada sobre coladas de diferentes edades.

Esta superficie aparece a 0,5-1 m de altura sobre el nivel del mar. Los depósitos consisten en un nivel de areniscas

con abundante fauna marina (véase capítulo 2), de grano fino, color claro y bastante compactadas, que a menudo presentan a techo otro nivel de conglomerados de cantos basálticos redondeados. Su potencia está entre los 40 y los 60 cm. La edad de estos depósitos es holocena, Meco (1991b).

Las formaciones de playas actuales en el borde costero de Lanzarote y de las islas del norte no son muy frecuentes ni de amplio desarrollo. Se encuentran pequeñas playas de cantos basálticos a la salida de barrancos o pequeñas áreas de arenales entre zonas de acantilados. Excepcionalmente pueden llegar a varios kilómetros de extensión, como las de Puerto del Carmen, Arrecife, Caleta de Famara o El Risco. Otras playas significativas son La Garita, Arrieta, La Cantería, Playa Blanca, etc.

4.3.2.7. Antrópicas

Bajo este epígrafe cabe citar la presencia de algunas explotaciones, en líneas generales muy escasas, que quizás sean más abundantes en el área central de la isla o en las proximidades a Arrecife. Las más numerosas son las que se encuentran sobre materiales piroclásticos en conos volcánicos, como, por ejemplo, Lomo del Camacho, Lomo San Andrés, Tahiche o M¹⁰ Cabrera. También son frecuentes las explotaciones en arenas eólicas como en las proximidades de la Presa de Mala o en la zona de la Hoya de la Plata. Existe además alguna cantera aislada en coladas basálticas y en materiales arcilloarenosos.

Asimismo han sido señaladas en el mapa algunas zonas antrópicas en las que se han depositado materiales de relleno para obras, escombros, etc. Las más significativas son una amplia zona junto al aeropuerto u otra de menor extensión al N de El Berrugo. Además se pueden mencionar algunas salinas junto a la costa como son las Salinas del Janubio, las salinas del Río o las salinas de El Berrugo.

4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

El primer relieve que se conforma en la isla de Lanzarote es el que constituye el apilamiento de coladas de edad miocena que forma el macizo de Los Ajaches. Cuando gran parte de las coladas de este edificio han sido emitidas, comienza al norte de la isla otro gran apilamiento de coladas basálticas pertenecientes al edificio de Famara. Asimismo cuando este edificio alcanza sus estadios intermedios, también en el Mioceno, en la parte centro-sur de la isla comienzan las emisiones de otro edificio denominado Central o de Tías, CARRACEDO y RODRIGUEZ BADIOLA (1993). En el edificio Central cesan las emisiones, mientras que en el de Famara continúan hasta comienzos del Plioceno.

La evolución del relieve de estos tres macizos antiguos sigue un proceso similar, sólo que desplazado en el tiempo, pues, lógicamente, cuando en Ajaches ya existía un gran desmantelamiento, en Famara todavía se estaban emitiendo coladas; Así, el relieve del macizo de Ajaches aparece mucho más acentuado y evolucionado, con una red de barrancos más desarrollada que en Famara.

Tanto en Famara como en Ajaches durante el largo período de calma eruptiva que sigue a la formación de los macizos se constituiría un paleorelieve «penillanurizado» a partir del cual se encajaría un primer sistema de glacis; de dicha «penillanura» quedarían restos de superficie, ahora edafizada, en el

macizo de Famara, mientras que en Ajaches no quedan vestigios de la misma.

En los tres macizos antiguos parecen haber entrado en funcionamiento determinadas fracturas en etapas sucesivas que producen un movimiento de bloques y basculamientos, que aparecen mejor reflejados en Famara y que, entre otros efectos, habrían causado la generación de nuevos glacis, de cuyas superficiales quedan retazos de mayores dimensiones en Famara que en Ajaches.

Durante el Plioceno inferior se genera una amplia plataforma de erosión que parece ser marina en gran parte de la isla, pudiendo superponerse en el algún área del dominio de los Ajaches los efectos de una erosión continental. Esta superficie rodearía los macizos antiguos dejando depósitos sólo observados al SE del macizo de Ajaches y posteriormente habría sido cubierta por amplios campos de dunas que unirían los macizos antiguos para configurar una sola isla; estos depósitos de dunas serían cubiertos en su mayor parte por emisiones volcánicas posteriores.

La regresión pliocena produjo un descenso del nivel de base provocando un encajamiento de barrancos en los macizos antiguos. Los depósitos marinos y la superficie quedan expuestos ahora a una cota de 40-50 m sobre el nivel del mar.

En el Plioceno superior, sobre esta rasa surgiría el edificio de M¹⁰ Roja al O del macizo de Ajaches.

Ya en el Pleistoceno inferior comienza una actividad volcánica en diferentes zonas de la isla que prospera, sin solución de continuidad hasta tiempos históricos.

En los barrancos de los macizos antiguos y sobre todo en los grandes escarpes externos de los macizos de Famara y Ajaches se han generado amplios depósitos de ladera, incluso en el Risco de Famara se forman depósitos de origen gravitacional, posiblemente inducidos por fracturas. Durante el Pleistoceno medio debido al clima reinante, se producen en amplias zonas, pero especialmente en coluviones de los barrancos y escarpes de los macizos antiguos así como en las superficies de erosión de la parte alta del macizo de Famara, procesos de carbonatación y edafización que dan lugar a la formación de encostramientos superficiales y suelos en los mismos.

También comienzan a formarse en diferentes puntos en zonas deprimidas o valles, áreas de carácter endorréico debido al cierre de aquellos por coladas, depositándose en los mismos materiales de granulometría fina; dos ejemplos de este tipo de depósitos serían los valles de Fena y de Femés.

Durante el Pleistoceno medio se cubre gran parte del área central de la isla por edificios volcánicos y coladas correspondientes, ganando terreno al mar, especialmente por su lado oeste. También surgen piroclastos hidromagmáticos de los primeros edificios volcánicos constituidos en las islas de La Graciosa y Alegranza, al norte de Lanzarote.

Al norte de Lanzarote, al oeste del macizo de Famara, se forman grandes acumulaciones de arenas eólicas, que van a seguir produciéndose hasta la actualidad. También se producen estas acumulaciones en la isla de La Graciosa.

Durante el Pleistoceno superior se constituye a lo largo de la costa de Lanzarote y Los Islotes la rasa marina «jandiense»

cuyos depósitos quedan al descubierto en numerosos puntos de la costa a alturas comprendidas entre 1 y 5 m. Esta regresión marina provoca un nuevo encajamiento de la red de barrancos.

Se forma una nueva generación de coluviones en los barrancos y escarpes de los macizos antiguos y también en la laderas de algunos edificios volcánicos. Especialmente en los grandes escarpes estos coluviones se enlazan sin solución de continuidad con amplios abanicos aluviales.

En el Pleistoceno superior-Holoceno surgen edificios volcánicos al este del macizo de Famara que cubren con sus emisiones gran parte del mismo.

Una nueva regresión marina deja al descubierto a lo largo de la costa restos de la superficie y/o depósitos de la rasa «erbanense», a 0,5-1 m sobre el nivel del mar actual.

Del Holoceno a la actualidad se configuran en la línea de costa zonas de playas y acantilados.

En tiempos históricos el relieve de la isla es modificado nuevamente en todo su área central por las emisiones de Timanfaya y de 1824 que surgen sobre las coladas pleistocenas y las cubren en gran parte, dando lugar a un paisaje típicamente volcánico que conserva todos sus elementos morfológicos.

4.5. MORFODINÁMICA ACTUAL

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

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

De estos agentes externos, el que actúa con mayor intensidad es el mar, que modela la línea de costa elaborando acantilados, incluso en áreas formadas por emisiones históricas. Otro agente que actúa de forma constante es el viento que forma dunas y mantos eólicos, fundamentalmente en las zonas expuestas a barlovento.

5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA

El estudio petrográfico está basado en la observación de unas 535 láminas delgadas procedentes del muestreo llevado a cabo durante la ejecución de la cartografía MAGNA a escala 1:25.000 (11 hojas).

La caracterización geoquímica de las unidades volcánicas se ha realizado a partir de la consideración de 205 análisis químicos de rocas, cuyos resultados tabulados figuran en las memorias de las hojas geológicas del MAGNA, por lo que ya no se incluyen en esta síntesis. Muchos de estos análisis fueron realizados durante la ejecución de dichas hojas, procediendo el resto de la bibliografía principal disponible: HAUSEN (1958), FUSTER *et al.* (1966), IBARROLA y LÓPEZ RUIZ (1967), FUSTER *et al.* (1968), SAGREDO (1969), IBARROLA (1970), ICONA (1988), CARRACEDO *et al.* (1990) y MARTI y COLOMBO (1990).

Las rocas volcánicas se han clasificado mediante el diagrama TAS de la IUGS, LE BAS *et al.* (1986), siguiendo las reglas establecidas por dicho organismo para su uso.

5.1. 1.º CICLO. MIO-PLIOCENO

PRETOLOGÍA

5.1.1. Dominio de Ajaches

De los macizos miocenos de Lanzarote, el de Ajaches es el que presenta más variación composicional en sus emisiones. Desde el punto de vista petrológico, los términos presentes, tanto en coladas como en intrusivos y diques, son mayoritariamente rocas porfídicas, de naturaleza basáltica. Los tipos petrológicos dominantes a lo largo de toda la secuencia estratigráfica del macizo son **basaltos olivínicos y basaltos olivínico-piroxénicos**. Las texturas más comunes son microcristalinas, criptocristalinas y a veces se dan también texturas doleríticas. El olivino es fundamentalmente forsterítico (Fo 84%), CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1993). La matriz suele estar formada por microlitos de plagioclasa, augita y opacos, siendo excepcional la biotita, que es de cristalización incipiente. Los óxidos de hierro suelen pertenecer a la serie magnetita-ulvoespinela, CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (*op. cit.*). Las alteraciones más frecuentes son la iddingsitización en los cristales de olivino, y en menor medida, serpenitizaciones esporádicas o incipientes.

Otros tipos más escasos son los **basaltos plagioclásicos**, bien en forma de diques o de coladas; son generalmente afíricos o con escasos fenocristales de plagioclasa y con texturas «traquitoides», definidas por la orientación de los microlitos de este mineral en la pasta.

En los diques, además de los términos basálticos olivínicos y olivínico-piroxénicos, aparecen también **basanitas**, aunque de forma subordinada, y posiblemente relacionadas con episodios más tardíos en la evolución del macizo. Son también tipos porfídicos, con abundantes fenocristales de olivino, augita titanada y carentes de plagioclasa, si bien petrográficamente tampoco se observan foides.

Cortando a las sucesiones basálticas existen algunos **diques traquíticos**, principalmente en el zona de Punta del Papagayo. Suelen ser afíricos, o con escasos fenocristales de feldespato alcalino de tipo anortoclasa-oligoclasa.

En los **cuerpos intrusivos**, y en algunos casos en las coladas, es frecuente la presencia de facies pegmatitoides de grano medio-grueso y aspecto gabroide. Aparecen en forma de diquecillos o venillas delgadas divagantes, a veces como diques más potentes y definidos, y otras, como masas irregulares.

Desde el punto de vista petrográfico son rocas granudas de tipo gabro, con texturas diabásicas. FERNÁNDEZ SANTÍN (1969) en su tesis doctoral llevó a cabo un extenso y detallado estudio petrográfico y geoquímico sobre este tipo de rocas, además de analizar su interpretación genética. Esta autora distingue varios tipos, todos los cuales pertenecen a la familia de los gabros alcalinos, gabros teralíticos, gabros essexíticos con textura gabrodiabásica, gabros essexíticos granudos, gabros essexíticos porfídicos y monzonitas nefelinicas.

5.1.2. Dominio Central

Las coladas e intrusivos que configuran el Dominio mioceno Central de Lanzarote son de composición **basáltica olivínica**

u **olivínico-piroxénica**, presentando escasas variaciones texturales entre ellos. Son rocas generalmente porfídicas, con abundantes fenocristales de olivino y augita, dispuestos en una pasta micro o criptocristalina. Generalmente el olivino aparece también iddingsitizado.

Aunque subordinadas, en esta zona se han muestreado también **basanitas**, cuyas características texturales son similares a las anteriores.

5.1.3. Dominio Famara

En el edificio Famara, al igual que en el Dominio Central, la variedad petrográfica es menor que en Ajaches y en ningún caso se han encontrado términos diferenciados. A lo largo de toda la sucesión estratigráfica, desde el tramo inferior al superior, las tipologías existentes son **basaltos olivínicos** y en menor cuantía **basaltos olivínico-piroxénicos**, en los que las únicas diferencias apreciables son las proporciones relativas de olivino y augita. Texturalmente son rocas porfídicas de matriz microcristalina o criptocristalina, formada por microlitos de plagioclasa, augita, olivino y óxidos de hierro. La plagioclasa varía escasamente, desde bytownita a labradorita, CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1993). Las alteraciones más frecuente son a iddingsita, que afecta al olivino, total o parcialmente, y a serpentina en menor grado. En algunas muestras, a menudo pertenecientes a intrusivos, es habitual la presencia de esporádicos anfíboles y biotitas de nucleación incipiente. Generalmente, existen rellenos de calcita y ceolitas.

En el caso de los depósitos piroclásticos las características son idénticas, salvo el carácter habitualmente menos cristalino de la matriz.

La red de diques en este macizo es invariablemente basáltica, también con variedades olivínicas y olivínico-piroxénicas.

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), Fig. 5.1a. La siguiente, que se solapa parcialmente en edad con la anterior, es la que dio lugar a Famara y al edificio mioceno central y se caracteriza por su carácter más subsaturado y mayor alcalinidad, en la que los tipos dominantes son basanitas y donde no existen episodios diferenciados, Fig. 5.1. b y c.

Con respecto a lo observado en el estudio petrográfico, se desprende que en Ajaches existe una relativa buena correspondencia entre la composición modal y normativa de estas rocas, mientras que por el contrario, en los afloramientos miocenos del Dominio Central y en Famara, ésta es menos evidente, debido a la mayor dificultad que existe, a veces, en la identificación de feldespatoides en una pasta tan poco cristalina.

En el macizo de Ajaches los tipos más diferenciados están subordinados respecto a los básicos, aspecto ya puesto de manifiesto en la observación de campo, y corresponden a pequeños afloramientos de masas y diques traquíticos de la zona de El Papagayo, Janubio o M^{na} El Cabo. En general, la evolución geoquímica del macizo ha seguido principalmente, un proceso de cristalización fraccionada.

Las rocas basaníticas presentes en Ajaches son igualmente escasas, y están asociadas, a veces, a diques que atraviesan toda la sucesión estratigráfica del mismo. Su presencia podría estar reflejando el comienzo de un nuevo ciclo geoquímico más alcalino en Ajaches, el cual quedó abortado y no llegó a tener mayor desarrollo, o bien puede tratarse de manifestaciones ocurridas en este sector, pero ya relacionadas con el volcanismo mioceno más alcalino del Dominio Central o de Famara.

En Famara y en el edificio central, la dispersión de términos es mucho menor que en el otro macizo, caracterizándose ambos por sus composiciones basaníticas, y por tanto, con un carácter más subsaturado y alcalino, Fig. 5.1. b y c. La utilización de elementos traza tales como Ce, y su confrontación con la relación Ce/Zr, pone de manifiesto, según CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1993), que la evolución geoquímica en estos dos edificios ha estado marcada por procesos de fusión parcial, sobre los que se superponen otros procesos de fraccionación.

5.2. 2.º CICLO. PLIO-CUATERNARIO

PETROLOGÍA

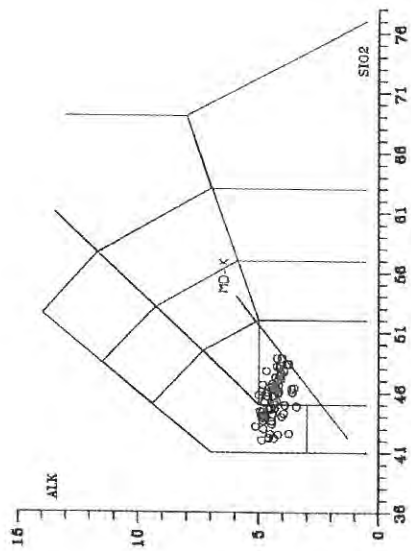
El aspecto más sobresaliente de las características petrográficas de las emisiones del segundo ciclo volcánico de Lanzarote es su enorme monotonía, en cuanto a composición y caracteres texturales. Esto hace que no puedan establecerse diferencias significativas entre las emisiones de un período concreto, o de un mismo grupo de edificios alineados entre sí. Por tanto, como se dijo al comienzo de la descripción de campo de estas erupciones, el criterio petrológico no puede aplicarse para la individualización de malpaíses de uno o de un conjunto de edificios.

