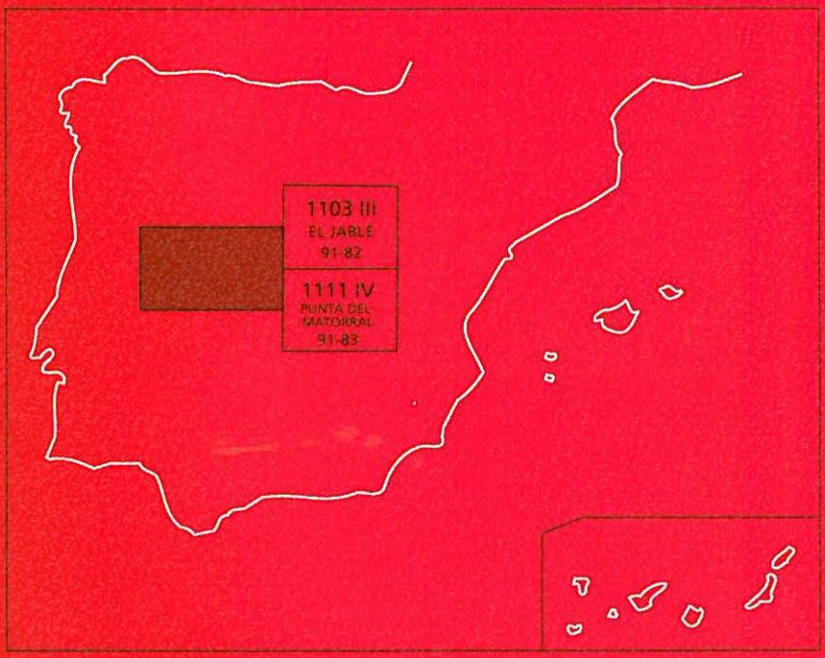
Instituto Geológico
y Minero de España

1102 II-III / 1110 I-IV
90-82/89-83/90-83

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Segunda serie-Primera edición



ISLA DE FUERTEVENTURA

COFETE
MORRO DEL JABLE

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

COFETE
MORRO DEL JABLE

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

© Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas, 23
28003 Madrid

NIPO: 40504-012-8
ISBN: 84-7840-516-X
Depósito legal: M-3966-2004

La presente hoja y memoria a escala 1:25.000, *Cofete-Morro del Jable*, 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. Técn. de Minas.

Realización de la cartografía

Equipo base:
— Barrera Morate, J. L. (GEOPRIN, S. A.): Ldo. en C. Geológicas.
— Gómez Sainz de Aja, J. A. (GEOPRIN, S. A.): Ldo. en C. Geológicas.

Colaboradores:
— Vidal, J. R. (U. La Coruña): Dr. en C. Geológicas Cartografía geomorfológica.

Redacción de la memoria

Equipo base:
— Balcells Herrera, R. (GEOPRIN, S. A.): Ldo. en C. Geológicas.
— Barrera Morate, J. L. (GEOPRIN, S. A.): Ldo. en C. Geológicas.
— Gómez Sainz de Aja, J. A. (GEOPRIN, S. A.): Ldo. en C. Geológicas.
— Ruiz García, M.ª Teresa (GEOPRIN, S. A.): Lda. en C. Geológicas.
— Merlos Cárceles, A. (GEOPRIN, S. A.)

Colaboradores:

— Brändle, J. L. (Inst. Geol. Econ. CSIC-Madrid): Dr. en C. Geológicas. Geoquímica.
— Meco, J. (U. Las Palmas): Dr. en C. Geológicas. Bioestratigrafía y Paleontología.
— Vidal, J. R. (U. de La Coruña): Dr. en C. Geológicas. Geomorfología.
— Rolandi Sánchez-Solís, M. Ldo. en C. Geológicas. Hidrogeología.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

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

- Muestras de roca y su correspondiente preparación microscópica.
- Informes petrológicos y mapa de situación de muestras.
- Fotografías de campo de las unidades ígneas y sedimentarias cartografiadas.
- Mapa geomorfológico a escala 1:25.000.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 9
   1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS 9
   1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS 11

2. ESTRATIGRAFÍA. 11
   2.1. FASE MIOCENA 12
      2.1.1. Tramo inferior 13
         2.1.1.1. Coladas basálticas, brechas y depósitos piroclásticos indiferenciados 14
         2.1.1.2. Brechas, coladas básicas, intrusivos y red de diques 14
         2.1.1.3. Brechas ("debris-avalanche, tipo Ampuyenta") 15
         2.1.1.4. Coladas basálticas olivínico-piroxénicas 16
         2.1.1.5. Conos piroclásticos hidromagmáticos y mixtos, estrombolianos-hidromagmáticos.); Piroclastos basálticos (lapillis, escorias y bombas) 17
         2.1.1.6. Intrusiones traquíticas y tobas sálicas 18
         2.1.1.7. Sedimentos detríticos (conglomerados y arenas) 20
         2.1.1.8. Diques y "sills" básicos; diques sálicos. 21
      2.1.2. Tramo medio-superior 22
         2.1.2.1. Coladas basálticas olivínico-piroxénicas, olívinicas y plagioclásicas; piroclastos basálticos (lapillis, escorias y bombas) y piroclastos de dispersión 22
         2.1.2.2. Coladas y piroclastos basálticos anfibólicos del Edificio Talahijas 24
      2.1.3. Tramo superior 25
         2.1.3.1. Coladas basálticas olivínicas y olivínico-piroxénicas, piroclastos basálticos (lapillis, escorias y bombas) 25
         2.1.3.2. Intrusión sálica del Cuchillo del Palo 25
         2.1.3.3. Brecha tectónica 26
         2.1.3.4. Intrusiones básicas 27
      2.1.4. Episodios tardíos 27
         2.1.4.1. Brechas líticas de un cono litoral 27
         2.1.4.2. Coladas de basaltos, basanitas y nefelinitas 28
   2.2. FORMACIONES SEDIMENTARIAS PLIO-PLEISTOCENAS 29
      2.2.1. Arenas y conglomerados. Rasa marina pliocena 29

2.2.2. Sedimentos conglomeráticos pliocenos 30
2.2.3. Arenas eólicas pliocenas 30
2.2.4. Sedimentos conglomeráticos y depósitos caóticos pliocenos 31
2.2.5. Depósitos de deslizamientos con intercalaciones eólicas 31
2.2.6. Depósitos de caliche 32
2.2.7. Coluviones antiguos y glacis-cono 32
2.2.8. Areniscas y conglomerados. Rasa marina Jandiense 33
2.2.9. Depósitos de terrazas 33
2.2.10. Arenas eólicas pleistoceno-holocenas 33
2.2.11. Depósitos de deslizamientos gravitacionales 34
2.2.12. Depósitos cuaternarios indiferenciados.(arenas) 33
2.3. FORMACIONES SEDIMENTARIAS RECIENTES 34
2.3.1. Arenas y conglomerados. Rasa marina Erbanense 35
2.3.2. Arenas sobre sustrato 35
2.3.3. Depósitos de ladera y coluviones 36
2.3.4. Depósitos de barranco y fondos de valle 36
2.3.5. Depósitos de playa. Arenas y cantos 37
2.3.6. Antrópico 37

3. TECTÓNICA 37

4. GEOMORFOLOGÍA 47
4.1. MATERIALES 47
4.2. FASES GENERATIVAS DEL RELIEVE 48
4.3. PRINCIPALES TIPOS DE FORMAS DIFERENCIABLES 49
4.3.1. Formas endógenas 49
4.3.1.1. Formas de origen volcánico 49
4.3.2. Formas exógenas 49
4.3.2.1. Formas de origen marino 49
4.3.2.1.1. Playas 49
4.3.2.1.2. Acantilados 50
4.3.2.1.3. Tómbolo 50
4.3.2.2. Formas continentales 50
4.3.2.2.1. Barrancos 50
4.3.2.2.2. Abanicos de piedemonte 50
4.3.2.2.3. Depósitos de gravedad 51
4.3.2.3. Formas residuales 51
4.3.2.3.1. Glacis erosivo 51
4.4. TOPÓNIMOS CON SIGNIFICADO GEOMORFOLÓGICO 51

5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA 52
5.1. FASE MIOCENA. PETROLOGÍA 55
5.1.1. Tramo inferior 55
5.1.1.1. Coladas y piroclastos basálticos olivínico-piroxénicos 55
5.1.1.2. Intrusiones traquíticas y tobas sálicas. 55

5.1.1.3. Diques 56
5.1.2. Tramo medio-superior 58
5.1.2.1. Coladas basálticas olivínico-piroxénicas, olivínicas y plagioclásicas; piroclastos basálticos 67
5.1.2.2. Coladas y piroclastos basálticos anfibólicos del Edificio Talahijas 59
5.1.3. Tramo superior 60
5.1.3.1. Coladas basálticas olivínicas y olivínico-piroxénicas; piroclastos basálticosz; intrusiones básicas 60
5.1.3.2. Intrusión sálica del Cuchillo del Palo 60
5.1.4. Episodios tardíos 60
5.1.4.1. Coladas de basaltos, basanitas y nefelinitas 60
5.2. FASE MIOCENA. GEOQUÍMICA 61
5.3. FORMACIONES SEDIMENTARIAS PLIOCENAS Y CUATERNARIAS. PETROLOGÍA 62

6. HISTORIA GEOLÓGICA 64

7. HIDROGEOLOGÍA 66
7.1. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL 66
7.2. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS: NIVELES ACUÍFEROS 70
7.2.1. Nivel acuífero inferior 71
7.2.2. Nivel acuífero superficial 72
7.2.3. Nivel acuífero superficial 72
7.3. PIEZOMETRÍA 73

8. GEOTECNIA 74
8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA. CRITERIOS DE DIVISIÓN 74
8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ZONAS 74
8.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS 76
8.4. RIESGOS GEOLÓGICOS 77
8.5. VALORACION GEOTÉCNICA 77
8.5.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables 78
8.5.2. Terrenos con características constructivas favorables 78

9. GEOLOGíA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS 78

10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO 79
10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG. 80

11. BIBLIOGRAFÍA 81

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS

La hoja de Cofete-Morro del Jable corresponde a los números 89-83; 90-82; y 90-83 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000, editado por el Servicio Geográfico del Ejército. Se halla situada en el extremo suroccidental de la isla de Fuerteventura, ocupando la mayor parte de la Península de Jandía. Sus límites norte, sur y oeste son el océano Atlántico, mientras que al oeste limita con las hojas de: El Jable y Punta del Matorral.

La Península de Jandía constituye un resto erosivo del edificio estratovolcánico de Jandía, el cual se encuentra independizado del resto de la isla y unido a ella por el Istmo de la Pared. Se trata de un edificio constituido, fundamentalmente, por un monótono apilamiento de coladas basálticas miocenas. Con posterioridad, se desarrolla un amplio período erosivo durante el cual se remodela el relieve y se depositan unos materiales detríticos de edades pliocenas y cuaternarias.

La disposición cartográfica de estos materiales define tres sectores que coinciden con tres zonas topográficas bien contrastadas. Una es el arco de Cofete, constituido fundamentalmente por depósitos detríticos, de tipo gravitacional y/o eólico, que se dispone en la vertiente norte de la hoja. Al sur de este arco se sitúa una zona con relieve muy abrupto constituida por apilamientos de coladas basálticas, con disposición tabular y buzamientos periclinales. Entre las coladas aparecen intercalaciones de depósitos piroclásticos y, en ocasiones, cuerpos intrusivos de naturaleza sálica y básica. En esta zona, que constituye la "espina dorsal" de Jandía, se alcanzan las mayores alturas de la isla: Pico de la Zarza (807 m), Mocán (792 m), Morro del Cavadero (743 m), Fraile (683 m). Hacia el oeste, los relieves continúan siendo abruptos pero van perdiendo altura; entre ellos se pueden citar Montaña Aguda (435 m), Sierra Valluelos (327 m) y Las Talahijas (189 m). Conviene señalar, para evitar posibles confusiones, que en la base topográfica empleada, figura el topónimo Montaña Azufrá en las inmediaciones de la Sierra de los Valluelos; sin embargo, Montaña Azufrá es un intrusivo sálico que está situado en las proximidades de la Degollada de Agua Cabras a 1,5 km al oeste de donde figura en el mapa. Por último, en la zona costera del sur de la hoja aparece un área de relieves más suaves en la que predominan los depósitos sedimentarios plio-pleistocenos cubriendo a las coladas basálticas miocenas.

Como se ha comentado anteriormente, los relieves existentes en esta hoja son los más importantes de la isla, y se han desarrollado a partir de una zona central elevada según un sistema

de erosión radial hacia el sur. De esta manera se originan barrancos y valles profundos, que individualizan interfluvios alargados y estrechos. Estas morfologías se denominan, localmente, "cuchillos", siendo los más importantes los de: Morro del Cavadero, Corral Bermejo, del Ciervo, Jorós, del Palo, Sierra de Licanejo. Además, entre los barrancos de Gran Valle y los Escobones se sitúan los relieves de Huerto Morero-Morro de la Habana que, aunque no guardan la morfología pura de "cuchillo", constituyen también importantes relieves del área cartografiada.

En cuanto a los barrancos existentes en esta hoja, ocurre algo parecido a lo mencionado para los relieves positivos; todos ellos presentan un recorrido hacia el sur, estando sus cabeceras en algún caso seccionadas por un antiguo escarpe de deslizamiento. En la hoja aquí estudiada pueden señalarse, de este a oeste, los siguientes barrancos: Vinámar, Cavadero, Ciervo, Gran Valle, Jorós, Escobones, Mosquitos, Juan Gómez, Agua Oveja y Songas. Estos barrancos están habitualmente secos y, sólo en épocas de lluvias importantes, pueden llevar algo de agua.

En la vertiente norte hay multitud de torrenteras, entre las que cabe destacar el Chupadero de los Cochinos y la que desemboca en la Playa del Roque del Moro. Tanto unos barrancos como otros están habitualmente secos y sólo en épocas de lluvias importantes pueden llevar algo de agua.

La morfología de la costa no es muy sinuosa, existiendo un acantilado bastante continuo de unos 8-10 m de altura, salvo en algunos puntos en los que se han desarrollado depósitos playeros; los más importantes son los del sector oriental, que constituyen las "playas de sotavento de Jandía". En el extremo occidental de la hoja, la costa presenta una morfología irregular muy acusada (Punta de Jandía), que parece estar condicionada por la intensa inyección filoniana según una directriz NE-SO. En la vertiente norte, la mejor playa es la de Cofete en la que destaca a modo de islote o tómbolo el Roque traquítico de Cofete.

El clima de la región es similar al del resto de la isla, cálido y seco, con temperaturas medias de 18º a 22ºC. Toda esta zona está afectada por vientos de intensidad media que rebajan la sensación de calor. Ocasionalmente, los vientos pueden alcanzar gran intensidad.

La vegetación está integrada fundamentalmente por pequeños arbustos, entre los que predominan los tipos xerofíticos suculentos, con gran desarrollo de endemismos: aulaga (Launaea arborescens), tabaiba y cardón (Euphorbia s.p.). Existe, además, un tipo específico de cardón, algo más delgado y espinoso conocido como "Euphorbia jandienses".

La población se concentra en el extremo suroriental de la hoja, donde se halla la localidad de Morro Jable y las urbanizaciones turísticas. El resto de la hoja se halla prácticamente despoblado y, aunque hay algunas casas aisladas en el Tablero de Jorós y en el Puerto de la Cruz, no existe tendido eléctrico ni carretera asfaltada más allá de Morro Jable. La pista de Morro Jable al Faro de Jandía, y el ramal que asciende al caserío de Cofete es transitable con cualquier tipo de vehículo, a pesar de ser de tierra.

1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Son pocas las referencias bibliográficas concretas sobre este sector de la isla de Fuerteventura. La mayoría de los textos empleados son trabajos más amplios, bien sobre la geología insular, bien sobre el edificio Jandía.

Los primeros autores que realizaron estudios sobre la geología de la Península de Jandía fueron HARTUNG (1857), BOUCART et JEREMINE (1938) y BENITEZ PADILLA (1945). También hay que mencionar el amplio trabajo de HAUSEN (1958), el cual, realiza un mapa geológico de la isla a escala 1:300.000, completado con cortes geológicos, estudios petrográficos y análisis químicos. En el año 1968, coincidiendo con la celebración del Congreso Mundial de Volcanología en Canarias, FUSTER *et al.* (1968) publican una completa monografía de la isla, en la cual establecen la estratigrafía y definen las principales unidades volcánicas. Asìmismo la síntesis cartográfica a escala 1:100.000 es publicada por AGOSTINI *et al.* (1968). Este mapa de síntesis se basa en los trabajos cartográficos previos realizados por los mismos equipos, a escala 1:50.000, y publicados por el IGME-CSIC en (1967).

PETIT MAIRE *et al.* (1986) estudian las formaciones dunares de Jandía y de otras zonas de la isla, datando por el método del C-14 algunos niveles de la malacofauna presente en ellas. Asimismo, obtienen algunos datos paleobioclimáticos del Pleistoceno superior y el Holoceno, que les permite correlacionar estos depósitos con otros de diferentes islas orientales del archipiélago. La paleontología y bioestratigrafía de los depósitos marinos fosilíferos ha sido realizada por MECO *et al.* (1987).

En cuanto a las dataciones radiométricas, se han tenido en cuenta las efectuadas por RONA y NAWALK (1970), ABDEL MONEN *et al.* (1971), GRUNAU *et al.* (1975), FERAUD *et al.* (1985), LE BAS *et al.* (1986 b), CASQUET *et al.* (1989), IBARROLA *et al.* (1989) y COELLO *et al.* (1992). También se han utilizado las determinaciones paleontológicas de MECO y PETIT MAIRE (1989). Sobre el tema específico de las intrusiones sálicas, CUBAS *et al.* (1988) presentan un completo estudio petrológico y geoquímico de las mismas, dentro de un proyecto más amplio. Posteriormente, CUBAS *et al.* (1991) realizan un estudio sobre el edificio Jandía definiendo diversos tramos y/o episodios volcánicos.

Con todos estos datos, y con las nuevas dataciones K/Ar realizadas en este proyecto, se han definido las diferentes unidades volcánicas de la isla. Además, esta información ha sido completada y contrastada con las observaciones de campo.

2. ESTRATIGRAFÍA

La historia geológica de Fuerteventura se remonta desde tiempos mesozoicos (sedimentos de fondo oceánico) hasta las últimas emisiones volcánicas cuaternarias. La isla presenta dos dominios geológicos claramente individualizados, el Complejo Basal y el volcanismo subaéreo post Complejo Basal (Dominio subaéreo), con evoluciones distintas y, en cierta medida, con transiciones graduales entre ambos. El primero constituye la parte oeste de la isla y esta compuesto

por una secuencia de sedimentos cretácicos, rocas volcánicas submarinas (en facies de esquistos verdes), rocas plutónicas y una intensa inyección filoniana.

Desde los 80 m.a. (Cretácico superior) hasta los 20 m.a. (Mioceno inferior) se van sucediendo estos eventos. El Dominio subaéreo se extiende por la parte norte, este y sur de la isla (Jandía), siendo su período de emisión, desde los 23 m.a. (Mioceno inferior) hasta el Holoceno. Estos eventos han ido ganando terreno al mar, agrandando el perímetro costero hasta los límites actuales.

El primer autor que definió una seriación temporal en las unidades geológicas de Fuerteventura fue HARTUNG (1857). Los autores posteriores, como FINCK (1908), FERNÁNDEZ NAVARRO (1926), BOURCART y JEREMINE (1938), HAUSEN (1958), BLUMENTHAL (1961) y ROTHE (1966), se han ido basando en él para ir actualizando y precisando la estratigrafía general de la isla. Más recientemente, FUSTER *et al.* (1968) culminan un estudio cartográfico y petrológico de Fuerteventura, en el que establecen una nueva estratigrafía general que ha permanecido valida hasta épocas próximas.

Para establecer la estratigrafía general de la isla en este proyecto, se han utilizado diversos criterios tales como, criterios de campo (estratigrafías relativas, discordancias, grado de conservación de los edificios, etc), criterios geocronológicos y criterios petrológico-geoquímicos. De todos ellos, los datos geocronológicos son los que han servido para marcar la pauta general de las principales fases y episodios, debido a la abundante y reciente información disponible. Del análisis de todas las dataciones publicadas hasta el momento, que son: RONA y NALWALK (1970), ABDEL-MONEM *et al.* (1971), GRUNAU *et al.* (1975), MECO y STEARNS (1981), FERAUD *et al.* (1985), LE BAS *et al.* (1986b) y COELLO *et al.* (1992), además de las propias edades hechas para este proyecto, se han definido cinco fases en el Dominio subaéreo, y seis en el Complejo Basal. En la Tabla I está representada la cronoestratigrafía resultante.

La estratigrafía de la hoja de Cofete-Morro del Jable es relativamente sencilla, ya que solamente está representado el Dominio subaéreo por medio de una sola de sus fases, la miocena. En la Tabla II se establece la correlación de esta Fase miocena con las anteriores cronoestratigrafías más recientes de FUSTER *et al.* (1968) e IGME (1984 a-d).

Los materiales volcánicos miocenos corresponden al estratovolcán de Jandía, muy bien expuesto en este sector de la isla. Esta fase es equivalente a lo que FUSTER *et al.* (1968) llamaron Serie Basáltica I, y el IGME (1984a-d), Serie Volcánica I.

2.1. FASE MIOCENA

Se trata del primer episodio subaéreo que tiene lugar tras el emplazamiento del Complejo Basal. Es una fase de intensa actividad volcánica, durante la cual se constituye el esqueleto principal de la isla mediante la construcción de tres edificios estratovolcánicos que se asocian con una fisura de dirección NNE-SSO. Esta fisura tiene una gran magnitud y se prolonga hacia el norte en la isla de Lanzarote y Banco de Concepción. Los tres edificios de Fuerteventura se de-

nominan: norte o Tetir, centro o Gran Tarajal y sur o Jandía. Esta hoja se sitúa en su totalidad dentro del edificio Jandía.

2.1.1. Tramo inferior

Este tramo aparece representado fundamentalmente en la vertiente septentrional de la hoja, si bien, debido al enorme desarrollo de depósitos de ladera y de deslizamientos gravitacionales, su representación cartográfica se reduce considerablemente al estar cubiertos por los mismos. Además existen otros afloramientos en el sector de Mungía-Siete Fuentes y en dos pequeños asomos aislados, localizados en Los Atolladeros y Playa de Ojos.

Tabla 2.1. Cronoestratigrafía volcano-plutónica de Fuerteventura.

	Edad (m.a.)	**Fase/Serie**
CICLO CUATERNARIO	0-0,8 1,7-1,8	Fase pleistocena media-holocena. Episodios recientes. Fase pleistocena inferior.
CICLO PLIOCENO	2,4-2,9 5,5	Fase pliocena superior. Fase pliocena inferior.
CICLO MIOCENO	12-22,5	Estratovolcanes de Tetir, Gran Tarajal y Jandía.
COMPLEJO BASAL	20-80	Serie plutónica tardía: Edificio Betancuria, Complejo Circular Vega Río Palmas. Serie plutónica de Mézquez. Serie plutónica indiferenciada. Serie plutónica ultralcalina. Volcanismo indiferenciado, en parte submarino. Sedimentos de fondo oceánico.

Tabla 2.2. Correlación cronoestratigráfica

FUSTER *et al.* (1968)	**MAGNA 1.ª ed. [IGME (1984d)]**	**MAGNA 2.ª ed.**
SERIE BASÁLTICA I Basaltos fisurales	SERIE VOLCÁNICA I	FASE MIOCENA (Estratovolcan de Jandía)

Algunas de las características principales del tramo inferior del Edificio Jandía son: la existencia de edificios piroclásticos hidromagmáticos y la mayor proporción de intrusivos sálicos. Los edificios hidromagmáticos y/o mixtos, situados al nivel del mar y en la zona costera, ponen de manifiesto la fase inicial de construcción de la isla en donde el magma interacciona con el agua en los comienzos subaéreos del edificio. En cuanto a los cuerpos intrusivos de Cofete, Roque del Moro y Montaña Azufrá, parecen alinearse según una directriz subparalela a la línea de costa (N60oE). Asociadas posiblemente a estas intrusiones aparecen unas tobas sálicas que constituyen, junto

con unos niveles de sedimentos aluviales, las últimas unidades de este tramo. Además de las unidades mencionadas, el resto de materiales que constituyen este tramo son coladas basálticas, brechas y depósitos piroclásticos atravesados por abundantes diques y "sills".

2.1.1.1. Coladas basálticas, brechas y depósitos piroclásticos indiferenciados

Esta unidad aflora fundamentalmente en el extremo nororiental de la hoja y constituye la parte baja del acantilado de barlovento, extendiéndose por la vecina hoja de El Jable. También se ha asignado a este apartado un pequeño afloramiento de materiales brechoides que aparece en el espigón que separa las playas de Cofete y Roque del Moro.

Una de las características fundamentales de estos materiales es el alto grado de alteración que presentan y la gran densidad de diques que los atraviesan, lo cual dificulta, en muchas ocasiones, el reconocimiento de la roca original. A efectos cartográficos se han agrupado en una sola unidad materiales lávicos, piroclásticos y fragmentarios. Parece que se trata de los materiales más antiguos que aparecen en la hoja, y en parte, pueden constituir el sustrato de la Península de Jandía.

Fundamentalmente, esta unidad está constituida por coladas basálticas alteradas, de tonos grises y pardos, que debido a la intensa alteración e inyección filoniana impide el reconocimiento de las estructuras originales de coladas. Además, debido a este hecho resulta casi imposible medir los espesores individuales de las mismas. No obstante, se estima que el espesor global de esta unidad es de unos 90-110 m.

Estas coladas se caracterizan por sus colores de alteración gris-oscuro-caqui, siendo su composición basáltica olivínica-píroxénica. En general, son coladas delgadas, con bases escoriáceas de cascajo y abundantes rellenos secundarios de ceolitas.

Las brechas suelen estar constituidas por fragmentos angulosos y subangulosos de naturaleza basáltica con colores de alteración grises y caquis. El tamaño de los fragmentos es muy variable, desde 2-3 cm hasta 20-30 cm. En el caso concreto de las brechas de la playa del Roque del Moro, los fragmentos son algo subredondeados y están atravesadas por multitud de diques divagantes. Estos diques presentan bordes muy vítreos que parecen auténticas obsidianas. Esto indica que el enfriamiento fue muy rápido, pudiendo sugerirse para ello que estos materiales intruyeran en un medio subacuático. También se han observado en algunos puntos del sector NE. intercalaciones de depósitos piroclásticos, tanto estrombolianos como hidromagmáticos.

2.1.1.2. Brechas, coladas básicas, intrusivos y red de diques.

En este epígrafe se agrupan una serie de unidades de muy diferente litología y origen. Estos materiales se localizan en las inmediaciones de Montaña Azufrá, zona que parece estar afectada por una intensa actividad tectónica y volcanismo resurgente.

Se han observado varios tipos de brechas y depósitos piroclásticos. Cronológicamente, parece que primero se desarrolla un edificio volcánico de composición basáltica de tipo mixto (hidromagmático-estromboliano), pues hay capas de lapilli que alternan con niveles de "fall" hidromagmático, caracterizados por la gran abundancia de líticos. Sobre estos depósitos aparecen brechas con fragmentos angulosos y composición fundamentalmente basáltica. El tamaño de los fragmentos es muy variable desde 1-2 cm hasta bloques de más de 20 cm. A continuación aparecen brechas sálicas, de color rosáceo, muy reducido. No se observan pómez, ni fragmentos juveniles, infiriéndose un origen de colapso de domos, pues son muy monomícticos y angulosos. A techo aparece otra brecha sálica que parece corresponder con un "debris-avalanche". Todo el conjunto aparece intensamente atravesado por diques y numerosos intrusivos basálticos.

