



Instituto Geológico
y Minero de España

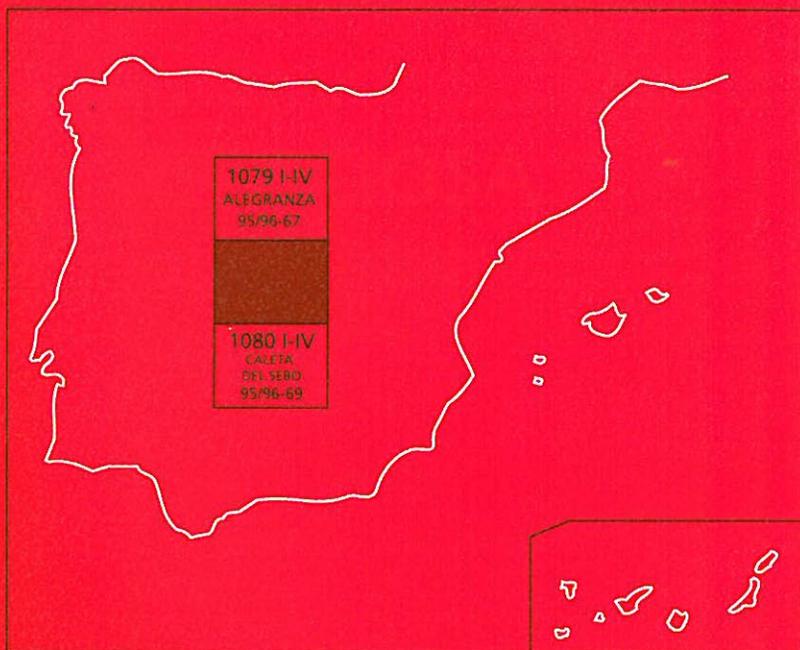
1079II-III

95/96-68

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Segunda serie-Primera edición



ISLA DE LANZAROTE

GRACIOSA

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

Se incluye mapa geomorfológico a la misma escala

GRACIOSA

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

© Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid
NIPO: 40504-012-9
ISBN: 84-7840-5230-8
Depósito legal: M-39303-2004

La presente hoja y memoria a escala 1:25.000, *Graciosa*, ha sido realizada por GEOPRIN, S. A, con normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido en su realización los siguientes técnicos:

Dirección y supervisión del IGME

— Cueto Pascual, L. A. Ing. Téc. de Minas.

Realización de la cartografía

- Balcells Herrera, R. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas
- Gómez Sainz de Aja, J. A. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas
- Barrera Morate, J. L. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas
- Ruiz García, M.^a T. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas Cartografía geomorfológica

Redacción de la memoria

Equipo Base:

- Balcells Herrera, R. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas
- Barrera Morate, J. L. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas
- Sainz de Aja, J. A. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas
- García M.^a T. (GEOPRIN, S. A.), Lic. C. Geológicas Geomorfología

Colaboradores:

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

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

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

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

Agradecimientos:

Los autores de ésta cartografía y la empresa Geoprin, S.A., manifiestan su agradecimiento a la Dirección General de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, en particular a su delegado en Lanzarote, don Luis Pascual, por haber puesto a su disposición la embarcación con la que se pudo llegar a los islotes del norte de Lanzarote. Igualmente, manifiestan su reconocimiento a la tripulación de la embarcación, al patrón, señor Jeremías, y a su ayudante, por las facilidades prestadas y su entera disponibilidad.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS	9
1.2. ANTECEDENTES GEOLOÓGICOS	11
2. ESTRATIGRAFÍA	12
2.1. DOMINIO DE LA ISLA DE LA GRACIOSA	13
2.1.1. Período Pleistoceno medio	13
2.1.1.1. Coladas basálticas olivínicas: sustrato de los primeros episodios (1)	13
2.1.1.2. Alineación Montaña Amarilla-Agujas: coladas basálticas, piroclastos hidromagmáticos, conos de tefra y piroclastos de dispersión. (2, 3, 4 y 5)	14
2.1.2. Período Pleistoceno superior	17
2.1.2.1. Rasa marina jandiense (entre +1 y +2 m): arenas y conglomerados (6)	17
2.1.2.2. Edificio Montaña Bermeja: coladas basálticas, cono de tefra y piroclastos de dispersión (7, 8 y 9)	18
2.1.3. Período Holoceno	19
2.1.3.1. Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados. (10)	19
2.1.3.2. Depósitos de ladera (11)	19
2.1.3.3. Depósitos aluviales arenoso-arcillosos (12)	20
2.1.3.4. Arenas eólicas y recubrimientos de arenas eólicas (13 y 14) .	20
2.1.3.5. Playas de arenas (15)	20
2.2. DOMINIO DE LA ISLA DE MONTAÑA CLARA Y ROQUE DEL OESTE	21
2.2.1. Período Pleistoceno. Episodios volcánicos	21
2.2.1.1. Edificio Montaña Clara: piroclastos basálticos hidromagmáticos, diques, coladas de lava e intrusivos basálticos (17, 18 y 19)	21
2.2.1.2. Edificio Punta del Agua: diques y piroclastos basálticos hidromagmáticos y estrombolianos (16 y 20)	22
2.2.1.3. Fisuras de Llanos del Aljibe: coladas y conos de tefra basálticos (21 y 22)	22