La composición petrográfica de las emisiones plio-cuaternarias de Lanzarote viene dada por la presencia invariable de **basaltos olivínicos** y **basaltos olivínico-piroxénicos**, siendo sus únicas diferencias la mayor proporción relativa de fenocristales de augita en los segundos. Es frecuente, igualmente, la presencia de términos basaníticos. Generalmente son rocas de textura porfídica microcristalina o criptocristalina y con frecuencia vesiculares o vacuolares, cuando presentan rellenos de productos secundarios, como ceolitas o carbonatos. En algunos casos se observan variedades intergranulares, con escasos fenocristales, como ocurre en algunos episodios de Timanfaya. Los tipos hialopiliticos o vítreos son igualmente escasos y suelen darse en los materiales piroclásticos y en especial en los hidromagmáticos, donde es abundante el vidrio palagonitizado. Una de las diferencias principales entre estas emisiones cuaternarias y las mio-pliocenas es precisamente el menor grado de cristalinidad de las primeras.

La mineralogía de estas rocas consiste fundamentalmente en fenocristales de olivino, poco o nada iddingsitizados y augita, en proporciones variables, a menudo zonada, en «reloj de arena», y frecuentemente con variedades titanadas. La matriz está constituida por microlitos de plagioclasa, abundantes opacos, augitas y pequeños cristaltos de olivino.

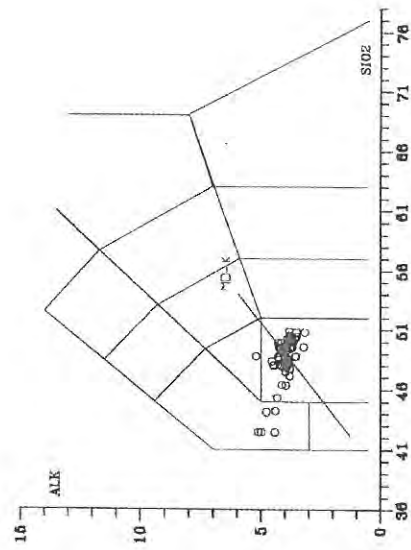
Además del olivino primario, es frecuente, en la mayoría de las emisiones cuaternarias, la presencia de xenocristales de olivino con hábitos alotriomorfos, maclados mecánicamente y con extinción ondulante, los cuales proceden de la desintegración de nódulos de rocas ultramáficas (generalmente dunitas) englobados en las lavas. De manera esporádica aparecen también, xenocristales de espinela, producto de la segregación de enclaves ultramáficos.

SEGUNDO CICLO VOLCANICO (PLIO-Cuaternario)



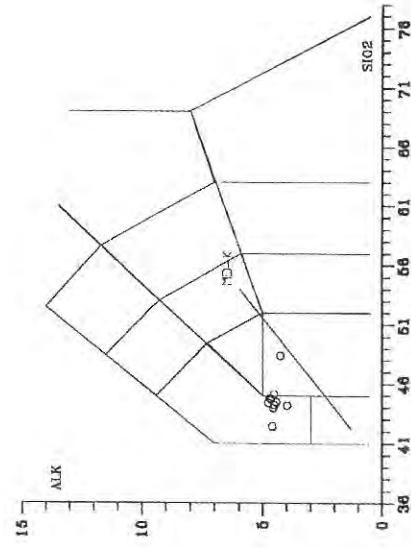
PLIO-PLISTOCENO

d.



TIMANFAYA (1730-36)

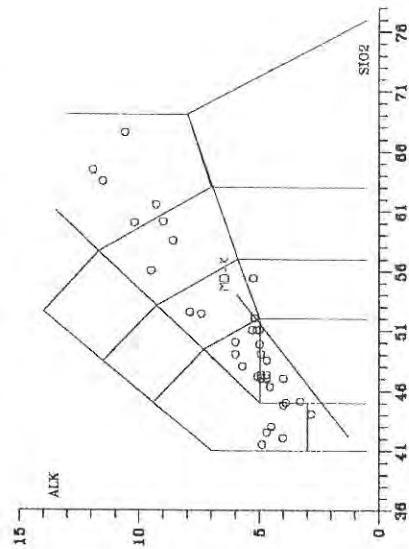
e.



ERUPCIONES DE 1824

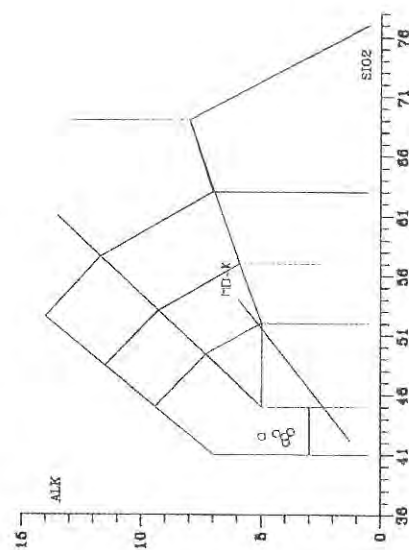
f.

PRIMER CICLO VOLCANICO (Mio-Plioceno)



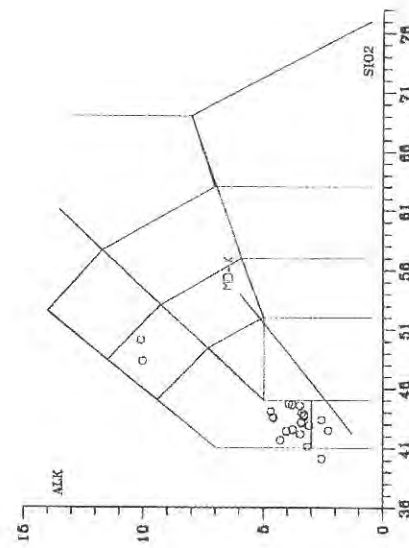
AJACHES (Mioceno)

g.



DOMINIO CENTRAL (Mioceno)

b.



FAMARA (Mio-Plioceno)

c.

Figura 5.1 Diagramas TAS

Enclaves de rocas plutónicas y sedimentarias

Como ya se ha expuesto, los enclaves de rocas plutónicas son bastante frecuentes en casi todas las emisiones cuaternarias de Lanzarote. Los principales son de composición ultramáfica, destacando entre ellos los de tipo peridotítico sobre los piroxeníticos. También aparecen rocas gabroides, pero de manera subordinada. Fueron estudiados con gran detalle por SAGREDO (1969).

Peridotitas. Los tipos más abundantes son las dunitas, seguidas por harzburgitas y, en menor cuantía, por lerzolititas y wehrlitas, si bien estos cuatro últimos no suelen presentarse como tipos puros, sino intermedios entre dunitas, tal como señala esta autora.

Las dunitas tienen una textura en mosaico equigranular y están formados fundamentalmente por cristales panalotriomorfos de olivino, así como por espinela-cromita, clinopiroxeno y plagioclasa, pero ya en cantidades accesorias.

Texturalmente el resto de nódulos son similares, variando, evidentemente, las proporciones de olivino, clinopiroxeno y ortopiroxeno. En el trabajo de SAGREDO (*op. cit.*) se encuentra una descripción bastante completa de cada uno de ellos.

Del estudio petrográfico, mineralógico y geoquímico de estos enclaves de Lanzarote, así como de sus inclusiones fluidas, NEUMANN *et al.* (1995) obtiene también una serie de conclusiones respecto a la naturaleza de la litosfera sobre la que se asienta la isla. Confirman la presencia de corteza oceánica bajo Lanzarote, hecho, a menudo puesto en duda por algunos autores, para el grupo de islas canarias orientales (Lanzarote y Fuerteventura). Las diferencias encontradas entre estos xenolitos y otros procedentes de lo que se considera litosfera oceánica «normal», las atribuyen a la ocurrencia bajo Lanzarote de una combinación de procesos de fusión y metasomatismo que han modificado la litosfera en este sector.

Más escasos son los enclaves de rocas sedimentarias, los cuales suelen aparecer ocasionalmente englobados en depósitos piroclásticos, como por ejemplo, en M¹³ Tamia, o Caldera del Cuchillo, y también en M¹⁰ Clara y Roque del Este. Se trata, en el primer caso, de areniscas con cuarzo, y en los dos islotes de calizas.

GEOQUIMICA

El segundo ciclo magmático se caracteriza por la presencia de términos de naturaleza básica, con tipos basálticos y basaniticos, estando ausentes rocas con mayor grado de diferenciación. Fig. 5.1. d, e, f.

Durante las erupciones cuaternarias, anteriores a las de Timanfaya (Plio-Pleistoceno), se observa, en el diagrama TAS de la Fig. 5.1d, una cierta tendencia evolutiva hacia los tipos toleíticos, aunque sin llegar a ellos, lo que en cierto modo es ya un síntoma precursor de la aparición de estos términos en las erupciones históricas del siglo XVIII. A lo largo de estas emisiones cuaternarias son los fenómenos de cristalización fraccionada del magma los que han dominado, y las diferencias geoquímicas entre ellas deben estar más bien relacionadas con variaciones en el grado de fusión.

El período de erupciones históricas del siglo XVIII (erupciones de Timanfaya), muestra más variación geoquímica, 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, Fig. 5.1. e. CARRACEDO *et al.* (1992) y CARRACEDO y RODRIGUEZ BADIOLA (1993) relacionan estas variaciones composicionales en Timanfaya con cambios en el grado de fusión parcial, el cual aumentaría hacia los términos toleíticos, en cierto modo también influidos por variaciones en la profundidad de generación de los magmas. La proyección de una de las muestras en el campo de las hawaiitas del diagrama TAS, Fig. 5.1. e, debe explicarse, probablemente, a su mayor contenido en hierro y en otros elementos, que hacen que siga un comportamiento diferente al del resto.

El estudio de las relaciones isotópicas U/Th y ²³⁰Th/²³²Th, en muestras de esta prolongada erupción, SIGMARSSON *et al.* (1992), pone de manifiesto también, que los aportes magmáticos a esta erupción proceden de varias fuentes.

En la erupción de 1824, los materiales emitidos son casi siempre basanitas, Fig. 5.1f, mostrando entre ellos escasa variación en sus contenidos elementales. Las emisiones del volcán Nuevo del Fuego son, sin embargo, más anómalas, pues entre sus materiales aparecen basanitas y basaltos y en este último caso, una de ellos se aleja del comportamiento general del grupo, asimilándose más a las del período histórico anterior.

Comparando elementos traza de materiales de las dos erupciones históricas, se observa una clara separación entre ambas, CARRACEDO y RODRIGUEZ BADIOLA (1993), si bien existen similitudes, en sus términos basaniticos.

En los islotes, La Graciosa, M¹⁸ Clara-Roque del Oeste, Alegranza y Roque del Este, la tendencia geoquímica observada es idéntica a la del segundo ciclo magmático de la isla de Lanzarote, ya que realmente forma parte de él, siguiendo sus emisiones la misma pauta que las del resto de erupciones plio-pleistocenas de la isla principal, Fig. 5.1. d.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

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

En Lanzarote, a diferencia de Fuerteventura, no se ha observado en superficie el Complejo Basal. Por tanto, las rocas más antiguas que afloran son los materiales basálticos del Mioceno. Estas rocas aparecen, fundamentalmente, en tres macizos que reciben los nombres de: Dominio de Famara, Dominio Central, y Dominio de Los Ajaches.

Según las dataciones radiométricas de IBARROLA *et al.* (1988) el período de construcción principal del edificio de Los Ajaches se produjo aproximadamente entre 15,5 y 13,4 m.a. A continuación tuvo lugar un período erosivo que comienza a retocar este gran relieve. Posteriormente, hace aproximadamente unos 10,2 m.a., la actividad volcánica se reinicia en el extremo norte de la actual isla formándose probablemente otra isla (Famara) independiente de la existente en Ajaches. Paralelamente a la construcción del edificio Famara, en torno a los 6,7 m.a. de antigüedad, comienza a formarse otra «isla» en las inmediaciones del edificio Ajaches. Los centros de emisión debían localizarse ligeramente al norte de los afloramientos actuales del Dominio Central. Ahora bien, tampoco se descartan que algunos de los intrusivos y salideros finales del Dominio Ajaches tengan esta edad. Así, se han observado coladas dis-

cordantes que rodean el edificio, (ej. Playa del Janubio) y otras que desde las cumbres del Pico Naos se descuelgan hacia el E y hacia el sur (Playa Quemada). No se descarta que alguna de estas coladas puedan ser las que ABDEL MONEM *et al.* (1971) dataron en 7 m.a. en las proximidades de Playa Quemada, ya que coinciden composicionalmente (basanitas) con las de algunos diques y salideros tardíos. De este modo la fisonomía de la isla va acercándose a la actual, ya que las coladas del Dominio Central y Ajaches debían estar muy próximas espacialmente tal vez sólo separadas por un estrecho istmo de arenas.

Durante el Plioceno se desarrollan playas en todo el borde del macizo de los Ajaches y probablemente también rodeando el edificio Central, si bien, esto último sólo se ha observado en sondeos realizados en lo que es actualmente el PNT. En estadios más avanzados del Plioceno (en torno a 3,8-3,9 m.a.) finaliza la actividad constructiva del Edificio Famara.

Posteriormente, la actividad magmática se traslada de un extremo al otro de la isla y surge, sobre la rasa pliocena, el volcán de M^{ra} Roja (2,7 m.a.). Las coladas de este edificio rodean el macizo de los Ajaches y debieron ganar terreno al mar.

En el inicio del Cuaternario (entre 1,8 y 1,4 m.a.), la actividad volcánica vuelve a trasladarse al otro extremo de la isla y aparece sobre el edificio Famara la primera alineación volcánica cuaternaria. Está constituida por los volcanes de Teneguime, Mala y Atalaya de Haría. Las coladas de estos edificios se canalizan por los barrancos que ya se habían formado en Famara, adaptándose al relieve previo. Durante todo el cuaternario la actividad es prácticamente continua y obedece a un régimen fisural que da lugar a diferentes alineaciones volcánicas que siguen las pautas estructurales del dominio en el que aparecen (ENE-OSO, para el Dominio Central y NE-SO, para el Dominio Famara y los islotes). Estos islotes fueron apareciendo a lo largo del Cuaternario y algunos de ellos actualmente están muy desmantelados (Roque del Este). En otros, sin embargo, ha existido posteriormente, una intensa actividad eólica, similar a la que existe en el sector de Soo-Teguise. Posteriormente estas arenas se removilizan hasta épocas actuales existiendo auténticas dunas vivas.

Durante el Pleistoceno superior y el Holoceno, la posición más elevada del mar con respecto a la actual ocasiona la deposición de sedimentos marinos a lo largo de la costa que actualmente quedan levantados a alturas del orden de 5-7 m, en lo que se refiere a la rasa jandiense y en torno 1 m para la rasa erbanense.

Algunas de las fisuras pleistocenas se reactivan en tiempos históricos dando lugar a las alineaciones de Timanfaya y del año 1824. Concretamente los episodios de Timanfaya constituyen la erupción histórica más importante del archipiélago y una de las mayores del mundo, sólo superada en volumen de material emitido por la de Lakagigar en Islandia. No obstante, la erupción de Timanfaya supera a ésta en cuanto a tiempo de duración de la actividad eruptiva (casi 6 años en Timanfaya). Estas coladas cubrieron una gran superficie de la isla lo cual produjo un cambio importante en la fisonomía de la misma.

7. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

En este capítulo se hace una síntesis del conocimiento hidrogeológico de la isla de Lanzarote, reflejando el estado

actual de sus recursos hidráulicos. Para su redacción se ha contado, fundamentalmente, con información específica generada a través de diversos estudios realizados por diferentes organismos públicos. La bibliografía actualizada es, sin embargo, escasa, siendo los documentos más importantes el reciente Plan Hidrológico de Lanzarote, CABILDO INSULAR DE LANZAROTE Y GOBIERNO DE CANARIAS (1992) y el trabajo de síntesis sobre las Aguas Subterráneas de España del ITGE (1989), e ITGE (1992). Estudios hidrológicos como el SPA/15 (1975) y MAC-21 (1976), aunque antiguos, son también de enorme interés, hasta el punto de ser considerados como fundamentales en los trabajos más recientes ya mencionados.

En algunos casos, los datos obtenidos en dichos estudios no han sido actualizados, por lo que son tomados como punto de partida en la planificación hidrológica actual.

7.1. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Climatología

La isla de Lanzarote es una de las más áridas del archipiélago canario, pudiéndose clasificar su clima como desértico, cálido y seco. La baja pluviosidad se debe, en gran parte, a la baja altitud de sus relieves (el punto más elevado, Las Peñas del Chache, en el norte, tiene 670 m sobre el nivel del mar) que no alcanzan la cota de inversión del alisio, principal portador de lluvia a las islas.