La existencia de un anillo de tobas sálicas relacionado con la intrusión de Montaña Azufrá, así como la gran densidad de pequeños cuerpos intrusivos

(microsienitas) en esta área, inducen a pensar en la existencia de una pequeña caldera en esta zona en la cual se concentró una intensa actividad resurgente

2.1.1.3. Brechas ("debris-avalanche, tipo Ampuyenta")

Esta unidad ocupa una extensión relativamente pequeña en esta hoja, habiéndose cartografiado en las cabeceras de los barrancos de Juan Gómez y de Gran Valle, dentro de la vertiente sur. En la vertiente norte existen también unos pequeños afloramientos, localizados en las proximidades de la Degollada de Agua Oveja, en la zona del manantial El Culantrillo, y en la Caleta de La Madera.

Estratigráficamente, se sitúan en la parte alta de las coladas basálticas (6), procediendo presumiblemente de la destrucción parcial de estas unidades lávicas, y de los primeros edificios subáereos de Jandía. Este hecho puede deberse tanto a causas tectónicas o terremotos, como a la propia actividad volcánica que inestabiliza las laderas del estratovolcán, produciendo deslizamientos en masa.

En los otros dos estratovolcanes miocenos (Gran Tarajal y Tetir) también se han encontrado este tipo de materiales, si bien es en el estratovolcán de Tetir donde son más abundantes y donde fueron descritos por primera vez por BLUMENTHAL (1961) como "Brechas de Casillas". Posteriormente, FUSTER *et al.* (1968) definen esta unidad como "Aglomerado Ampuyenta". En este trabajo se ha preferido la denominación de "Brecha Ampuyenta" ya que el término aglomerado alude más bien a un origen puramente volcánico y próximo al centro de emisión, y en el caso de la brecha Ampuyenta no se han encontrado fragmentos juveniles, sino que más bien parece tratarse de un "debris-avalanche" en el cual no existe prácticamente componente magmático.

Concretamente, en el edificio Jandía no se habían citado, hasta la fecha, estos materiales brechoides. Por este motivo, así como por el hecho de encontrarnos en otro edificio estratovolcá-

nico no se ha empleado la denominación de "Brecha Ampuyenta". No obstante, tanto la génesis, como el tipo de depósito y la posición estratigráfica, son muy semejantes.

Se trata de un depósito caótico, constituido por una acumulación de cantos subangulosos con tamaños muy variables, desde unos centímetros hasta bloques de 40-60 cm, si bien los tamaños más abundantes se sitúan entre 3-12 cm. En general, no presentan estratificación ni ordenación interna. Los componentes son mayoritariamente basálticos, siendo los más frecuentes los basaltos olivínico-piroxénicos. La matriz es de tipo arenoso con colores rojizos, beiges y pardos, sin casi ningún grado de compactación.

Las potencias observadas en este sector son en general bajas (inferiores a 50 m), si bien, en algunos afloramientos se observan grandes variaciones laterales. Así, en la cabecera de Gran Valle se aprecia que, en dirección este, estos materiales brechoides se acuñan rápidamente. Además, en este afloramiento aparecen junto con los materiales brechoides unas intercalaciones, casi sin matriz, con líticos abundantes de pequeño tamaño y buzamiento elevado 35º-40º, que recuerdan a un "fall" hidromagmático.

En la Caleta de La Madera la erosión marina pone al descubierto las raíces de un cono hidromagmático del tramo inferior y sobre él se observan coladas delgadas alteradas y un potente paquete de brechas que parecen corresponder a un "debris-avalanche". Al techo de estas brechas, vuelven a aparecer coladas y piroclastos, probablemente del tramo medio-superior.

En el afloramiento del barranco de Juan Gómez se ha observado que algunos de los fragmentos de esta brecha tienen estrías muy llamativas. Este hecho es similar al observado en las facies deslizadas de la Brecha Roque Nublo en la isla de Gran Canaria (ver hoja MAGNA de Santa Lucía, ITGE (1990a)), lo cual viene a reafirmar que estas brechas parecen ser consecuencia de un gran "debris-avalanche".

2.1.1.4. Coladas basálticas olivínico-piroxénicas

Estas coladas afloran fundamentalmente en la vertiente norte de la hoja, y también en la vertiente sur, en el sector de Gran Valle y fondos de barranco limítrofes, siendo la unidad más característica del tramo inferior del edificio mioceno. Aparece en los acantilados entre la Caleta de la Madera y la playa del Roque del Moro. Ahora bien, en el sector de Cofete, debido al enorme desarrollo de los depósitos de deslizamientos gravitacionales y de ladera, estas coladas constituyen afloramientos discontinuos y de poca extensión superficial.

Esta unidad es la que integra, mayoritariamente, el tramo inferior del edificio Jandía, en esta hoja. A techo, aparece una fuerte discordancia que viene marcada por diferentes unidades: tobas sálicas (10), sedimentos aluviales (11), y brechas líticas (5). Las tobas sálicas únicamente marcan la discordancia en el sector de Montaña Azufrá, mientras que los sedimentos aluviales tienen una mayor extensión lateral y, a pesar de su reducida potencia, señalan la existencia de una discordancia erosiva entre los tramos inferior y medio.

En general, estas coladas se caracterizan por su avanzado estado de alteración dando morfologías granulares que pueden recordar al "picón" o "lapilli", lo cual dificulta el reconocimiento de la roca original. Presentan colores variables desde gris-oscuro a caquis; ocasionalmente se han desarrollado colores de alteración amarillentos y/o rojizos. En conjunto, están atravesadas por numerosos diques y sills de composiciones basálticas similares a las de las coladas. Composicionalmente, predominan los tipos basálticos olivínico-piroxénicos, aunque localmente se han muestreado coladas de basaltos piroxénico-plagioclásicos. Debido a la fuerte alteración que han sufrido no es factible medir bien los espesores individuales de las coladas. En conjunto, todo el apilamiento de coladas puede superar los 180 m de potencia.

En el sector de Mungía-Siete Fuentes esta unidad se encuentra constituida por un monótono apilamiento de coladas basálticas alteradas. La sucesión comienza con coladas delgadas de tipo "pahoehoe", con estructuras seudoalmohadilladas características. Composicionalmente son basaltos piroxénicos y olivínico-piroxénicos, existiendo algunas coladas que corresponden a tipos ankaramíticos con fenocristales de piroxeno de hasta 2 cm. En la zona basal del apilamiento, en las proximidades de Las Casas de Jorós, se han observado muchos diques tendidos, algunos con formas digitadas y divagantes. En la parte media alta de la sucesión aparece alguna intercalación puntual de coladas "aa" de carácter afanítico.

En un pequeño barranco al NE. de Las Casas de Jorós se ha observado que en la parte alta de esta unidad hay un nivelillo de sedimentos con cantos angulosos, rubefatados por una colada masiva y negruzca de tipo "aa", que aparece intercalada entre la sucesión de coladas "pahoehoe". Unos 25 m más arriba se observa un almagre que marca el contacto con el tramo medio-superior. Relacionados con este almagre, aparecen algunos rezumes y manantiales. En su base hay además un pequeño nivel constituido por líticos basálticos de diferente naturaleza y cristales individuales de augita que parecen corresponder a un "fall" hidromagmático. Materiales similares a estos, y en idéntica posición estratigráfica, han sido observados en la ladera este del barranco de Jorós.

En los barrancos entre La Degollada de Mungía y el Morro Mungía afloran varios diques divagantes con bordes oxidados y zonas vítreas que parecen haber intruido sobre lavas en estado plástico o en zonas con agua. Estas coladas presentan un buzamiento muy acusado de unos 15-18º S, con dirección N60ºE, y podrían representar la transición entre los eventos submarinos del edificio, y su posterior desarrollo subaéreo.

Debido al intenso grado de alteración que presentan estas coladas no ha sido posible seleccionar ninguna muestra para datación, si bien, su edad debe ser anterior a 17,2 M.a, pues es la edad correspondiente a las primeras emisiones del tramo medio. Además FERAUD (1981) ha datado algunos diques que intruyen en estas coladas inferiores en 20,7 m.a. (zona de Montaña Aguda, en la hoja de Punta del Matorral).

En algunos puntos, como por ejemplo en la zona de Talahijas, se han observado pequeños asomos de depósitos de aspecto hidromagmático intercalados entre las coladas.

En los pequeños barrancos existentes entre la playa del Moro y la de Cofete estos materiales están fuertemente inyectados de diques con direcciones muy variables y con una densa red de diaclasas, muchas de las cuales aparecen rellenas de calcita.

2.1.1.5. Conos piroclásticos hidromagmáticos y mixtos, estrombolianos- hidromagmáticos.); Piroclastos basálticos (lapillis, escorias y bombas)

Se describen en este apartado una serie de pequeños centros de emisión de tipo hidromagmático y/o mixto que aparecen fundamentalmente, en algunos puntos de la costa y en el fondo de los barrancos de Gran Valle y Jorós. En general, están muy desmantelados por la acción erosiva, la cual deja al descubierto las raíces de los mismos, y su cortejo filoniano. En el caso concreto del centro de emisión de la Playa de Ojos se observa que los diques adoptan una pauta radial, situándose el hipotético centro del edificio en el mar. Esto se confirma, además, por la disposición periclinal de las capas piroclásticas. Por otra parte, el hecho de que muchos de estos materiales sean hidromagmáticos y estratigráficamente pertenezcan al tramo inferior, revela que la actividad volcánica inicial en Jandía se localiza en diferentes puntos aislados, muchos de ellos en zonas de aguas someras. Hechos similares se han observado en las hojas de Cofete, Punta del Matorral y El Jable. Parece, por tanto, que la superestructura continua del estratovolcán de Jandía, como tal, se desarrolla durante el tramo intermedio y superior de la Fase miocena.

En la zona de la Playa de Ojos, hay un edificio compuesto hidromagmático-estromboliano atravesado por un cortejo de diques radial. La parte inferior comienza con materiales estrombolianos constituidos por lapillis con tamaños de unos 0,5 cm y zonas con bombas acintadas de composición basáltica. A continuación, se observan unas capas con estratificación paralela y buzamiento de unos 20º SO, en las cuales predominan los líticos de tamaños centimétricos. Hay una gran abundancia de nódulos duníticos, cristales individuales de augita, olivino y pómez sálicos. Esta última parte, parece corresponder con un depósito de caída de tipo hidromagmático. A techo, afloran depósitos hidromagmáticos con estratificaciones cruzadas y huellas de impacto de tipo surge. Por último, la parte superior vuelve a presentar características estrombolianas, con lapillis y escorias de color rojizo.

En las proximidades de Morro Jable, en la zona de Los Atolladeros y Playa de Las Coloradas, hay dos pequeños centros de emisión de naturaleza similar que están muy erosionados por la acción marina. Al techo, y discordante, se observa el nivel de rasa pliocena. Están constituidos por capas de piroclastos de caída del tipo "fall". Son escorias, lapillis y bombas de color rojizo y composición basáltica, que alternan con otras capas de tipo hidromagmático con abundantes líticos de color grisáceo. Además, en el edificio de La Playa de Las Coloradas se observan unas brechas que parece que están rellenando el cráter y podrían, tal vez, corresponder a la explosión de un cono litoral. Los fragmentos son de composición basáltica y tienen tamaños superiores a 20 cm.

Algo más alejados del límite de la costa actual aparecen los edificios del Gran Valle y Siete Fuentes. Ambos presentan características mixtas, si bien, el edificio de Gran Valle tiene ma-

yores dimensiones visibles. En la zona de Siete Fuentes se han señalado varios pequeños afloramientos que aparecen justo abajo la discordancia con las coladas del tramo medio-superior. Concretamente, en la ladera E. del barranco de Jorós, se observa que se trata de un edificio mixto pues alternan unas capas de escorias y bombas de color rojizo con otras más blanquecinas con gran abundancia de líticos, muchos de ellos de aspecto ¿sálico?. En conjunto, está buzando unos 35º al este siendo la dirección N25ºE.

2.1.1.6. Intrusiones traquíticas y tobas sálicas

Aunque en el título del epígrafe se habla de intrusiones, como más adelante se expondrá, existen tanto materiales intrusivos como extrusivos, siendo estos últimos los que dan lugar a las tobas citadas. Por ello, tal vez, sería más correcto emplear el término "domos sálicos", ya utilizado por CUBAS *et al.* (1988-89).

Salvo en el Dominio del Complejo Basal, es en esta zona del edificio Jandía, donde se han encontrado mayor proporción de materiales sálicos. Concretamente, en esta hoja aparecen los de Islote de Cofete, Roque del Moro, Montaña Azufrá y unos pequeños apuntamientos traquíticos y microsieníticos al oeste de Montaña Azufrá, que probablemente, están relacionados con este aparato domático. Además, los tres citados marcan una alineación N60ºE, la cual coincide con la morfología costera de Cofete. La intusión sálica del Cuchillo del Palo (16) se describe en un epígrafe aparte ya que es más tardía y afecta a la parte alta del tramo superior del edificio mioceno.

El *Islote de Cofete* se encuentra situado entre las playas de Cofete y Barlovento quedando unido a la isla por un estrecho istmo de arena. Tiene una forma alargada en sentido NNE-SSO y un techo aplanado por la acción marina. Se caracteriza por su color gris-verdoso y la disyunción según planos NO-SE que buzan unos 30-35º al oeste. La muestra tomada tiene aspecto microgranudo y composición cuarzotraquítica, en la cual destacan placas de feldespato de tipo anortoclasa.

A unos 500 m al este del *Roque del Moro* hay un pequeño cuerpo intrusivo sálico (denominado como tal) constituido por una roca traquítica de color gris muy alterada, en la cual se observan unos anillos muy característicos. Está intruyendo a las coladas del tramo inferior, las cuales aparecen muy alteradas e intensamente inyectadas por diques. Todo el conjunto está parcialmente recubierto por un depósito de arenas eólicas.

En el extremo suroccidental de la alineación descrita se sitúa el domo de *Montaña Azufrá.* Tiene una forma algo arqueada, abierta hacia occidente, con planta semicircular. La roca es una traquita gris-verdosa con un lajeado muy característico que recuerda a la alteración propia de las fonolitas. Está atravesado por dos diques básicos, y a unos 300 m hacia el O aparecen varios apuntamientos de tipo traquítico y/o microsienítico que podrían corresponder a las facies subvolcánicas de este domo. Ha sido clasificado por CUBAS *et al.* (1988-89) como un cúmulo-domo de crecimiento endógeno. Al igual que estos autores, en esta cartografía

MAGNA, se considera que el anillo de tobas sálicas existente tanto hacia el este como hacia el oeste (zona de Talahijas), corresponde a las facies explosivas de este domo.

Estas tobas aparecen marcando la discordancia entre el tramo inferior y el medio-superior, hecho ya señalado en la hoja de El Jable. En ambos casos, se observa que estas tobas no están afectadas por la densa red de diques que atraviesa el tramo inferior, y se sitúan justamente a su techo. En el extremo noroccidental de la hoja, en las proximidades de Casa Agua Melianes, también se han observado estos materiales tobáceos que se prolongan hacia el NO, en la hoja de El Jable. Esta unidad está constituida por tobas de color blanquecino con abundantes líticos y cristales de feldespato. También hay una zona intermedia en la cual los líticos son más abundantes y llegan a alcanzar hasta 50 cm de diámetro. En general, los fragmentos son de composición sálica, si bien existen algunos líticos accidentales de composición basáltica.

En la zona de Montaña Azufrá hay varios tipos de brechas sálicas ya señalados en la unidad 4; al techo, se observan unos niveles cineríticos de tonos amarillo-marrón-verdoso con abundantes líticos y cristales de piroxeno. Aunque la mayoría de los líticos son de composición sálica y color grisáceo, existe un pequeño porcentaje de fragmentos básicos con color oscuro, y tamaños de hasta 20-25 cm.

Esta intrusión ha sido datada por COELLO et al (1992) en 14,3 m.a., esta edad es algo más joven que la que cabría esperar, si se considera que pertenece a la parte final del tramo inferior. Esta asignación se ha hecho utilizando el criterio, ya señalado, de las tobas sálicas. Para justificar esta edad habría que considerar que esta intrusión es posterior al anillo de tobas, lo cual parece poco probable. Por tanto, podría estimarse que el dato no es muy correcto, ya que esta edad es incluso más joven que la obtenida para las últimas coladas del tramo superior, datado por los mismos autores en 14,9-15,2 m.a. Esto puede explicarse ya que debido al propio proceso de emplazamiento de estas intrusiones, los gases acompañantes pueden distorsionar los valores de Argon y por tanto alterar las medidas radiométricas.

2.1.1.7. Sedimentos detríticos (conglomerados y arenas)

Estos materiales tienen una representación areal muy escasa ya que su reducida potencia impide, en muchas ocasiones, su cartografía. No obstante, se trata de un nivel guía interesante, pues marca la interrupción sedimentaria entre el tramo inferior y el medio del edificio estratovolcánico.

En las proximidades de la Degollada de Agua Oveja, unos metros por debajo de la pista de bajada hacia Cofete, se puede observar un nivel de conglomerados con pasadas arenosas de unos 5 m de potencia que marca el contacto con el tramo medio.

Unos tres kilómetros al este del punto anterior, en las proximidades del manantial El Culantrillo, se ha cartografiado un pequeño nivel de sedimentos conglomeráticos con cantos basálticos y sálicos. Los fragmentos tienen formas de subangulosas a subredondeadas con tamaños comprendidos entre 2 y 10 cm. En general tienen una ligera ordenación interna, y en ocasiones,

muestran intercalaciones de finos que recuerdan a niveles epiclásticos. Este depósito ocupa una posición estratigráfica análoga al anterior, y tiene una potencia inferior a 10 m.

En el acantilado entre el Roque del Moro y la Punta de Barlovento, se observa que la discordancia entre el tramo inferior y el medio-superior, viene marcada por un nivel de conglomerados de color rojizo (no cartografiable), con apenas 1 m de potencia. En su base aparecen unos niveles de aspecto brechoide con cantos angulosos.

2.1.1.8. Diques y "sills" básicos; diques sálicos

Como resultado de una primera observación puede indicarse que en la Península de Jandía existe un sistema de diques radial con uno o tal vez dos centros (hipotéticos) situados al norte de Cofete. Este sistema está puesto de manifiesto por una serie de ejes estructurales que aparecen en las hojas de El Jable, Punta del Matorral, y más concretamente en esta aquí estudiada de Cofete-Morro del Jable con direcciones respectivas de: N35^{o}E, N135^{o}E, N-S. y N40^{o}E. Este esquema es muy similar al propuesto por J.M. NAVARRO (com. pers.) para la isla de El Hierro, en el cual se observa que la distribución de los diques no es homogénea sino que obedece a pautas triples con tres pasillos donde se concentran una mayoría de ellos. En el caso de Jandía, estos ejes afloran en la costa de barlovento, en el sector NE. de esta hoja (N35^{o}E); sector de Montaña Aguda, en la hoja de Punta del Matorral (N135^{o}E); Morro de Siete Fuentes-Degollada de Mungía, en esta hoja de Cofete-Morro Jable (N-S) y, por último, en el extremo occidental de la misma (Península de Jandía), con orientación NE-SO.

Además de esta estructura principal que afectaría fundamentalmente al tramo inferior y, en menor medida al medio, se han cartografiado, en el sector de la Solana del Ciervo-Pico de la Camella, una serie de diques de componente N105^{o}-110°E que corresponden a una etapa de inyección más tardía que afecta fundamentalmente al tramo superior, similar a lo que ocurría en el Edificio Gran Tarajal.

En las inmediaciones de la Sierra de los Valluelos y en el Morrito de los Descansaderos aparecen unos diques tardíos que describen una trayectoria curva, uno de ellos, es muy espectacular y presenta un recorrido de más de un kilómetro. Estos diques son potentes y presentan tonos de alteración marronáceos que destacan entre las coladas que atraviesan. Su composición es basáltica, existiendo en alguno de ellos abundantes enclaves ultramáficos.

En la zona de Montaña Azufrá existen una gran densidad de diques y cuerpos intrusivos que correponden a las direcciones preferentes NE-SO y SE-NO.

En el tramo inferior se han observado algunos "sills" de composición mayoritariamente basáltica, si bien, muchos de ellos no se han señalado en la cartografía, ya que tienen poca continuidad lateral.

La mayoría de los diques de este tramo inferior tienen composiciones básicas, existiendo tanto tipos porfídicos como afaníticos. Los basaltos porfídicos presentan fenocristales de olivino y pi-

roxeno, siendo su composición muy semejante a la de las coladas que atraviesan. En cuanto a los tipos afaníticos, tienen color gris y tendencia traquibasáltica. En general todos estos diques tienen bordes rectilíneos con texturas de borde de enfriamiento.

Asímismo, conviene señalar la existencia de dos pequeños sistemas radiales de diques asociados con los edificios hidromagmáticos de la Punta del Corralito y Playa de Ojos. Estos diques afloran en el acantilado, debajo de las arenas eólicas, prolongándose mar adentro dibujando la estructura citada.

Solamente se ha cartografiado un dique sálico que corresponde al conducto de alimentación del Cuchillo del Palo. Aflora en las proximidades del Pico de la Camella y se extiende con dirección N-S. dando lugar a la estructura domática. Se trata de una roca sálica de color gris-claro y composición traquítica. Según los datos geoquímicos aportados por CUBAS *et al.* (1988-89), esta intrusión presenta algunas diferencias con respecto a las otras intrusiones de Jandía, ya que sus valores de sodio son los más altos. Este hecho, además, confirma lo observado en campo, ya que se trata de la única intrusión que perfora al tramo superior del edificio mioceno y, por tanto, debe ser más tardía que las tres intrusiones sálicas descritas anteriormente.

2.1.2. Tramo medio-superior

Como se ha comentado anteriormente, el tramo inferior finaliza con unos niveles sedimentarios (11) que representan una discordancia erosiva. Sin embargo, la separación entre los tramos medio y superior no siempre está tan clara, optándose por cartografiarlos conjuntamente en una sóla unidad lávica (12). Además, se han asignado a este tramo los niveles piroclásticos (13) que aparecen entre estas coladas, y las coladas y piroclastos del Edificio Talahijas (14 y 15). Este edificio se ha distinguido como una unidad de leyenda, debido fundamentalmente a que se trata de un centro de emisión, perfectamente localizado e individualizado con sus coladas asociadas de basaltos anfibólicos. Por otra parte, estas coladas presentan una composición poco frecuente en todo el estratovolcán de Jandía, e incluso a nivel insular, lo cual las hace ser fácilmente distinguibles, ya que sus fenocristales de anfíbol son muy llamativos.

2.1.2.1. Coladas basálticas olivínico-piroxénicas, olívinicas y plagioclásicas; piroclastos basálticos (lapillis, escorias y bombas) y piroclastos de dispersión

Esta unidad aflora ampliamente a lo largo de la hoja estudiada, apareciendo tanto en la vertiente septentrional como en el fondo y cabeceras de los barrancos del sector meridional. Tal como se comentó en el apartado anterior, la separación entre los tramos medio y superior no siempre es factible, agrupándose de forma compresiva en una sóla unidad indiferenciada. Estos materiales se apoyan en discordancia erosiva sobre las unidades del tramo inferior. El contacto entre ambas unidades es muy nítido, habiéndose observado algunos niveles sedimentarios y/o almagres en la base de esta unidad.

La unidad en su conjunto está constituida por apilamientos de coladas basálticas que buzan de forma periclinal hacia el sur, con valores comprendidos entre 5 y 10º, si bien, localmente, se han observado algunos buzamientos hacia el norte en las primeras unidades lávicas del apilamiento de barlovento. La disposición periclinal es más patente al observar conjuntamente esta hoja con las de El Jable y Punta del Matorral.. Sin embargo, en algunos puntos de la zona nororiental se observan algunos "descuelgues" locales hacia el norte que provocan formas festoneadas. En conjunto pueden llegar a alcanzar espesores de hasta 250 m.

Estas coladas se caracterizan por su aspecto masivo y compacto; en general son de tipo "aa" con bases escoriáceas y disyunción columnar en la parte masiva. Localmente se han observado algunos tipos "pahoehoe" con estructuras cordadas y lavas en tripas. Sus espesores individuales oscilan entre 0,8 y 3,5 m, si bien, excepcionalmente, se han cartografiado coladas mucho más potentes, sobre todo en la parte alta del apilamiento. Son poco vesiculares, con matriz fina y afanítica, en la cual se observan pequeños fenocristales de olivino, piroxeno y, ocasionalmente, plagioclasa. Aunque su grado de alteración es mucho menor que las coladas del tramo inferior, presentan algunos rellenos de ceolitas y carbonatos, más frecuentes en las coladas vesiculares. La densidad de diques que atraviesa esta unidad es menor que la observada en el tramo inferior, si bien, comparativamente existen más diques que en el tramo medio-superior del Edificio Gran Tarajal. Esto puede deberse a que en este edificio (Jandía) son los tramos medio y superior los que definen el estratovolcán, mientras que en el edificio Gran Tarajal es también el tramo inferior el que constituye el edificio, y por tanto, el sistema radial de diques esta sólo relacionado con ese tramo inferior. Además de estos diques mencionados, se observan numerosos diques delgados y "sills" incartografiables, muchos de los cuales no contrastan, ya que tienen la misma composición que las coladas que atraviesan, y pueden ser salideros de ellas.

Composicionalmente, predominan los tipos basálticos, siendo más frecuentes las coladas porfídicas con matriz afanítica y fenocristales de olivino y piroxeno. También se han observado algunas intercalaciones de basaltos plagioclásicos que presentan pátinas de alteración superficial marrón-carnoso. Ejemplos de ello se encuentran entre la Degollada de Agua Oveja y la del Culantrillo. Más frecuentes son las coladas afaníticas con disyunción columnar y fractura concoide.

Las intercalaciones piroclásticas no son muy abundantes, sobre todo en la vertiente de barlovento, en la cual sólo se ha cartografiado un pequeño cono enterrado constituido por capas de lapilli alterado de color amarillo-rojizo. Estos depósitos están atravesados por varios diques y afectados por una fractura de componente NE-SO, que puede relacionarse con la génesis de los deslizamientos del "arco de Cofete". En la vertiente meridional se han observado dos conos enterrados, localizados en las cabeceras de los barrancos de Butihondo y del Ciervo. El primero está constituido por capas de escorias acintadas, bombas y jirones de lava, que buzan unos 25-30ºE. Hay también algunos aglutinados y lapilli muy escaso de color rojizo-ocre, oxidado. Las escorias son gruesas, de color rojizo, observándose algunas bombas de hasta 50-60 cm de diámetro.

Al sur de este edificio, en la ladera oriental del barranco de Butihondo (zona de Castillejo Alto) aflora un depósito piroclástico constituido por escorias rojizas, con niveles más brechoides al

techo. Este nivel presenta abundantes líticos basálticos con tamaños de 4-25 cm. Ocasionalmente, hay un pequeño porcentaje de ellos que llega a alcanzar unos 60-80 cm.

El cono piroclástico del barranco del Ciervo se encuentra casi totalmente recubierto por depósitos de ladera. Entre sus constituyentes aparecen lapillis, escorias y bombas de color rojizo, atravesados por varios diques basálticos. Este edificio está recubierto por un potente apilamiento de más de 100 m. A techo de este tramo, y marcando la separación con el tramo superior, aparece un nivel de lapilli de unos 20-30 m de espesor, en la zona conocida como Solana del Ciervo.

2.1.2.2. Coladas y piroclastos basálticos anfibólicos del Edificio Talahijas

En el extremo occidental de la hoja, entre la Degollada de Agua Cabras y el Llano del Cotillo, se levanta el cono piroclástico muy desmantelado de Las Talahijas. Este edificio ha emitido coladas, fundamentalmente hacia el sur, que apenas han recorrido unos 700 m. También se ha asignado a este centro de emisión un pequeño retazo de coladas que aparece en la costa norte en las proximidades del manantial de Agua Cabras.

Estratigráficamente, se sitúan a techo de las tobas sálicas (10) que afloran en la falda norte del cono. En otros puntos el contacto se efectúa con las coladas basálticas del tramo inferior (6) que se sitúan a muro de esta unidad.

El cono está constituido por piroclastos basálticos de color rojizo, con abundantes escorias y "spatters". En general en las capas piroclásticas, predominan las direcciones E-O con buzamientos de 15-20º al sur. En la ladera este aparece una intrusión básica (20) que corta a estos materiales piroclásticos. En la parte culminante del edificio hay un planchón lávico de basaltos anfibólicos de aspecto muy similar al de las coladas.

Las coladas constituyen un apilamiento de varias unidades lávicas con espesores individuales de 1,5 - 3,5 m y colores de alteración marronáceos. En muestra de mano se observa que la primera colada emitida es algo más afanítica con color gris característico. Sin embargo, en lámina delgada se comprueba que, tanto esta primera colada "afanítica" como las siguientes, presentan fenocristales de anfíbol. Estos son más grandes y llamativos en las coladas del techo, en las cuales pueden alcanzar tamaños centimétricos. Asímismo, son muy característicos sobre estos materiales los líquenes amarillentos que aparecen superficialmente.

El pequeño retazo lávico aislado que aparece junto al manantial de Agua Cabras, se encuentra a unos 800 m del centro de emisión. Su asignación a este edificio se ha efectuado por criterios petrológicos, puesto que en campo resulta complicada su correlación, aunque en muestra de mano se observan algunos anfíboles con signos de reabsorción que ya denotan una cierta afinidad con las Morro Jable coladas de Talahijas. Esta afinidad es mucho más palpable en lámina delgada.

2.1.3. Tramo superior

Como se ha comentado en el apartado 2.1.2, la separación entre el tramo medio y superior no siempre es factible, habiéndose optado por cartografiar muchas áreas como tramo medio-superior indiferenciado. A este epígrafe se han asignado aquellas coladas que se consideran pertenecientes exclusivamente al tramo superior, localizándose por tanto en las partes más elevadas del apilamiento de materiales miocenos. Este tramo ha sido datado por COELLO *et al.* (1992) en 14,9-15,2 m.a, en la zona del Pico de la Zarza.

2.1.3.1. Coladas basálticas olivínicas y olivínico-piroxénicas, piroclastos basálticos (lapillis, escorias y bombas)

Los afloramientos más importantes de esta unidad se localizan en el sector oriental de la hoja, extendiéndose respectivamente hacia las hojas de El Jable y Punta del Matorral En general, constituyen potentes apilamientos lávicos que provocan los relieves más prominentes de la isla (Pico de la Zarza, Pico de Mocán, Morro del Cavadero, Fraile y Pico de la Camella). Las mayores potencias medidas corresponden al sector suroriental (350 m). Hacia el oeste, los espesores disminuyen paulatinamente hasta los 80 m (observados al oeste de la Degollada de Agua Oveja (Montaña Aguda)). Mayoritariamente son coladas masivas y potentes, coherentes y con pocas intercalaciones piroclásticas, que constituyen relieves escalonados y ocasionalmente escarpes muy verticalizados, casi inaccesibles, en la vertiente norte. Los espesores individuales de las coladas suelen superar los 2-2,5 m por término medio, llegando en ocasiones a alcanzar potencias de 5 y 6 m.

La composición de estas coladas, la mayoría con estructuras "aa", es eminentemente basáltica, predominando los tipos olivínicos y olivínico-piroxénicos, prácticamente idénticos a los observados en el tramo medio-superior.

Al este de la Degollada de Agua Oveja, esta unidad comienza con unas coladas masivas de disyunción prismática y partición en bloques. Los fenocristales son de gran tamaño, alcanzando los piroxenos hasta 2 cm y los olivinos hasta 1 cm.

En la pista que asciende por la Tabla de Vinámar hacia el Pico de la Zarza, se observa que estas coladas son potentes y masivas con un gran desarrollo de líquenes debido a las condiciones climáticas. Predominan las coladas porfídicas de basaltos olivínico-piroxénicos, con fenocristales de tamaños inferiores a un centímetro. El olivino suele estar idingsitizado.

Intercalados entre estas coladas existen algunos niveles de almagre de color rojizo, como el observado al sur de la Degollada del Culantrillo. Muchos de estos niveles coinciden con paleosuelos y, en otras ocasiones, con niveles piroclásticos de caida de tipo lapillis, escorias y bombas. Ejemplos de ellos son los encontrados en la Solana del Ciervo y Degollada del Vizcaino.

2.1.3.2. Intrusión sálica del Cuchillo del Palo

Esta intrusión sálica presenta la particularidad, con respecto al resto de los intrusivos de Jandía, de atravesar el apilamiento de coladas de los tramos medio y superior. Se localiza al este del barranco de los Escobones en la zona conocida como Cuchillo del Palo. Se observa que el conducto de alimentación de este domo es un dique sálico de componente N-S (N5ºE.) y en su parte central se ha abierto a modo de cresta, cubriendo en discordancia a las coladas del tramo medio-superior. Este hecho ya fue puesto de manifiesto por CUBAS *et al.* (1988-89). Asímismo, estos autores indican que este domo presenta ciertas diferencias al comparar sus valores de sodio con el resto de las intrusivos sálicos de Jandía; son más altos en este aquí estudiado. Estos datos confirman lo observado en campo, ya que mientras los otros intrusivos constituyen los diferenciados sálicos finales del tramo inferior, éste es posterior al tramo superior, al cual perfora.

Ha sido datado por COELLO *et al.* (1992) en 15,2 m.a. Esta edad resulta ser algo más antigua de lo que cabría esperar, ya que estos mismos autores han datado el techo del tramo superior en 14,9-15 M.a. Esta intrusión ha sido clasificada por CUBAS *et al.* (1988-89) como un cúmulo-domo de crecimiento endógeno. En muestra de mano se observa que es una traquita porfídica de color gris-claro-verdoso con fenocristales de anfíbol y feldespato alcalino. Tiene una típica partición en lajas y fractura concoide y, cuando está alterada, suele dar lugar a formas de erosión alveolar de tipo "taffoni".

El dique presenta un espesor variable de 1,5-3,5 m es subvertical, pero provoca algunas formas curvadas. En la zona central, extrusiva, la potencia supera los 25 m.

2.1.3.3. Brecha tectónica

Estos materiales aparecen relacionados con la existencia de unas fracturas localizadas en la ladera oriental del barranco de Jorós, en la zona del Morro de Siete Fuentes. Se trata de una zona bastante tectonizada en la cual aparecen dos fracturas: una de tendencia E-O y otra de componente N-S. Al sur de la primera aparecen estos materiales brechoides.

Es una brecha caótica constituida por fragmentos angulosos de composición basáltica, con tamaños muy variables, desde unos centímetros hasta bloques métricos. Están atravesados por diques de componente N170ºE y otros N50ºE. Algunos de estos diques están rotos y tectonizados.

Según se asciende por la ladera del barranco de Jorós se observan bloques de coladas "pahoehoe" de casi 15 m sin "romper" y junto a ellas otro bloque de coladas de basaltos afaníticos, afectado por unas estrías que buzan unos 35º al sur. En conjunto, parece que los paquetes de brechas buzan unos 40º al oeste. En algunos puntos se observa que la matriz de la brecha tiene tonos morados y que los fragmentos basálticos tienen composiciones diferentes (plagioclásicos, olivínico-piroxénicos, afaníticos).

2.1.3.4 Intrusiones básicas

La práctica totalidad de las intrusiones básicas existentes en la hoja, se localizan en el área de Las Talahijas-Montaña Azufrá. En este sector, intruyen al resto de las unidades volcánicas aflorantes, si bien, a su vez estas intrusiones son atravesadas por algunos diques básicos tardíos.

Se han cartografiado un total de 12 cuerpos, de los cuales 10 corresponden al sector citado, y los dos restantes se localizan, al norte de la Degollada de Agua Oveja y en la cabecera de Gran Valle. En ambos casos se trata de pequeños cuerpos intrusivos casi incartografiables que aparecen fuertemente diaclasados, intruyendo a unos niveles brechoides. En el primer afloramiento señalado aparecen, además, numerosos diques básicos con orientación NO-SE y con un buzamiento de unos 45ºSE. EL segundo, por otra parte, es de composición basáltica-plagioclásica, lo cual no deja de ser curioso, pues el resto son de composición basáltica olivínico-piroxénica, con gran predominio del olivino frente al piroxeno.

En general, todas las intrusiones tienen pequeño tamaño, siendo la mayor de ellas la que se localiza junto al edificio Talahijas. Esta presenta una dimensión mayor en sentido E-O, de unos 250 m por 150 m en sentido N-S, con una altura máxima de casi 50 m. Es una roca oscura, densa y masiva con potente disyunción columnar en la cual se obervan abundantes olivinos y alguna plagioclasa aislada. Esta intrusión se situa en el extremo meridional de una alineación formada por tres cuerpos que se orientan en sentido NE-SO.

A unos 300 m al este de esta alineación, se observa otra alineación, peor definida, que discurre paralelamente a la anterior, y que está constituida por otros tres cuerpos de tamaño muy reducido, con diámetros, en planta, inferiores a 80 m.

Existe otra directriz (N125ºE), conjugada con la anterior, según la cual parecen disponerse los restantes intrusivos. Esta directriz es además coincidente con la orientación de algunos de los diques de la zona y también con una importante fractura que se sitúa inmediatamente al sur de Montaña Azufrá.

2.1.4. Episodios tardíos

Se han asignado a esta unidad, principalmente, un grupo de coladas de composición basáltica, basanítica y nefelinítica que aparecen en el extremo noroccidental de la hoja. Asímismo, se ha cartografiado también una unidad de brechas líticas (21), relacionadas con un cono litoral.

2.1.4.1. Brechas líticas de un cono litoral

Estos materiales afloran, exclusivamente, en el acantilado de poniente de la Caleta de la Madera. Se trata de una brecha lítica constituida por fragmentos angulosos de basaltos, basanitas y nefelínitas que se dispone discordantemente sobre las coladas basálticas, del tramo medio-superior. En este afloramiento se observa cómo los diques que atraviesan a las coladas del tra-

mo medio-superior, quedan truncados en el contacto con estas brechas, salvo un dique tardío de composición nefelinítica-olivínica que puede relacionarse con los salideros de las coladas que a continuación se describen.

En esta brecha no se ha observado ningún tipo de estructuración interna, parece que es un depósito relacionado con la explosión de un cono litoral siendo, por tanto, bastante monolitológico con fragmentos muy angulosos, sin que exista soldadura ni aplastamiento entre ellos.

2.1.4.2. Coladas de basaltos, basanitas y nefelinitas

Las coladas que se describen en este epígrafe, afloran, únicamente, en el sector occidental de la hoja. Son, además, exclusivas del estratovolcán de Jandía.

Superficialmente se caracterizan porque provocan superficies avanzadas en la línea de costa. Se trata de coladas muy masivas y potentes, con fuerte disyunción columnar, que en ocasiones pueden llevar a confundirlas con cuerpos intrusivos. En algunos puntos, como la Punta del Junquillo y otros afloramientos costeros, se observa que estas coladas se adaptan al paleorrelieve previo, labrado en las unidades anteriores, y ganan terreno al mar. Además, estas coladas están prácticamente desprovistas de diques.

Se han recogido varias muestras de esta unidad para efectuar dataciones absolutas, de todas ellas, se escogió la que presentaba menor grado de alteración, obteniendo una edad de 14,5 M.a. (MAGNA) Esta edad, sin ser desechable, sí resulta algo chocante, puesto que se esperaba que fuera más joven dado el aspecto "reciente" de su morfología y que FERAUD et al. (1985) habían datado varios diques, que atraviesan el tramo medio-superior, en 15,4; 14,9; 14,45; 14,2 y 12,0. Según esto, puede estimarse que este episodio tardío es casi coetáneo con los últimos eventos del tramo superior. Sin embargo, las observaciones de campo indican que, mientras el tramo superior se apoya paraconcordante sobre el medio, creando un potente apilamiento, este episodio "tardío", está rellenando un paleorrelieve previo. La hipótesis de trabajo que se ha seguido, es considerar que este episodio tardío es algo local, y ya que se circunscribe al entorno de Montaña Azufrá, parece que algunas de estas coladas pueden relacionarse con los intrusivos básicos existentes en este sector. Todo este área de Montaña Azufrá y Talahijas, puede que haya seguido, probablemente, una evolución diferente al resto del edificio Jandía, ya que, además de lo anteriormente expuesto, se trata de un área con menor relieve que el resto de Jandía, en la cual parece que el tramo superior no llegó a existir. Por otra parte, hay evidencias de una intensa actividad tectónica y resurgente que dió lugar a una gran cantidad de cuerpos intrusivos, muchos de los cuales podrían ser salideros de estas coladas. Además, hay cierta similitud petrográfica y de aspecto de campo. Entre estas características hay que citar, en ambos casos, una composición muy olivínica y la existencia de enclaves duníticos.

2.2. FORMACIONES SEDIMENTARIAS PLIO-PLEISTOCENAS

En el sector de Jandía no existen manifestaciones volcánicas post-miocenas, distinguiéndose, solamente, una serie de unidades sedimentarias que aparecen discordantes sobre los materiales volcánicos miocenos, siendo todas las descritas en este epígrafe, anteriores a la rasa marina erbanense: Rasa marina pliocena (23), Sedimentos conglomeráticos (24), Arenas eólicas (25), Sedimentos conglomeráticos y depósitos caóticos (26), Depósitos de deslizamientos con intercalaciones eólicas (27), Depósitos de caliche (28), Coluviones antiguos y glacis-cono (29), Arenas y conglomerados. Rasa marina "jandiense" (30),Depósitos de terrazas (31), Arenas eólicas pleisto-holocenas (32), Depósitos de deslizamientos gravitacionales (33) y Depósitos cuaternarios indiferenciados.(34). Esta asignación se ha realizado tanto por criterios de campo, como faunísticos y geomorfológicos, si bien, las tres últimas unidades mencionadas, pueden pertenecer parcialmente al holoceno.

2.2.1. Arenas y conglomerados. Rasa marina pliocena

Esta unidad aflora, de manera casi continua, desde Tostón hasta las proximidades de la punta de Jandía, situándose de manera discordante sobre los materiales del Complejo Basal y de la fase volcánica miocena. En esta hoja, concretamente, los afloramientos se localizan sobre las coladas basálticas miocenas, en la zona costera comprendida entre la playa de Cofete y la Punta del Pesebre.

El depósito está constituido por areniscas y conglomerados marinos con clastos basálticos muy redondeados y rubefactados. Se trata de areniscas biodetríticas de color blanquecino que se disponen en pendiente hacia el mar. Actualmente el depósito se sitúa en el borde del acantilado a unos 40 m de altura, en el sector del Roque del Moro, y entre 10 y 12 m en la zona de Punta Pesebre y en el espigón que separa las playas de Cofete y Roque del Moro. Estas diferencias de altura pueden deberse a la existencia de movimientos en la vertical motivados por la actividad neotectónica.

Este nivel marino tiene una potencia muy reducida, de apenas 1-2,5 m, y hacia el interior está tapado por depósitos de arenas, eólicas y por materiales detríticos gruesos de depósitos de deslizamientos gravitacionales.

En el siglo XIX, ROTHPLEZ y SIMONELLI (1890) encontraron fósiles terciarios en los depósitos marinos de Fuerteventura (Strombus coronatus y Nerita plutonis). Más recientemente, HAUSEN (1958), CROFTS (1967) LECOINTRE, TINKLER y RICHARDS (1967) y KLUG (1968) describen depósitos marinos de la costa oeste de Fuerteventura y de Jandía y los consideran cuaternarios. HAUSEN (1967) insinúa dudas sobre la antigüedad de los depósitos. Las primeras dataciones radiométricas de coladas en relación con los depósitos marinos [ABDEL MONEM, *et al.*, (1971)], indican una edad terciaria para éstos. MECO (1975, 1977, 1981,1982, 1983, 1991) por el contenido paleontológico los asigna al Plioceno inferior y MECO y STEARNS (1981) lo confirman con nuevas dataciones K/Ar.

Estos depósitos son muy ricos en fauna, habiéndose encontrado restos de *Gryphaea virleti, Nerita emiliana* Mayer, *Strombus coronatus* Defrance, *Ancilla glandiformis* (Lamarck), *Lucina leonina* (Basterot), *Rothpletzia rudista* Simonelli y *Patella ambroggii*, además de infinidad de algas calcáreas y grandes moldes de *Haliotis* sp.

Según los datos aportados por el estudio faunístico, realizado por algunos de los autores citados, puede pensarse en un ambiente litoral cálido. Además, estos depósitos se corresponden paleontológicamente con los que aparecen en el sur de Lanzarote en idéntica posición estratigráfica. En la isla de Gran Canaria también hay depósitos marinos pliocenos que se sitúan discordantes sobre los materiales miocenos y en la base del Ciclo Roque Nublo.

2.2.2. Sedimentos conglomeráticos pliocenos

Se han asignado a este epígrafe unos depósitos detríticos gruesos que aparecen sobre la rasa pliocena, al este de Morro Jable, y se prolongan en las hojas de Punta del Matorral, El Jable e Istmo de la Pared, hasta la localidad de Matas Blancas.

Estos materiales suelen relacionarse con antiguos barrancos o sistemas de drenaje que funcionan durante el Plioceno. Presumiblemente, al aproximarse a la zona de desembocadura, se abren en amplios abanicos sobre la rasa marina pliocena. Hoy en día estos materiales quedan situados a cierta altura sobre el nivel del mar (30 m), al estar seccionados por el escarpe costero y el encajamiento de la red de drenaje.

En la trinchera de la carretera de acceso a Morro Jable se observa un buen corte de estos materiales, en el cual pueden distinguirse dos partes: una inferior muy heterométrica, y otra superior, más seleccionada, constituida por cantos rodados con escasa matriz de color amarillento. En la parte baja se observan desde cantos rodados con tamaños de 2-3 cm hasta bloques métricos empastados en una matriz areno-arcillosa de color marrón-anaranjado con costras y venillas de yesos fibrosos. Prácticamente, la totalidad de los fragmentos son de composición basáltica y, en conjunto, alcanzan potencias de hasta 20-25 m.

2.2.3. Arenas eólicas pliocenas

Durante el Plioceno debió instalarse en la isla un régimen de fuertes vientos que, unido a un clima árido y seco, provocó una etapa de intensa eolización. Prueba de ello son los extensos campos de dunas que aparecen a lo largo del perímetro costero sobre la rasa pliocena.

En esta hoja, sin embargo, estos depósitos no son muy abundantes, limitándose a unos pequeños afloramientos que aparecen en: Los Atolladeros, ladera sur de Montañas de Jorós, ladera sur de la Sierra de Licanejo y en las proximidades del Tablero de las Pilas. De todos estos afloramientos mencionados, los que presentan mayor interés y extensión superficial son los de Los Atolladeros. En esta zona se observa que a muro de las arenas eólicas aparecen los depósitos de areniscas y conglomerados de la rasa marina pliocena. Este nivel marino se extiende por la

ladera del Cuchillo del Ciervo, observándose como existe un gran salto que pone de manifiesto la existencia de una fractura en este sector.

Son dunas calcarenitícas, con abundantes gasterópodos de tierra, que llegan a alcanzar hasta 15-20 m de potencia. Están fuertemente cementadas y recubiertas por una costra calcárea (caliche) que marca probablemente el final del Plioceno o los inicios del Pleistoceno. Debido a sus colores claros de alteración, resaltan en el paisaje y, además, en ocasiones, tienen formas de alteración alveolares, muy características.

En la zona de los Atolladeros se observa que estas arenas presentan estratificación cruzada de bajo ángulo con una inclinación de unos 20º-25ºSSE. y dirección N65ºE.

2.2.4. Sedimentos conglomeráticos y depósitos caóticos pliocenos

En conjunto se ha agrupado en esta unidad varios tipos de materiales que pueden tener edades algo diferentes. Por este motivo en la leyenda se ha representado de forma inventada, ya que, si bien los conglomerados que aparecen en la base son claramente pliocenos, pues se sitúan sobre la rasa, los últimos aportes están constituidos por cantos más angulosos, poco transportados y, en algunas ocasiones, por depósitos caóticos. En general estos materiales aparecen encalichados y seccionados por la red de drenaje actual con lo cual se descarta una edad más reciente que la ya estimada.

Esta unidad aflora ampliamente en esta hoja, localizándose, principalmente, en el sector occidental de la misma. Está constituida por depósitos detríticos gruesos de muy diversa procedencia que se disponen al pie de los relieves miocenos y a techo a la rasa pliocena, cubriéndola enteramente, salvo en el corte de los acantilados costeros. Se trata de arenas y conglomerados heterométricos, en cantos subangulosos de naturaleza basáltica y con matriz arenosa de color grisáceo. Los tamaños más frecuentes varían entre 3 y 30 cm y se disponen imbricados marcando paleocorrientes de componente N-S. No se observa grano selección pero sí algunas intercalaciones más finas de areniscas con cantos, que provocan un nivel más duro y compacto. Aunque adoptan una disposición subhorizontal no llegan a observarse auténticos planos de estratificación. La potencia es muy variable desde 5-25 m.

2.2.5. Depósitos de deslizamientos con intercalaciones eólicas

Esta unidad aflora fundamentalmente en el sector occidental del "arco de Jandía", entre las casas de Cofete y el Roque del Moro.

Estos depósitos están relacionados con los deslizamientos post-miocenos que han provocado los grandes escarpes existentes en el flanco norte del edificio de Jandía. Existen ciertas analogías entre el "arco de Jandía" y el de El Golfo en la Isla de El Hierro (NAVARRO, com. pers.). La edad de estos deslizamientos es posterior al depósito de la rasa pliocena que aparece al muro.

Además, cartográficamente, estos materiales se han agrupado junto con las arenas eólicas pliocenas con las cuales aparecen intercalados.

Se trata de un depósito detrítico grueso, muy heterométrico, constituido por arenas, cantos y bloques de naturaleza basáltica, con tamaños de hasta 1 m. Los bloques son angulosos y, en general, no presentan ningún tipo de ordenación ni orientación. Sin embargo, las arenas eólicas que aparecen intercaladas, se caracterizan por su color blanco-crema y por presentar estratificación cruzada de bajo ángulo, con inclinaciones de unos 20º N. Las arenas son finas y aparecen algo cementadas por carbonato cálcico. En conjunto, esta unidad está parcialmente recubierta por depósitos de ladera y coluviones.

2.2.6. Depósitos de caliche

Esta unidad, aunque es muy característica de la isla de Fuerteventura, en esta hoja está escasamente representada. Este hecho puede ser debido al enorme relieve existente en el área de Jandía, lo cual impide que se produzcan estos fenómenos y se favorezca el desarrollo de depósitos de ladera y glacis-cono. Los afloramientos existentes en el área cartografiada se localizan exclusivamente, en la cabecera del barranco del Ciervo, en la zona de Gran Valle y en la confluencia del barranco de Vinámar con el del Cavadero. En general, aparecen como pequeñas "costras" o delgados depósitos sobre las coladas basálticas miocenas. En conjunto, la potencia no suele pasar de uno o dos metros, siendo en muchas ocasiones decimétricas o centimétricas. Es una costra calcárea, muy dura de color crema o beige-claro en la que destacan algunos restos de gasterópodos. En los afloramientos cercanos a la desembocadura de Gran Valle estos depósitos están tapizado a sedimentos detríticos de probable edad pliocena.

Aunque el origen de estos depósitos es algo incierto, parece que se tratan de depósitos característicos de climas desérticos o subdesérticos, en los cuales alternan períodos de grandes sequías con otros de intensa precipitación. El agua de lluvia que se acumula en los niveles superficiales del subsuelo asciende por capilaridad al evaporarse durante los períodos secos e impregna a la roca de las sales disueltas en ella. La falta de materia orgánica hace que el horizonte A prácticamente desaparezca y en el B sólo se deposite calcio. En ocasiones, este horizonte B alcanza una potencia excepcional.

2.2.7. Coluviones antiguos y glacis-cono

Esta unidad ocupa una extensión areal muy reducida señalándose sólo unos pequeños afloramientos localizados en las laderas del barranco del Ciervo. El afloramiento de la ladera occidental parece corresponder a un antiguo coluvión encalichado con cantos angulosos de diverso tamaño, en general superiores a 8 cm, de composición basáltica. En la parte basal, la potencia supera los 5 m. En la ladera oriental, sin embargo, hay unos depósitos que presentan una morfología muy característica con planta seudotriangular y una superficie inclinada en rampa a favor de la ladera con forma plana y homogénea. Está constituido por arenas y cantos

basálticos que presentan una cierta estratificación y orientación a favor de la ladera. La potencia puede alcanzar valores de 6-8 m.

2.2.8. Areniscas y conglomerados. Rasa marina Jandiense

En esta hoja, los depósitos jandienses están pobremente representados. Aparecen a alturas inferiores a 2 m, sobre la marea alta, en la Playa de Juan Gómez y en el Bajo de Gran Valle. Según MECO (1977) aparecían también en la zona de Morro Jable, pero al realizar la ampliación del muelle han desaparecido.

Estos depósitos corresponden a los inicios del Pleistoceno superior, y fueron descritos y caracterizados por MECO (1975, 1977). Posteriormente fueron denominados jandienses por MECO *et al.* (1987). Contienen la característica fauna de Africa ecuatorial con Strombus bubonius Lamarck. En el afloramiento de Gran Valle contiene numerosas Patellas de morfología variada atribuidas al grupo de la Patella ferruginea Gmelim [MECO, (1991)] y Murex Saxatilis Linné.

Estas areniscas jandienses son muy compactas con abundantes elementos biodetríticos calcáreos que los confieren un color relativamente claro. Al microscopio son muy características y se diferenciaron de las areniscas de edad erbanense en la existencia de un cemento de tipo "drussy" alrededor de los granos.

2.2.9. Depósitos de terrazas

Estos materiales aparecen relacionados con los barrancos principales de la hoja tales como Gran Valle, Cavadero, Escobones, Mosquitos, Agua Oveja y Sangas. Además hay unos pequeños afloramientos situados en la confluencia de unos barranquitos, próximos al Tablero de Las Pilas. En general esta unidad no ocupa una gran extensión superficial, ya que los afloramientos citados, tienen formas en planta estrechas y alargadas paralelas a la dirección de los barrancos. Estos, al continuar su proceso de encajamiento, han seccionado los depósitos, los cuales presentan, actualmente, potencias visibles de hasta 4-6 m. Están constituidos por arenas y gravas sueltas, de color gris, muy heterométricas. La práctica totalidad de los componentes tiene naturaleza basáltica, y sólo muy escasamente aparece algún fragmento de rocas sálicas. Sus tamaños varían entre 2-3 cm para los menores, hasta 15-25 cm de diámetro máximo. Los fragmentos suelen ser subredondeados.

2.2.10. Arenas eólicas pleistoceno-holocenas

En el extremo occidental de la hoja, en las proximidades de la Punta de Jandía, aparecen dunas pleisto-holocenas que proceden de la removilización de las arenas de las dunas encalichadas pliocenas que se encuentran situadas más al norte. Este afloramiento cubre toda la superficie del Llano del Cotillo, y también la zona comprendida entre los relieves de Montaña Talahijas y Montaña Azufrá, al sur de la degollada de Agua Cabras.

Se trata de arenas biodetríticas, similares a las pliocenas y constituidas por diminutos caparazones de moluscos. Se caracterizan por su color blanco-crema y por presentar estratificación cruzada y morfologías de "barjan", algo degradadas. Concretamente estas arenas han podido continuar su removilización hasta tiempos holocenos después de un periodo de calma en el viento durante el Holoceno inferior.

2.2.11. Depósitos de deslizamientos gravitacionales

Esta unidad aflora fundamentalmente en el sector de Cofete, en el arco comprendido entre la Degollada de Mal Nombre y el Roque del Moro.

Es un depósito caótico constituido por material detrítico grueso (arenas, cantos y bloques) de composición basáltica. No presenta ningún tipo de ordenación interna y es muy heterométrico, pues existen bloques de más de 1 m de diámetro.