En las zonas de relieve abrupto y elevado, como los macizos de Famara y Femés, se dan, a veces, condiciones de nubosidad, al estancarse el alisio, lo que propicia mayor frescor y humedad ambiental y, hasta en ciertos casos, alguna escasa pluviosidad.

Aunque no hay grandes oscilaciones térmicas como consecuencia de esa baja altitud topográfica, se observan contrastes térmicos diurnos acusados, con diferencias de entre 15° y 17 °C en un mismo día, siendo la oscilación media anual de 8 °C, MARZOL (1988).

La humedad relativa, está próxima al 70%, pero se ve reducida durante el día debido a la fuerte insolación.

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

El régimen de lluvias se caracteriza por su escasez anual, baja intensidad e irregularidad en el tiempo y espacio, no alcanzando los 300 mm/año, Fig. 7.1. Es en los sectores del centro y del norte donde la pluviometría tiene mayor importancia cuantitativa, mientras que hacia el sur y en las zonas próximas a la costa, no suele alcanzar los 150 mm/año. Hacia el interior, sin embargo, el beneficio es mayor, al incrementarse ligeramente la altitud sobre al nivel del mar. Este hecho queda reflejado en la comparación de los cuatro climogramas de la Fig. 7.2, correspondientes a cuatro estaciones diseminadas por la isla.

Las precipitaciones medias anuales para el conjunto de la isla, obtenidas por el Plan Hidrológico de Lanzarote, CABILDO INSULAR DE LANZAROTE Y GOBIERNO DE CANARIAS (1992), son de 155,7 mm/año. La evapotranspiración es de un 89% y la escorrentía superficial de 2 Hm³/año, ITGE (1989), o 1,6 mm/año según el Plan Hidrológico.

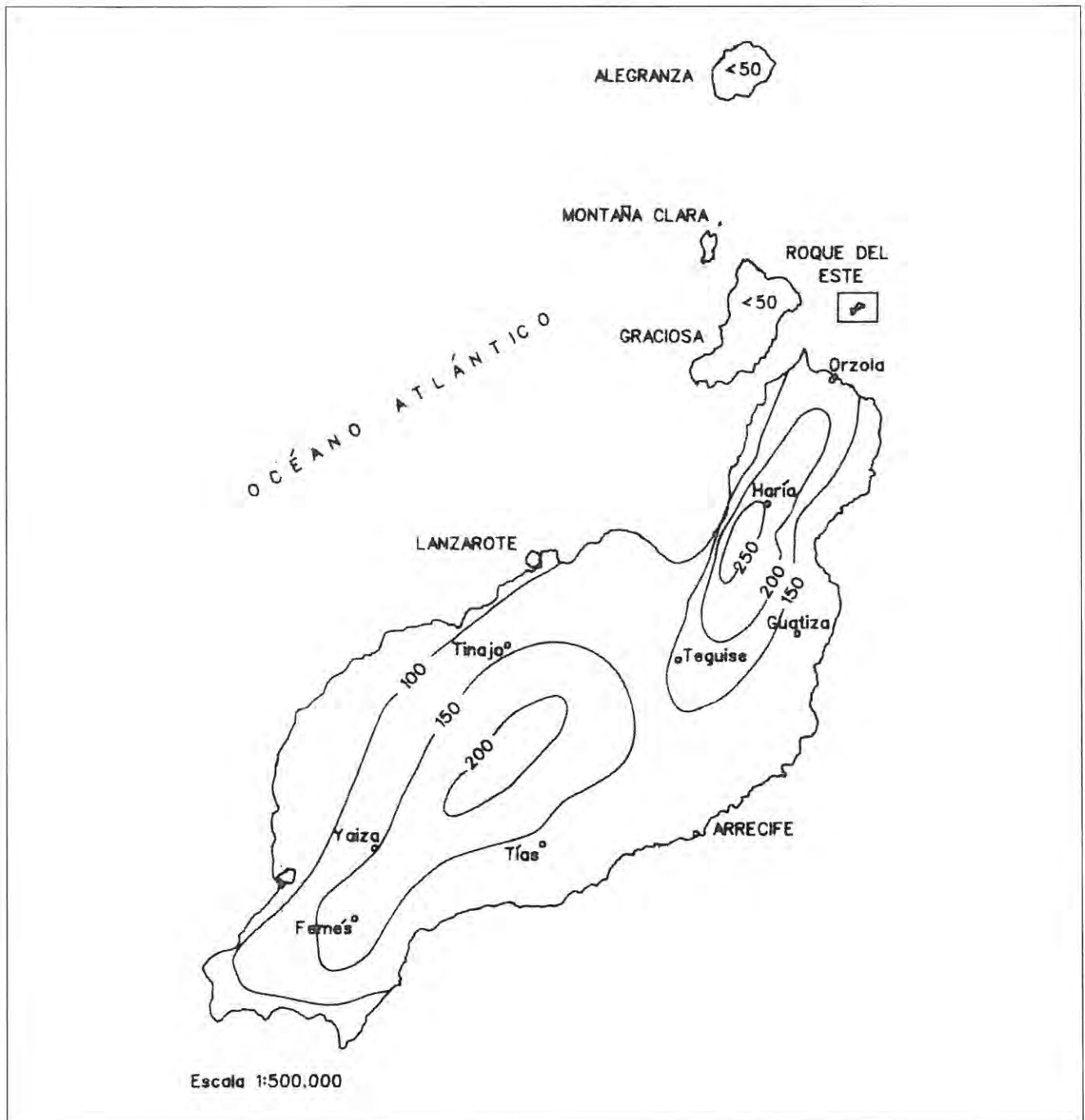


Figura 7.1 Esquema de isoyetas de la isla de Lanzarote. Modificado de MARZOL (1988).

A partir de un simple modelo general de balance hidrológico, y considerando los escasos datos disponibles, el Plan Hidrológico calculó la infiltración aproximada de agua en el terreno, obteniendo un valor total para la isla de 4,1 mm/año (3,304 Dm³/año). Por zonas, los mayores valores de infiltración se obtienen en aquellas áreas ocupadas por materiales

más permeables, como son los malpaisés basálticos más recientes de Timanfaya, La Corona y otros. En algunas zonas de Femés, La Geria, área de Tizalaya y algunas áreas de Famara, la infiltración se produce de manera notable, aprovechando la naturaleza permeable de los depósitos piroclásticos recientes y la fisuración de las coladas cuaternarias.

Tabla 7.1. Resumen de las características hidrológicas

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

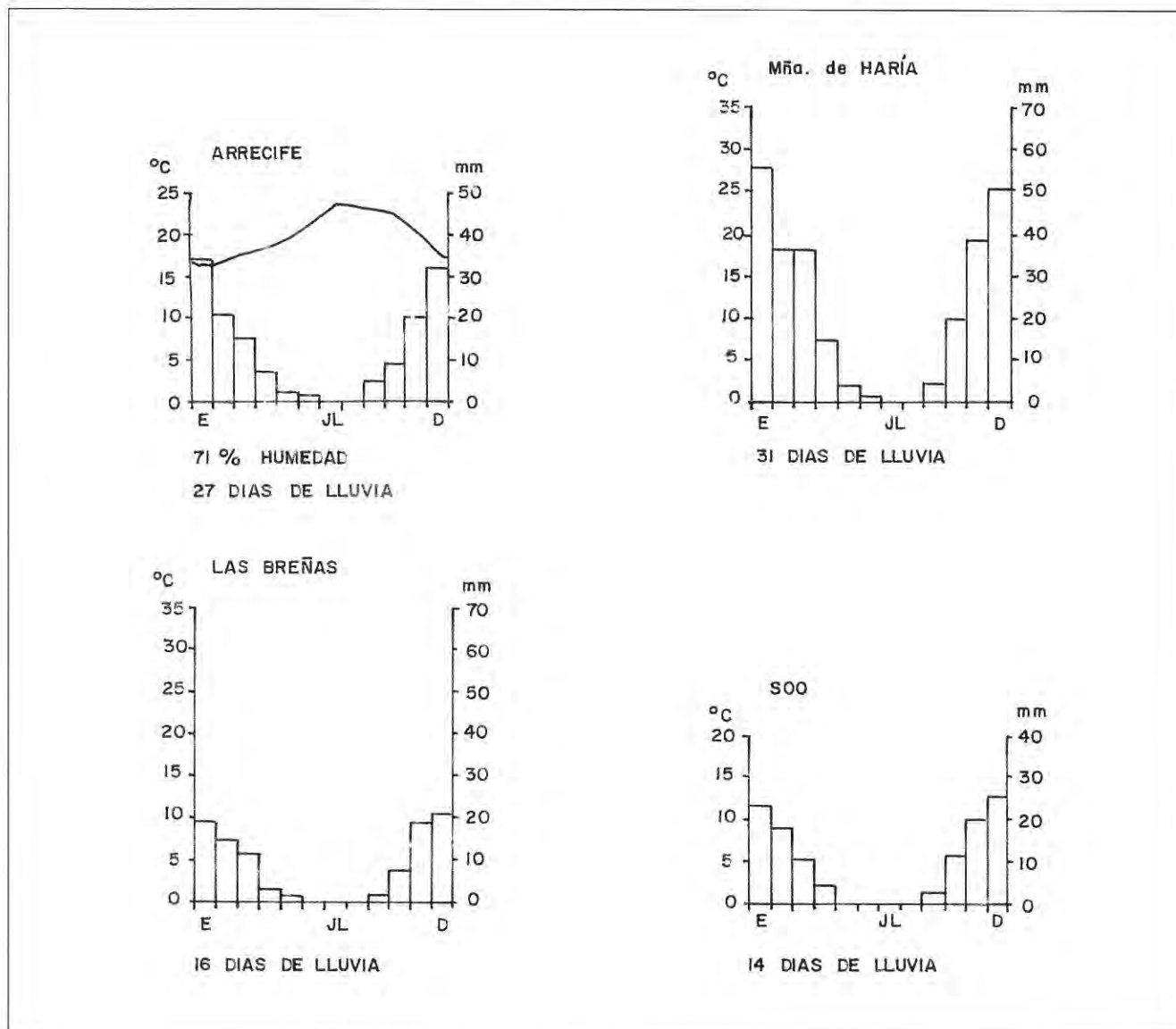


Figura 7.2 Distribución anual de temperaturas y precipitaciones. MOPU (1987).

Red hidrográfica

En Lanzarote la red de barrancos es baja, salvo en los macizos de Ajaches y Famara, donde los barrancos existentes puedan tener un mayor recorrido, perfiles anchos y encajamientos notables que, en general, configuran una red diversificada. Los principales barrancos de la isla son: el de Tenegüime, al oeste de Mala, muy encajado y con laderas verticales; el barranco del Palomo (junto a Mala), encajado en coladas pleistocenas, sin llegar al sustrato mioceno; Valle Grande, Valle de Fuente Dulce, Munguía, Valle del Palomo, barranco de Chafaris, etc., todos ellos en Famara. En Ajaches destacan, entre otros, el Valle de Juan Perdomo, los barrancos del Fraile, La Higuera, los Dises y Parrado.

En el resto de la isla, por el contrario, los barrancos son incipientes, dada la juventud de los materiales en los que se encajan. Aparecen barrancos espaciados, poco profundos y escasamente ramificados.

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

Aprovechamiento de los recursos superficiales e infraestructuras hidráulicas básicas

La infraestructura de aprovechamiento de las aguas superficiales es baja, dada la ausencia de escorrentías de cierta entidad. El único embalse importante que existe en Lanzarote es la presa de Mala, situada a cota 135 m en el barranco del Palomo, cerca del pueblo de Mala (hoja de Haría). En la Tabla 7.2. se indican las características técnicas de esta presa, tomadas del inventario de presas españolas del MOPU (1986). Está emplazada sobre coladas basálticas pleistocenas (1,8 m.a., según Coello *et al.* (1992)) que se canalizaron por dicho barranco.

Es una presa que presenta problemas de permeabilidad y actualmente tiene cierto grado de aterramiento, encontrándose casi vacía. Su capacidad es de 18.000 m³, según el Plan Hidrológico de Lanzarote, cifra algo inferior a la indicada por el MOPU (1986). Los 0,17 Hm³ de volumen anual regulados por esta presa, según el proyecto MAC-21 (1976), se consideran elevados, ya que superan la aportación media interanual obtenida en el estudio de escorrentía realizado en el Plan Hidrológico. Según este estudio, dicho volumen sería del orden de 34 Dm³/año, valor que se ajusta a la aportación media del barranco.

Tabla 7.2. Características técnicas de la Presa de Mala. MOPU (1986)

Año de terminación	1975
Río	Barranco del Palomo
Término Municipal	Haría
Provincia	Las Palmas
Propietario	Estado
Constructor	C y T.
Proyectista	S. Alonso Vega
Tipo	Presa de gravedad
Altura (m)	37
Longitud de coronación (m)	118
Volumen de presa (10 ³ m ³)	20
Volumen del embalse (hm ³)	0,18
Superficie del embalse (ha)	2
Destino	Riegos
Aliviadero	Lámina libre
Capacidad de aliviadero (m ³ /s)	10

Otros elementos de aprovechamiento de la escorrentía superficial lo constituyen obras de menor envergadura, como son aljibes y represamientos tradicionales en los cauces de los barrancos, como nateros, gavías y maretas. No existe un inventario actualizado del número de estos depósitos ni de sus capacidades de almacenamiento. El Plan Hidrológico vuelve a citar los datos del SPA/15 (1975), en el cual se estimó que la capacidad de almacenamiento en ellos era de 36.000 m³, utilizándose aproximadamente el 20% de esta capacidad en un año normal.

7.2. HIDROGEOLOGÍA

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

Características de los materiales

En general, la sucesión e imbricación de coladas, depósitos piroclásticos, sedimentos, almagres e intrusivos, hacen de las formaciones volcánicas un medio heterogéneo, que condiciona enormemente el flujo y almacenamiento del agua subterránea. Asimismo, los procesos posteriores al emplazamiento y consolidación de los materiales, modifican también su comportamiento 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 almagres y depósitos piroclásticos alterados; en general, estos hechos condicionan y afectan al movimiento del agua en sentido vertical. Por otro lado, los diques y cuerpos intrusivos que cortan las lavas y piroclastos representan barreras a la circulación horizontal, si bien, en los casos en que están fisurados, pueden constituir zonas de permeabilidad preferente.

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

En la Fig. 7.3, se presenta un esquema hidrogeológico simplificado de la isla, adaptado de la cartografía MAGNA a escala 1:25.000.

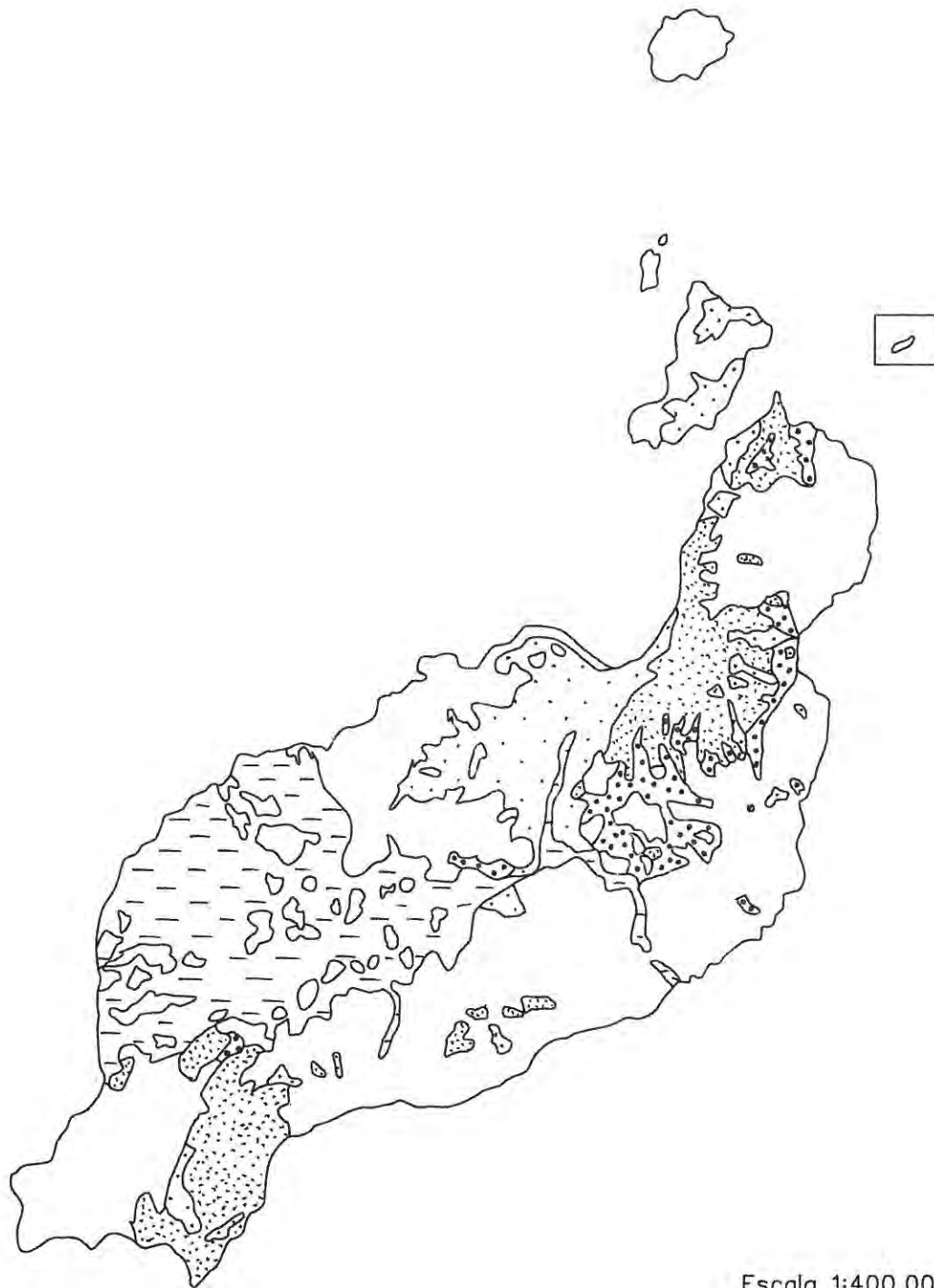
Formaciones acuíferas

Desde el punto de vista hidrogeológico, en Lanzarote la principal formación acuífera la constituyen los materiales basálticos de edad mio-pliocena, que conforman los macizos de Ajaches y Famara, además de los afloramientos centrales del área de Tias-Yaiza. En el resto de formaciones, por sus características hidrogeológicas, potencia, posición topográfica, etc., no existen niveles saturados de importancia, salvo en determinadas zonas.