Como se ha comentado en el apartado 2.2.5, el origen de estos depósitos parece estar relacionado con la existencia de grandes deslizamientos en este sector del estratovolcán mioceno de Jandía. Asímismo, la forma del "arco de Jandía" así lo sugiere, pues parece que las zonas de cabecera se alinean y definen la posible línea de deslizamiento. Concretamente, en la cabecera del barranco Chupadero de los Cochinos se observa una pequeña fractura con orientación N60^{o}E. (subparalela a la del arco) que puede favorecer también estos deslizamientos. Además, la morfología de este área es muy semejante a la de El Golfo en la isla de El Hierro. Este último acantilado ha sido interpretado por NAVARRO (com. pers.) como grandes deslizamientos.

La edad de estos depósitos es bastante variable, pues el fenómeno que los produce parece haberse repetido en el tiempo. Además, como se comentó en el apartado 2.2.5, ocasionalmente aparecen intercalaciones de depósitos eólicos entre los materiales. El muro de esta unidad sólo se ha observado en algún punto aislado y esta constituido por la rasa pliocena. A techo se obervan los depósitos de ladera y coluviones que, en muchos casos, se han desarrollado por la removilización de esta unidad.

2.2.12. Depósitos cuaternarios indiferenciados (arenas)

Se han asignado a este epígrafe los depósitos detríticos finos que constituyen la parte trasera de La Playa del Matorral. Este afloramiento se localiza en el extremo oriental de la hoja y se extiende ampliamente en la vecina hoja de Punta del Matorral. Son depósitos litorales formados principalmente por arenas, con una pequeña fracción de materiales más groseros, proveniente de los aportes de barranco. Esta zona parece corresponder a un antiguo sistema de "lagoon", hoy ya colmatado.

2.3. FORMACIONES SEDIMENTARIAS RECIENTES

Se incluyen en este apartado aquellas formaciones sedimentarias cuaternarias, sin una precisión determinada de su edad.

2.3.1. Arenas y conglomerados. Rasa marina Erbanense

Los depósitos marinos del Holoceno superior se conocen con el nombre local de Erbanense (de Erbani, antiguo nombre de Fuerteventura) [MECO *et al.* (1987) y MECO (1988)]. Se trata de pequeños afloramientos que aparecen de manera discontinua a lo largo del litoral de la isla, a alturas que oscilan entre 0,5 y 1 m, esto es, algo más bajos que los depósitos jandienses. Concretamente en esta hoja, sólo existe un pequeño cordón localizado en la playa del Roque del Moro.

Estos depósitos erbanenses presentan problemas en cuanto a su separación cartográfica de los depósitos jandienses, ya que en muchas ocasiones, constituyen pequeñas cubetas excavadas en los propios conglomerados jandienses. Están constituidos por unas areniscas biodetríticas de color marrón-grisáceo, con pasadas conglomeráticas, que en conjunto presentan un espesor de apenas 1,5 m.

Esta unidad ha sido definida por MECO (1991,b) en la playa de la Jaqueta (hoja del Istmo de la Pared) en la cual ha encontrado abundante fauna semejante a la actual con numerosos *Thericium vulgatum* Bruguiere, *Patella* de variada morfología semejantes a las Jandienses, y otras especies como *Columbella rústica* (Linné), *Linga columbella* (Lamarck), *Conus mediterraneus* (Bruguiere), *Erosaria spurca* (Linné) y *Thais haemastoma* (Linné).

Las dataciones radiocarbónicas han proporcionado edades en torno a 1.400 B.P. para el afloramiento de La Jaqueta y a 3.640 ± 160 B.P. para los afloramientos de Corralejo [MECO *et al*. (1987) y MECO (1991a].

2.3.2. Arenas sobre sustrato

Estos materiales aparecen únicamente en el sector occidental de la hoja, en el Llano del Cotillo y en la ladera oriental de Las Talahijas. Se trata de arenas eólicas holocenas de poco espesor que constituyen un pequeño recubrimiento sobre las coladas miocenas. Son arenas biodetríticas, similares a las de las dunas holocenas, sólo que frecuentemente están mezcladas con aportes aluvionares de ladera, que les confieren un color "grisáceo-sucio". En general están constituidas por diminutos caparazones de moluscos, si bien, se observan abundantes caracoles de tierra de tipo "helícidos".

2.3.3. Depósitos de ladera y coluviones

Esta unidad aparece ampliamente representada a lo largo de esta hoja, debido al enorme relieve que la caracteriza.

Los depósitos se sitúan en las laderas de los principales relieves, siendo los más importantes los localizados en la vertiente norte de Cofete o "arco de Jandía". En la vertiente meridional, los mejores afloramientos se localizan en las laderas de los barrancos principales, tales como: Vinámar, Cavadero, Ciervo, Gran Valle, Jorós, Escobones y Mosquitos. Estos depósitos constituyen una delgada película que tapiza las laderas y, en ocasiones, llegan a enlazarse con los depósitos de barranco. En general, constituyen abanicos con formas seudotriangulares cuyo vértice apunta hacia la zona de cabecera. Además, es muy frecuente que estos abanicos se imbriquen y formen conos coalescentes.

En la zona de Espigón Mocho y Tablero de Peñas Blancas estos depósitos parecen definir una línea tangente en su cabecera que se ha interpretado como posibles fracturas supuestas de componente NO-SE y ONO-ESE, respectivamente.

En general, tienen potencias reducidas, siendo mínimas en la cabecera (< 1 m) y máximas en la base (> 2,5 m). Están constituidos por cantos y bloques angulosos y subangulosos muy heterométricos de composición predominantemente basáltica. No se observa granoselección ni ningún tipo de ordenación interna. La matriz que empasta a los cantos y bloques es de tipo arenoso y tiene coloración grisácea. Es frecuente que las barranqueras subsidiarias seccionen a estos materiales y pongan al descubierto la constitución interna del depósito. En general estos depósitos presentan una amplia distribución estratigráfica pues pueden haber comenzado a formarse desde el mioceno hasta la actualidad.

2.3.4. Depósitos de barranco y fondos de valle

En conjunto los barrancos que afloran en esta hoja parecen definir una morfología radial. y muestran, en general, direcciones norteadas. Estos son, de este a oeste, los siguientes: barranco de Vinámar, Ciervo, Gran Valle, Jorós, Escobones, Mosquitos, Juan Gómez, Agua Oveja y Valle de Las Songas; además hay unos pequeños depósitos en la zona del Tablero de Las Pilas-Bajo de los Betancores.

Debido a la falta de precipitaciones y a la irregularidad de las mismas, los cauces suelen estar secos, pero en casos de lluvias fuertes, pueden funcionar como ramblas y arrastrar gran cantidad de material.

Estos depósitos están constituidos mayoritariamente por arenas y gravas muy heterométricas de composición casi exclusivamente basáltica. Los fragmentos suelen ser subredondeados y varían desde 1-3 cm hasta bloques de más de 40 cm, si bien, la mayoría están comprendidos entre 3 y 25 cm. La fracción arenosa es muy variable y presenta coloración gris. A menudo se

observan secuencias de fondo de canal ("lag") en las cuales predominan los fragmentos gruesos. En conjunto, la potencia del depósito varía entre 1-3 m.

2.3.5. Depósitos de playa. Arenas y cantos

La playa más importante de esta hoja es la playa de Cofete que se extiende, de forma ininterrumpida, a lo largo de más de 8 km. Además, hay otra playa inmediatamente al oeste de la anterior de unos 1.200 m de longitud que llega hasta las proximidades del Roque del Moro. Ambas se localizan en la vertiente norte del arco de Cofete, y están constituidas por arena fina de color grisáceo claro con algunos cantos rodados intercalados, procedentes de la disgregación de los materiales cincundantes. En la playa de Cofete, estos materiales detríticos se indentan con los depósitos de ladera que cubren los escarpes miocenos siendo, en ocasiones, problemática su individualización.

En la vertiente sur, se han cartografiado un total de siete playas: Matorral, Coloradas, Tablero de la Casa de la Señora, Baja de Juan Gómez, Pilas, Punta de Salinas y Ojos. Todas ellas tienen dimensiones inferiores a 400 m salvo la Playa del Matorral que supera los 1.600 m. Esta última está localizada en el extremo oriental de la hoja, en las proximidades de la localidad de Morro del Jable, y se prolonga hacia el este, de manera casi ininterrumpida, en las hojas de Punta del Matorral y El Jable. Esta playa tiene unas características algo diferentes a las anteriores, ya que se ha desarrollado a expensas de las arenas eólicas que cubren el istmo que separa Jandía del resto de la isla. Está constituida, por tanto, por arenas finas de color claro. El resto de las playas mencionadas se localizan bien en la desembocadura de algún barranco, bien en zonas protegidas a modo de pequeñas ensenadas. Son playas de cantos y de arenas oscuras procedentes de la disgregación de los materiales basálticos miocenos.

2.3.6. Antrópico

Se han cartografiado, tan sólo, dos afloramientos localizados en las cercanías de Morro Jable. Uno de ellos se sitúa junto al nuevo puerto, y parece que está constituido por escombros y material echadizo procedente de esta reciente construcción. El depósito es caótico y está situado en una zona costera y de gran impacto visual. Sin embargo, el segundo afloramiento señalado se localiza en el fondo de un pequeño barranco próximo al del Cuervo, e inmediatamente al sur de una antigua cantera. Parece que han aprovechado racionalmente esta zona para depositar los escombros y el material de desecho de las urbanizaciones de la costa, controlando las vertientes y nivelando con máquinas excavadoras de antiguos frentes de explotación. Además, sobre esta nueva explanación se ha instalado una planta depuradora de aguas.

3. TECTÓNICA

Del análisis estructural de los elementos volcano-tectónicos del archipiélago canario, se deduce que la formación y distribución de sus siete islas estuvo controlada por un campo de esfuerzos

cortical, aunque la generación del magma haya sido mantélico. En la isla de Fuerteventura esta deducción resulta aún más evidente, pues tanto su forma alargada y alineada con Lanzarote, como la estructura del Complejo Basal, definen con claridad este campo de esfuerzos.

Tanto desde el punto de vista estratigráfico como volcano-tectónicos, la isla de Fuerteventura se puede dividir en dos grandes dominios: el Complejo Basal y los episodios volcánicos subaéreos (dominio subaéreo). En el primero, debido a su edad más antigua es donde mejor están representados los elementos volcano-tectónicos del campo de esfuerzos regional. Por contra, en el dominio subaéreo aparecen, propiamente, aquellos elementos provocados por los esfuerzos compresivos locales o por una nueva dilatación lineal a menor escala.

En Fuerteventura se ha puesto de manifiesto la existencia de dos campos de esfuerzos que, en parte, se superponen en el tiempo y en el espacio, pero que son de escala distinta. Hay un campo regional, que es el que primero comienza a actuar, el cual, desde el Paleoceno superior controla el nacimiento submarino de la isla y la evolución posterior de todo el Complejo Basal. Este campo es de naturaleza extensional y actúa con dirección ONO-ESE, generando una banda de dilatación lineal NNE-SSO dentro de una corteza extensional. El eje principal de esta banda es ocupado por un intenso sistema fisural de diques que se dibuja como un rift paralelo al que ocasionó, hace 140 m.a., la apertura del océano Atlántico.

Posterior a esta fisuración de dilatación inicial (aproximadamente hacia los 20 m.a.) el campo de esfuerzos sigue unas tendencias más variables, que ocasionan cambios en las direcciones, dentro y fuera de la zona de máxima dilatación. Se manifiestan esfuerzos compresivos que afectan a las paredes rocosas de las cámaras magmáticas ascendentes, provocando la aparición de sistemas de diques radiales. Esta orientación de diques parece evidente que esta controlada por modelos de esfuerzos locales, y corresponden con la geometría de la superestructura de los estratovolcanes que se forman durante los primeros episodios subaéreos de la isla. En Fuerteventura, los casos más patentes de este fenómeno son los complejos de diques radiales de los edificios miocenos de Gran Tarajal y Jandía. Tales controles estructurales locales pueden enmascarar la fisuración temprana abierta en el fondo oceánico durante la inyección del magmátismo de la isla y son, por tanto, de poca ayuda para estimar los paleo esfuerzos regionales del comienzo de su formación en profundidad.

Durante los episodios subaéreos plio-cuaternarios de Fuerteventura, se generan nuevas direcciones de dilatación lineal, aunque en muchísima menor intensidad que las iniciales, si bien algunas de ellas siguen pautas similares a aquellas.

También la presencia de diversos niveles de rasas marinas indican movimientos en la vertical que, igualmente serán considerados dentro de dicho análisis.

En un esquema simplificado de lineamientos (Fig. 3.1), realizado solamente con los datos de la base altimétrica se han representado los esquemas individuales de la hoja de Cofete-Morro Jable, dejando independientes los de las hojas de El Jable y Punta del Matorral.

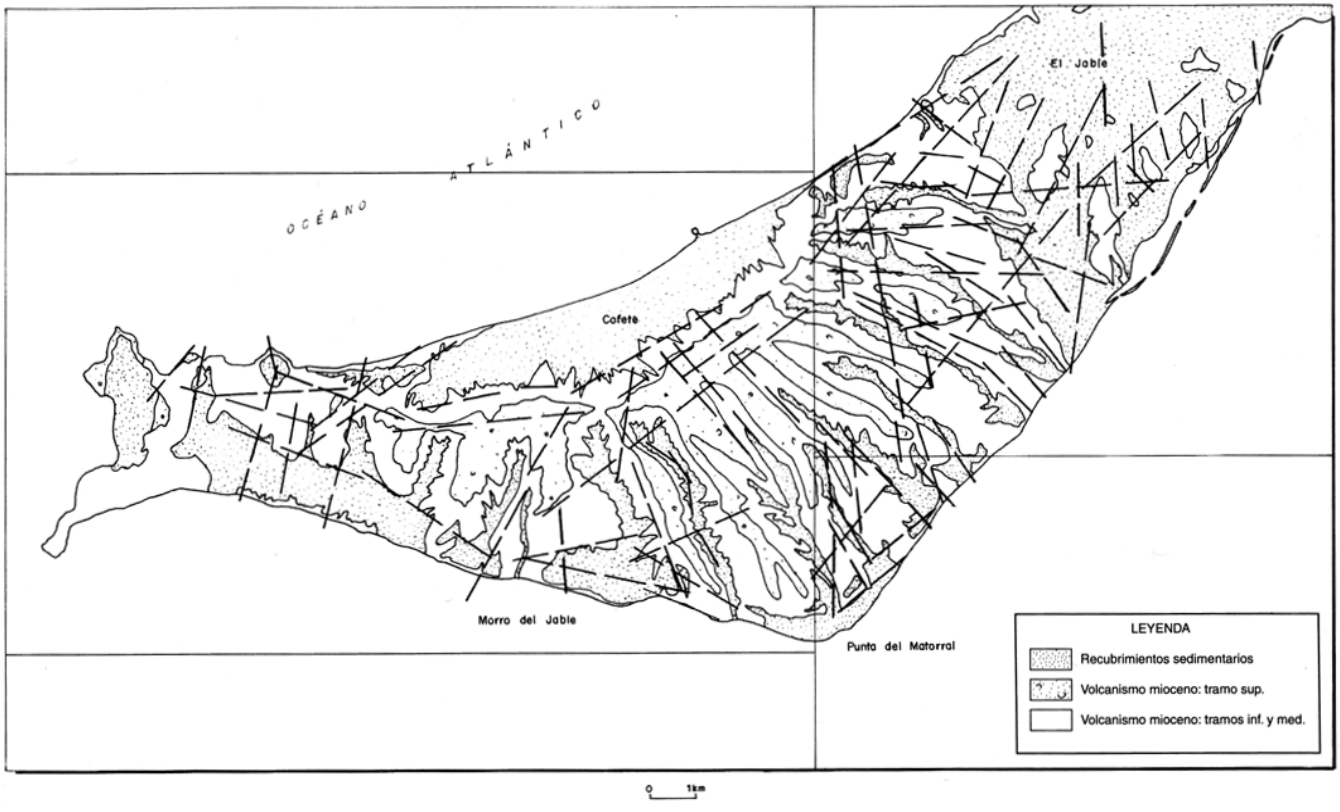


Fig. 3.1. Esquema de lineamientos

Se puede apreciar que hay varias familias de lineamientos en este sector de la península de Jandía. Existe una que limita lateralmente los "cuchillos" basálticos, y que sigue pautas radiales respecto al arco de Cofete; coincide, en gran medida, con el enjambre radial de diques del edificio. Es decir, son lineamientos con direcciones N135ºE en la zona oriental, norteados en la parte central, y N20º-30ºE en la occidental.

En la costa y sector noroccidental, se puede apreciar otro grupo, con direcciones N45º-65ºE, que pudiera estar condicionado por el eje estructural de la Punta de Jandía, o por el enjambre de diques lineal de toda la costa del istmo y Complejo Basal, que es algo coincidente en orientación con el eje. En este último caso, sería un lineamiento impuesto por las estructuras remanentes anteriores a la erupción masiva del edificio de Jandía. Por el contrario, en la costa de sotavento, sobre todo en su mitad oriental, hay una familia con dirección N130º-150ºE que, en parte, puede coincidir con las fracturas detectadas en esas mismas direcciones, que van seccionando escalonadamente las laderas bajas del apilamiento basáltico.

En la parte norte del arco de Cofete se aprecian unos alineamientos paralelos al gran escarpe basáltico, que lo van delimitando con un perfil poligonal. Este perfil, tal vez está condicionado por los arcos parciales de deslizamiento que ha debido ir sufriendo esta pared "intracráter" del edificio, como consecuencia de la acción marina, durante los últimos 14 m.a.

Para una mejor comprensión de los rasgos tectónicos del edificio mioceno de Jandía, se ha realizado un análisis conjunto de todos los elementos volcano-estructurales del estratovolcán, sin dividirlo según las tres hojas en que aflora (El Jable, Punta del Matorral y Cofete-Morro Jable). Para ello, se han confeccionado dos esquemas (Fig. 3.2 y Fig. 3.3), en el que se han reflejado todos los elementos principales, tales como enjambres de diques, fallas, centros de emisión, deslizamientos, etc.

Como unidades estratigráficas dentro de las Figuras 3.1, 3.2 y 3.3, sólo se han distinguido las siguientes: tramos basálticos inferior y medio conjuntamente, por estar atravesados ambos por la mayoría de los diques existentes; tramo superior y recubrimientos sedimentarios.

Considerando los datos batimétricos, en donde la plataforma continental (curva de 40 m) dibuja un semicírculo abierto hacia el norte, la forma arqueada de la península, también abierta en el mismo sentido, y la disposición radial de muchos de los diques del edificio Jandía, que igualmente tienden a converger hacia el norte, es muy probable que la actual península de Jandía sea sólo un retazo de un macroedificio poligénico cuya zona central ha desaparecido y está ocupada actualmente por el mar. Tanto la erosión marina como continental, actuando durante los últimos 14 m.a., han dejado reducido el edificio al afloramiento que es hoy, en el que son bien visibles sus elementos estructurales internos.

Sin duda alguna, el elemento estructural más característico del estratovolcán es la red filoniana que atraviesa las coladas. En un análisis pormenorizado de la morfología y distribución espacial de los mismos, se puede observar que hay varias familias de diques, algunas de ellas definiendo pautas radiales. Sin embargo, como marco general volcanológico, es conveniente hacer una

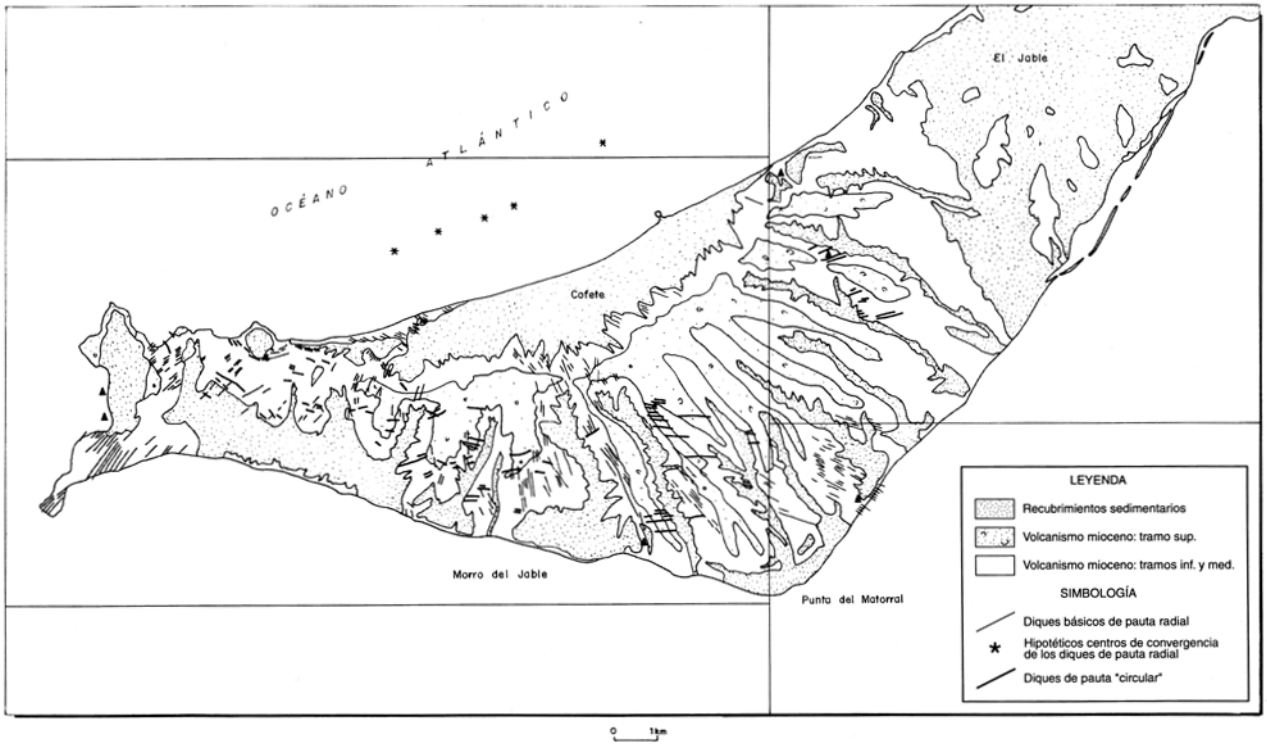


Fig. 3.2. Esquema volcano-estructural.

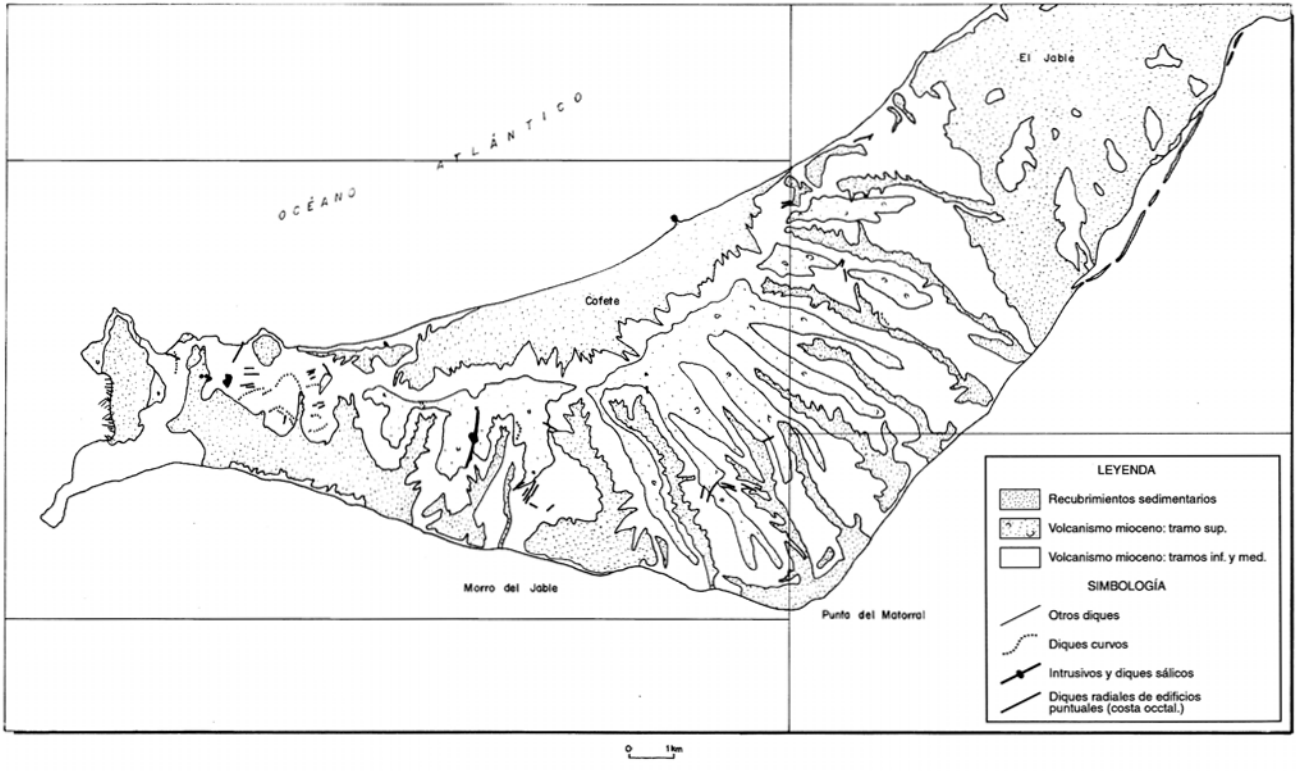


Fig. 3.3. Esquema volcano-estructural.

breve introducción al origen estructural y primeros estadios evolutivos del estratovolcán de Jandía, previo a la descripción detallada de cada una de estas familias.

Según las dataciones absolutas K/Ar disponibles hasta hoy, el edificio de Jandía, es ligeramente más moderno que el estratovolcán contiguo de Gran Tarajal. La superposición del primero sobre este último se hace, aproximadamente, en la zona del istmo, pero al estar cubierto por potentes depósitos de arenas eólicas pliocenas, no es factible ver con claridad las relaciones geométricas entre uno y otro.

Teniendo en cuenta los tres edificios miocenos de la isla, se puede apreciar que sus tres centros hipotéticos de emisión podrían estar alineados según una directriz N45ºE. Según esto, el magma ascendente del edificio de Jandía se abre paso a través de esta gran fisura ya activa que, atendiendo a la orientación que presenta, parece ser una dirección remanente del campo de esfuerzos extensional regional propia de la banda de dilatación lineal del enjambre de diques del Complejo Basal. Esta idea está apoyada, igualmente, en la presencia de esta misma dirección en una familia de diques paralelos y lineales, con una densidad entre el 10-20%, que sólo atraviesa el tramo inferior del edificio y que, únicamente, se sitúa en el sector NE del mismo (zona costera norte de la hoja de El Jable, y fondo de los barrancos de Los Canarios y Pecenescal, en la misma hoja). Este enjambre lineal es claramente la continuación del que proviene desde las hojas de Huertas de Chilegua e Istmo de la Pared, atravesando los tramos más bajos de estratovolcán de Gran Tarajal. Por tanto, y según lo expuesto, este régimen tectónico es aún el regional, sobre el que se va a superponer la compresión puntual vertical del ascenso de las cámaras magmáticas del edificio. Esta superposición de campos de esfuerzos refleja un cambio en las propias condiciones de esfuerzo, que da paso a las familias de diques radiales y circulares que cortan los tramos inferiores y medios de la superestructura, ya emergida.

Después de estos primeros acontecimientos subaéreos, el estratovolcán comienza su gran desarrollo como un único edificio, vertebrándose según tres ejes o pasillos de diques, dos de los cuales son bastante claros: la península del faro de Jandía, y el barranco del Ciervo. Esto hace que la planta del edificio tenga una forma triangular con un vértice hacia el sur muy marcado, representado por la de Punta del Matorral, coincidente, en cierta medida, con el eje del barranco del Ciervo. Puede que este eje, esté ligeramente desplazado hacia el oeste, y representado por el pasillo de diques de la zona del Morro de Siete Fuentes. El tercer eje está peor definido, pero pudiera ser la zona costera de Butihondo-Boca de Esquinzo, en donde aflora una profusión de diques paralelos según la orientación del eje potencial. El centro de intersección de los tres ejes queda en el mar, pues no solamente su prolongación geométrica así lo indica, sino que los apilamientos lávicos presentan un buzamiento periclinal hacia el sur que, al estar cortados bruscamente por el escarpe vertical del arco de Cofete, supone uno (o varios) centros de emisión en esta zona.

Durante los primeros estadios de la erupción, se abren diversos puntos de emisión, formando un campo extenso de conos subaéreos dispersos, muchos de ellos hidromagmáticos, que quedan cubiertos por las lavas subsiguientes. Algunos centros de emisión de estas características son los dos conos hidromagmáticos de Playa de Ojos y Punta del Corralito, en la costa oeste de las hojas de Morro Jable y Cofete, respectivamente. Estos dos conos llevan sus propios enjambres de di-

ques radiales (Fig. 3.3), que se superponen entre ambos, y que convergen en unos centros hipotéticos a unos 200 m al oeste, dentro del mar. Al norte de ellos, y también ligeramente superpuesto, parece encontrarse los restos de un tercer edificio hidromagmático más desmantelado. Otros edificios atribuidos a estos primeros estadios son el del barranco de los Canarios (hoja de El Jable), área costera norte de la misma hoja, y zona de Montaña Aguda (hoja de Punta del Matorral) (Fig. 3.2.). Al haber tan pocos puntos eruptivos de este tipo expuestos, no se puede apreciar la existencia clara de alineaciones preferentes de emisión, por lo que se desconocen las directrices principales las fracturas eruptivas iniciales.

La familia principal y más llamativa de diques es la de pauta radial. En la Figura 3.2, pueden verse individualizados este tipo de diques, que van girando progresivamente su dirección de este a oeste. La mayoría de ellos no cortan a los tramos superiores de la serie basáltica, por lo que se supone que son sus salideros. Este modelo radial no se extiende completamente todo a lo largo de la península de Jandía, pues es casi inexistente en el tercio oriental del edificio.

Observada en detalle la distribución geométrica de los mismos, se aprecia que puede haber varias subfamilias dentro del grupo, cada una de ellas apuntando a centros hipotéticos que, aunque cercanos, pueden ser diferentes.

Así, se han podido definir hasta "cinco puntos" teóricos de convergencia, alineados según una dirección N50ºE. Repartiéndose entre estos centros, convergen una gran mayoría de los diques considerados como de pauta radial. Parece lógico pensar que esta alineación supone una fractura eruptiva (tal vez propagante) por la que se emitió gran parte del magma basáltico. En esta fisura, que se encuentra entre los 2 y 3,5 km mar adentro, no parece que sea casual su paralelismo con la línea de costa de Cofete, ni con la dirección estructural preferente que definen los diques lineales del sector del istmo y del Complejo Basal, ya que supone la misma orientación que la generada en la banda de dilatación lineal del Complejo Basal, y la de la alineación de los tres estratovolcanes miocenos de la isla. No se descarta que esta fractura se sitúe algo más cercana a la costa, según las intersecciones de los haces de diques que hay más próximos a ella.

Considerando la posición geográfica de esta fisura eruptiva en relación con los datos batimétricos, se observa que la misma se encuentra, casi en su totalidad, en zonas donde la profundidad es mayor de 50 m. Según esto, y teniendo en cuenta que por debajo de esta cota, parece que no hay ningún sustrato original de isla oceánica, hay que buscar una explicación a los datos estructurales que, en este caso, indican que sí lo hubo. La respuesta puede estar en admitir, a tenor de la forma circular que dibujan las líneas batimétricas en ese sector de la fisura, que ha existido un colapso tectónico de la parte central del estratovolcán. La coincidencia entre el más extremo de los centros de convergencia de la alineación, con el centro del sector circular batimétrico, así parecen indicarlo. Este colapso de la parte alta del edificio debió producirse al terminar la emisión del tramo superior, es decir, hacia los 14 m.a. Causas tectónicas o sísmicas, debieron ser los detonantes del colapso, que bien pudo producir un gran deslizamiento.

Simultánea y posteriormente al colapso, han debido de producirse nuevos e importantes deslizamientos en las paredes del cráter-caldera, agrandando el diámetro del mismo. Igualmente,

una vez que el mar entró en el cráter, la acción erosiva produjo nuevos desprendimientos en las paredes del edificio (ya acantilado), hasta llegar a la situación geomorfológica actual.

En resumen, la forma que presenta actualmente el arco de Jandía, parece ser el resultado combinado de un fenómeno tectónico con otro erosivo.

El sentido de propagación de la grieta eruptiva parece haber sido de SO a NE, ya que bastantes de los diques que atraviesan el tramo superior tienden a converger hacia el sector más NE de la fisura.

El resto de diques de pauta radial que parecen "no converger" en puntos de esta fractura, han quedado distribuidos en tres pasillos, según los tres hipotéticos ejes estructurales del edificio. Estos pasillos están definidos por afloramientos en donde el enjambre de diques básicos es paralelo y mucho más denso que en los otros sectores. Un pasillo tiene la dirección N50ºE, y está representado por el enjambre de diques de la Punta de Jandía y zona de Talahijas. Un segundo pasillo, también muy denso de diques, puede estar representado por parte de los diques aflorantes en el tramo inferior de Montaña Aguda (hoja de Punta del Matorral) y de la playa del Roque del Moro Por último, un tercer pasillo, igualmente con muchos diques, corresponde con la zona del Morro de Siete Fuentes-Barranco del Ciervo.

En la Figura 3.2, también están señalados los diques con cierta tendencia circular respecto al gran esquema radial, con orientación próxima a N100ºE. Muchos de ellos cortan a las coladas del tramo superior, por lo que cabe pensar que representan la última fase intrusiva de inyección filoniana. La geometría de este tipo de diques, al igual que ocurría en el edificio de Gran Tarajal con su disposición cruzada, a veces claramente perpendicular, respecto al enjambre radial anterior, parece indicar la existencia de una fracturación anular propia del episodio de "hinchamiento" en el edificio (consecuencia del progresivo ascenso de la cámara magmática). Por esa fracturación abierta se inyecta nuevo magma durante los últimos momentos de la erupción.

Otro grupo particular de diques, aunque minoritario y puntual, es el formado por los de traza curva y corto recorrido, que tienden a concentrarse en la zona de la Sierra Valluelos (Fig. 3.3.). Son diques que configuran un conjunto circular buzante hacia el interior, de modo que asemeja a un "cone-sheet" incipiente. El hecho de no existir continuidad espacial clara entre algunos diques del conjunto, y la poca densidad de ellos, es lo que impide hablar claramente de este tipo de estructura. Pero, de cualquier forma, sí se puede decir que hay un fenómeno de compresión puntual vertical, que ha fracturado concéntricamente el apilamiento lávico en los momentos finales de la emisión del tramo medio.

Por último, hay un grupo minoritario de diques con direcciones distintas a los esquemas anteriores que podrían representar fisuraciones, tal vez conjugadas, respecto a otras pertenecientes a dichos esquemas. (Fig. 3.3.). Es lógico pensar que, en un intento por esquematizar todas las estructuras volcano-tectónicas, algunos elementos aislados no encajen dentro del modelo propuesto.

Los intrusivos sálicos de Montaña Azufrá, El Roque del Moro y el Islote de Cofete, se alinean según una fisura N60ºE (Fig. 3.3.) coincidente con la traza de la costa y, de alguna manera, seudo-paralela a la familia de diques lineal del NE de Jandía. A tenor de esto, podría afirmarse que el régimen tectónico que produce dicha fisura corresponde al campo de esfuerzos extensional que actúa con dirección ONO-ESE y que, según se deduce de los otros elementos estructurales, debió de funcionar aún durante los estadios de emisión del tramo inferior del edificio Jandía. Sin embargo, el otro intrusivo sálico (Cuchillo del Palo) que es más tardío, pues atraviesa el tramo superior, ha surgido según una fractura de dirección N5ºE, tal como indica el dique que lleva acompañante. Esta dirección corresponde ya con el régimen de compresión puntual propia del estratovolcán, y se asocia con las geometrías de diques de pauta radial ya comentados anteriormente.

En la zona de Montaña Azufrá hay varios apuntamientos de intrusivos básicos dispersos por el entorno, que definen un pulso local de ascenso magmático. El posible juego de fisuras por donde se emitieron, puede ser un sistema cruzado, que sigue las pautas radiales de fisuración cortical ya vistas a escala del edificio completo.

La estructura dibujada por los buzamientos de los apilamientos lávicos es la de una superficie plana, ligeramente convada en arco, inclinada suavemente hacia el sur. Esta inclinación suele estar entre 2 y 10º, de forma periclinal según la curvatura del arco de Cofete. Sin duda, este plano inclinado representa un retazo de la ladera del estratovolcán de Jandía, hoy en día bastante erosionado, e incidido intensamente por la red hidrográfica.

La tectónica frágil de la península de Jandía, está representada por varias fracturas, algunas de gran recorrido. En general, parece existir una dirección preferente de fracturación paralela, a N130º-140ºE, en el tercio occidental de la península. Son fracturas que van limitando los "cuchillos" miocenos en sus laderas sur y que, probablemente, han funcionado como fallas normales, con el labio hundido en la parte SO. Fallas de este tipo pueden ser la que va desde Montaña Azufrá al Morrito de los Descarbaderos, la del Tablero de Las Pilas, la de la ladera SO del Cuchillo del Palo, y una de las de Morro de Siete Fuentes. El movimiento de estas fracturas ha podido ocasionar la aparición de los depósitos brechoides y conglomeráticos que configuran los tableros de sotavento. El origen de esta fracturación, que en cierta medida suele ser perpendicular al buzamiento generalizado de los "cuchillos", puede estar en los reajustes gravitacionales que se producen en las laderas de un edificio poligénico como consecuencia de los desequilibrios de masas que se generan después de la erupción. Fallas similares existen también en las laderas oeste y sur del estratovolcán mioceno de Gran Canaria, producto de los mismos fenómenos.

Dentro de la actividad tectónica más reciente, hay que destacar el deslizamieto/s que ha dado origen al actual arco de Cofete. Su edad es posterior a la rasa pliocena, ya que ésta ha sido también deslizada. Varios de los materiales brechoides caóticos que hay en la base del escarpe son producto de ese deslizamiento. Lo más probable es que no haya sido uno solo y en el mismo tiempo, sino una sucesión progresiva de varias cuñas, cuyo resultado geométrico es el arco actual. Su origen parece bastante claro pues, al ser mucha la altura del edificio, éste se hizo inestable en una gran parte de su cima, colapsando algunas laderas. Este fenómeno ha debido

ir funcionando desde finales del mioceno ayudado por la erosión marina y, probablemente, favorecido por el sistema de diques lineal orientados a N45^{o}E, en la zona oriental, y N90^{o}-100°E, en la occidental. Es posible que también la actividad sísmica que normalmente va asociada al volcanismo, (no conviene olvidar que en la isla hay bastantes fisuras eruptivas cuaternarias), y la infiltración del agua según las directrices estructurales indicadas, hayan influido en abrir planos de debilidad por los que han deslizado los materiales. Todo esto ha tenido como consecuencia que más de la mitad norte del estratovolcán haya desaparecido.

Por último, los movimientos en la vertical completan el complejo esquema volcanotectónico del edifico Jandía. Desde el plioceno hasta la actualidad hay detectados varios movimientos en la vertical (isostasia, transgresiones, regresiones, etc...) que han quedado reflejados en las rasas marinas aflorantes. La rasa pliocena se encuentra a una altura variable, según el sector; así, en la gran mayoría de la costa norte y mitad oriental de la sur, está entre 35 y 45 m de altura. Por el contrario, en el sector occidental está a 10 m. Independientemente del valor diferencial entre ambos sectores, cuyas causas parecen ser tectónicas, hay que admitir ciertos movimientos en la vertical que han situado esta rasa a las alturas indicadas. De forma similar ocurre con las rasas jandiense y erbanense, que se encuentran ligeramente por encima del actual nivel del mar (entre 0,5 y 2 m).

También los cambios bruscos en el nivel de base local han producido el encajamiento de la red hidrográfica. Este hecho se aprecia claramente por la presencia de terrazas colgadas en muchos de los barrancos principales de la península. En varios de los de la vertiente sur de esta hoja, se han cartografiado terrazas a 2-3 m. En el barranco de Pecenescal (hoja de El Jable), igualmente, aparecen niveles de terrazas a 2-3 m, indicando un encajamiento similar para los barrancos de la costa sur.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. MATERIALES

Los materiales que afloran en esta hoja corresponden principalmente a distintos tipos de basaltos, olivínico piroxénicos, olivínicos y plagioclásicos, correspondientes a la Fase miocena. Su grado de resistencia a la meteorización y a la erosión es lo suficientemente elevado como para dar lugar a los relieves más altos de la isla, así como constituir el sustrato en la totalidad de la hoja, recubierto muy pelicularmente por el resto de los depósitos.

Se trata, en estos otros casos, de depósitos de edad plio-pleistocena y reciente, generados por procesos geodinámicos externos: gravitatorios, eólicos, marinos, fluviotorrenciales, así como por otros de tipo edáfico. Como consecuencia de ello, se puede hablar de materiales fácilmente movilizables, con un grado de cohesión bajo y siempre correspondiendo a recubrimientos peliculares de poco espesor y fácilmente movilizables.

De manera adjunta se incluye el mapa geomorfológico de la hoja, realizado originalmente a escala 1:25.000.

4.2. FASES GENERATIVAS DEL RELIEVE

Como viene indicado por los materiales que lo constituyen, la primera etapa generativa del relieve en esta hoja es posterior a la deposición de la Fase basáltica miocena. Es probablemente al final del mioceno, cuando tiene lugar la disección del relieve previo de agradación volcánica y cuando se organiza la red de drenaje que desagua hacia el S. La disimetría de la vertiente es clara, hecho que, aun siendo por otra parte un rasgo común a todos los afloramientos del sustrato basáltico mioceno de la isla, se hace aquí aun más evidente. Se ha identificado la línea de cumbres desarrollada en los interfluvios entre barrancos como los restos degradados de esta superficie original. Sin embargo, se puede observar de este a oeste un descenso progresivo de esta hipotética línea de cumbres, desde las mayores alturas de la isla, al este, hasta su reducción en la zona de la Angostura a unos pequeños relieves residuales, de apenas 100 m de altura.

Cuando se estudia la distribución de los depósitos aluviales de la fase plio-pleistocena, pueden observarse igualmente algunas anomalías, como un progresivo aumento en el tamaño de los conos de abanicos aluviales desde el este al oeste. Así, sucede que, desde el Valle del Ciervo, Gran Valle de Jorós, de los Escobones, de los Mosquitos, de las Songas, el tamaño del abanico aluvial es inversamente proporcional al de la cuenca de drenaje que teóricamente lo alimentaría. En este sentido, la fractura NNO-SSE, previa o, al menos, interformación de esta generación de abanicos de piedemonte, parece delimitar el ápex de los abanicos hasta que se introduce en el mar, un poco antes de la desembocadura del Gran Valle.

La observación de la inflexión de las curvas de nivel en la plataforma parece confirmar esta relación fractura-abanicos aluviales, en el sentido de que un hundimiento del borde de la costa según ella, reactivaría los procesos erosivos, produciendo las anomalías antes descritas. La edad de tal fractura puede ser intrapliocena, ya que, al menos superficialmente, no parece afectar, aunque sí predeterminar, la forma y tamaño de los abanicos de piedemonte. Accidentes similares en edad y situación podrían ayudar a entender las anomalías similares del relieve, sobre todo simetrías en las vertientes, que pueden ser vista en otras hojas (La Oliva, Tetir, etc.) y a las que nos referimos en cada caso.

Si nos atenemos a las alturas alcanzadas por la rasa pliocena y las rasas Jandiense y Erbanense prácticamente superpuestas, que serían los únicos elementos datados disponibles en este tramo de la costa, parece existir una diferencia apreciable en la altura, siendo en la costa norte de 50-60 m (rasa pliocena), mientras que en la sur éste mismo nivel se sitúa a unos 10 m. Ello indicaría una edad finipliocena (al menos post rasa pliocena) para el juego de este accidente tectónico (ver memoria geológica) previa al Jandiense y al Erbanense.

A pesar de la escasez de niveles marinos antiguos que se conservan, (rasa marina erbanense, rasa marina pliocena), puede decirse que la línea de costa se encuentra, en el borde N. de la isla, en la misma situación desde hace millones de años, al menos en su extremo O. Sin embargo, hay que admitir la existencia de un cierto retroceso del acantilado, con degradación de la rasa pliocena, así como un retroceso de las vertientes motivado, esencialmente, por movimientos gravitatorios. Conviene considerar que las movilizaciones de materiales correspondientes,

al fosilizarla, hayan podido preservar (en algún caso) de su total desaparición a la rasa pliocena y depósitos marinos asociados.

La mayor actividad en la evolución de las vertientes parece corresponder al plio-pleistocenos, que es donde se asignan los depósitos gravitatorios: deslizamientos gravitacionales, desprendimientos y depósitos de vertiente. Las intercalaciones entre estos depósitos y materiales eólicos, similarmente a lo que se puede apreciar en otras islas (Gran Canaria, Punta Góngora), hacen pensar en un momento de regresión marina (pluvial), para esta etapa evolutiva. En la fase final, o reciente, la dinámica es mucho más tranquila, produciéndose tan sólo la incisión de la red en los depósitos previos, así como una removilización eólica de los depósitos anteriores.

La etapa de aluvionamiento, a la que se asocia también una dinámica muy activa de vertientes, es difícil de situar cronológicamente, ante la carencia de elementos de datación absoluta. En principio parece extenderse desde el plioceno hasta la actualidad, si bien en el presente los cursos se encajan en esos depósitos de vertiente, glacis y terrazas, dándole así una cierta antigüedad. El último nivel marino, el Jandiense, se halla situado en la línea de costa actual, correspondiendo al ataque marino a las series transgresivas continentales.

4.3. PRINCIPALES TIPOS DE FORMAS DIFERENCIABLES

Se distinguen aquí los distintos tipos de formas en función de su origen como: formas endógenas y formas exógenas.

4.3.1. Formas endógenas

4.3.1.1. Formas de origen volcánico

Con excepción de la zona de la Angostura-Talahijas, cartografiada como superficie de colada degradada, no hay formas volcánicas en esta hoja. La razón está en la edad miocena que ha permitido una degradación intensa de las primitivas formas volcánicas hasta reducirlas a las superficies residuales que son ahora de la original, impidiendo o dificultando la identificación de su origen.

4.3.2. Formas exógenas

4.3.2.1. Formas de origen marino

4.3.2.1.1. Playas

Son, en la mayor parte de la costa, formas de pequeñas dimensiones, con excepción de la Playa de la Punta del Matorral, que hemos identificado como un complejo barra-lagoon hoy

colmatado, y que se formó por los aportes de los barrancos Vinámar y del Ciervo. Su génesis sería similar a la de la Playa de Sotavento de Jandía en la hoja de El Jable. Mención aparte merece también la playa de Cofete, situada en la vertiente norte y alimentada por los aportes de la vertiente que la domina, la zona de playa se desarrolla sobre este tipo de materiales, lavados y retrabajados por el mar y siempre en el frente del deslizamiento. En este punto, donde también la costa alcanza las menores alturas, se llega a producir el enlace gradual entre vertiente y playa, lo que prueba la relación genética entre ambas formaciones.

4.3.2.1.2. Acantilados

Se trata de una forma extendida a la práctica totalidad de la costa, con excepción de las desembocaduras de los barrancos y la playa de la Punta del Matorral. Aún así no alcanzan grandes alturas (10 a 20 m), pero llevan asociados a su base una rasa de abrasión bien desarrollada. Afectan igualmente al sustrato mioceno y a la serie sedimentaria transgresiva posterior.

4.3.2.1.3. Tómbolo

El único caso de construcción litoral de este tipo en toda la costa de Fuerteventura se da en esta hoja. Corresponde al Islote de Cofete, situado en el extremo E. de la Playa de Cofete o en el Oeste. de la Playa de Barlovento de Jandía. Su origen se debe, por una parte, a los aportes masivos de materiales producidos por los deslizamientos desde la parte trasera de la playa y, por otra, a la existencia del obstáculo que al movimiento de las olas supone el tal islote, que está constituido por un material masivo (intrusión traquítica), más resistente a la erosión.

4.3.2.2. Formas continentales

4.3.2.2.1. Barrancos

Son formas muy bien desarrolladas, sobre todo en el caso de, Vinámar, Butihondo y Gran Valle, que revelan una gran incisión (entre 450-250 m) y presentan vertientes muy verticalizadas, fosilizadas por depósitos de vertiente en su tercio inferior. Los fondos planos, colmatados de derrubios, presentan estructuras muy bien manifestadas "tipo braided".

4.3.2.2.2. Abanicos de piedemonte

Son tal vez la forma mejor desarrollada de toda la hoja, así como la más característica. Se han depositado a la salida de los Barrancos de Songa, Agua Ovejas, Bajada, Valle de los Mosquitos, Escobones, Jorós, Gran Valle. El de menos dimensiones, que corresponde al Valle del Ciervo, que es el de mayor longitud de la hoja. Estos abanicos se hallan fuertemente incididos y degra-

dados tanto por la erosión fluvio-torrencial como por la marina, que produce un retroceso apreciable del frente inicial. En algún caso, las curvas de nivel submarinas parecen prolongar el rasgo continental por debajo del nivel del mar actual.

4.3.2.2.3. Depósitos de gravedad

Relegados a la vertiente N. de la hoja, son el resultado del retroceso de vertiente consecuencia de la socavación marina en la base del escarpe. Las elevadas cotas que se alcanzan en distintos puntos de la divisoria, y que oscilan entre los 807 m de Jandía y los 435 m de Montaña Aguda, justifican sobradamente los grandes desarrollos alcanzados por éstos, y que, para algunos casos al E. de Cofete, pueden llegar a 2 km de desarrollo en la vertical. Conviene, sin embargo, no olvidar que la justificación del gran escarpe que separa las divisorias N. y S. de la isla en esta hoja, debe ser atribuido, con gran probabilidad, a causas tectónicas de edad finimiocena, o a deslizamientos.

4.3.2.3. Formas residuales

Están representadas sobre todo en los interfluvios entre barrancos adyacentes. Parecen corresponder a restos de la superficie inicial finimiocena, aunque en este caso los movimientos tectónicos de hundimiento se unen a la degradación erosiva para desmantelar la hipotética línea de cumbres.

4.3.2.3.1. Glacis erosivo

Sólo se ha cartografiado con este criterio la superficie situada entre la línea de costa y el Pico de Corral Bermejo. Su origen es incierto, aunque por su posición hayan podido intervenir procesos continentales (aluviales y de vertiente) y marinos.

4.4. TOPÓNIMOS CON SIGNIFICADO GEOMORFOLÓGICO

Collado: Degollada del Morro de la Habana, de Huevas Negras, de Munguía, del Culantrillo, de Cofete, del Vizcaino, de Hierba Huerto, del Mal Nombre, de Agua Cabras, de Agua Oveja, del Ciervo.

Residuales planos: Andén de Butihondo, La Tabla de Vinámar.

Residuales agudos: Montaña Aguda.

Residuales cónicos: Morro del Cavadero, Roque del Moro.

Relieves residuales puntuales: Morro de Siete Fuentes, Morro de la Habana, del Jable, del Cavadero, Espigón del Mocho.

Relieves residuales alargados (Cuchillos): Cuchillo del Palo, Cuchillo del Ciervo.

Superficies (de colada, conos torrenciales, etc.) Planas:

—*de colada:* Llano del Cotillo

—*de cono torrencial:* Tablero de Betancores; de Jargey, del Paso de Jorós, de casa de la Señora, del Morro de las Pilas.

5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA

En este apartado se describen las características petrológicas y geoquímicas generales de las distintas formaciones volcánicas representadas en la zona, habiéndose realizado un muestreo sistemático de las mismas, tanto para su estudio petrográfico como geoquímico. Primeramente se describen las características petrológicas de la fase volcánica miocena y de los tramos o episodios que en ellas se han distinguido y, posteriormente, se hace un comentario sobre su comportamiento geoquímico. Está caracterización geoquímica se ha realizado considerando la totalidad de los análisis químicos que de esta fase se dispone en la isla, ya que de esta manera es posible observar mejor el comportamiento geoquímico global que presenta. Asímismo, se han tenido en cuenta, para el comentario geoquímico, las muestras correspondientes al edificio mioceno en el que se halla enclavada la hoja, si bien, en los diagramas se han representado las muestras disponibles pertenecientes a cada uno de los tres edificios miocenos de la isla. En cualquier caso en las representaciones gráficas siempre se resalta con simbología diferente las muestras tomadas en el área cartografiada.

Además de los análisis expresamente realizados para este trabajo, se han incluido también los existentes en la bibliografía. Por ello, algunas diferencias que puedan encontrarse en los contenidos de algunos elementos de rocas similares pueden deberse, en parte, a la diversidad de procedencia de los análisis, principalmente a las técnicas analíticas empleadas, que han cambiado con el paso de los años.

En la Tabla 5.1, aparecen listados todos los análisis de elementos mayores, menores y la norma IPW. La clasificación tipológica de las muestras se ha llevado a cabo mediante el diagrama TAS de clasificación de rocas volcánicas de la IUGS [LE BAS *et al.* (1986a)]. La denominación de las rocas obtenida en dicho diagrama aparece al pie de la tabla, junto con la localización geográfica de las muestras. En algunos casos, por sus elevados contenidos en agua y CO_2, algunas muestras no tienen representación en el diagrama TAS, por lo que puede darse el caso de ausencia de puntos en la proyección.

Tabla 5.1. Fase miocena. Análisis químicos, norma CIPW y parámetros geoquímicos.