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

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

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



Escala 1:400.000

- 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, intrusivos y piroclastos mio-pliocenos PERMEABILIDAD BAJA A IMPERMEABLE

Figura 7.3. Esquema hidrogeológico de la isla de Lanzarote.

durante el Proyecto SPA/15 (1975) se han podido conocer algunos valores de permeabilidad y de porosidad en los basaltos mio-pliocenos, habiendo sido recogidos los datos en el presente Plan Hidrológico insular. En estos basaltos, los valores de permeabilidad observados oscilan entre 0,05 y 0,2 m/día.

En el macizo de Ajaches, en su mayor parte constituido por basaltos miocenos, los valores son sensiblemente inferiores, oscilando según las zonas, entre 0,01-0,1 y 0,0002.

Con respecto a la presa de Mala, asentada sobre coladas pleistocenas y no sobre basaltos miocenos como se consideraba en el SPA/15 (*op. cit.*), hay que destacar que los valores de permeabilidad obtenidos son similares a los de Famara, si bien, en algún caso, algo mayores, lo que concuerda en parte con su menor antigüedad.

En materiales aún más recientes, como los malpaises cuaternario de la zona central de la isla, se han obtenido permeabilidades del orden de 1 m/día, cerca de las Montañas del Fuego.

Las medidas de porosidad total de los materiales de la isla son escasas, pero los datos generales indican que presentan una porosidad eficaz baja. Así, en los basaltos mio-pliocenos de Famara, se obtiene una porosidad eficaz a drenaje lento entre 0,03 y 0,05, mientras que en coladas basálticas más modernas (cuaternarias) próximas a Arrecife, esta varía entre 0,01 y 0,02, para la roca masiva, y del orden de 0,40 para las zonas escoriáceas.

Aprovechamiento de los recursos subterráneos

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

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

Según el SPA/15 (*op. cit.*), la producción era muy baja, alrededor de 1 m³/día por pozo. En determinadas áreas como en el valle de Haría, a cotas entre 270 y 300 m, la densidad de pozos es alta, extrayendo caudales entre 10 y 20 m³/día, con contenidos en cloruros de 1000 a 2000 ppm. Cerca de Tegüise, se encuentran pozos que sacaban agua del acuífero mio-plioceno, con caudales de 50-80 m³/día y 800 a 1.200 ppm de cloruros.

Próximos a la costa, en el valle de Temisa, se contabilizaron pozos que extraían aguas salobres, usadas para regar pequeñas huertas. Los pozos construidos cerca de Arrecife extraen también aguas de salinidad elevada para uso industrial (como refrigerante, etc.).

También en la zona sur de la isla, cerca del Papagayo, existen algunos pozos enclavados en materiales basálticos del macizo de Ajaches, SPA/15 (1975). Sus producciones son bajas si bien, en determinados casos, con buena calidad de agua (100-700 ppm de cloruros); por ejemplo, en el barranco de los Pozos, con 0,1 m³/día. En otros, la salinidad era notablemente superior.

Nacientes. En el macizo de Famara son relativamente frecuentes los nacientes, si bien, normalmente, son pequeños rezumes o goteos. En el Proyecto SPA/15 (*op. cit.*) se contabilizaron alrededor de 10 entre los primeros 500 m de cota, con una producción total de 10-15 m³/día y contenidos en cloruros de 200 a 1.000 ppm. Los usos del agua suelen ser para tareas domésticas y ganado.

Aparecen en el contacto entre niveles lávicos y piroclásticos o almágres, debido a la diferente permeabilidad entre ellos. En algún caso aparecen entre lavas y depósitos de arenas eólicas, como en Fuente Gusa (en el escarpe occidental del Risco de Famara, frente a la isla de La Graciosa) o en Valle Chico en las inmediaciones de Orzola. Según testimonios de gente del lugar, el nacimiento de Fuente Gusa era un lugar clásico de abastecimiento de agua dulce de los habitantes de La Graciosa, hasta hace relativamente poco tiempo.

En otros barrancos de esta zona norte y en los escarpes occidentales, se observan igualmente rezumes de escasa entidad, a diferentes cotas.

También en la cabecera del barranco de Temisa y en el Palomo, se detectan pequeños rezumes de aguas estacionales y de bajo caudal, según el Plan Hidrológico de Lanzarote.

En la zona central de la isla, existen varios nacientes situados entre las cotas 320 y 430 m, siendo los más conocidos los de Guardilama, Caldera Gaida, Tegoyo y los del interior de Caldera Diamo, Montaña Negra y los Miraderos, junto a las Montañas del Fuego, todos ellos citados en el Plan Hidrológico. Su caudal aproximado es de unos 5-10 m³/día y los contenidos en Cl de 50 a 120 ppm, SPA/15 (1975).

Estos valores de producción de aguas estimados en el SPA/15 (*op. cit.*) deben considerarse hoy bastante reducidos y, quizás, despreciables en cuanto al cómputo total de recursos explotados.

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

De las siete galerías existentes sólo cuatro tenían importancia, alcanzando una longitud total de 7 km. Su explotación está a cargo del Consorcio de Aguas de Lanzarote.

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

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

7.3. PIEZOMETRÍA

En la Fig. 7.4 se presenta el mapa piezométrico de la isla tomado del Plan Hidrológico, en el que gran parte de las

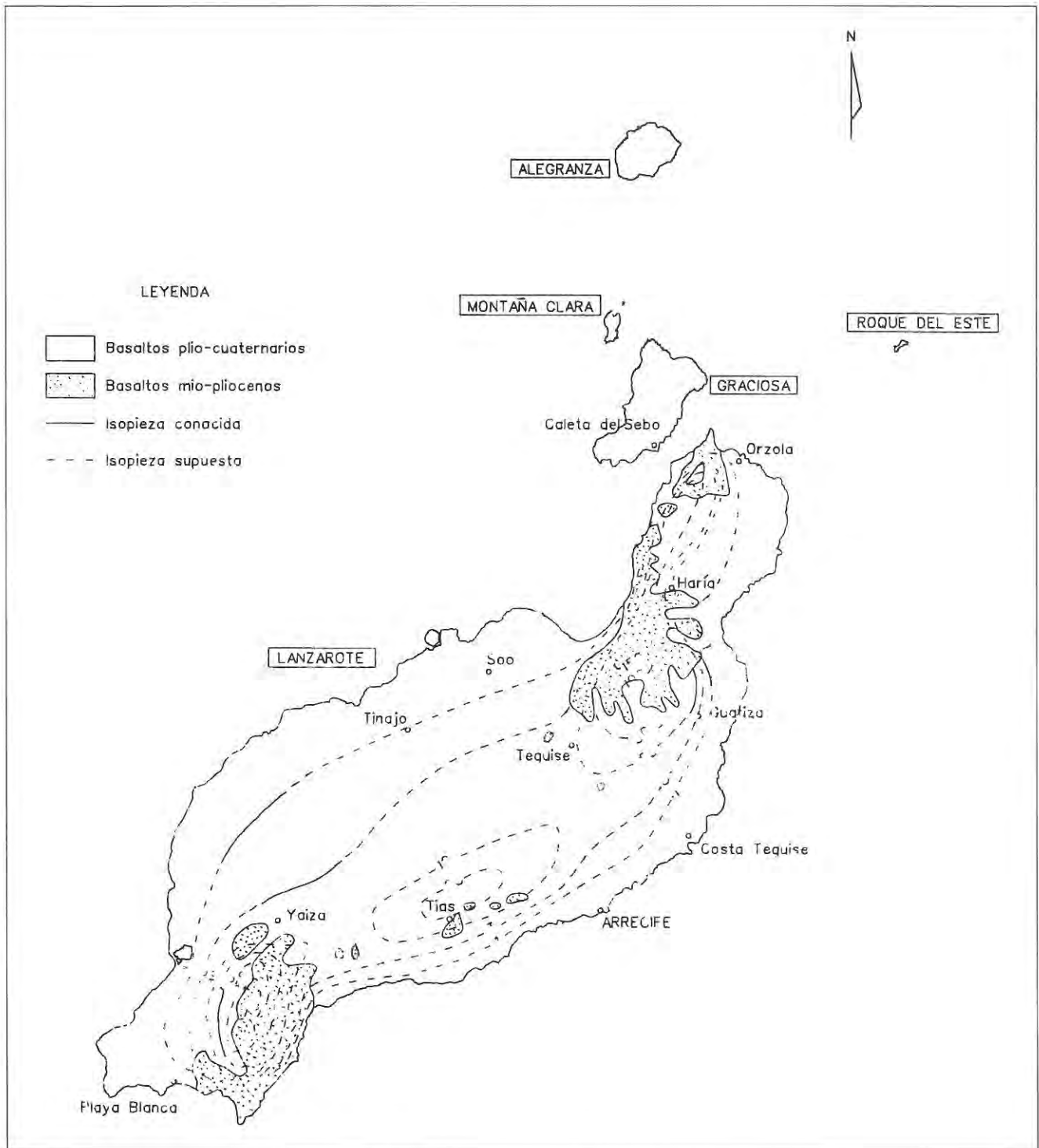


Figura 7.4 Esquema piezométrico de la isla de Lanzarote.

líneas isopiezas son supuestas, al carecer de suficientes puntos de control de agua a lo largo de su superficie.

En la parte central y próximo al litoral, como consecuencia de la mayor permeabilidad de los malpaíses cuaternarios, que son los materiales dominantes de la zona, se observa un menor gradiente piezométrico, más acentuado hacia la mitad occidental. El agua se encuentra a cotas próximas al nivel del mar, con la consiguiente posibilidad de intrusión de agua salada. En el área de Tias-San Bartolomé la situación de los niveles piezométricos es más favorable, al encontrarse a cotas más altas.

Por el contrario, en los apilamientos lávicos de Famara y Ajaques, el mayor número de medidas en los pozos permite un

mejor conocimiento de la superficie piezométrica. El gradiente en estos materiales más impermeables es elevado, principalmente hacia el oeste, en Famara, aún cuando la recarga es baja. En este macizo, el nivel de saturación puede aparecer a mayor cota sobre el nivel del mar. Las posibilidades de explotación son algo mejores, si bien, como ya se dijo, la producción en las galerías ha disminuido considerablemente.

Hacia el este, también en Famara, a partir de los malpaíses de Los Helechos-La Corona, disminuye el gradiente piezométrico, debido a su mayor permeabilidad, quedando el nivel de saturación a cotas muy bajas, lo que hace poco recomendable la captación del agua mediante pozos.

7.4 CALIDAD DEL AGUA

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

En general, en las aguas de Lanzarote existe una elevada cantidad de sales minerales, consecuencia, principalmente, de la aridez del clima y los aportes de sales solubles de las rocas por las que circulan. Según el SPA/15 (*op. cit.*), son aguas predominantemente de tipo clorurado-sódicas, más o menos bicarbonatadas, y generalmente poco duras, pero con residuo seco elevado (entre 5.000 y 1.000 mg/l). El contenido en elementos en ellas, aunque no tóxicos, supera, habitualmente, los límites tolerables para tratamiento como aguas potables.

Aunque se trata de datos obtenidos hace ya 20 años en el proyecto mencionado, en la Tabla 7.3 se presenta, a modo indicativo, una relación de los contenidos de diferentes cationes en muestras de agua de galerías, pozos y nacientes de la isla.

Existen también en la isla problemas de salinización por intrusión de agua marina, principalmente a lo largo de la costa. Las causas son, entre otras, la elevada permeabilidad de los materiales basálticos cuaternarios y la fisuración generalizada en los de edad mio-pliocena de Ajaches y Famara. Así, en pozos excavados en basaltos cuaternarios cerca de Arrecife, se han obtenido contenidos en cloruros próximos a los del agua marina. 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 recarga existente en la zona. Según se expone en el Plan

Hidrológico, la heterogeneidad de los materiales y el efecto de la marea podrían influir también en ello. El bombeo de agua subterránea a partir de pozos situados cerca del mar es, por tanto, una práctica desaconsejable, ya que favorece la penetración de masas de agua salada.

7.5. RECURSOS HIDRÁULICOS NO CONVENCIONALES

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

Actualmente, el agua obtenida a partir de plantas desalinizadoras representa la principal fuente de abastecimiento de agua potable en la isla. Existen varias plantas potabilizadoras de propiedad pública y algunas más están en proyecto. Asimismo, algunas de ellas son privadas y abastecen a complejos turísticos. Los sistemas que emplean varían de unos a otros, siendo uno de los más comunes el de ósmosis inversa.

En 1966 la producción de agua desalinizada fue de 222.000 m³/año, pasando a 900.000 en 1972, según datos del SPA/15 (1975). ITGE (1992) citando datos del Plan Hidrológico del archipiélago canario (1986-88), cifra en 4.400.000 m³/año el total de agua desalinizada en la isla en ese período. El ritmo ha seguido un aumento llegando a 6.000.000 m³/año en 1989, CUSTODIO *et al.* (1991).

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

Como resumen, en la Tabla 7.4. se indican, a modo comparativo, las producciones totales de los diversos recursos hidráulicos de la isla, según el SPA/15 (1975), MOPU (1985), ITGE (1992) y CUSTODIO *et al.* (1991) (estos últimos referidos a datos de 1989).

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

Tabla 7.3. Contenidos en diferentes elementos de las aguas de Lanzarote. (SPA/15, 1985)

Lugar	Rezumes Altos de Famara	Pozos en basaltos	Observaciones
Cl	250 a 900	1000 a 4.700	
SO ₄	50 a 200	260 a 800	
CO ₃ H	240 a 600	250 a 1.000	
Na ⁺	170 a 700	800 a 2.800	
Ca ⁺⁺	15 a 50	10 a 1.600	
Mg ⁺⁺	15 a 60	15 a 200	A veces con anomalía térmica

Tabla 7.4. Producción 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		0,3
Recursos subterráneos	1,4	0,3		0,1
Aguas desalinizadas	9	1,8	4,4	6
Aguas reutilizadas				1
Total	12,4	2,3		7,4

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

8. GEOTECNIA

En este capítulo se consideran los diferentes materiales representados 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.

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

8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN

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

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

8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES

Área I₁

Este área comprende enteramente los materiales basálticos miocenos, mio-pliocenos, diques e intrusivos de los macizos de Ajaches, Famara y Dominio Central.

Zona I₁

Comprende todos los materiales que definen el área.

Características litológicas, estructurales y geomorfológicas. Se trata de apilamientos de numerosas coladas basálticas, de entre 1 y 3 metros de espesor medio, con buzamiento suave. Entre las lavas se intercalan delgados niveles de almagre o de piroclastos, que a menudo corresponden a centros de emisión. La potencia global es del orden de 500 metros. La red filoniana que la atraviesa es escasa, tratándose de diques de composición basáltica. Los materiales son masivos, coherentes, con disyunción columnar y escasamente vesiculares. El grado de alteración es generalmente bajo, pero aumenta en los tramos inferiores.