MUESTRA	AG-1476	AG-1399	AG-1418	AG-1487	BM-3199	AG-1403	AG-1413	13	12	14
SiO_2	41.80	43.36	43.92	44.28	45.53	45.61	59.66	61.88	62.32	62.65
Al_2O_3	8.32	8.98	10.11	9.31	12.85	12.05	20.70	18.16	18.65	17.65
Fe_2O_3	14.49	13.67	13.66	13.84	12.75	12.72	3.75	2.85	2.35	2.37
FeO								0.47	0.71	0.67
MgO	15.43	14.29	11.34	12.18	7.23	8.78	0.97	0.55	0.59	1.26
CaO	9.65	10.18	10.57	11.00	10.23	10.01	2.58	2.03	1.90	1.90
Na_2O	2.36	2.28	2.61	2.45	4.11	4.25	7.47	7.65	7.84	7.30
K_2O	0.94	1.04	0.96	0.65	1.17	0.96	3.02	3.21	3.33	3.14
MnO	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17	0.16	0.17	0.11	0.14	0.16
TiO_2	4.98	3.86	4.24	3.56	4.15	3.83	0.74	0.68	0.61	0.60
P_2O_5	0,69	0.50	0.62	0.54	0.74	0.61	0.13	0.12	0.11	0.06
H_2O	1.23	1.65	1.60	1.78	1.05	1.02	0.81	1.25	0.84	1.67
Ba	234	186	261	249	299	275	919	12.13	1169	1162
Ce	71	53	61	47	156	118	223			
Cr	518	696	416	516	187	341	37			
La	66	19	56	40	87	65	147			
Nb	58	53	49	51	97	79	168	178	183	170
Ni	479	497	241	380	133	234	10			
Rb	20	18	18	13	25	18	80	98	104	72
Sr	629	526	588	578	910	883	696	748	634	589
V	289	288	299	261	322	277	33			
Y	22	27	22	21	39	34	40	55	43	39
Zr	390	274	353	285	392	350	711	842	889	855
Th					<20	<20	24			
Q		<20						0.53		3.05
Or	5.56	6.15	5.67	3.84	6.91	5.67	17.85	18.97	19.68	18.56
Ab	10.18	11.36	15.72	15.98	20.04	19.31	58.59	65.58	66.34	61.77
An	9.33	11.20	13.04	12.40	13.16	10.97	11.95	5.28	5.86	6.12
Ne	5.30	4.30	3.45	2.58	7.98	9.02	2.51			
Ac										
Ns										
Di	27.16	28.86	28.42	31.04	26.59	28.05		2.96	2.27	2.16
Hy										
Wo								0.12		
Ol	25.81	23.80	18.24	19.83	18.75	13.38	4.69		0.16	
He								2.85	1.68	1.72
Mt	3.20	3.03	3.02	3.06	2.81	2.81	0.83		0.98	0.94
Il	9.46	7.33	8.05	6.76	7.88	7.27	1.41	1.23	1.16	1.14
Ru								0.03		
En									0.19	2.14
Ap	1.60	1.16	1.44	1.25	1.71	1.41	0.30	0.28	0.26	0.21
C							0.76			
ID	21.04	21.81	24.84	22.39	34.94	34.01	78.94	85.08	86.02	83.38
FEMG	0.17	0.20	0.22	0.23	0.29	0.26	0.55	0.89	0.88	0.87
IP	0.59	0.54	0.53	0.51	0.62	0.67	0.75			

AG-1476 Basanita. Dique en la ladera de Valluelos, cota 225 m. (MAGNA).
AG-1399 Basanita. Dique en el extremo sur del cuchillo del Ciervo, Los Atolladeros, cota 50 m. (MAGNA)1
AG-1418 Basalto alcalino. Colada "intracanyon" sur de la Degollada de Agua Ovejas 130 m. (MAGNA)
AG-1487 Basalto alcalino. Colada en lo alto del pico de la Zarza, cota 807 m. (MAGNA)
BM-3199 Hawaiita. Colada en la Tabla de Vinámar, cota 310 m. (MAGNA)1
AG-1403 Hawaiita. Sill en la ladera O de La Solana del Ciervo, cota 250m. (MAGNA)
AG-1413 Traquita. Dique de la intrusión del Cuchillo del Palo, cota 250 m, (MAGNA)
13 Traquita. Intrusión de Cuchillo del Palo, zona central, [CUBAS *et al.* (1988-89)].
12 Traquita. Intrusión de Cuchillo del Palo, [CUBAS *et al.* (1988-89)].
14 Traquita. Intrusión de Cuchillo del Palo, dique zona sur [CUBAS *et al.* (1988-89)].

Tabla 5.1. Fase miocena.(Continuación)

MUESTRA	9	11	8	10	17	16	15	79215
SiO_2	68.45	69.32	69.52	70.42	65.20	65.96	66.74	67.00
Al_2O_3	14.43	15.69	14.77	12.30	16.21	16.86	16.34	15.97
Fe_2O_3	2.76	1.55	2.70	3.36	3.33	1.67	1.73	1.47
FeO	0.14	0.26	0.16	0.45	0.15	0.69	0.82	1.33
MgO	0.27	1.01			0.33	0.07	0.13	0.10
CaO	0.41	0.53	0.16	0.13	0.32	0.35	0.35	0.70
Na_2O	6.53	5.70	7.19	6.32	8.14	7.85	7.65	7.38
K_2O	4.93	4.24	4.59	3.96	4.45	3.96	4.37	4.76
MnO	0.28	0.12	0.32	0.24	0.20	0.10	0.13	0.17
TiO_2	0.26	0.25	0.25	0.29	0.22	0.26	0.23	0.10
P_2O_5	0.04	0.15	0.04	0.07	0.15	0.17	0.16	0.10
H_2O	0.60	1.86	0.60	2.03	0.71	1.02	0.71	0.66
Ba	281	222	324	211	529	698	617	
Nb	524	350	572	621	195	193	208	
Rb	173	156	170	146	155	111	109	
Sr	83	44	48	34	35	53	46	
Y	67	41	79	158	52	52	50	
Zr	1110	555	13.79	3345	932	1014	1045	
Q	12.67	17.51	12.72	21.32	2.48	5.24	5.76	6.53
Or	29.13	25.06	27.12	23.40	26.30	23.40	25.82	28.13
Ab	46.78	48.26	50.42	41.22	58.61	64.68	59.72	55.65
An		1.75						
Ac	7.47		7.81	9.72	9.05	1.54	4.40	1.30
Ns								1.24
Di	1.39		0.49	0.21	0.55	0.53	0.69	2.49
Hy								
He		1.20						3.22
Mt	0.26	0.51				1.65	0.29	
Il	0.49	0.47	0.47	0.55	0.42	0.49	0.44	0.19
Na_2SiO_3			0.36	0.28				
En	0.16	2.57			0.59		0.25	
Fs	0.05		0.21	0.68	0.08		0.92	
Ap	0.12	0.36	0.09	0.17	0.36	0.40	0.38	0.23
ID	88.58	90.80	90.26	85.94	87.38	93.32	91.30	90.31
IP	1.44	0.89	1.14	1.19	1.12	1.02	1.06	1.08

9 Traquita. Intrusión de El Islote de Cofete. [CUBAS *et al.* (1988-89)].
11 Riolita. Afloramiento intrusivo de la playa de Cofete, próximo a Roque del Moro. [CUBAS *et al.* (1988-89)].
8 Intrusión de El Islote de Cofete. [CUBAS *et al.* (1988-89)].
10 Riolita. Canto en la toba de Cofete, casa de Agua Melianes. [CUBAS *et al.* (1988-89)].
17 Traquita. Montaña Azufrá, anillo externo. [CUBAS *et al.* (1988-89)].
15 Traquita. Montaña Azufrá, zona central del domo. [CUBAS *et al.* (1988-89)].
79215 Traquita. Dique en la Degollada de Agua Cabras, asociado a Montaña Azufrá. [FUSTER *et al.* (1968)].

5.1. FASE MIOCENA. PETROLOGÍA

5.1.1. Tramo inferior

5.1.1.1. Coladas y piroclastos basálticos olivínico-piroxénicos

Como sucede de manera general no sólo en el edificio Jandía sino en el conjunto de la isla, el tramo inferior suele mostrar una composición muy homogénea estando representado fundamentalmente por coladas basálticas de tipo olivínico-piroxénicas. Además, se encuentra escasamente representado y muestreado en el conjunto de la hoja

Son rocas de textura porfídica con presencia simultánea de microfenocristales de augita y olivino. El clinopiroxeno, entre idiomorfo y subidiomorfo, aparece generalmente microzonado y pudiendo presentar tanto maclas simples como zonado en reloj de arena. En ocasiones, aparecen bordes rosados de composición titanoaugítica o, más raramente, núcleos acmíticos. El olivino igualmente idiomorfo aparece en forma de cristales generalmente idiomorfos, mostrando procesos de alteración de tipo iddingsítico más bien moderados. Este presenta generalmente procesos de corrosión con aparición de golfos o presentando aspectos esquelético.

La matriz es, por lo general, de grano fino, estando compuesta por plagioclasa microlítica maclada polisintéticamente, augita y opacos granulares dispersos. Se han encontrado agregados vítreos de color pardo-marronáceo rellenando microvesículas, así como carbonato tardío de carácter intersticial.

La muestra BM-3224 es algo particular. Corresponde a una toba-brecha de un cono freatomagmático al norte de las Casas de Joros. Está compuesta por fragmentos vitrofídicos en los que sólo destacan fenocristales de anfíbol marrón zonado. La matriz es un vidrio total. En algún pequeño fragmento, se observa una composición de basalto piroxénico con una matriz plagioclásica, algo más cristalina que la de los basaltos anfibólicos.

La composición de los episodios explosivos de este mismo tramo, bombas y brechas, es similar a las coladas, de las cuales se diferencian exclusivamente por un tamaño menor de los fenocristales y por el escaso grado de cristalización de la matriz, por lo general oscura y de difícil identificación, y en la cual no resulta siempre evidente la presencia de feldespato.

5.1.1.2. Intrusiones traquíticas y tobas sálicas

Se trata de traquitas muy leucocráticas con escasa presencia de minerales ferromagnesianos. Son rocas de textura porfídica compuestas por esporádicos microfenocristales idiomorfos de feldespato alcalino de tipo anortoclasa presentando extinción ondulante, en una matriz fluidal con abundantes microlitos de feldespato alcalino orientados. Como minerales máficos hay tanto biotita tabular con pleocroismo intenso y colores pardos muy oscuros, en el caso de las tra-

quitas biotíticas, como aegirina más frecuente, presentándose por lo general rameada y con colores verde botella muy intensos, en el caso de las traquitas piroxénicas.

De manera análoga, en ambos casos, se encuentran frecuentemente cuarzo intersticial de cristalización tardía, de escaso tamaño y, generalmente, con extinción ondulante, así como opacos poco abundantes y diseminados aleatoriamente por la matriz.

Como otros accesorios, y siempre en cantidades mínimas, aparecen cristales de zircón de tendencia idiomorfa.

Las tobas encontradas en Cofete presentan un grado de cristalinidad muy escaso, en realidad practicamente nulo, estando formadas por fragmentos criptocristalinos muy oscuros sin individualización clara de minerales, si se exceptúan mínimos cristales de augita y plagioclasa. La matriz pseudovítrea tampoco muestra cristales bien desarrollados, presentando escaso carbonato empastando los fragmentos.

CUBAS et al (1988-89) han muestreado algunos fragmentos del afloramiento de tobas y brechas existente al E del Islote de Cofete, en las proximidades de Casa de Agua Melianes. Petrográficamente, estos fragmentos son muy similares a la cuarzo-traquita de El Islote, si bien, se diferencian en la textura, siendo en ambos casos porfídica pero con fenocristales más escasos en la muestra del nivel de tobas.

5.1.1.3. Diques

En el dominio de Jandía, el conjunto de diques básicos que están relacionados con las coladas del edificio subaéreo mioceno, son generalmente de composición basáltica. Solamente, de manera muy esporádica, aparecen diques basanítico-nefeliníticos que parecen estar relacionados con los episodios póstumos de la región. Una situación similar se produce en el edificio basáltico de Gran Tarajal.

Los tipos basálticos mejor representados son:

— Basaltos olivínicos
— Basaltos olivínico-piroxénicos
— Basaltos olivínico piroxénico-plagioclásicos
— Basaltos piroxénicos
— Basaltos plagioclásicos
— Basaltos anfibólicos

De todos ellos, los que se presentan con más frecuencia en toda la extensión del estratovolcán son los tres primeros.

En esta hoja de Cofete-Morro del Jable, después de un muestreo selectivo, se han distinguido los siguientes tipos petrográficos: basaltos olivínicos; basaltos olivínico-piroxénicos, basaltos olivínico-piroxénico-plagioclásicos; basaltos plagioclásicos; basaltos anfibolícos y basanitas.

*Basaltos olivínicos***.** Son de textura porfídica microcristalina, con frecuentes fenocristales subidiomorfos y alotriomorfos de olivino bastante fresco. Sólo, de manera accesoria, hay algún fenocristal de augita microzonada. En la matriz destacan microlitos de plagioclasa (a veces no muy abundantes y con carácter intersticial difuso), augita, opacos granulares dispersos y cantidades menores de olivino.

Basaltos olivínico-piroxénicos. Son siempre de textura porfídica con matriz variable en su grado de cristalinidad (desde hialopilítica a microcristalina) y fluidez. Los fenocristales son de olivino idiomorfo-subidiomorfo (con distintos grados de iddingsitización o serpentinización, indistintamente) y augita idiomorfa microzonada.

En la matriz destacan microlitos de plagioclasa (a veces cristalizando intersticialmente de manera difusa), augita, opacos granulares dispersos, o aciculares de tipo esquelético muy llamativos en la muestra AG-1428, y, de manera accesoria, algún olivino.

En ocasiones aparecen fenómenos de carbonatación secundaria

Basaltos olivíníco-piroxénico-pagioclásicos. De alguna manera son variaciones de los tipos anteriores, en los que aparecen además como fenocristal, listones grandes de plagioclasa. El olivino y piroxeno (augita) presentan iguales características.

La matriz está compuesta por microlitos de plagioclasa, cristales de augita, opacos granulares dispersos y, escasamente, olivinos.

Basaltos plagioclásicos. No son muchos los diques con esta composición, posiblemente, porque tampoco son excesivas las coladas plagioclásicas en el dominio de Jandía.

Tienen una textura porfídica fluidal con muchos fenocristales alargados de plagioclasa (a veces en glomérulos) y, menos abundantes, de olivino idiomorfo-subidiomorfo y augita microzonada, también con hábito idiomorfo. Estos fenocristales de augita tienen un contenido en Ti algo mayor que en el resto de los otros diques basálticos.

La matriz es rica en microlitos de plagioclasa, augita, opacos granulares dispersos (también con hábitos aciculares), y olivinos en cantidades menores.

Basaltos anfibólicos. Son diques con una composición petrográfica llamativa, pues presentan cierta similitud con las lavas basálticas anfibólicas del edificio Talahijas y, por tanto, dada también su proximidad relativa a él, pueden representar "salideros" de dichas lavas. Están representados por las muestras AG-1457 y AG-1478. Son rocas de textura porfídica en la que destacan prismas idiomorfos de anfíbol marrón totalmente reabsorbidos que se encuentran seudomorfizados a un mosaico microcristalino de opacos y piroxenos. En una de las muestras, la

cantidad de anfíbol es menor y está poco reabsorbido, lo que supone una cierta variación. Otros fenocristales menos abundantes (a veces escasos) son de olivino idiomorfo-subidiomorfo y de augita microzonada con núcleo acmítico (característica ésta sólo presente en este tipo de diques basálticos).

La matriz está formada por microlitos de plagioclasa, augita, opacos granulares dispersos y, en menor cantidad, olivino.

Basanitas. Las muestras AG-1411 y AG-1476 son diques de aspecto tardío, y ambas muestran una composición exclusiva olivínico-piroxénica (las llamadas clásicamente limburgitas) que geoquímicamente se definen como basanitas (ver tabla de análisis).

Tienen una textura porfídica con fenocristales sólo de olivino idiomorfo-subidiomorfo bastante fresco, dentro de una matriz bastante cristalizada con gran abundancia de augitas, opacos granulares (algunos también aciculares-esqueléticos) y, puntualmente, intersticios de vidrio.

Este es un tipo de dique bastante escaso y puede representar la extrusión de un episodio más alcalino, al final del período de construcción principal del edificio basáltico mioceno, en relación con las emisiones de lo que se ha denominado aquí como Episodios tardíos (epígrafe 2.1.4.).

5.1.2.. Tramo medio-superior

5.1.2.1. Coladas basálticas olivínico-piroxénicas, olivínicas y plagioclásicas; piroclastos basálticos.

Si a nivel de campo resulta generalmente evidente la individualización del tramo inferior, no lo es tanto la del medio respecto del superior, apareciendo coladas de muy difícil asignación a uno u otro tramo, por lo que se tratan conjuntamente como medio y superior.

Dichos tramos presentan, como características diferenciadoras más evidentes, una mayor diversidad petrográfica que el anteriormente descrito.

Se continúan emitiendo, y de manera muy abundante, coladas basálticas olivínico-piroxénicas, con proporciones de una y otra, variables, y con características idénticas a las del tramo anterior; pero además, aparecen ahora, frecuentes basaltos plagioclásicos caracterizados por la presencia de microfenocristales de plagioclasa de hábito tabular, maclados polisintéticamente, por lo general inalterados o escasamente alterados a productos sericítico-arcillosos. Dichas plagioclasas aparecen tanto de manera aislada como formando glomérulos de aspecto radial. Acompañando a las plagioclasas hay augitas de tendencia idiomorfa y, generalmente en menores cantidades, olivino con grados de alteración variables.

La matriz, por lo general, no difiere sustancialmente de la encontrada en los basaltos olivínico-piroxénicos.

Otro grupo relativamente abundante lo constituyen los traquibasaltos y basaltos afaníticos. Son rocas sin apenas fenocristales, generalmente presentando matrices con tendencia fluidal, constituidas por microlitos orientados de plagioclasa maclada polisintéticamente, augita y opacos granulares dispersos. El olivino puede aparecer iddingsitizado en los basaltos o estar totalmente ausente, caso de los traquibasaltos. De manera accesoria aparece anfíbol tabular de pleocroismo marrón intenso con seudomorfización más o menos acusada a opacos granulares, preferentemente en bordes de los cristales.

Muy parecidas a las rocas anteriores aparecen esporádicos basaltos piroxénicos que se diferencian por la presencia de algún fenocristal de augita generalmente microzonados y con bordes titanados.

Como episodios explosivos se ha encontrado algún ejemplar de bomba basáltica olivínica. Son rocas por lo general de escaso grado de cristalinidad con matrices entre criptocristalinas e hialopilíticas, en las que destacan microlitos de plagioclasa marcando ligeramente flujo y esporádicos olivinos, por lo general totalmente iddingsitizados, con abundantes golfos de corrosión y aspecto esquéletico.

En ocasiones puede aparecer en cantidad escasa, anfíbol tabular de pleocroismo marrón.

Igualmente aparecen rocas tobáceas de composición sálica compuestas por fragmentos grisáceos de composición diversa, pudiendo aparecer pómez, junto con cristales individuales de anortoclasa, augita y augita-aegirínica, biotita y plagioclasa tabular.

5.1.2.2. Coladas y piroclastos basálticos anfibólicos del Edificio Talahijas.

Constituye una formación un tanto particular dentro del conjunto del tramo medio superior. Petrográficamente se caracteriza por la abundancia de anfíbol y la escasez o ausencia total de olivino. Se han encontrado rocas de textura porfídica y composición entre basáltica y traquibasáltica, con presencia de microfenocristales de augita con núcleos ligeramente acmíticos junto con abundante anfíbol de pleocroismo marrón oscuro, presentando fenómenos de reabsorción, en ocasiones generalizados. La plagioclasa es siempre mucho menos abundante, apareciendo como cristales fragmentados. El olivino suele ser prácticamente accesorio, cuando aparece.

La matriz presenta plagioclasa microlítica maclada polisintéticamente, augita y opacos granulares dispersos junto con biotita de escasa nucleación y apatito prismático con núcleos anubarrados. El olivino aparece esporádicamente en las muestras más basálticas y se hace inexistente en las de mayor tendencia traquibasáltica.

5.1.3. Tramo superior

5.1.3.1. Coladas basálticas olivínicas y olivínico-piroxénicas; piroclastos basálticos.; intrusiones básicas

Como pertenecientes de manera inequívoca al tramo superior aparecen las coladas próximas al Pico de la Zarza, de naturaleza basáltica olivínico piroxénica y sin características diferenciadoras. Asimismo, aparecen un conjunto de intrusiones básicas que por lo general, son rocas ya descritas anteriormente si bien presentan ciertas tendencias individualizadas como son la mayor presencia de olivino respecto al piroxeno, en el caso de las intrusiones olivínico-piroxénicas, llegándose incluso a basaltos puramente olivínicos únicamente, constituyendo este grupo la gran mayoría de las muestras pertenecientes alos intrusivos.

Por lo demás aparecen algunos basaltos plagioclásicos afaníticos, en todo similares a los vistos en el conjunto del tramo medio-superior.

5.1.3.2. Intrusión sálica del Cuchillo del Palo

Se trata de una intrusión de naturaleza traquítica (según los datos geoquímicos) caracterizada por su textura porfídica en matriz traquítica y formada por fenocristales de anortosa generalmente subidiomorfa y presentando tanto maclas de tipo Karlsbad como enrejadas más bien difusas, junto con clinopiroxeno de tipo augita egirínica, con su característica tonalidad verdosa, y cierta tendencia a formar glomérulos cristalinos, en parte radiales. Más escasa resulta la presencia de aenigmatita de color marrón rojizo en forma de fenocristales mostrando fenómenos de reabsorción en sus bordes.

La matriz consta de abundante albita microlítica, clinopiroxeno y opacos granulares dispersos junto con escasos feldespatoides del tipo sodalita-haüyna en típicos cristales idiomorfos hexagonales. Esta presencia modal de feldespatoides podría permitir denominar a la roca como traquifonolita.

5.1.4. Episodios tardíos

5.1.4.1. Coladas de basaltos, basanitas y nefelinitas

Las coladas muestreadas presentan una gran homogeneidad tanto textural como mineralógicamente. Se trata de rocas basálticas de composición olivínica u olivínico-piroxénica caracterizadas por la presencia simultánea de fenocristales de augita, entre subidiomorfa e idiomorfa con núcleos acmíticos, y olivino subidiomorfo con alteración parcial a serpentina o iddingsita. Hay también esporádicos xenocristales de olivino con extinción ondulante, de posible disgregación de enclaves dunítico-peridotíticos. Las matrices son seriadas o pilotáxicas con plagioclasa microlítica, augita y opacos granulares dispersos. En ocasiones aparece biotita intersticial de nucleación incipiente.

También existen algunas coladas de composición basanítica, caracterizadas por la presencia de fenocristales de augita y olivino en una matriz constituida casi exclusivamente por cristalitos de piroxeno y escasa plagioclasa, de tipo intersticial. Tipos nefeliníticos no se han muestreado, pero según E. ANCOCHEA (com. pers.) existen algunas coladas de esta composición en el extremo noroccidental de la Península de Jandía.

5.2. FASE MIOCENA. GEOQUIMÍCA

Se dispone de quince análisis químicos de rocas de esta fase volcánica, seis de ellos pertenecientes a los episodios lávicos basálticos y el resto, son materiales traquíticos intrusivos que los atraviesan.

Considerando primeramente los materiales básicos, se observa en la Tabla III, que las tipologías presentes son, por un lado basaltos alcalinos y, por otro, dos basanitas, y dos hawaitas según la clasificación del diagrama TAS (Fig. 5.1). Esta clasificación coincide perfectamente con lo observado en el estudio petrográfico de las muestras correspondientes. En el resto del edificio Jandía; aparecen, asímismo, términos similares, incluyendo algunos traquibasaltos, por lo que los análisis reflejan bien la variedad composicional existente en el conjunto básico del edificio.

Los tipos litológicos encontrados corresponden en su mayoría a rocas basálticas y traquibasálticas, como ocurre con las muestras estudiadas petrográficamente. El resto de las muestras corresponden a términos de una serie alcalina como son: tefritas y basanitas, mugearitas y benmoreitas (muy escasas) y traquitas e incluso alguna riolita.

Las rocas básicas muestran valores bajos de SiO_2 (entre 42 y 49%), también bajos de Al_2O_3 y altos de CaO y MgO. En general son rocas poco diferenciadas, subsaturadas, como lo demuestra la presencia de nefelina normativa y con un grado de alcalinidad moderado. Sus contenidos elementales, tanto de elementos mayores como menores, se encuentran dentro de los márgenes de variaciones de estas rocas. En la norma se caracterizan por el alto contenido en apatito, ilmenita y magnetita, más o menos alto en anortita, y por tener un grado de subsaturación más o menos importante, con presencia de olivino y/o nefelina. Son rocas muy poco diferenciadas y con un índice de peralcalinidad muy bajo. Destaca el contenido elevado de TiO_2, reflejado, asímismo, en la norma, por la presencia de cantidades importantes de ilmenita, (ya citada).

Las rocas sálicas intrusivas que atraviesan los materiales basálticos corresponden a los domos de Montaña Azufrá, islote de Cofete, Cuchillo del Palo, y al afloramiento próximo al Roque del Moro. En todos los casos se clasifican como traquitas y riolitas peralcalinas (Fig. 5.1), Tabla III (cont.).

Geoquímicamente no presentan diferencias significativas entre unos y otros, tratándose de rocas muy diferenciadas, con valores de SiO2 superiores al 60%, e índices de diferenciación también altos. Tienen carácter saturado, con cantidades elevadas de cuarzo normativo, que oscilan entre 2 y 21,32% en peso. En este sentido destacan, por sus mayores contenidos el afloramiento próximo a Roque del Moro y el fragmento de toba de Agua Melianes, que hace que en

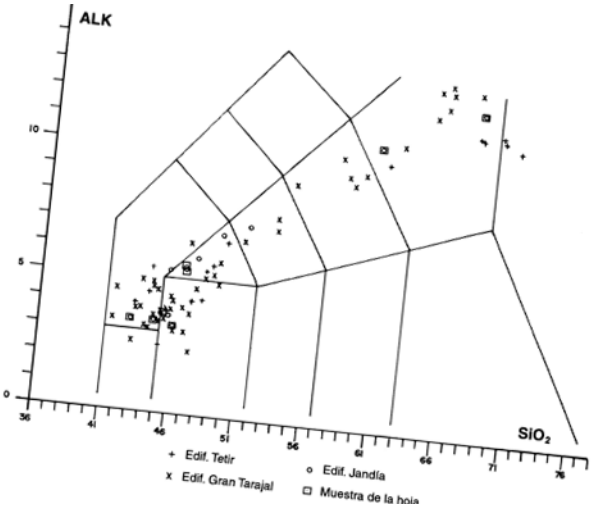


Fig. 5.1. Diagrama TAS de la Fase miocena.

ambos casos se trate de términos riolíticos. El carácter fuertemente alcalino queda, asímismo, reflejado por la presencia de acmita normativa, llamando la atención su ausencia en la muestra del afloramiento próximo a Roque del Moro. La intrusión sálica de Cuchilo de Palo tiene un valor muy elevado de "sodio".

Con respecto a las intrusiones sálicas que atraviesan los materiales basálticos de la Fase miocena en otras zonas de la isla, las de Jandía constituyen los términos más alcalinos, CUBAS et al. (1988-89).

En los diagramas de variación óxidos /SiO_2, Fig. 5.2, se observa una secuencia progresiva de diferenciación fraccionada, situándose los tipos sálicos intrusivos en el extremo de mayor diferenciación. Con respecto a la Fase miocena del resto de la isla, la pauta es idéntica a la que ocurre en Jandía, si bien cabe señalar, la existencia de términos más alcalinos en este edificio.

En el diagrama AFM, Fig. 5.3, la evolución magmática reflejada por estas emisiones de la Fase miocena concuerda con la propia de series alcalinas de islas oceánicas.

5.3. FORMACIONES SEDIMENTARIAS PLIOCENAS Y CUATERNARIAS. PETROLOGÍA

Estas unidades están representadas tanto por rocas carbonatadas de tipo calizas como por rocas detríticas con cemento carbonático más o menos abundante. Los caliches o rocas carbonatadas propiamente dicho son bastante heterogéneos presentando abundantes variaciones

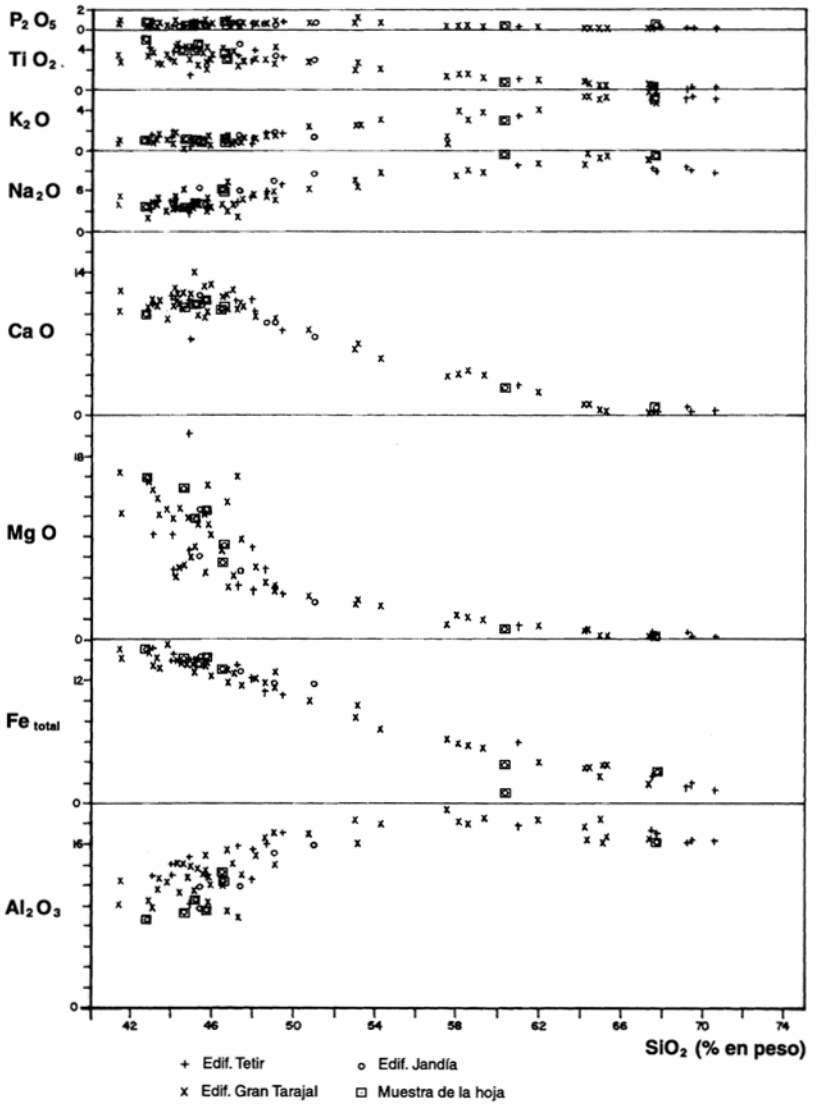


Fig. 5.2. Diagrama binario de variación de elementos mayores de la Fase miocena.