El relieve es bastante abrupto con profundos barrancos, llegando incluso a paredes verticales.

Características hidrogeológicas. Son materiales de permeabilidad intermedia, favorecido por la fisuración o diaclasado

vertical propio de la disyunción columnar. En profundidad, la serie muestra mayor grado de alteración, con cierre de vesículas y fracturas, haciéndose pues más impermeable. Suelen existir niveles saturados colgados, debido a las intercalaciones piroclásticas, ya alteradas y por tanto más impermeables, favorecido además, por la compartimentación producida por la red de diques. Existen túneles o galerías de captación de aguas subterráneas, algunas ya improductivas.

Características geotécnicas y constructivas. Al tratarse de materiales coherentes y muy resistentes implica en general una capacidad de carga elevada, que puede verse reducida ligeramente en los niveles superiores por alteración superficial.

La excavación ha de hacerse con medios de gran potencia, martillo hidráulico, explosivos, etc.

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

Área II

Comprende el resto de materiales existentes en las islas, tanto volcánicos como sedimentarios.

Zona II₁

Esta zona está formada por coladas basálticas pliocenas y cuaternarias.

Características litológicas, estructurales y geomorfológicas. Son coladas basálticas que forman extensos campos de lava escoriáceas de superficie subhorizontal, aunque caótica. Suelen desarrollar disyunción columnar o diaclasado vertical; su potencia oscila generalmente entre 1 y 5 metros, pero ocasionalmente puede llegar hasta 15 o 20 metros.

La morfología de las superficies ocupadas por las lavas es irregular y abrupta, debido a la superposición e imbricación de sucesivas morrenas o coladas.

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

Características geotécnicas y constructivas. Al tratarse de coladas basálticas presentan una elevada capacidad de carga, si bien la presencia de zonas escoriáceas y vesiculares pueden hacer variar a la baja este parámetro.

La excavación en estos materiales requiere medios mecánicos de gran potencia (explosivos, martillo hidráulico, etc.).

Los taludes que soportan pueden ser verticales, aunque pueden dar lugar a desprendimientos debido al diaclasado.

Zona II₂

Está formada esta unidad por depósitos piroclásticos que van de edad miocena a cuaternaria.

Características litológicas, estructurales y geomorfológicas. Son materiales granulares, muy vesiculares, que for-

man depósitos relativamente sueltos o poco consolidados. Están compuestos por fragmentos tamaño lapilli (2-64 mm) o mayores. Forman acumulaciones que se adaptan a la superficie topográfica previa. Los edificios cónicos son la morfología más característica de estos depósitos, presentando laderas bastantes inclinadas, aunque también cubren superficies poco pendientes dado su carácter granular suelto.

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

Características geotécnicas y constructivas. Estos materiales tienen poca capacidad de carga pudiendo sufrir asentamientos diferenciales con el tiempo.

Al tratarse de materiales sueltos, generalmente son fácilmente excavables; cuando aumenta la edad aumenta la consolidación y por consiguiente la dificultad.

Su talud de equilibrio se encuentra a 30° o inferior, dependiendo de la granulometría. Cuando el grado de consolidación es alto puede soportar taludes verticales pero son fácilmente alterables.

Zona II₃

Esta unidad está formada por depósitos de arenas eólicas.

Características litológicas, estructurales y geomorfológicas. Estos depósitos de arenas eólicas ocupan una superficie representativa en las islas de Lanzarote y La Graciosa, cubriendo y adosándose a los relieves volcánicos, hasta alcanzar espesores de hasta varios metros. Los depósitos suelen estar sueltos y son removilizados por el viento cuando son más recientes. Son arenas de granulometría fina y de composición calcárea.

Como se ha dicho anteriormente, cubren el sustrato volcánico, originando una morfología suavizada de las formaciones anteriores. Las pendientes no superan el 3%, con presencia a veces de morfologías dunares.

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

Características geotécnicas y constructivas. Al ser materiales sueltos admiten capacidades de carga muy bajas, produciéndose asentamientos; las excavaciones se pueden efectuar con pala incluso en los depósitos antiguos, algo más consolidados.

Los cortes observados suelen ser de poca altura, y en general aguantan la vertical, como ocurre en la cantera de Mala, cuando los depósitos están consolidados. Cuando están sueltos las acumulaciones nunca son de gran altura.

Zona II₄

Esta unidad está formada por los depósitos areno-arcillosos cuaternarios.

Características litológicas, estructurales y geomorfológicas. Son materiales de granulometría fina a media, de carácter arenoso arcilloso, que engloban fragmentos de

rocas. Aproximadamente el 50% está formado por minerales de arcilla, con illita, caolinita, y montmorillonita como elementos principales. Presentan estratificación masiva horizontal y espesores visibles que varían entre escasos centímetros y 2-3 metros.

Ocupan fondos de valle, áreas deprimidas o endorréicas entre coladas de lava o edificios volcánicos, originando superficies llanas y horizontales, a veces incidida por algunas barranqueras.

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

Características geotécnicas y constructivas. Tienen capacidad portante baja y son fácilmente excavables al no estar consolidados.

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

Zona II₅

Esta unidad está formada por depósitos aluviales cuaternarios de fondo de barranco.

Características litológicas, estructurales y geomorfológicas. Son depósitos formados por arenas y gravas heterométricas, con grandes fragmentos redondeados y subredondeados, de litologías basálticas.

Sus tamaños a veces llegan a 80 cm, pudiendo superar esporádicamente el metro. La matriz y componentes finos es variables, englobando generalmente a los cantos. Su disposición es horizontal. Su potencia visible es de 1 o 2 metros pero en profundidad pueden llegar a varios metros.

Ocupan los fondos de valle de los barrancos adoptando disposiciones casi horizontales.

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

Características geotécnicas y constructivas. En cuanto a los parámetros geotécnicos, se trata de materiales con capacidad de carga baja y sólo puntualmente pueden tener mejores condiciones. La excavación se puede hacer mediante pala retroexcavadora convencional y la estabilidad de los taludes puede verse alterada sobre todo si hay presencia de niveles saturados de agua.

Zona II₆

Está formada por depósitos de ladera de edad cuaternaria.

Características litológicas, estructurales y geomorfológicas. Estos depósitos alcanzan gran desarrollo en los escarpes de los macizos de Famara y Ajaches, en las laderas de los barrancos que las disectan. Están formadas por material detrítico, constituido por arenas y cantos, o bloques de litología basáltica, que se distribuyen sin ordenación alguna, formando depósitos bastante caóticos. Los bloques tienen espo-

rádicamente tamaños de varios metros. Los espesores pueden superar los 5 metros y en los acantilados se pueden observar potencias de más de 20 metros de altura.

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

Características hidrogeológicas. Tienen en general un carácter bastante permeable.

Características geotécnicas y constructivas. Son terrenos de baja calidad constructiva, teniendo una capacidad de carga baja con asentamientos inadmisibles. La baja cementación o consolidación de estos depósitos afecta fundamentalmente a su estabilidad, casi siempre en equilibrio límite. Son terrenos fáciles para la excavación debido a su bajo grado de consolidación.

8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS

No se detectan, en Lanzarote ni en los islotes, riesgos geológicos que puedan suponer una amenaza de carácter inminente para la población. No obstante se van a considerar una serie de posibles riesgos.

Riesgos volcánicos. Las manifestaciones volcánicas históricas en Lanzarote han sido dos, la de 1730-36 y la de 1824. Es una isla volcánicamente activa, y dentro de este riesgo las probabilidades se pueden cifrar como medias a bajas.

Subsistencia del terreno. La presencia de tubos volcánicos y cavidades subterráneas son frecuentes en los malpaíses, por lo que el factor de riesgo ante obras de cierta envergadura puede ser medio-alto.

Inestabilidad de laderas. La verticalidad de las laderas de los macizos de Famara y Ajaches puede provocar, ocasionalmente, desprendimientos y caídas de bloques. Este riesgo es poco probable, salvo en época de lluvias en los que esta inestabilidad puede incrementarse.

Erosión marina. La acción del oleaje causa un retroceso constante de los acantilados costeros. Por socavación en su base, son frecuentes los desprendimientos a lo largo de la costa, si bien, no entraña un peligro inminente para las personas.

Riesgo eólico. Solamente se da este tipo de riesgo en zonas costeras y es pequeño, ya que sólo afecta a la posible invasión de arena en las carreteras de acceso a algunas urbanizaciones.

Riesgo de erosión. Las elevadas pendientes en algunas zonas de los macizos de Famara y Ajaches y la ausencia de vegetación son factores que determinan un grado de erosión importante en todas las islas.

8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA

Tras las características expuestas anteriormente permiten realizar una valoración geotécnica provisional de los materiales en cuanto a su idoneidad constructiva.

En consecuencia, se han dividido todos los terrenos presentes en la isla en tres grupos, designados con el calificativo más apropiado por sus condiciones constructivas: condiciones favorables, aceptables y desfavorables o muy desfavorables.

Terrenos con características constructivas favorables. En este apartado se consideran las coladas de lavas de edad mio-pliocena que constituyen los macizos de Famara, Ajaches y Dominio Central mioceno.

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

Terrenos con características constructivas aceptables. Se consideran bajo este epígrafe las coladas de lavas y depósitos piroclásticos. No tienen problemas las coladas de lavas; algo más sensibles son los depósitos piroclásticos, en los que es bastante menor su capacidad de carga y con lo cual permiten menos posibilidades. En cuanto a la estabilidad hay que considerar su forma granular con lo cual los hace más inestable.

Es importante considerar la existencia de posibles tubos volcánicos o cavidades subterráneas en todos los malpaíses los cuales podrían provocar hundimientos superficiales.

Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables. Dentro de este epígrafe se incluyen los depósitos de formaciones superficiales, es decir los depósitos aluviales de fondo de barranco, los de naturaleza arcillosa, las formaciones de arenas eólicas y los depósitos de ladera. En todos ellos concurren una serie de limitaciones comunes como son su baja capacidad portante y escasa estabilidad. Los factores hidrogeológicos a pesar de las escasas precipitaciones pueden provocar problemas de encharcamiento en los depósitos de tipo areno-arcilloso.

En la Tabla 8.1 se incluye un resumen de las características geotécnicas más importantes.

9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS

Minería metálica. No existe en ninguna de las islas que componen el mapa a escala 1:100.000 (Lanzarote, Alegranza, La Graciosa, Montaña Clara, Roque del Oeste y Roque del Este) ningún yacimiento mineral que tenga interés económico.

Minería no metálica. Generalmente todos los materiales que se agrupan bajo este epígrafe se refieren a materiales que se han explotado o son susceptibles de explotación como rocas industriales destinadas al sector de la construcción.

Hay que hacer la salvedad con dos sustancias, Sal común y olivino cuya producción va destinada a la industria y sector alimenticio, la primera, y como «souvenir» la segunda.

Entre los trabajos sobre este tema que se han efectuado en esta isla se encuentran el Mapa de Rocas Industriales escala 1:200.000 (Arrecife-Puerto del Rosario). IGME (1976b) y el estudio «Bases para la Ordenación Minera y Ambiental de la Extracción de Picón en Las Canarias (Tenerife, Lanzarote y Gran Canaria)», IGME (1986).

Los objetivos de este último consistieron en aportar los datos necesarios para posibilitar la ordenación de la explotación y producción de picón, a fin de minimizar el impacto ambiental resultante, asegurando, no obstante, el abastecimiento de estos materiales a los sectores consumidores.

Tabla 8.1. Resumen de las características geotécnicas y riesgos geológicos

Área	Zona	Unidad cartográfica	Litología Estructura	Hidrogeología	Características geotécnicas	Características constructivas	Riesgos geológicos
I	1	Coladas basálticas mio-pliocenas, diques e intrusivos. Macizos Ajaches, Famara y Dominio Central	Aplamiento de coladas subhorizontales o suavemente inclinadas atravesadas por diques e intrusivos. Morfología abrupta	Permeabilidad por fisuración media-baja. Disminuye en profundidad	CP = alta FE = muy baja ET = alta	Favorables	V = bajo-medio IL = alto EM = alto
	1	Coladas basálticas pliocenas y cuaternarias	Campos de lava subhorizontales (malpais) de morfología suaves pero abruptas.	Permeabilidad alta por fisuración	CP = media ET = alta FE = media-alta	Favorables	EO, IL, ST, EM ER, IL, ER
II	2	Depósitos piroclásticos miocenos-pliocenos cuaternarios	Depósitos granulares relativamente sueltos y conos con fuerte buzamiento	Permeabilidad alta por porosidad	CP = media FE = media-alta ET = alta-precaria (según consolidación)	Aceptables a favorables	
	3	Depósitos de arenas eólicas cuaternarias	Depósitos biotérricos poco consolidados de grano fino	Permeabilidad alta por porosidad intergranular	CP = baja FE = alta ET = baja	Desfavorables	
	4	Depósitos areno-arcillosos cuaternarios	Depósitos terrosos granulares semiconsolidados, horizontales e inclinados	Permeabilidad variable por porosidad intergranular	CP = baja FE = alta ET = baja	Desfavorables	
	5	Depósitos aluviales cuaternarios de fondo de barranco	Depósitos granulares heterométricos con matriz arenosa poco consolidados	Permeabilidad alta por porosidad intergranular	CP = baja FE = alta ET = baja	Desfavorables	
	6	Depósitos cuaternarios de ladera	Depósitos granulares heterométricos con matriz arenosa poco consolidados	Permeabilidad alta	CP = baja FE = alta ET = baja	Desfavorables	

CP = capacidad portante; FE = facilidad de excavación; ET = estabilidad de taludes; EM = erosión marina; IL = inestabilidad de laderas

Para el logro de este objetivo, se ha considerado necesario cubrir los siguientes objetivos parciales:

- Inventario y catalogación de los conos de lapilli existente.
- Estimación de las reservas explotables con condiciones del mínimo impacto ambiental.
- Estimación de las necesidades de abastecimiento a largo plazo.
- Selección de los conos volcánicos idóneos para su explotación en las condiciones reseñadas.

- Arcillas.
- Arenas y gravas (arenas eólicas).
- Basalto.
- Caliche.
- Olivino.
- Piroclastos.
- Sal común.

En Lanzarote las sustancias en las que se han detectado alguna actividad extractiva en la actualidad o en época pasada han sido las siguientes, Fig. 9.1:

ARCILLAS. Se han agrupado bajo este epígrafe los materiales arcillosos que rellenan algunos fondos de valle o barrancos de relieves antiguos.

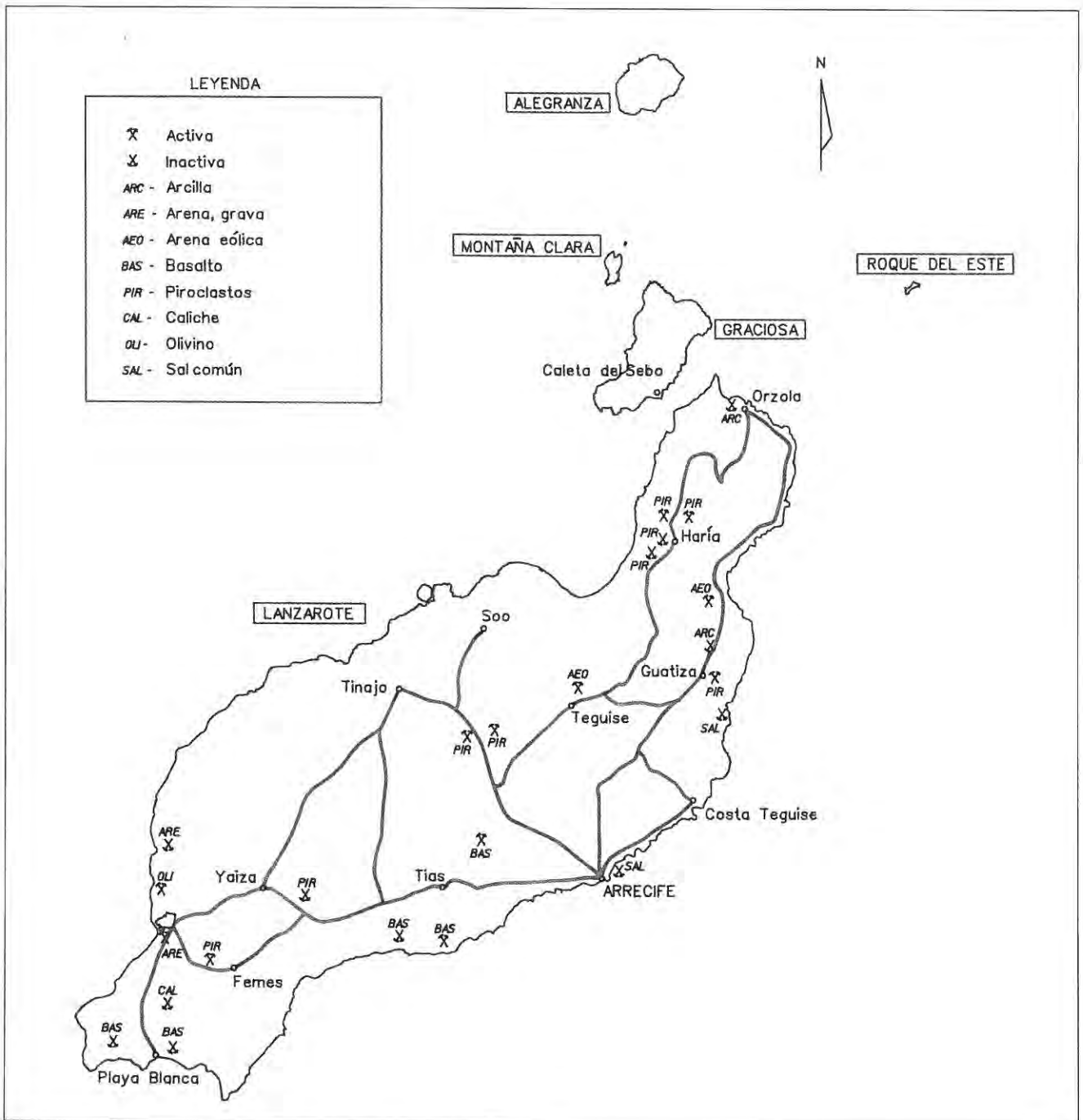


Figura 9.1 Esquema de situación de las explotaciones de rocas industriales

Son depósitos relativamente poco consolidados y poco cohesivos de naturaleza predominantemente arcillosa.

Se han detectado antiguas explotaciones en las inmediaciones de Orzola y en la Vega de Guatiza, cerca de Mala, al Oeste de Arrieta en la zona de Tiagua.

El contenido de estos materiales está formado por arcillas (30%) y el resto, arena (24%), limos (26%). La arcilla es de baja cristalinidad, predominando illita y montmorillonita. Otros minerales son goethita, hematites, geles de hierro, cuarzo, etc., IGME (1976b). Se observan porcentajes de hierro.

A la vista de los ensayos su empleo más común es como correctivo agrícola y en ladrillería; en este último caso el exceso de hierro impone restricciones en cuanto al cocido. Estas arcillas se utilizan también para la elaboración de cerámica regional.

Actualmente no se encuentra ninguna explotación en actividad.

ARENAS Y GRAVAS. ARENAS EÓLICAS. Generalmente bajo este epígrafe se agrupan los materiales que se utilizan como áridos naturales y su tratamiento conjunto es debido a que su utilización está orientada a satisfacer las necesidades del sector de la construcción. Las primeras ocupan los fondos de valle (barrancos y ramblas) y están constituidos por cantos rodados de distintos tamaños y generalmente de composición basáltica.

Las arenas eólicas están compuestas básicamente por arenas de granulometría fina, entre 0,1 y 0,5 mm de color claro-dorado y excasamente cementadas.

Los depósitos de arenas y gravas formados por depósitos basálticos, se encuentran en explotación en canteras de actividad intermitente, como la de las proximidades de la playa de Janubio, junto a las salinas. Al parecer también fueron aprovechadas en la playa de Montaña Bermeja, pero hoy las explotaciones se encuentran totalmente abandonadas.

De arenas eólicas sólo se encuentra activa una explotación, la cantera de Mala que alcanza ya un frente de 22 metros de altura. Su explotabilidad es buena, haciéndose mediante pala y camión. Su empleo es básicamente la fabricación de cemento y en general como árido de construcción en la fabricación de prefabricados y hormigones.

En fase de abandono son numerosos los puntos donde se han detectado actividad pasada, a menudo de manera inconclusiva. Esto ha ocasionado una gran dispersión de los lugares de extracción, con la consiguiente degradación paisajística. Estas se encuentran en las proximidades de Tegui-se.

Dentro de las arenas eólicas existen importantes yacimientos que serían susceptibles de explotación, pero la rigidez de la normativa medio-ambiental hace prácticamente impensable su explotación.

BASALTOS. Se agrupan bajo esta denominación todos los materiales rocosos masivos (coladas e intrusivos). Se trata de rocas oscuras, coherentes y duras, de gran resistencia, empleadas principalmente para áridos de trituración.

Sólo existe una explotación activa en la actualidad situada en los afloramientos basálticos del Dominio Central, al sur de Güime.

A unos 3 km al este de Playa Blanca existe una cantera de actividad intermitente en la cual se han explotado materiales

basálticos como áridos de machaqueo. Su actividad se relaciona con las necesidades de la construcción en las urbanizaciones turísticas de Papagayo.

Ya abandonadas se encuentran en el casco urbano de Puerto del Carmen y cerca de Mácher. También en los alrededores de Playa Blanca y en las coladas del edificio de Montaña Roja. La primera de ellas es de menor tamaño la segunda era una cantera de dimensiones considerables, actualmente utilizada como vertedero de inertes.

Existen en los islotes yacimientos de este tipo de rocas pero no se hace mención a ninguno porque la normativa medio-ambiental no haría posible su explotación.

PIROCLASTOS. Son materiales de carácter granular, poco denso, vesicular y composición basáltica, de coloración negra cuando están frescos y rojiza cuando están oxidados. Si son relativamente recientes suelen estar sueltos o pocos consolidados. La granulometría varía entre pocos milímetros y varios centímetros, pudiendo llegar a dimensiones métricas.

El tratamiento que reciben estos materiales es el de cribado para obtener granulometrías finas que son la que más demanda tienen y si el depósito está compactado se machacan.

El gran auge del sector de la construcción en los últimos años en las islas ha dado lugar a la demanda de estos materiales como uso principal, aunque también es de uso habitual en el sector agrícola, echando una capa de lapilli sobre los campos de cultivo, para, dado su poder hidróscopico, preservar durante el mayor tiempo la humedad y retardar la evaporación.

Otro uso común, es en ornamentación de parques y jardines y en los márgenes de las carreteras.

Se han inventariado dentro de la isla de Lanzarote un total de seis canteras activas. En la zona norte se extraen los depósitos de las laderas de los edificios los Helechos y La Quemada, cerca de Máguez y Haría. Se explotan también, al menos ocasionalmente, los depósitos de la misma erupción que tapizan las laderas de los relieves antiguos de Famara. Igualmente, se explotan en la ladera norte del edificio La Atalaya de Haría.

El tamaño de las canteras es generalmente pequeño y en la mayoría de los casos no pasan de simples sacaderos. En las de Máguez, al existir varios frentes, se solapan y constituyen huecos de dimensiones considerables. Su extracción es generalmente con pala y camión dado su carácter de material suelto.

Otros frentes activos se encuentran en los edificios Lomo Camacho y San Andrés, cerca de Mozaga. Su actividad está controlada.

En zona nororiental sólo queda activa una y se encuentra en la ladera oeste de Montaña La Caldera o Tinamala. El resto de edificios o depósitos piroclásticos de esta zona han sido también objeto de explotación, aunque de manera ocasional.

En el sur queda una explotación activa que se encuentra situada en la carretera de Femés a Las Breñas. Es un frente de cantera de unos 25 metros de altura y 50 metros de longitud, se encuentra localizada en la ladera Sur del edificio.

En actividad intermitente existen varios puntos de los que pueden citarse los Sacaderos de Montaña Mojón, en las inmediaciones de Caldera Riscada, Montaña Chupaderos, Diana, Pena Palomas, etc.

En general son innumerables las explotaciones que se encuentran abandonadas en toda la isla, pudiéndose decir que casi todos los edificios piroclásticos existentes han sido objeto de extracción, en mayor o menor medida.

Al final del estudio realizado por IGME (1986) se llegó a la conclusión de que en la isla de Lanzarote sólo es recomendable la explotación de los conos Lomo Camacho y San Andrés. Su situación está centrada en la isla, equidistante de la zona de máxima demanda (Arrecife, Tías, Soo, Guatiza, etc.).

CALICHE. Sólo se han explotado (actualmente abandonados) los depósitos de caliche en la zona de la Hoya de La Yegua de Arriba, al norte del edificio Montaña Roja. Se trata de dos pequeñas explotaciones actualmente abandonadas en las que se explotó las costras de caliche para la obtención de cal. Esta explotación se llevó a cabo de forma artesanal.

OLIVINO. No existe una explotación como tal de esta sustancia. Aparece formando enclaves de dunitas, englobados en casi todas las emisiones volcánicas cuaternarias de la isla, si bien son más conocidas y su estado de alteración menor en las lavas y piroclastos de las erupciones de Timanfaya. Una zona donde son relativamente abundantes es en el lugar conocido por los Hervideros, entre las Salinas de Janubio y Montaña Bermeja. Las extracciones son de poca importancia y sólo suministran pequeñas cantidades para joyería y como venta directa a los turistas.

SAL COMÚN. Sólo existe una explotación activa de sal que se encuentra situada en Los Agujeros, al este de Montaña Tinamala. Son salinas de pequeñas dimensiones. El empleo de la sal es fundamentalmente para consumo local.

Existen otras pequeñas explotaciones ya abandonadas, en las Salinas del Río y las Salinas de Orzola. Los productos obtenidos se empleaban para consumo doméstico y para la pequeña industria de Arrecife.

10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

Entre los elementos que constituyen el patrimonio cultural de un país, se encuentran sus recursos naturales, que tienen o debieran tener igual consideración que otros a la hora de su cuidado y conservación, pues es el medio natural donde el hombre realiza su vida, y por su propio interés, debería ser respetuoso con su entorno.

Bajo estas consideraciones, un Punto de Interés Geológico (PIG), se puede definir como un recurso no renovable, en donde se reconocen características de especial importancia para interpretar y evaluar los procesos geológicos que han actuado en una zona desde la formación del planeta. Su deterioro o desaparición supone entonces un daño irreparable y a veces irreversible, al patrimonio de la humanidad. Por otro lado, las singularidades geológicas pueden generar, también, paisajes y panoramas de gran belleza y valor ambiental, muy atractivos para el turismo.

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

Lanzarote es una isla volcánica, que por su particular emplazamiento en una zona próxima o de transición, entre una

corteza típicamente oceánica y una corteza continental, presenta rasgos geológicos, petrológicos y geoquímicos, que hacen de ella un lugar poco frecuente pero de gran interés para el estudio de los procesos y fenómenos que se dan en estos ambientes geotécnicos peculiares.

Su historia geológica poco dilatada (últimos 15 m.a.) pero sintética, y el mantenimiento hasta la actualidad de los procesos volcánicos, ha favorecido que se conserven aún hoy materiales y estructuras volcánicas de gran interés para su estudio, desde el punto de vista geológico, volcanológico, geoquímico, etc. Este volcanismo tan reciente ha originado, asimismo, la formación de paisajes singulares y extraños, de gran belleza y atractivo turístico, que junto con el elevado grado de conservación medio-ambiental de la isla, a todos los niveles del desarrollo territorial y económico, hacen de Lanzarote un lugar apropiado para la conservación de un patrimonio geológico cultural de especial relevancia. En este sentido, cabe señalar la declaración de la isla de Lanzarote, por la UNESCO, en 1994, como «Reserva de la Biosfera»

En Lanzarote se han considerado, por tanto, una serie de PIG, cuya singularidad, contenido, calidad de afloramiento, facilidad de acceso, diversidad, etc, los hace merecedores de su protección. A continuación se hace una breve mención de los aspectos más destacados de los mismos, remitiendo al interesado, al texto de la memoria de las hojas geológicas a escala 1:25.000 de la isla, donde su contenido está más desarrollado. En la Tabla 10.1, se presenta la distribución de los PIG según la hoja 1:25.000 en la que se encuentran y en la Fig.10.1 se incluye un esquema con su localización.

Muchos de los PIG seleccionados quedan incluidos dentro de alguno de los Espacios Naturales Protegidos de la isla, establecidos según la Ley 12/94 de Espacios Naturales de Canarias, BOC (n.º 27, 1994) por lo que contribuyen también al enriquecimiento y diversidad de los valores naturales que encierran dichos espacios.

10.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PIG

1. Islotes del Norte de Lanzarote. El conjunto de islas e islotes del norte de Lanzarote representa un lugar idóneo para estudiar y conocer los primeros estadios de crecimiento de una isla volcánica. En ellos pueden observarse los primeros edificios volcánicos originados aún en un medio subacuático, cuando las islas estaban recién emergidas, y posteriormente, la ocurrencia de erupciones volcánicas claramente subaéreas, una vez aislados los conductos magmáticos de la entrada de agua marina.

En una primera etapa surgen edificios hidromagmáticos (M^{na} de Lobos, La Rapadura y La Caldera, en Alegranza, M^{na} Amarilla, y las Agujas en La Graciosa, M^{na} Clara y el Roque del Este), en las que se observan toda la sucesión de facies piroclásticas húmedas y secas características. Algunos de ellos evolucionan posteriormente a edificios de génesis estrombolianas, cuyos depósitos cubren a los anteriores. Finalmente se emiten lavas basálticas que forman típicos malpaíses, cuando las islas estaban ya emergidas.

Se observan también en algunos islotes, principalmente La Graciosa, extensos campos de arenas eólicas que se adosan a los relieves volcánicos. Igualmente, la existencia de niveles de rasa cuaternarias antiguas (Pleistoceno superior y Holoceno) son de interés paleontológico y geomorfológico.

Tabla 10.1. Distribución de los puntos de interés geológico (PIG) en las hojas a E. 1:25.000 de Lanzarote

PIG	Citado en hoja/s	AL	GR	CS	S	H	G	TE	TI	A	Y	F
1. Islotes del Norte de Lanzarote		X	X	X								
2. Edificios hidromagmáticos de Lanzarote					X				X		X	
3. Macizo de Famara				X	X	X		X				
4. Malpaís de La Corona				X		X						
5. Rasas marinas		X	X	X		X				X	X	
6. Campo de arenas eólicas de El Jable					X			X				
7. Erupciones históricas de Timanfaya								X	X		X	

AL. Hoja de Alegranza, GR = Graciosa; CS = Caleta de Sebo, S = Soo; H = Hara, G = Guatiza, TE = Teguse; TI = Tinajo, A = Arrecife, Y = Yaiza y F = Femés

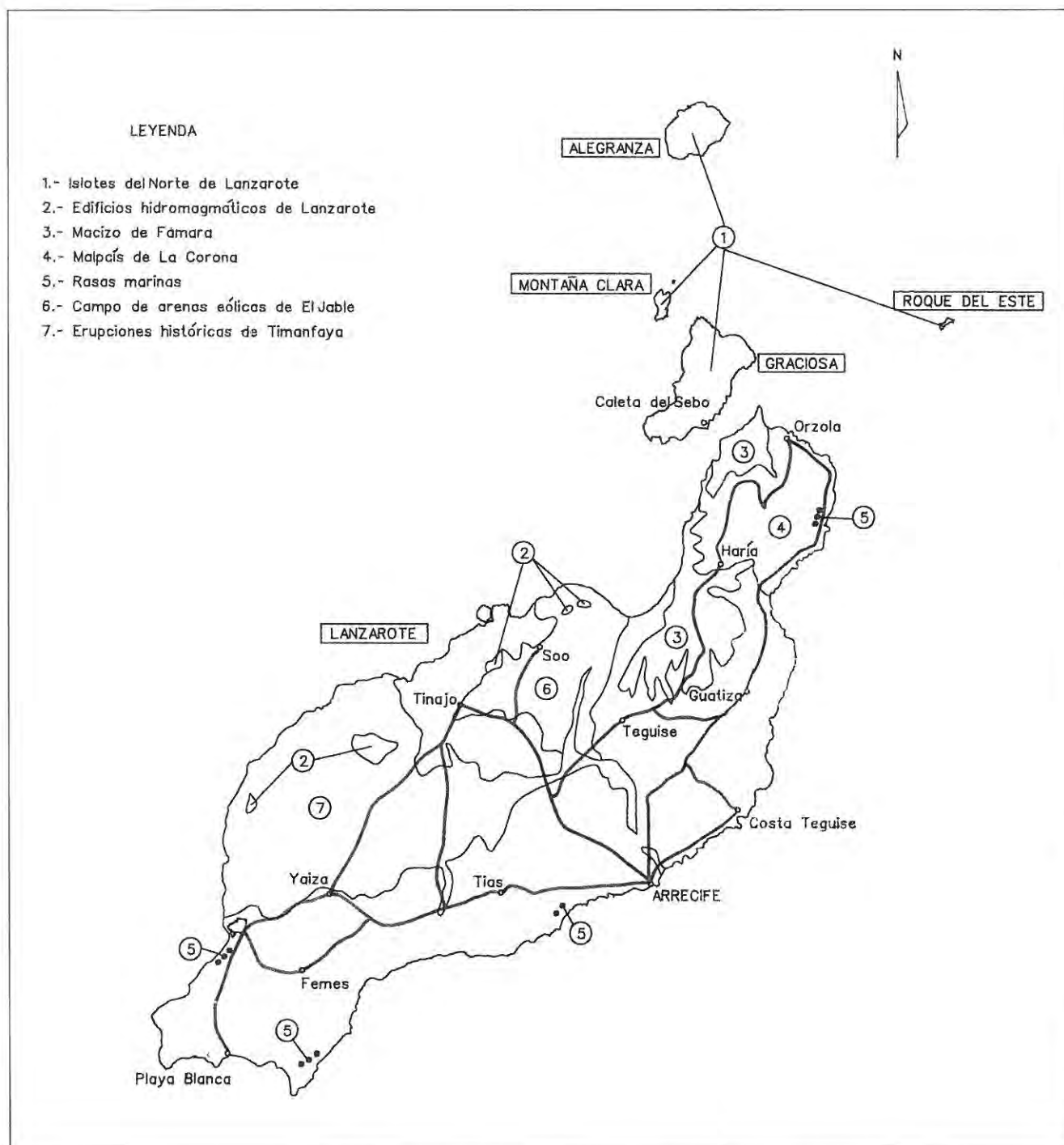


Figura 10.1 Situación de los puntos de interés geológico seleccionados.