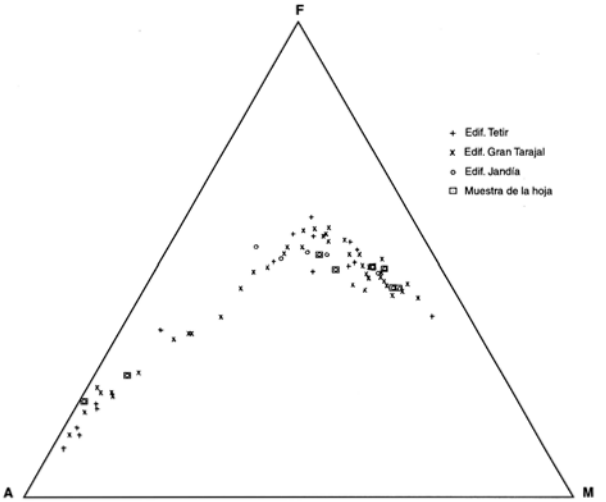


Fig. 5.3. Diagrama AFM de la Fase miocena.

texturales en una misma roca. Por lo general presentan abundantes intraclastos de naturaleza diversa apareciendo fragmentos de rocas de tipo basáltico, cristales sueltos de augita, olivino, biotitas, plagioclasas así como restos fósiles, en ocasiones fragmentados. El cemento carbonatado varía desde tamaños esparíticos a ligeramente micríticos, si bien predominan claramente los primeros.

Las rasas por el contrario están formadas por rocas de carácter detrítico con más de un 80% de fragmentos de rocas de tamaño arena, por lo general bastante redondeados (índices de redondeamiento variando entre 0,3 y 0,7) y con tamaños relativamente homogéneos, junto con cristales aislados de augita, plagioclasa biotita y, más raramente, olivino y abundante restos fósiles carbonatados generalmente escasamente fragmentado. Todo ello se halla cementado por caliza de tipo esporádica.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

La isla de Fuerteventura forma, con la de Lanzarote, un dominio común alargado según una dirección N35º-40ºE que se levanta sobre un fondo marino profundo de unos 3.000 m de profundidad, en la zona occidental, y de unos 1.500 m en el borde africano.

La diferencia fundamental entre ambas islas es la existencia, en Fuerteventura, de materiales sedimentarios de fondo oceánico, aflorando en superficie. Este conjunto de materiales sedimentarios, volcánicos submarinos y plutónicos se conocen como Complejo Basal. El emplazamiento en superficie de este complejo obedece a causas tectónicas que debieron producirse

en el Mioceno inferior, si bien, no está del todo claro el momento exacto de este emplazamiento. Estos materiales no llegan a aflorar en el dominio de Jandía, quedando sus últimos afloramientos al norte del Istmo de la Pared. Sin embargo, la densa red de diques de dirección NNE-SSO que atraviesa a los materiales del Complejo Basal parece que se prolonga en parte, hacia el sur y, en cierto modo, puede condicionar la morfología costera del istmo de la Pared. Estos diques sólo aparecen atravesando a los materiales del tramo inferior de la Fase miocena.

Las primeras manifestaciones volcánicas subaéreas de la Península de Jandía se caracterizan por la existencia de episodios estrombolianos e hidromagmáticos, que dado su elevado grado de alteración, no han podido ser datados. En esta época (anterior a 17,2 m.a.) se formaron numerosos edificios piroclásticos, en general puntuales, que se alinean según las directrices estructurales NE-SO. Este hecho es más patente al realizar un mosaico con las tres hojas E. 1:25.000 que constituyen la Península de Jandía. Además, en las etapas finales de este tramo inferior tienen lugar numerosas intrusiones traquíticas y, en menor medida, basálticas, que en algunos casos, llegaron a presentar fases explosivas con el consiguiente desarrollo de tobas y brechas que marcan el techo del tramo inferior. Estas intrusiones sálicas parecen comenzar a marcar un cambio en la orientación estructural, ya que se alinean según la dirección N60ºE.

A lo largo de la evolución y desarrollo del edificio mioceno de Jandía se produjeron algunos episodios erosivos que alternan con los constructivos. El más importante se produjo hacia los 17 m.a. que queda reflejado como una discordancia erosiva que permite delimitar el tramo inferior del tramo medio-superior.

En las siguientes etapas, se emiten el tramo medio y superior que están constituidos por un monótono apilamiento lávico con pocas intercalaciones piroclásticas. Se trata, por tanto, de emisiones efusivas que comienzan a construir propiamente el edificio estratovolcánico de Jandía el cual según las dataciones del MAGNA (en este proyecto) [FERAUD *et al.* (1985) y COELLO et al. (1992)], se produjo entre 17,2-14,5 m.a.

En los últimos estadios del tramo superior tiene lugar la intrusión del dique-domo del Cuchillo del Palo, datado por COELLO *et al.* (*op. cit.*) en 15,2 m.a. Las dataciones llevadas a cabo en intrusiones sálicas siempre pueden presentar problemas, por lo cual se considera que esta última datación debería dar un resultado más joven, ya que las coladas del techo del apilamiento de este edificio han sido datadas por estos mismos autores, en el Pico de la Zarza, en 14,9 m.a.

Los últimos eventos volcánicos de la Fase miocena en este sector de Jandía tienen lugar en el extremo NO. de la Península de Jandía y se caracterizan por su composición basanítica y ocasionalmente nefelinítica. Sólo se dispone de la datación realizada en este trabajo (MAGNA) que indica una edad de 14,5 m.a.

Desde el Mioceno medio hasta la actualidad se desarrolla un amplio período erosivo que provoca el encajamiento de la red de drenaje y el retroceso de los acantilados de barlovento, motivado fundamentalmente por procesos de deslizamientos, según se observa en el sector norte de la hoja. Además, durante el Plioceno, se labra una extensa plataforma de abrasión, que se extiende a lo largo de toda la costa sur desde Punta Salinas hasta Morro Jable. Hoy en día, esta

rasa marina pliocena se sitúa a unos 8-10 m sobre el nivel del mar, en todo el sector citado, salvo en la zona de Morro Jable que aparece a unos 30 m de altura. Esto indica que, aparte de los movimientos eustáticos existentes en la isla, hay una cierta actividad neotectónica. Por otra parte, en el sector occidental, desde Tostón hasta la Península de Jandía, esta rasa marina pliocena se sitúa a unos 40 m por encima del nivel del mar. En esta zona sólo es visible en el sector centro-occidental de la misma, ya que en el sector oriental, debido a los depósitos de deslizamientos, estos depósitos marinos debieron quedar erosionados y/o sepultados. Coincidiendo con éstas épocas pliocenas se instala en la isla un régimen de vientos de componente NNE-SSO. que favorece el desarrollo de grandes campos de dunas. En esta hoja, estos depósitos aparecen intercalados con los depósitos de deslizamientos gravitacionales, lo cual indica la antigüedad de los deslizamientos que originaron el arco de Cofete. Estos movimientos debieron producirse durante varias etapas, ya que se observan depósitos más tardíos que recubren a las arenas eólicas. Además, durante este período erosivo se produce un desmantelamiento de los relieves miocenos, dando lugar a unos potentes depósitos aluviales que se sitúan al pie de estos relieves sobre la plataforma de abrasión pliocena, entre Morro Jable y la Punta de Jandía, a lo largo de toda la vertiente sur.

En el Pleistoceno superior, un clima de aguas más cálidas que las actuales, favorece la llegada a la costa de abundantes especies que dan lugar al nivel marino jandiense. Este nivel aparece, hoy en día, a 1-2 m por encima del nivel del mar, indicando movimientos eustáticos posteriores.

Por último, durante el Holoceno se continua el proceso erosivo, puesto de manifiesto por los potentes depósitos de barranco y de ladera, y además, se removilizan los materiales eólicos, y tienen lugar pequeños movimientos en la vertical, (+1 m) que aparecen reflejados por un cordón litoral de depósitos marinos erbanenses en la playa del Roque del Moro.

7. HIDROGEOLOGIA

Se va a efectuar el estudio de los aspectos hidrológicos e hidrogeológicos más significativos de la hoja, teniendo en cuenta para ellos tanto aspectos generales de la isla como condiciones particulares de dicho área. Para ello, se consideran las observaciones directas, realizadas durante la ejecución de la cartografía, así como el reciente estudio hidrogeológico de la isla realizado por el Instituto Tecnológico GeoMimero de España, [ITGE (1990b)].

7.1. HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Climatología

Los rasgos climáticos de este sector no difieren significativamente de los del resto de la isla, caracterizándose por su clima desértico-cálido, con marcada tendencia a la aridez.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 18 y 25º, llegándose de manera esporádica a los 40ºC en épocas estivales.

La insolación es intensa, variando, según MARZOL (1988), entre 6 y 9,5 horas/día en función de las estaciones, si bien puede ser atenuada por la presencia de abundantes nubes y calimas relativamente frecuentes.

La humedad relativa del aire se hace elevada en proximidad a la costa, sufriendo variaciones acusadas a lo largo del día [MARZOL (*op.cit.*)].

Este área está también afectada, durante la mayor parte del año, por la acción casi constante e intensa del viento de componente N-NE. Su acción, cuando es baja o moderada, contribuye notablemente a rebajar la sensación de calor y hacer más agradable el ambiente.

Pluviometría

El total de lluvias anual en toda la isla es del orden de 183,69 hm^3/año, ITGE (1990b), que distribuido sobre la superficie total, representa una pluviometría anual de 111 l/m^2.

Del total de lluvia caída, sólo una parte queda en el terreno y se resuelve en forma de escorrentía superficial e infiltración subterránea hacia el mar o hacia los acuíferos subterráneos, constituyendo la aportación total neta en el suelo o lluvia útil. Considerando una reserva útil máxima del suelo de 50 mm, se obtienen unos valores de lluvia útil del orden de 12,74 hm^3/año, representando, respectivamente, el 6,93 y 10,4% de la precipitación registrada. La parte correspondiente a escorrentía superficial puede oscilar, para toda la isla, entre 3,26 y 4,89 hm^3/año, es decir, el 25% de la lluvia útil o el 2,66% de la pluviometría total. La fracción que se infiltra hacia el subsuelo puede variar entre 9,56 y 14,34 hm^3/año, lo que supone un 75% de las aportaciones netas o el 7,80% de la pluviometría total.

En Canarias, la distribución espacial de las lluvias guarda una estrecha relación con el régimen de vientos alisios, y con el relieve, de manera que en los lugares de mayor altitud, y a barlovento, las precipitaciones aumentan considerablemente. Esto se traduce especialmente en la parte central de la península de Jandía, en la proximidad del pico de la Zarza, donde se alcanzan máximos de pluviosidad por encima de 150 mm/año, como se desprende de ITGE (1990b) (Fig. 7.1).

Dadas las características pluviométricas anteriores, los barrancos y valles de la hoja se hallan secos la mayor parte del año, incluso durante años enteros, produciéndose raramente escorrentía superficial salvo en régimen torrencial, con bruscas avenidas de gran virulencia en períodos de lluvias intensas. Esto suele ser característico de regímenes climáticos semidesérticos, con escasas lluvias y mal repartidas en el espacio y en el tiempo.

Cuencas y cauces principales.

En el ámbito de la hoja de Cofete-Morro del Jable se pueden distinguir dos grandes sistemas hidrográficos (Fig. 7.2).

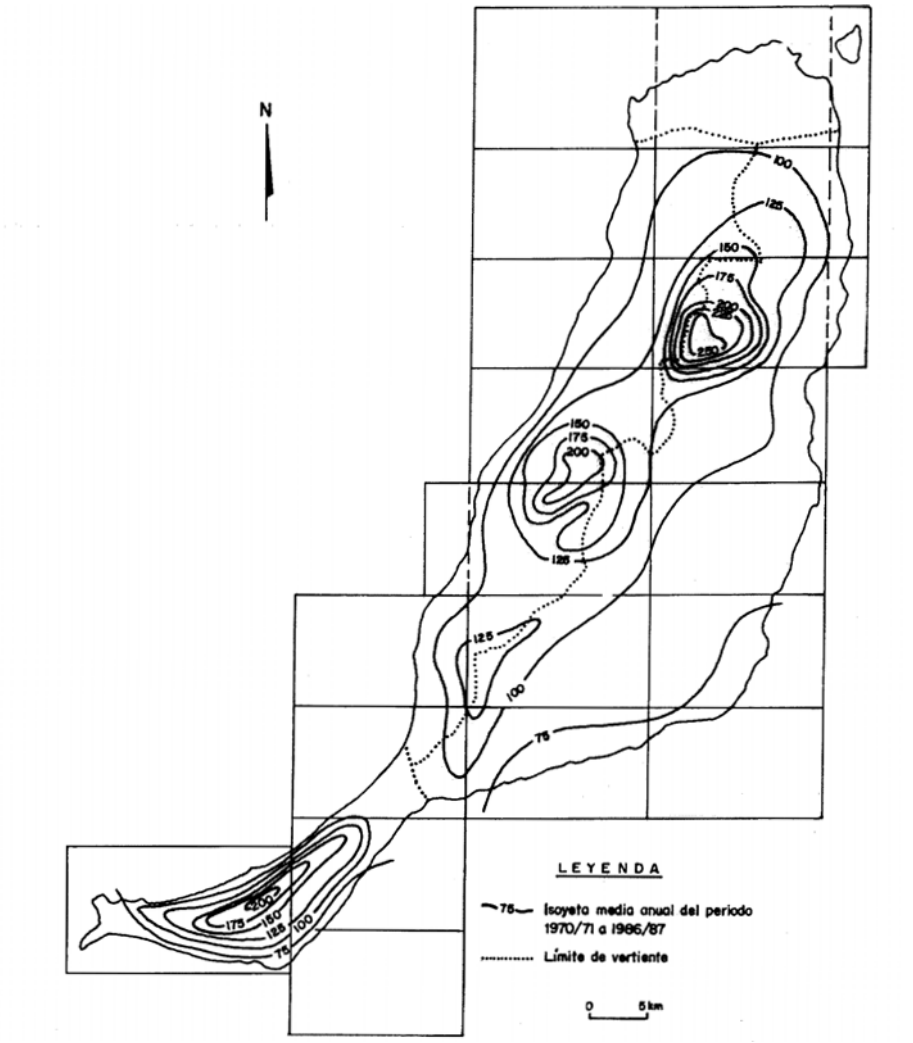


Fig. 7.1. Esquema de isoyetas de la isla de Fuerteventura, según ITGE (1990), con la cuadrícula de hoja topográfica a escala1:25.000.

—La cuenca norte, constituida por una serie de barrancos y manantiales de escaso recorrido y sin apenas tributarios, de orientación S-N, drenando la mayor parte de la extensión del Arco de Cofete, en la cual destaca únicamente el barranco Chupadero de los Cochinos.

—En la cuenca sur, La red hidrográfica de este área está constituida por una serie de valles y barrancos principales de orientación preferente N-S, junto con sus tributarios, generalmente perpendiculares a ellos, formando una red de tipo dendrítico escasamente desarrollada (Fig. 7.2). Dicha red drena las aguas hacia la costa sur de la Península de Jandía. Como principales cursos de agua se encuentran el barranco de Vinámar, que desemboca en la vecina hoja de Punta del Matorral, el Valle del Ciervo, Gran Valle, Valle de Jorós, Valle de los Escobones y el Valle de los Mosquitos, así como los barrancos de la Bajada de Juan Gómez y de Agua Oveja, ambos de menor entidad.

El sistema se halla encajado, a grandes rasgos, en materiales basálticos miocenos y, en menor medida, en materiales sedimentarios plio-cuaternarios.

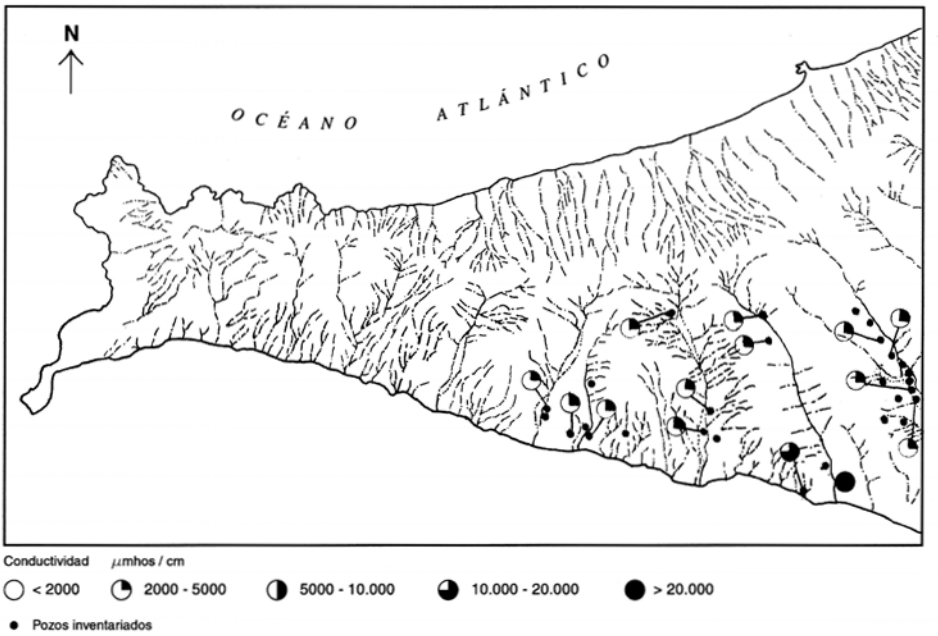


Fig. 7.2. Esquema hidrográfico de la hoja, con la situación de los pozos de agua y los intervalos de conductividades eléctricas medidas en ellos.

No existen obras de regulación de agua superficial reseñables en el área, encontrándose sólo pequeñas balsas o presas de tierra construidas en los cauces de los barrancos, aprovechando desniveles del terreno. La escasa agua embalsada, además de utilizarse directamente en agricultura, permite cierta recarga de los acuíferos subterráneos, debido a las pérdidas por filtración.

Los cauces principales vienen definidos por valles de recorrido intermedio y fondo plano mientras que los barrancos y cauces tributarios suelen presentar mayor pendiente siendo, por lo demás, estrechos y generalmente de corto recorrido.

7.2. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS: NIVELES ACUíFEROS

Las unidades estratigráficas de la hoja vienen definidas en función de criterios litológicos, cronológicos, etc, siendo a su vez, unidades hidrogeológicas. Dentro de ellas, no obstante, aparecen zonas con comportamientos diferentes, variando sus capacidades de almacenamiento y circulación de agua, debido a una serie de factores, como son la fracturación, porosidad, régimen de precipitaciones, topografía, etc. Dichas unidades hidrogeológicas se ajustan al esquema estratigráfico establecido en esta cartografía. En general, la presencia de tramos escoriáceos, la mayor o menor conexión entre vesículas o el diaclasado columnar propio de las partes más internas de las formaciones lávicas, condicionan la mayor o menor permeabilidad por fracturación y/o por porosidad intersticial de los materiales volcánicos. Los tramos impermeables o poco impermeables suelen corresponder a almagres, rocas compactas o sin conexión de vesículas, etc, afectando a la infiltración vertical. Los diques no fisurados, actúan como barreras al movimiento horizontal de las aguas subterráneas y, sin estar fisurados, pueden servir de drenes y vías de circulación preferente.

Por otra parte, los procesos de alteración posterior de los materiales modificarán su comportamiento hidrogeológico inicial.

Dentro del sistema acuífero n.º 82, correspondiente a la isla de Fuerteventura, el ITGE (1990b) define los siguientes acuíferos:

— Uno inferior o basal y de extensión regional. Constituye el acuífero principal y es el más explotado en la actualidad. Está asociado al Complejo Basal y a las formaciones basálticas miocenas. Es de tipo semiconfinado y de baja permeabilidad.

— Otro superficial (intermedio y superior) y de extensión sectorial. Está asociado a las formaciones sedimentarias y volcánicas pliocenas y cuaternarias.

Por lo general, en ambos casos, sus características hidrogeológicas son malas, (poca potencia saturada de agua y mala permeabilidad de los materiales).

Las principales unidades hidrogeológicas establecidas en este área son las siguientes (Fig. 7.3).

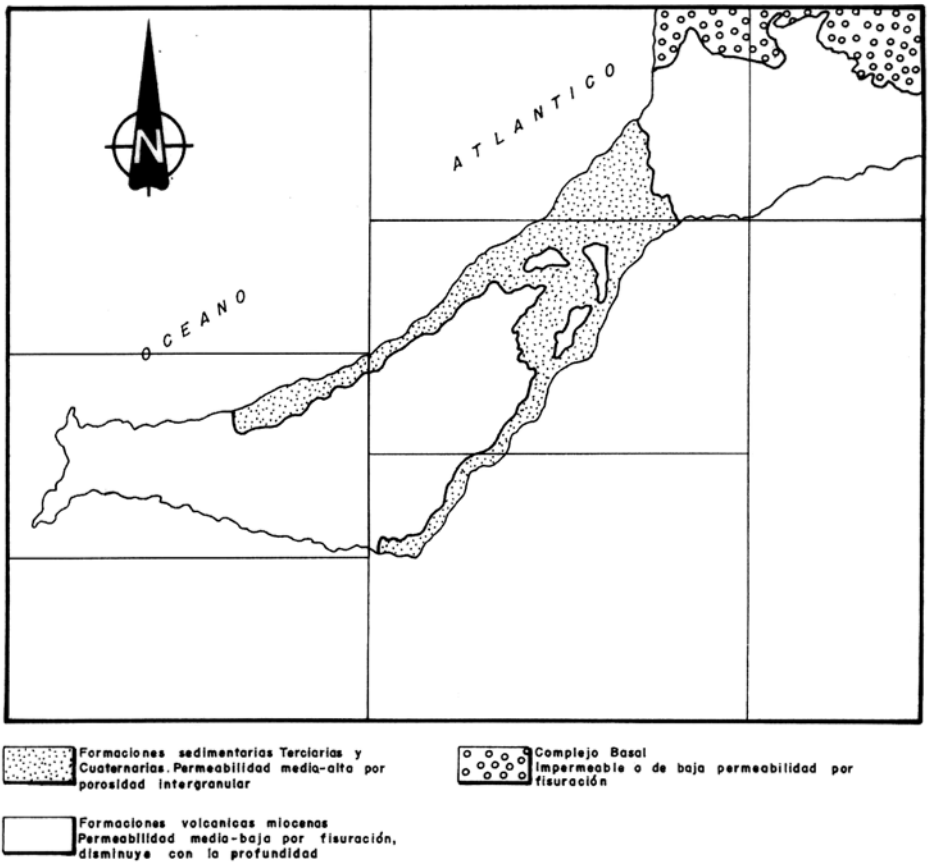


Fig. 7.3. Esquema hidrogeológico simplificado del sector meridional de la isla de Fuerteventura.

7.2.1. Nivel acuífero inferior

Formación basáltica miocena. Constituye el principal nivel acuífero de la hoja, y de él extraen agua la gran mayoría de los pozos emplazados en el área.

En conjunto tiene una permeabilidad entre media y baja, debida fundamentalmente a la fracturación y disyunción columnar de las coladas, a la presencia de niveles escoriáceos y a la escasa porosidad conectada que presenta. Se observa, por lo general, una disminución de la porosidad con la profundidad, debido a la mayor presión de confinamiento, con el consiguiente cie-

rre de fracturas, así como a un mayor grado de alteración, que provoca una fracción arcillosa susceptible de colmatar huecos.

La mayor parte de los pozos de extracción de agua subterránea que existen en la hoja se hallan situados en los principales barrancos cerca de Morro Jable, el principal núcleo habitado de la hoja. La proximidad entre ellos puede afectar a las captaciones en algunos casos, si bien, la baja transmisividad del acuífero disminuye dicha interacción.

El conocimiento de las características hidrodinámicas de este nivel acuífero y de la calidad del agua, se basa en medidas realizadas en ensayos de bombeo y de determinados parámetros tomados en dichas captaciones.

Los datos obtenidos [ITGE (1990)], indican una transmisividad de 6 m^2/día, con un caudal de 5,4 l/seg y una depresión máxima de 17,75 m a los 50 minutos de bombeo. Este valor de la transmisividad contrasta con los 30 m^2/día para el acuífero inferior medidos en otras áreas de la isla. El nivel piezométrico se detectó a los 29 m de profundidad. En cuanto al coeficiente de almacenamiento en otras áreas se sitúa cerca de 10^{-5}, lo que indica el grado de confinamiento del acuífero.

Estos bajos valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento indican que se trata de un acuífero con escasas posibilidades de explotación y con caudales de extracción pequeños.

La calidad del agua en esta formación no es buena, presentando altos contenidos en sales minerales, reflejados en los valores importantes de las conductividades medidas. Las facies se caracterizan por su carácter claramente sódicas.

7.2.2. Nivel acuífero superficial

Formaciones sedimentarias (tramo superior). Comprenden los depósitos de arenas eólicas, depósitos arenoso-arcillosos, depósitos aluviales y coluviales.

La calidad del agua es baja en general, al encontrarse bastante mineralizada. Las conductividades medidas en la zona oscilan entre 2.000 y 20.000 µmhos/cm (Fig. 7.2), siendo los cloruros los principales aniones presentes y el sodio el principal catión. En el diagrama de STIFF se clasifican como aguas de tipo clorurado-sódicos. En cuanto al pH del agua se sitúa entorno a 7,8, indicando cierta tendencia básica. La temperatura media del agua es de unos 25ºC.

7.2.3. Nivel acuífero superficial

Formaciones sedimentarias (tramo superior). Comprenden los depósitos de arenas eólicas, depósitos areno-arcillosos, depósitos aluviales y coluviales, junto con depósitos detríticos de edad pliocena.

Por lo general, poseen condiciones hidrogeológicas adecuadas para constituir acuíferos, dada su buena permeabilidad por porosidad intersticial, si bien, dada su escasa importancia en el área, tienen pocas posibilidades de almacenar agua. Constituyen, sin embargo, áreas de recarga hacia niveles permeables inferiores.

La calidad del agua en la región es variable, si bien, es generalmente bastante baja, con contenido elevado en sales (altas conductividades). El mayor contenido salino de las aguas se debe a los cloruros (Cl^-) y, en menor medida, a los sulfatos ($SO^2_4^-$) siendo el sodio (Na^+) el catión predominante, de ahí su clasificación según STIFF, como de facies clorurado-sódicas. El contenido en CO_2 es bastante alto, dando lugar a una cierta acidez.

A escala regional y tomando como parámetro de calidad de agua su conductividad, se observa un progresivo empeoramiento a medida que se pasa de las zonas interiores más elevadas a las zonas costeras. Esto mismo parece observarse, a grandes rasgos, en la Figura 7.2.

7.3. PIEZOMETRIA

En el estudio hidrogeológico de la isla [ITGE (1990)], se realizó un seguimiento de la evolución del nivel piezométrico durante los años 1989-1990. El resultado fue plasmado en un plano de niveles piezométricos del acuífero general de la isla, parte del cual, el sector meridional, se representa en la Figura 7.4. Sobre él se ha sobreimpuesto la cuadrícula de división de hojas topográficas, remarcándose la presente.

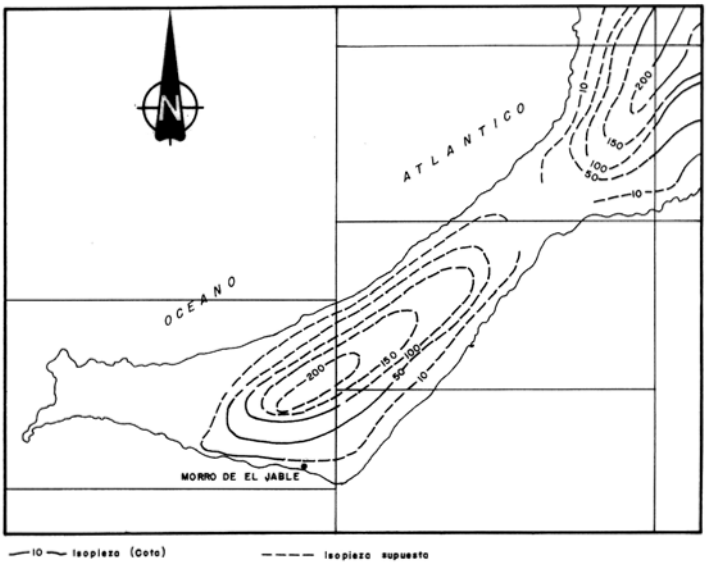


Fig. 7.4. Esquema de líneas piezométricas del sector meridional de la isla de Fuerteventura, según ITGE (1990).

A escala general en la isla, se observa una clara disposición concéntrica de las isopiezas, reproduciéndose de manera independiente dicho fenómeno y, a menor escala, en el cuerpo principal de la Península de Jandía que actúa, por consiguiente, como un acuífero independiente.

En su vertiente suroriental, la Península de Jandía presenta un gradiente medio de las isopiezas del 5%, con un flujo subterráneo del agua fundamentalmente hacia ese sector. En la vertiente noroccidental, por el contrario, no se dispone de ningún punto de agua, por lo que la disposición de las isopiezas es supuesta.

La débil asimetría en el gradiente de las isopiezas, más fuerte en la vertiente norte que en la vertiente sur, se debe, probablemente, a una mayor recarga en este último área, que tiene, por otro lado, mayor superficie de captación y una permeabilidad algo más alta.

8. GEOTECNIA

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

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

8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA. CRITERIOS DE DIVISIÓN

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

En la hoja se ha distinguido dos áreas y dos zonas, cuya correspondencia con los tramos cartografiados se indica entre paréntesis.

8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ZONAS

ÁREA I

Se incluyen dentro de este área todos los materiales volcánicos de la hoja.

Zona I_1. Coladas y piroclastos basálticos miocenos.

Está representada por coladas basálticas de la Fase miocena, independientemente del tramo al que pertenezcan, y los depósitos piroclásticos asociados.

Características litológicas y estructurales. Se trata de coladas basálticas que se disponen apiladas unas sobre otras definiendo una estructura tabular con buzamiento del orden de 5 a 10º, con un espesor total superior a los 400 m. Las coladas individuales son masivas y coherentes en sus partes internas, donde exhiben, comúnmente disyunción columnar y diaclasado vertical y escoriáceas en su base y techo. La vesicularidad que presentan es pequeña y no suele estar conectada. Los espesores oscilan entre 1 y 4 m.

ntercalados en las coladas existen depósitos piroclásticos, algunos de ellos conos enterrados, almagres y algunos depósitos sedimentarios. El grado de consolidación y de oxidación de los piroclastos es alto.

Características geomorfológicas. El relieve originado en estos materiales es elevado y abrupto, descendiendo periclinal y gradualmente desde una zona central (al norte) hacia el sur. Numerosos barrancos y valles de perfil en *U*, paredes verticales y orientación norte sur se encajan en ellos. Los interfluvios que resultan son alargados y estrechos, recibiendo la denominación local de "cuchillos". Hacia la punta occidental de la hoja su disposición es horizontal, definiendo una morfología llana.

Características hidrogeológicas. Se consideran materiales impermeables o semipermeables por fisuración. La presencia de almagres, depósitos piroclásticos o sedimentarios puede favorecer la formación de pequeños niveles acuíferos colgados.

ÁREA II

Zona II_1. Depósitos detríticos pliocenos y cuaternarios.

Comprende un amplio grupo de depósitos detríticos de diverso origen y edad, pero de características similares, también se incluyen los depósitos eólicos dado su escaso espesor y/o por encontrarse interestratificados con depósitos de ladera.

sCaracterísticas litológicas y estructurales. Este conjunto de depósitos detríticos aluviales y coluviales son de naturaleza granular, formados por cantos basálticos redondeados y subredondeados, de tamaños centimétricos, aunque a veces lleguen hasta cerca del metro, como los de edad pliocena, que se encuentran junto a la carretera, próximos a Morro Jable. La matriz es arenosa, en ocasiones algo arcillosa. Rellenan los fondos de barranco actuales, o se encuentran aterrazados en posiciones horizontales. Los depósitos de ladera ("s.l.") alcanzan mayores inclinaciones, si bien tienden a horizontalizarse hacia sus partes distales. A veces suelen estar cubiertos por una costra de caliche. Las potencias observadas oscilan entre 4-5 metros (junto a Morro Jable) y 1-2 m, apoyándose siempre sobre las coladas basálticas miocenas. Las arenas eólicas cuaternarias son de granulometría fina y generalmente suponen, en este área, débiles

recubrimientos sobre aquellas coladas. En la vertiente norte, en la zona del arco de Cofete, aparecen intercaladas con depósitos de ladera y de deslizamientos gravitacionales.

Características geomorfológicas. Estos depósitos originan formas llanas; suaves y de escasa pendiente, excepto los depósitos de las vertientes que tienen mayores inclinaciones.

Características hidrogeológicas. La permeabilidad y porosidad intersticial en estos materiales es elevada, salvo en zonas locales más cementados por caliche. Pueden contener, en determinadas condiciones, pequeños niveles acuíferos.

8.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

ÁREA I.

Zona I_1. Coladas y piroclastos basálticos miocenos.

Capacidad portante. La capacidad de carga de los materiales lávicos es elevada, aunque localmente puede verse algo reducida por la alteración superficial, o por la presencia de tramos escoriáceos. Los asientos van a ser despreciables en la mayoría de los casos. Los depósitos piroclásticos tienen una capacidad portante más baja.

Facilidad de excavación. Carecen de ripabilidad, por lo que su excavación requiere medios mecánicos.

Estabilidad de taludes. Estos materiales rocosos muestran una alta estabilidad en taludes de cualquier altura e inclinación. El diaclasado columnar puede facilitar la individualización de bloques y su caída. La presencia de depósitos más fácilmente erosionables puede posibilitar el descalce de paquetes de coladas.

Área II.

Zona II_1. Depósitos detríticos pliocenos y cuaternarios.

Capacidad portante. La resistencia de estos materiales ante cargas de trabajo elevadas es baja, produciéndose asientos absolutos y diferenciales de consideración. En depósitos de mayor grado de consolidación puede mejorar este parámetro.

Facilidad de excavación. Tienen una ripabilidad media y pueden ser excavados con una pala mecánica o retroexcavadora.

Estabilidad de taludes. Los depósitos coluviales presentan inclinaciones frecuentemente próximas a su ángulo de reposo, por lo que su estabilidad natural es precaria. La posible presencia de agua en ellos rebaja, asímismo, su estabilidad. Los depósitos conglomeráticos de tipo aluvial

tienen una disposición horizontal más favorable pero, debido a su naturaleza, las condiciones de equilibrio pueden verse superadas en o durante precipitaciones importantes.

8.4. RIESGOS GEOLÓGICOS

En la superficie de la hoja no se detectan, *a priori* , riesgos geológicos de incidencia inminente. Desde el punto de vista de planificación y ordenación del territorio se consideran los siguientes riesgos.

Riesgo de inestabilidades de laderas. Lo escarpado del acantilado de Cofete, hace que la posibilidad de ocurrencia de desprendimientos y caidas de bloques sea de especial consideración, si bien, la probabilidad de ocurrencia se ve favorecida en épocas de lluvias. El diaclasado columnar en las coladas puede facilitar la individualización y desplome de bloques de la pared. Asímismo, el socave de materiales menos competentes en la base de paquetes de coladas contribuye a su desestabilización.

Por otro lado, los depósitos coluviales que cubren las laderas suelen estar en condiciones próximas al equilibrio límite y, en épocas de lluvia de elevada intensidad, pueden deslizar.

Al ser un área prácticamente despoblada la peligrosidad es baja. Sólo existe el pequeño núcleo habitado de Cofete y casas aledañas, si bien, durante determinadas épocas del año, se da una mayor afluencia de turistas. Mención aparte merece la localidad de Morro del Jable que ha visto aumentar enormemente su población en los últimos años de forma muy rápida, situándose en el extremo suroriental de la hoja en una zona de menor riesgo de inestabilidad de laderas.

Las afecciones de mayor relevancia ocurrirán en la carretera de acceso de Morro Jable a Cofete. Esta pista de tierra discurre por esos depósitos de tipo gravitacional, con el consiguiente riesgo de hundimientos y ruina de la misma, así como caida de bloques y piedras.

Riesgo marino. La acción constante del oleaje afectará directamente a la zona más adelantada del acantilado, provocando su retroceso. La caida de bloques es un hecho esporádico y de baja incidencia.

8.5. VALORACIÓN GEOTÉCNICA

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

8.5.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables

Se incluyen bajo este calificativo los terrenos comprendidos en la Zona II_1, es decir, aquellos depósitos detríticos aluviales, gravitacionales, etc.

Los problemas constructivos que se presentan son de tipo geotécnico, dadas la baja capacidad portante que tienen con cargas de trabajo siempre bajos o intermedias, en algunos casos. En esta zona, el factor geomorfológico tiene una incidencia fundamental, sobre todo en los depósitos gravitacionales, cuya estabilidad siempre será precaria. A ello se suma los efectos de posibilidad de contención de niveles saturados y el lavado de finos en su interior.

8.5.2. Terrenos con características constructivas favorables

Se consideran aquí las coladas y piroclastos basálticos miocenos. (Zona I_1).

Las cargas de trabajo en estos materiales son siempre elevadas en la mayoría de los casos, pudiendo existir, localmente, reducciones de las mismas, al encontrarse la roca más alterada o fracturada, o tratarse de depósitos piroclásticos. Las elevadas pendientes, sus irregularidades y, en definitiva, los condicionantes geomorfológicos serán los factores de mayor influencia en las situaciones constructivas. La estabilidad natural de los taludes es alta si bien el desprendimiento y caida de bloques puede ser un hecho esporádico, mayor en casos de buzamientos favorables a los trazados.

9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS

En el ámbito geográfico de esta hoja no existen yacimientos minerales explotables. Si se han explotado, por el contrario, determinados tipos de materiales como rocas industriales, que han tenido su aplicación en el sector de la construcción.

En la actualidad, dada la creciente demanda de este tipo de materiales en las industrias de la construcción y otras, en el archipiélago, el ITGE ha llevado a cabo un estudio sobre el aprovechamiento industrial de rocas y minerales industriales en esta isla [ITGE (1992)].

En dicho estudio se pretende analizar la información existente sobre este tipo de materiales, establecer nuevos afloramientos de potencial interés, analizar sus cualidades y propiedades que definen sus usos y consumos más apropiados y, finalmente, establecer la viabilidad de explotación técnico-económica de los mismos.

Los materiales que han sido más intensamente explotados, son las coladas basálticas miocenas del tramo medio-superior y los depósitos de fondo de barrancos y coluviones.

Las coladas basálticas se han explotado en un área concreta de la hoja. Al sur del vértice Corral Bermejo, y próxima a la pista que va a la carretera Morro del Jable-Taralejo, se localiza una an-

tigua cantera, en la cual se ha instalado una planta depuradora de aguas tras la explanación de la escombrera. El material extraído se ha utilizado como árido de machaqueo.

Los materiales sedimentarios han sido explotados en varios puntos de la hoja y han sido utilizados, principalmente, como gravas. En el barranco Valle del Ciervo, al norte de Morro del Jable, se localiza una antigua explotación de tamaño medio; al norte de Punta Salinas existen también pequeñas explotaciones, así como en el Tablero de Las Pilas, Tablero del Moro y en los barrancos de Valle de Los Escobones (al sur del Espigón del Mocho), Valle de Jorós y Gran Valle.

Cabe señalar que la superficie de la hoja está comprendida en los límites del futuro Parque Natural de Jandía, por lo cual, las explotaciones de rocas industriales pueden estar condicionadas a las normas que regulen dicho Parque.

10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

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

Uno de estos recursos naturales es el patrimonio geológico de una región puesto que proporciona una información fundamental para el conocimiento de la historia de la Tierra y la vida que en ella se ha desarrollado, poniendo de manifiesto, además, otros recursos naturales, existentes en el planeta. Bajo estas consideraciones, un Punto de Interés Geológico (PIG) se puede definir como un recurso no renovable, en donde se reconocen características de especial importancia para interpretar y avaluar los procesos geológicos que han actuado en una zona desde la formación del planeta. Su deterioro o desaparición supone entonces un daño irreparable, y a veces irreversible, al patrimonio de la humanidad.

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

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

A continuación se hará una breve descripción de los PIG indicando su utilización como recurso turístico, científico, didáctico o económico y su influencia o nivel de significación a escala local, regional, nacional o internacional. En las "fichas resumen" diseñadas por el IGME y que forman parte de la "información complementaria" a esta memoria, figura, asímismo, un resúmen y características de los PIG propuestos.

Para más información se remite al interesado al texto de la memoria, donde se realiza un estudio más detallado del PIG y el contexto geológico en el que se halla enclavado.

10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG

Depósitos marinos pliocenos, jandienses y erbanenses. Aparecen fundamentalmente, a lo largo de la costa meridional de la hoja, situándose los depósitos pliocenos a una altura de unos 40 m sobre el nivel del mar actual,en la costa norte, y entre 10-12 m en la costa sur. Los jandienses aparecen a una altura de 1-2 m. y corresponden a una edad pleistocena. Por último, los depósitos erbanenses, de edad holocena, tienen una representación muy escasa y afloran en la costa norte a 0,5-1 m de altura sobre el nivel del mar, en las inmediaciones del Roque del Moro. En todos los casos están constituidos por conglomerados y areniscas bioclásticas con abundante fauna.

Desde el punto de vista científico su interés es alto ya que permiten conocer los cambios que ha habido en el nivel del mar desde épocas pliocenas hasta la actualidad. Además, hay que mencionar que algunos de los afloramientos citados por MECO (1977) en las proximidades de Morro Jable han sido arrasados al ampliar el muelle de esta ciudad.

Por su influencia tienen interés local y regional.

Depósitos de deslizamientos gravitacionales con intercalaciones eólicas. Estos depósitos se localizan en la vertiente norte de la hoja, en la zona central de la misma. Se disponen al pie del denominado "arco de Cofete" y parecen estar relacionados con esta gran estructura morfológica. Según esta hipótesis, estos escarpes se han originado por deslizamientos y no por erosión marina. Además, intercalados entre los depósitos caóticos aparecen secuencias de arenas eólicas con estratificación cruzada que indican un transporte de norte a sur.

Tienen interés desde un punto de vista geomorfológico y estructural pues permiten conocer la supuesta estructura del deslizamiento y además presenta curiosas formas de erosión en las arenas eólicas. Asímismo, son indicadoras del clima y regímenes de viento existentes en épocas anteriores.

Por su influencia tienen interés local y regional.

Intrusivos sálicos. Hay tres cuerpos intrusivos de composición traquítica que afloran en el sector norte de la hoja, y que parecen definir una orientación N60ºE, dirección prácticamente coincidente con la línea de costa en este sector de Cofete.

Dada la escasez de este tipo de materiales, en la fase miocena de Fuerteventura, presentan un alto interés científico ya que además los cuerpos de Montaña Azufrá e Islote de Cofete han emitido unos depósitos piroclásticos que permiten situar estas intrusiones en las etapas finales del tramo inferior.

Por su influencia tienen interés local y regional.

Intrusión sálica de Cuchillo del Palo. Se ha individualizado de las anteriores, ya que se encuentra localizada en la parte alta del Cuchillo del Palo y atraviesa a los materiales basálticos del tramo superior de la Fase miocena. Es un domo de crecimiento endógeno que ha extruido y se adapta y recubre a las coladas basálticas miocenas.

Desde el punto de vista científico su interés es alto ya que permite observar el conducto de alimentación de este aparato y su intrusión domática. Además, es el único diferenciado sálico del tramo superior de la Fase miocena existente en el Dominio de Jandía, ya que los otros intrusivos señalados en el epígrafe anterior se relacionan con el tramo inferior.

Por su influencia tiene interés local.

Edificios hidromagmáticos y/o mixtos estrombolianos-hidromagmáticos. Aparecen localizados en las proximidades de la línea de costa en la zona de Los Atolladeros, Playa de las Coloradas, Playa de Ojos. y Caleta de la Madera. Estos edificios están bastante erosionados y permiten conocer las distintas fases estrombolianas e hidromagmáticas que representan las primeras fases de construcción de una isla oceánica. Además, en el edificio de la Playa de Ojos se observa un cortejo filoniano que sigue una pauta radial. Por todos estos motivos presentan un alto valor científico y didáctico.

Por su influencia tiene interés local y regional.

11. BIBLIOGRAFÍA

ABDEL-MONEM, A.; WATKINS, N. D. y GAST, P. W. (1971): "Potassium-Argon Ages, Volcanic Stratigraphy and Geomagnetic Polarity History of the Canary Islands: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera". *Am. Jour. Sc,* 271, pp. 490-521.

AGOSTINI, L.; AGUILAR, M.; BRAVO, T.; CASTAÑON, A.; COELLO, J.; CENDRERO A.; FUSTER, J. M.ª, HERNÁNDEZ-PACHECO, A.; LÓPEZ RUIZ, J. y SÁNCHEZ CELA, V. (1968): "Mapa Geológico a escala 1:100.000 de las Islas Canarias: *Fuerteventura*". Inst. Geol. Min. España-Inst. Lucas Mallada (CSIC).

ANCOCHEA, E.; CUBAS, C. R.; HERNÁN, F. y BRÄNDLE, J. L. (1991): "Edificios volcánicos en la Serie I de Fuerteventura: Rasgos Generales del edificio central". *Geogaceta*, 9, pp. 60-62.

BENÍTEZ PADILLA, S. (1945): "Síntesis geológica del archipiélago canario". *Est. Geol,* 3, pp. 3-19.

BLUMENTHAL, M. (1961): "Rasgos principales de la geología de las Islas Canarias, con datos de Madeira". *Bol. Inst. Geol. Min. España*, pp. 1-30.

BOUCART, J. y JEREMINE, E. (1938): "Fuerteventura". *Bull. Volcanol*, Ser. II, 4, pp. 51-109.

CASQUET, C.; IBARROLA, E, FUSTER, J. M.ª; ANCOCHEA, E.; CANTAGREL, J. M.; JAMOND, C.; CENDRERO, A.; DÍAZ DE TERÁN, J. R. y HERNÁN, F. (1989): "Cronología de la Serie I de Fuerteventura". (Abstract). En *ESF, Meeting on Canarian Volcanism, Lanzarote Nov-Dec. 1989*, pp. 130-133.

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

CROFTS, R. (1967): "Raised Beaches & Chronology in North West Fuerteventura, Canary Island". *Quaternaria,* 9, pp. 247-260.

CUBAS, C. R, FERNÁNDEZ, S, HERNÁN, F, HERNÁNDEZ-PACHECO A. y DE LA NUEZ, J. (1988-89): "Los domos sálicos de Fuerteventura". *Rev. Mat. Proc. Geol,* 6, pp. 71-97.

CUBAS, C. R.; HERNÁN, F.; ANCOCHEA, E. y BRÄNDLE, J. L. (1991): "El edificio sur (Jandía) de la Serie I de Fuerteventura: rásgos generales". *Geogaceta*, 11, pp.79-81.

FERAUD, G.; GIANNERINI, G.; CAMPREDON, R. y STILLMAN, C. J. (1985): "Geocronology of some Canarian Dike Swarms: Contribution to the Volcano-Tectonic Evolution of the Archipielago". *Jour. Volcanol. Geotherm. Res,* 25, pp. 29-52.

FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1926): "Iles Canaries". *Excursión a-7, XIV Congreso Geológico Internacional*, 122 p.

FINCK, L, (1908).- "Tiefen und Ganggesteine von Fuerteventura". *Zeitschr.d. Deutsch. Geol. Gessellsch*, 60, pp. 76-80.

FUSTER, J. M.; CENDRERO A.; GASTESI P.; IBARROLA, E.; y LÓPEZ RUIZ, J. (1968): "Geología y Volcanología de las Islas Canarias: Fuerteventura". *Inst. Lucas Mallada, CSIC, Madrid. Intern. Symposium Volacanology Tenerife, sep. 1968, Spec. Publi,* 239 p.

GRUNAU, H.; LEHNER, P.; CLEINTUAR, M.; ALLENBACH, P. y BAKKER, G. (1975): "New Radiometric Ages and Seismic Data from Fuerteventura (Canary Islands), Maio (Cape Verde Islands) and Sao Tomé (Gulf of Guinea)". En *Borradaille, G. J.* et al. *(Eds). Progress in Geodynamics, Royal Soc. Netherl. Akad. Arts and Sci*, pp. 89-116.

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

HAUSEN, H. (1958): "On the Geology of Fuerteventura (Canary Islands)". *Soc. Sci. Fennica Comm. Phys. Math*, 22 (1), 221 p.

HAUSEN, H. (1967): "Sobre el desarrollo geológico de Fuerteventura, Islas Canarias". Una breve reseña. *An. Est. Atlánticos,* 13.

IBARROLA, E.; ANCOCHEA, E.; CASQUET, C.; FUSTER, J. M.ª; HERNÁN, F.; CENDRERO, A.; DÍAZ DE TERÁN, J. R.; CANTAGREL, J. M. y JAMOND, C. (1989): "Cronoestratigrafía de las series volcánicas post-miocenas de Fuerteventura". (Abstract). En *ESF, Meeting on Canarian Volcanism, Lanzarote Nov-Dec. 1989*, pp. 134-138.

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 (1984a): Mapa Geológico de España, escala 1:25.000. Hoja 1.106 - I, 1.107-IV, *Puerto del Rosario*".

IGME (1984b): "Mapa Geológico de España, escala 1:25.000. Hoja 1.106 - II, 1.107-III, *Antigua*".

IGME (1984c): "Mapa Geológico de España, escala 1:25.000. Hoja 1.106-III, *Pájara*".

IGME (1984d): "Mapa Geológico de España, escala 1:25.000. Hoja 1.106-IV, *Betancuria*".

IGME-CSIC (1967): "Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª Edición. Hoja y Memoria 1.122. *Jandía*".

ITGE (1990a): "Mapa Geológico de España, escala 1:25.000. Hoja 1.114-IV, *Santa Lucía*".

ITGE (1990b): "Estudio hidrogeológico de la isla de Fuerteventura".

ITGE (1990c): "Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis", 603 p. Islas Canarias, cap. XVII, pp. 503-528.

ITGE (1992): "Estudio para el aprovechamiento industrial de las rocas y minerales industriales de las isla de Fuerteventura y La Gomera". *ITGE, Servicio Documentación,* 186 p.

KLUG, H. (1968).- "Morphologische Studien auf den Kanarischen Inseln. Beiträge zur Küstenentwicklung und Talbildung auf einen Vulkanischen Archipiel." *Geographisch Institut, Universität Kiel Schriften,* 24/3, pp. 58.

LE BAS, M. J.; REX, D. C. y STILLMAN, C. J. (1986a): "The Early Magmatic Chronologie of Fuerteventura Canary Islands". *Geol. Mag,* 123, pp.287-298.

LE BAS, M. J.; LE MAITRE, R. W.; STRECKEISEN A. y ZANETTIN, B. (1986b): "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.

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 pp.

MECO, J. (1975): "Los niveles con "Strombus" de Jandía. Fuerteventura, Islas Canarias". *An. Est. Atlánticos, Las Palmas,* 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, Las Palmas*, 27, pp. 601-615.

MECO, J. (1982): "Los bivalvos fósiles de las Canarias Orientales". *An. Est. Atlánticos, Las Palmas*, 28, pp. 65-125.

MECO, J. (1983): "Los bivalvos fósiles de las Canarias Orientales (Suplemento)". *An. Est. Atlánticos, Las Palmas*, 29, pp. 579-595.

MECO, J. (1988): "The Emergent Littoral Deposits in Fuerteventura and the Evolution of the Canarian Marine Faunas during the Quaternary". En *N. Petit-Maire (ed). Deserts, Past Presents and Future Evolution, Fuerteventura, Workshop 1988, PICG* 252, pp. 166-178.

MECO, J. (1991a): "Los fósiles de Fuerteventura en su historia geológica". (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. (1992): "Restos óseos de "lobos marinos" en la Cueva de Villaverde, Fuerteventura". (Póster). *Casa Museo de Betancuria. Excmo. Cabildo Insular de Fuerteventura*.

MECO, J. y STEARNS, CH. E. (1981): "Emergent Littoral Deposits in the Eastern Canary Islands". *Quaternary Research*, 15, 199-208.

MECO, J.; POMEL, R. S.; AGUIRRE, E. y STEARNS, CH. E. (1986): "Depósitos marinos del Cuaternario reciente de Canarias". En *El Cuaternario Reciente de Canarias / Quaternaire Recent des Canaries, Meco, j. Y Petit-Maire, N. (Eds), Las Palmas-Marseille*, pp. 6-42.

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.

MECO, J. y PETIT-MAIRE, N. (1989): "El cuaternario reciente en Fuerteventura (Canarias)." (Abstract). En *ESF,Meeting on Canarian Volcanism, Lanzarote Nov-Dec. 1989*, pp. 351-356.

MECO, J.; PETIT-MAIRE, N. y REYSS, J. L. (1992): " Le courant des Canaries pendant le stade isotopique 5, d'après la composition faunistique d'un haute niveau marin". *C. R. Acad. Sci, París*, Tome 314, Sèrie II, pp.203-208.

PETIT-MARIE, N.; DELIBRIAS. G.; MECO, J.; POMEL, S. y ROSSO, J. C. (1986): "Paleoclimatologie des Canaries Orientales (Fuerteventura). *C.R. Acad. Sc. París,* Tome 303, II, 13, pp. 1241-1245.

RONA, P. y NALWALK, A. (1970): "Post Early Pliocene Unconformity on Fuerteventura, Canary Islands". *Geol. Soc. Am. Bull*, 81, pp. 2117-2122.

ROTHE, P. (1966): "Zum Alter des Vulkanismus auf dem Östlischen Kanaren". *Soc. Sci. Fennica Comm. Phys. Math*, 31, 13, pp. 1-80.

ROTHPLETZ, A. y SIMONELLI, V. (1890):"Die Marinen Ablagerungen auf Gran Canaria". *Zeitschr. d. Deut. Geol. Gess*, 42, pp

MINISTERIO
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ISBN 84-7840-516-X
9 788478 405169