Por su contenido, este PIG es de interés volcanológico y geomorfológico y en cuanto a su posible utilización, presenta interés paisajístico, turístico y didáctico. Por su influencia se le puede calificar como de interés regional y nacional.

Todos los islotes, los acantilados occidentales de Famara y la zona de Caleta de Famara están incluidos en el Espacio Natural Protegido denominado «Parque Natural del Archipiélago Chinijo». Asimismo M^{na} Clara, Roque del Oeste y Roque del Este integran también la «Reserva Natural Integral de los Islotes».

2. Edificios hidromagmáticos de Lanzarote. Al igual que en el caso anterior son buenos ejemplos de la ocurrencia en Lanzarote de procesos eruptivos generados por la interacción agua/magma, en zonas próximas a la costa. En algunos casos, son por tanto indicadores de la situación paleogeográfica de determinados sectores de la costa de la isla, antes de la llegada de emisiones lávicas desde el interior que prolongaron la línea litoral más adentro. Los edificios donde mejor representados están los depósitos hidromagmáticos son El Golfo, M^{na} Halcones, el conjunto volcánico de Caldera Blanca, al oeste de Tinajo, y la Caldera del Cuchillo, cerca de Soo.

Todos estos edificios están formados por depósitos de tobas hidromagmáticas palagonitizadas, con estructuras y facies diversas y sólo en algunos se observa un segundo episodio formado por lapilli generado ya durante fases explosivas estrombolianas, claramente magmáticas, y por tanto, sin intervención de agua (El Golfo, grupo de Caldera Blanca, Caldera del Cuchillo).

Uno de los mejores ejemplos es la M^{na} de El Golfo, al sur de la isla, al presentar un espectacular acantilado de más de 90 m de altura, donde se aprecia toda la secuencia eruptiva, con facies de diferentes características, que reflejan variaciones en las relaciones agua/magma y en el grado de explosividad a lo largo del desarrollo de la erupción. Por su contenido, este PIG destaca principalmente por su interés volcanológico, sedimentológico, mientras que su posible utilización puede ser con fines didácticos y turísticos, este último con mayor énfasis en M^{na} de El Golfo, debido a lo espectacular del escarpe, su singularidad y también por su fácil acceso. En cuanto a su influencia se le puede calificar como de interés regional y nacional.

La M^{na} Halcones constituye el Espacio Protegido «Monumento Natural del Islote de Halcones», según lo establecido en la ley antes indicada.

3. Macizo de Famara. Reúne condiciones para incluirlo como PIG, al ser un buen ejemplo de macizo volcánico antiguo, ya bastante desmantelado, en el que han actuado procesos externos que han modificado profundamente su morfología original, con depósitos de vertiente ampliamente desarrollados, superficies de glacis, etc. Permite la observación de la sucesión de apilamientos lávicos y piroclásticos, intrusivos, e incluso, la existencia de galerías de captación de agua, que penetran en el mismo, ayudan, como la hacen ya en otras islas, para la interpretación de aspectos no visibles en superficie.

Además de estos aspectos geomorfológicos y volcanológicos el área en sí encierra gran interés desde el punto de vista paisajístico y ambiental, que le confieren un gran atractivo turístico. En cuanto a su influencia se le puede considerar como de interés local y regional.

El macizo de Famara se encuentra parcialmente en un espacio natural protegido, al quedar incluido en el «Parque Natural del Archipiélago Chinijo».

4. Malpaís de La Corona. Es otro PIG interesante, ya que su buen grado de conservación permite apreciar en una única erupción los aspectos morfológicos de las típicas erupciones cuaternarias de la isla.

Lo más destacable es la caída en cascada por los relieves occidentales y orientales del macizo de Famara hasta llegar a la costa y la prolongación de la línea costera. Es asimismo notable la morfología de las lavas, potentes coladas o morrenas de cascotes y bloques, a veces morfologías pahoehoe que surgen como reflujos de entre las anteriores, presencia de túmulos o intumescencias, a veces agrietadas, superficies cordadas, etc. El rasgo más espectacular de esta erupción es la formación del tubo volcánico de la Cueva de los Verdes, cuyo recorrido conocido es de más de 6,10 km, desde el volcán La Corona hasta la costa, si bien se continúa mar adentro de manera submarina.

La mayor parte del Malpaís de La Corona está incluido en el espacio protegido «Monumento Natural de La Corona».

5. Rasas marinas. Los movimientos en la vertical en la isla, cuyas causas no han sido suficientemente estudiadas, en parte por la dificultad que ello conlleva, han quedado registrados en Lanzarote por la presencia de diversos niveles de rasas marinas a diferentes alturas sobre el nivel del mar actual. En todos ellos son visibles depósitos marinos fosilíferos, en algunos casos con gran variedad de especies. Los ejemplos presentes en Lanzarote e islotes son:

Rasa marina tortoniense (Mioceno), situada a +25 m (s.n.m.), en la zona de Salinas de Janubio. Se encuentra intercalada entre coladas basálticas miocenas.

Rasa marina pliocena, situada entre +35 y +50 (s.n.m.) en la zona de El Papagayo y Janubio, apoyada sobre basaltos miocenos.

Rasa marina jandiense (Pleistoceno superior), situada entre +7 m y 1 m (s.n.m.) en diferentes puntos de la isla, destacando el lugar de Salinas de Matagorda (Puerto del Carmen), si bien el depósito ha desaparecido prácticamente por la fuerte presión turística de esa zona.

Rasa marina erbanense (Holoceno), situada a +0,5 m (s.n.m.) en diferentes puntos de la isla de Lanzarote: Jameos del Agua, Playa Bastián, Playa Honda, etc. En la Graciosa se encuentra en Caleta de Sebo (el pueblo ha sido construido sobre ella) y a lo largo de la costa suroriental y en Alegranza en la parte norte.

El interés de la preservación de estos depósitos es variado: por un lado tienen interés estratigráfico, ya que permiten datar las emisiones volcánicas sobre las que se apoyan o entre las que se intercalan, hecho siempre excepcional en terrenos volcánicos donde escasean los criterios basados en la presencia de yacimientos paleontológicos. El nivel plioceno y los cuaternarios están presentes también en la isla de Gran Canaria y Fuerteventura, por lo que su presencia es útil para el estudio, junto con otros factores, de aspectos paleoclimáticos del Cuaternario, en las islas orientales del archipiélago, como los que se están llevando a cabo por el profesor J. Meco (Univ. Las Palmas) y colaboradores.

Este PIG destaca, por tanto, en cuanto a su contenido, por su interés estratigráfico, paleoclimático y geomorfológico y por

su utilización, por sus posibilidades didácticas. Por su influencia tiene interés local y regional.

6. Campo de arenas eólicas de El Jable. Parte de este campo de arenas está incluido en el «Parque Natural del Archipiélago Chinijo», destacando en él su valor paisajístico, geomorfológico y turístico. En los lugares donde existen cortes importantes es posible apreciar varios episodios eólicos, indicadores de clima árido, separados por niveles que denotan períodos más húmedos en el clima, lo que hace que su estudio tenga también interés para el conocimiento de aspectos paleoclimatológicos del Cuaternario antiguo de la isla y de las islas canarias orientales.

Por su contenido resulta pues interesante desde el punto de vista geomorfológico y por su posible utilización es de destacar su importancia para estudios científicos y uso como fines turísticos y didácticos, siendo su influencia de nivel local y regional.

7. Erupciones históricas de Timanfaya. Constituyen el mejor ejemplo de volcanismo histórico del archipiélago y por tal motivo gran parte del área ocupada por estas emisiones constituye el Parque Nacional de Timanfaya.

A lo largo del vasto campo de lavas generado pueden observarse diferentes morfologías superficiales de las lavas (aa, pahoehoe, lavas cordadas...), edificios piroclásticos, algunos con lagos de lava, tubos volcánicos (Cueva de los Naturalistas), jameos, etc. Desde el punto de vista geoquímico tiene interés su estudio por la anomalía que representa en este tipo de emisiones cuaternarias, ofrece la posibilidad de estudio del desarrollo de erupciones fisurales masivas, la migración de los focos volcánicos durante el desarrollo de la erupción, sus posibles implicaciones de riesgo ante erupciones similares en el futuro, etc. Resulta igualmente interesante la lectura de los manuscritos que se conservan del relato de los acontecimientos ocurridos, bien propios de la erupción o de la afección social que tuvo, y que son de gran ayuda para el estudio y conocimiento del desarrollo de este tipo de crisis eruptivas.

Es de destacar también la importancia que tiene como recurso natural, en cuanto a la originalidad y rareza del paisaje que define este campo volcánico, que lo hacen atractivo e interesante desde el punto de vista turístico. Es uno de los principales lugares de visita de la isla, proporcionándole, al mismo tiempo, un beneficio económico importante.

Todas estas razones justifican su consideración como PIG, y por su influencia puede calificarse como de interés a todos los niveles, desde local a internacional.

Además de formar parte del Parque Nacional de Timanfaya, el área ocupada por las emisiones históricas está englobada parcialmente en otras categorías de protección por la ley canaria de Espacios Naturales, como son el «Parque Natural de los Volcanes» y el «Monumento Natural de Montañas del Fuego».

11. GEOTERMIA

Desde hace ya mucho tiempo son conocidas las fuertes anomalías térmicas superficiales existentes en el área de las Montañas del Fuego, dentro del Parque Nacional de Timanfaya. La distribución superficial de las temperaturas y sus valores anormalmente elevados, indican que el origen de tales anomalías está relacionado con fracturas volcánicas originadas durante las erupciones de Timanfaya, en el siglo XVIII, e incluso quizás con erupciones anteriores ocurridas en el mismo lugar, pues

parece que desde los primeros tiempos de la conquista de Lanzarote (siglo XIV) ya se tenía noticias de ellas, aunque este hecho no está suficientemente documentado, ARAÑA *et al.* (1973), CARRACEDO y SOLER (1983). Desde entonces, en casi todos los estudios científicos sobre Lanzarote se hace referencia a ellas, y es en las últimas décadas cuando comienza su estudio sistemático, fundamentalmente encaminado, ante las expectativas que se planteaban, a establecer el posible aprovechamiento industrial de la energía geotérmica, que en caso positivo proveyería a la isla de un recurso energético del máximo interés. Igualmente los trabajos proponían hipótesis y modelos tendentes a conocer y explicar el origen de tales anomalías.

Al contrario que en otras áreas de anomalías geotérmicas, en Timanfaya, sin embargo, la única manifestación superficial de su presencia es la existencia de temperaturas elevadas, ya que están ausentes manifestaciones hidrotermales y fumarolianas. Se está, por tanto, ante un caso de anomalías geotérmicas de «roca caliente seca», DIEZ GIL (1994), en la que las altas temperaturas se deben al flujo de gases de origen magmático. El análisis de los gases revela que se trata mayoritariamente de nitrógeno y CO₂ e hidrógeno en menor medida, estando ausentes los gases azufrados (SO₂ y H₂S).

Las anomalías térmicas de Timanfaya aparecen más o menos dispersas en varios lugares del parque, si bien en general abarcan un área restringida, pues las temperaturas elevadas disminuyen a medida que se alejan de la zona. Los valores de temperatura medidos en casi todos los puntos superan los 100 °C, alcanzándose las máximas en el Islote de Hilario, con temperaturas próximas a 300 °C a 10 cm de profundidad y temperaturas de 610 °C a 13 m, DIEZ GIL *et al.* (1994).

Los estudios con infrarrojo y de termometría superficial han puesto de manifiesto diversos lugares en la zona, donde se dan esos valores de temperatura anormalmente elevados, DIEZ GIL *et al.* (*op.cit.*), siendo los más importantes los siguientes:

- Islote de Hilario: la anomalía alcanza un área de 3.000 m².
- Casa de Los Camelleros: se extiende en un área de 4.000 m² y los valores de temperatura superficial son de 60 °C, llegando a 150-175 °C a 10 cm de profundidad y 220 °C a 50 cm.
- Fondo del cráter de M^{na} del Fuego: La temperatura llega a 175 °C. Destacan en el cráter las colonias de líquenes, que toman diferente coloración por efecto de los flujos gaseosos procedentes del interior.
- Borde superior del cráter de M^{na} del Fuego: las temperaturas oscilan entre 100 °C y 250 °C.
- Borde superior del cráter de M^{na} Rajada: está afectado por fracturas, en las que se han medido temperaturas entre 100 °C y 180 °C. Estos valores decaen al alejarse de dichas fracturas.

Actualmente, en el Islote de Hilario, parada principal de la visita al Parque Nacional de Timanfaya, el Cabildo Insular de Lanzarote dispone de algunas instalaciones para demostración turística de la energía térmica superficial en este punto. Las demostraciones más llamativas consisten en generar géiseres artificiales introduciendo agua externa a través del tubo de un sondeo y la quema natural de aulagas, al introducir las en una pequeña excavación de 3 m de profundidad, donde se han medido temperaturas de 435 °C, DIEZ GIL (1994).

En la mayor parte de los estudios realizados con el objeto de conocer el origen de las anomalías, se parte de la base que la

fuente de calor es magmática, siendo el mecanismo de transporte del calor a la superficie el aspecto aún no suficientemente resuelto. CARRACEDO y SOLER (1983), a la vez que plantean un modelo, hacen una recopilación de las distintas hipótesis propuestas desde las primeras referencias sobre las anomalías térmicas. CARRACEDO y RODRÍGUEZ BADIOLA (1991), en un amplio trabajo sobre las erupciones de Timanfaya, describen también, pero más detalladamente, los diversos trabajos realizados por otros autores y sus conclusiones.

Uno de los primeros modelos establecidos en épocas recientes fue el de CALAMAI y CERON (1970), quienes supusieron un sistema convectivo en el que el aire atmosférico es el responsable del transporte del calor a la superficie desde la roca magmática. Expresaron también su opinión negativa en cuanto al aprovechamiento industrial de esta energía. ARAÑA *et al.* (1973) establecen un modelo de campo geotérmico convencional, aduciendo la existencia de un gran acuífero, a unos 2.000 m de profundidad, en el que el agua caliente circula por convección. La realización en 1977 de un sondeo de 2702 m de profundidad en el área de las Montañas del Fuego, SÁNCHEZ GUZMÁN y ABAD (1986), pone de manifiesto la inexistencia de tal reservorio de agua y de vapor, e invalida ese último modelo propuesto. CARRACEDO y SOLER (1983) aceptan en parte el modelo de CALAMAI y CERON (*op. cit.*) y lo modifican a tenor de datos más recientes. Proponen que las anomalías se generan por procesos de inyección repetitiva a través de fracturas tectovolcánicas existentes en la zona, explicando así la persistencia de las anomalías, las cuales se manifiestan por advección de aire caliente en contacto con la masa magmática intrusiva.

Más recientemente DIEZ GIL *et al.* (1986), utilizando un modelo de transmisión del calor por convección de sistemas post-ruptivos, justifican las anomalías térmicas superficiales en las diferentes condiciones que se dan en la zona. En un trabajo posterior, DIEZ GIL *et al.* (1994), tras diversos estudios, cuantifican el flujo energético transportado por los gases hacia la superficie y su potencialidad energética.

La continuación de los estudios geotérmicos y económicos decidirá en un futuro próximo la viabilidad del aprovechamiento industrial de este recurso energético.

12. 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.
- ALBERT, J. F., DIEZ GIL, J. L., VALENTÍN, M.^a A. y TORRES (1994): «Evaluación de las anomalías geotérmicas de Lanzarote». En *Serie Casa de Los Volcanes. Tomo In Memoriam Dr. José Luis Díez Gil. Cabildo Insular de Lanzarote*, n.º 3, pp. 41-60.
- APARICIO, A., ARAÑA, V. y DIEZ GIL, J. L. (1994): «Una erupción hidromagmática en la isla de Lanzarote: la Caldera de El Cuchillo». En *Serie Casa de los Volcanes*, n.º 3. *Cabildo Insular de Lanzarote*, pp. 109-120.
- ARAÑA, V., ORTIZ, R. y YUGUERO, J. (1973): «Thermal anomalies on Lanzarote (Canary Islands)». *Geothermics*, 2, pp. 73-75.
- BANDA, E., DAÑOBEITIA, J. J., SURIÑACH, E. y ANSORGE, J. (1981): «Features of crustal structure under the Canary Islands». *Earth Planet. Sci. Letters*, 55, pp. 11-24.
- BOC (1994): «Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias». *BOC*, n.º 157, pp. 9629-9879.
- BRAVO, T. (1964): «El volcán y el malpais de La Corona. La Cueva de los Verdes y Los Jameos». *Publicaciones del Cabildo Insular de Lanzarote*, 31 p.
- BRAVO, T. (1993): «Los islotes del norte de Lanzarote». En *Strenae Emmanuelae Marrero Oblatae*, tomo I. Secret. Public. Univ. La Laguna, pp. 191-201.
- BUCH, L. VON (1825): *Physikalische Beschreibung der Kanarischen Inseln*. Berlin.
- BUCH, L. VON (1836): *Description physique des Iles Canaries, suivie d'une indications des principaux volcans du globe*. Traducción de C. Boulanger. F. G. Levrault, Libraire-Editeur, París, 525 p.
- 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.
- CALAMAI, A. y CERON, P. (1970): «Air convection within Montaña del Fuego (Lanzarote, Canary Archipelago)». *Geothermics, Spec. Iss.*, 2, 2, part I, pp. 611-614.
- CARRACEDO, J. C., RODRÍGUEZ BADIOLA, E. y SOLER, V. (1990): «Aspectos volcanológicos y estructurales, evolución petrológica e implicaciones en el 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 p. Incluye mapa geológico a E. 1:25.000 de la erupción y mapa de itinerarios.
- CARRACEDO, J. C., y RODRÍGUEZ BADIOLA, E. (1993): «Evolución geológica y magmática de la isla de Lanzarote (Islas Canarias)». *Rev. Acad. Canar. Ciencias*, 5, (4), pp. 25-58.
- CARRACEDO, J. C. y SOLER, V. (1983): «Anomalías térmicas asociadas al volcanismo en las Islas Canarias». V Asmbl. Nac. Geod. y Geofísica, pp. 2351-2364.
- 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., NÚÑEZ, J. A., PUGA, L. y BRAOJOS, J. (1991): «Canary Islands». En *Hidrology and Water Resources of Small Islands: a Practical Guide*. Ed. A. Falkland. UNESCO, pp. 339-355.
- DIEZ GIL (1994): «Las anomalías térmicas superficiales de las Montaña del Fuego». En *Serie Casa de Los Volcanes. Elementos de Volcanología*. Cabildo Insular de Lanzarote, n.º 2, pp. 251-259.

- FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1919): «Las erupciones en fecha histórica de Canarias». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 11, 2, Lanzarote y Gran Canaria», 51 p. (Incluye tres planos de situación).
- FERNÁNDEZ SANTIN, 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, IBARROLA, E. y LÓPEZ RUIZ, J. (1966): «Estudio volcánológico y petrológico de las isletas de Lanzarote». *Est. Geol.*, 22, 3-4, pp. (Incluye mapa geológico a escala 1:50.000).
- FUSTER, J. M.^a, FERNÁNDEZ, S. y SAGREDO, J. (1968): *Geología y volcanología de las Islas Canarias: Lanzarote*. Inst. Lucas Mallada, CSIC, Madrid, 117 p. (Incluye mapa geológico a escala 1:100.000 publicado por IGME (1968)).
- GARCÍA TALAVERA, F. (1990): «Aves gigantes en el Mioceno de Famara (Lanzarote)». *Rev. Acad. Canar. Ciencias*, tomo II, pp. 71-79.
- GRACIA Y JUSTICIA (1730): «Legajo de la Real Audiencia de Canarias sobre la erupción de Lanzarote de 1730. G y J, Leg. 89.
- HARTUNG, G. (1857): «Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura». *Neue Denkschr. allgem. Schrv. Gessells. f. d. gesamm. Naturwiss. Zürich*, 15/4, 168 págs.
- HAUSEN, H. (1958): «On the Geology of Lanzarote, Graciosa and the Isletas (Canarian Archipelago)». *Soc. Scient. Fenica. Comm. Phys. Math.*, vol. 23, n.º 4, 116 pp.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1909): «Estudio geológico de Lanzarote y de Las Isletas Canarias». *Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo VI, pp. 107-331 (Incluye mapa geológico a escala 1:50.000).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1969): «Los niveles de playas cuaternarias de Lanzarote». *Rev. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, T. 63, (4), pp. 903-961.
- IBARROLA, E. (1970): «Variabilidad de los magmas basálticos en las Canarias orientales y centrales». *Est. Geol.*, 26 (4), pp. 337-399.
- IBARROLA, E. y LÓPEZ RUIZ, J. (1967): «Estudio petrográfico y químico de las erupciones recientes (serie IV) de Lanzarote». *Est. Geol.*, 23 (3-4), pp. 203-214.
- IBARROLA, E., CANTAGREL, J. M., FUSTER, J. M.^a, COELLO, J. y JAMOND, E. (1988): «Geocronología de las series volcánicas neógenas de Lanzarote, Islas Canarias». II Congreso Geológico de España, Granada, Tomo Simp. de volcanismo, pp. 345-348.
- ICONA (1988): «Cartografía geológica y memoria explicativa del Parque Nacional de Timanfaya. E. 1:10.000». Edición limitada en maqueta de plástico en relieve. ICONA, memoria inédita, 66 p. y anexo.
- IGME (1976a): *Mapa Geotécnico General*, escala 1:200.000. Hoja y Memoria n.º 88-92. Arrecife-Puerto del Rosario.
- IGME (1976b): *Mapa de Rocas Industriales*, escala 1:200.000. Hoja y Memoria n.º 88-92. Arrecife-Puerto del Rosario.
- IGME (1986): «Bases para la ordenación minera y ambiental de la extracción de picón en las islas canarias, (Tenerife, Lanzarote y Gran Canaria)», 51 p. (Incluye tres planos de situación).
- IGME-CSIC (1967a): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja y Memoria n.º 1.079-1.080. Alegranza. 1.ª ed.
- IGME-CSIC (1967b): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja y Memoria n.º 1.081. Montaña Clara. 1.ª ed.
- IGME-CSIC (1967c): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja y Memoria n.º 1.082. Graciosa. 1.ª ed.
- IGME-CSIC (1967d): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja y Memoria n.º 1.083. Teguiuse. 1.ª ed.
- IGME-CSIC (1967e): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja y Memoria n.º 1.084. Haría. 1.ª ed.
- IGME-CSIC (1967f): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja y Memoria n.º 1.087. Punta Pechiguera. 1.ª ed.
- IGME-CSIC (1967g): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja y Memoria n.º 1.088. Arrecife. 1.ª ed.
- IGME-CSIC (1967h): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja y Memoria n.º 1.089. El Charco. 1.ª ed.
- ITGE (1989): «Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis». *Islas Canarias*, cap. XVII, pp. 503-528, 603 p.
- ITGE (1992): «Definición de unidades hidrogeológicas en los sistemas acuíferos 82, 83, 84 y 87 de las Islas Canarias». *Documento n.º 36534*. ITGE, Servicio Documentación.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.078-III, IV. Alegranza.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.079-II, III. Graciosa.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.080-I, IV. Caleta del Sebo.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.080-II. Haría.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.080-III. Soo.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.082-I. Guatiza.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.082-IV. Teguiuse.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.082-II, III. Arrecife.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.081-I. Tinajo.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.081-II. Yaiza.
- ITGE (Plan MAGNA): *Mapa Geológico de España*, escala 1:25.000. Hoja y Memoria n.º 1.084-I, IV. Femés.

- KLUG, H. (1968): «Morphologische Studien auf den Kanarischen Inseln. Beiträge zur Küstenentwicklung und Talbildung auf einen Vulkanischen Archipel». *Geographisch Institut, Universität Kiel Schriften*, 24/3, pp. 58.
- LE BAS, M. J., LE MAITRE, R. W., STRECKEISENA, y ZANETTIN, B. (1986): «A chemical clasification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Silica diagram». *Jour. Petrol*, 27. Part 3. pp. 745-750.
- LECOINTRE, G., TINKLER, K. J. y RICHARDS, H. G. (1967): «The marine quaternary of the Canary Islands». *Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia*, 119, 8, pp. 325-344.
- MACAU, F. (1965): «Tubos volcánicos en Lanzarote: Cueva de los Verdes». *An. Est. Atlánticos*, 11, pp. 437-463.
- 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 PASQUARE (1994): «Tectonic evolution of the emergent part of a volcanic ocean island: Lanzarote, Canary Islands». *Tectonophysics*, 239, pp. 111-135.
- MARTÍ, J. y COLOMBO, F. (1990): «Estratigrafía, sedimentación y mecanismos eruptivos del edificio hidromagmático de El Golfo (Lanzarote)». *Bol. Geol. Min. España*, tomo 101 (4), pp. 560-579.
- MARZOL, M.^a V. (1988): «La lluvia, un recurso natural para Canarias». Servicio de Publicaciones de la Caja Gral. de Ahorros de Canarias, n.º 130, (S. investigación, 32), 220 p.
- MC FARLANE, D. y RIDLEY, W. I. (1969): «An interpretation of gravity data from Lanzarote, Canary Islands». *Earth Planet. Sci. Lett*, 6, pp. 431-436.
- MECO, J. (1975): «Los niveles con «Strombus» de Jandía. Fuerteventura, Islas Canarias». *An. Est. Atlánticos*, 21, pp. 643-660.
- MECO, J. (1977): *Paleocostas de Canarias*. El Museo Canario, Las Palmas, 26 p.
- MECO, J. (1981): «Neogasterópodos fósiles de las Canarias Orientales». *An. Est. Atlánticos*, 27, pp. 601-615.
- MECO, J. (1982): «Los bivalvos fósiles de las Canarias Orientales». *An. Est. Atlánticos*, 28, pp. 65-125.
- MECO, J. (1983): «Los bivalvos fósiles de las Canarias Orientales (Suplemento)». *An. Est. Atlánticos*, 29, pp. 579-595.
- MECO, J. (1988): «The emergent littoral deposits in Fuerteventura and the evolution of the canarian marine faunas during the Quaternary». En PETIT-MAIRE, N. (ed). *Deserts, Past Presents and Future Evolution, Fuerteventura, Workshop 1988, PICG 252*, pp. 166-178.
- MECO, J. (1991a): *La fauna jandiense* (póster). Casa Museo de Betancuria, Cabildo Insular de Fuerteventura.
- MECO, J. (1991b): *El Erbanense y su fauna* (póster). Casa Museo de Betancuria, Cabildo Insular de Fuerteventura.
- MECO, J. y STEARNS, CH. E. (1981): «Emergent littoral deposits in the eastern Canary Islands». *Quaternary Research*, 15, pp. 199-208.
- MECO, J. y POMEL, R. (1985): «Les formations marines et continentales intervolcaniques des Iles Canaries Orientales (Grande Canarie, Fuerteventura et Lanzarote: stratigraphie et signification paleoclimatique». *Est. Geol*, 41, pp. 223-227.
- 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.
- MEZCUA, J., GALÁN, J., RUEDA, J. J., MARTÍNEZ, J. y BUFORN, E. (1990): «Sismotectónica de las Islas Canarias. Estudio del terremoto del 9 de mayo de 1989 y su serie de réplicas». *IGN, Publicación Técnica*, 23, 23 p.
- MONTORIOL-POUS, J. y DE MIER, J. (1969): «Estudio morfogénico de las cavidades volcánicas desarrolladas en el malpais de La Corona (Lanzarote, Islas Canarias)». *Geo y Bio Karst*, 6, 22, 3, pp. 543-562.
- MOPU (1985): «El agua en Canarias». SGOP, *Bol. Inform. y Estudios*, 44, 45 p.
- MOPU (1986): «Inventario de presas españolas». Dirección General de Obras Hidráulicas, 356 p.
- MOPU-CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS GOBIERNO DE CANARIAS (1987): *Mapa hidrológico de Canarias. Canarias orientales* (póster). MOPU. Campaña educativa sobre el agua. 1 hoja.
- NEUMANN, E. R, WULFF-PEDERSEN, E., JOHNSEN, K., ANDERSEN, T. y KROGH, E. (1995): «Petrogenesis of spinel harzburgite and dunite suite xenoliths from Lanzarote, eastern Canary Islands: implications for the upper mantle». *Lithos*, 35, pp. 83-107.
- QUESADA, M.^a L., DE LA NUEZ, J. y ALONSO, J. J. (1992): «Edificios hidromagmáticos en las isletas del norte de Lanzarote». III Congreso Geológico de España, Salamanca, tomo I, pp. 473-476.
- ROMERO, C. (1987): «Comentario al mapa geomorfológico de la isla de Lanzarote». *Rev. Geogr. Canaria*, 2, pp. 151-172.
- ROMERO, C. (1991a): «La erupción de Timanfaya (Lanzarote, 1730-1736). Análisis documental y estudio geomorfológico». Univ. La Laguna, Secret. Publicaciones, *Serie Informes*, 30, 136 p.
- ROMERO, C. (1991b): *Las manifestaciones volcánicas históricas del archipiélago canario*. Consejería de Política Territorial, Gobierno de Canarias, Tomo I, 695 p. y Tomo II, 768 p.
- ROMERO, C., MARTÍNEZ DE PISÓN, E., QUIRANTES, F. y GONZÁLEZ, M. (1981): *Morfología del sistema eruptivo de Timanfaya, Montañas del Fuego y Pico Partido*. An. Dpto. Geografía, Univ. La Laguna. pp. 64-84.
- ROTHE, P. (1964): «Fossile Strausseneier auf Lanzarote». *Natur u. Museum*, 94, pp. 175-187.

- SAGREDO, J. (1969): «Origen de las inclusiones de dunitas y otras rocas ultramáficas en las rocas volcánicas de Lanzarote y Fuerteventura». *Est. Geol*, 25, pp. 189-233.
- SAUER, E. y ROTHE, P. (1972): «Ratite Eggshell from Lanzarote, Canary Islands». *Science*, 176, pp. 43-45.
- SÁNCHEZ GUZMÁN, J. y ABAD, J. (1986): «Sondeo geotérmico Lanzarote-1. Significado geológico y geotérmico». *Anales de Física, Serie B*, 82, pp. 102-109.
- SIGMARSSON, O., CONDOMINES, M. E. e IBARROLA, E. (1992): « ^{238}U - ^{230}Th radioactive disequilibria in historic lavas from the Canary Islands and genetic implications». *Jour. Volcanol. Geotherm. Res*, 54, 1-2, pp. 145-156.
- SIMONY, O. (1892): «Die Kanarischen Inseln, in besondere Lanzarote und die Isletas». *Schr. Ver. z. Verbreit. Naturwis. Kennt*, 32, pp. 325-398.
- SOCORRO, S. (1989a): «La Cueva de los Naturalistas (Lanzarote, Islas Canarias): un tubo en un lago de lava». (Abstract). En *ESF, Meeting on Canarian Volcanism*, Lanzarote nov-dic, 1989, pp. 190-192.
- SOCORRO, S. (1989b): «La Cueva de Los Verdes (Lanzarote, Islas Canarias): un canal de lava cerrado». (Abstract). En *ESF, Meeting on Canarian Volcanism*, Lanzarote nov-dic, 1989, pp. 187-189.
- SPA/69/515 (1975): «Estudio científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias». Ministerio de Obras Públicas-UNESCO, Madrid, Tomo I: generalidades, resumen y conclusiones; Tomo II: Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote; Tomo III: Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro; + 2 vols. de figuras.
- ZAZO, C., HILLAIRE-MARCEL, C. L., HOYOS, M., GHALEB, B., GOY, J. L. y DABRIO, C. (1993): «The Canary Islands, a stop in the migratory way of *Strombus bubonius* towards the mediterranean around 200 KA». *Mediterranean and Black Sea Shorelines Newsletter*, 15, pp. 7-11.