2.2.1.4. Piroclastos basálticos hidromagmáticos y estrombolianos (23 y 24)	22
2.2.2. Período Holoceno y actual. Episodios sedimentarios	23
2.2.2.1. Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y con glomerados (25)	23
2.2.2.2. Depósitos de ladera (26)	23
2.2.2.3. Arenas eólicas (27)	23
2.3. DOMINIO DEL ROQUE DEL ESTE	23
2.3.1. Período Pleistoceno. Episodios volcánicos	23
2.3.1.1. Diques y piroclastos basálticos hidromagmáticos (28 y 29)	23
3. TECTÓNICA	24
4. GEOMORFOLOGÍA	26
4.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA	26
4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	27
4.2.1. Estudio morfoestructural	27
4.2.2. Estudio del modelado	27
4.2.2.1. Formas endógenas	27
4.2.2.2. Formas exógenas	27
4.3. FORMACIONES SUPERFICIALES	29
4.3.1. Depósitos eólicos	29
4.3.2. Depósitos fluviales	29
4.3.3. Depósitos endorréicos	29
4.3.4. Depósitos de ladera	29
4.3.5. Depósitos litorales.	30
4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA	30
4.5. MORFODINÁMICA ACTUAL	31
5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA	31
5.1. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA	34
DOMINIO DE LA ISLA DE LA GRACIOSA	
5.1.1. Período Pleistoceno medio	34
5.1.1.1. Sustrato de los primeros episodios (1)	34
5.1.1.2. Alineación Montaña Amarilla-Mojón-Agujas (2, 3, 4 y 5)	34
5.1.2. Período Pleistoceno superior	35
5.1.2.1. Rasa marina jandiense (6)	34
5.1.2.2. Edificio Montaña Bermeja (7, 8 y 9)	34
DOMINIO DE LA ISLA DE Montaña CLARA Y ROQUE DEL OESTE	
5.1.3. Período Pleistoceno.	35
5.1.3.1. Edificio Montaña Clara. (16, 17, 18 y 19)	35
DOMINIO DE LA ISLA DE ROQUE DEL ESTE	
5.1.4. Período Pleistoceno.	36
5.1.4.1. Diques y piroclastos hidromagmáticos. (28 y 29)	36
5.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA.	38

6. HISTORIA GEOLÓGICA	38
7. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	39
7.1. HIDROLOGÍA	39
7.2. HIDROGEOLOGÍA	40
8. GEOTECNIA	40
8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN	41
8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	41
8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS	43
8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA	43
8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables, constructivas aceptables	44
8.4.2. Terrenos con características favorables	44
9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS	45
10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	45
10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG.	45
11. BIBLIOGRAFÍA	46

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS

La presente hoja y memoria del Mapa Geológico Nacional (MAGNA), a escala 1:25.000, corresponde a la hoja Graciosa (n.º 95/96-68, 1079-II,III del MTN). En ella están representadas la mitad de la isla de La Graciosa y la totalidad de los islotes de Montaña Clara, Roque del Oeste y Roque del Este todos ellos situados al norte de la isla de Lanzarote, en el archipiélago canario. Este grupo de islotes o islas, junto a la de Alegranza, forma el denominado archipiélago chinijo.

Por el norte se sitúa la hoja geológica de Alegranza, la isla más septentrional del archipiélago, y por el sur, la hoja de Caleta de Sebo, en la que se incluye la mitad sur de La Graciosa y el extremo más septentrional de Lanzarote.

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

Desde el punto de vista geológico, los materiales representados en estas islas son todos de edad cuaternaria y en su mayoría de origen volcánico. En casi todas ellas aparecen depósitos piroclásticos hidromagmáticos, correspondientes a los primeros episodios eruptivos tras la emersión de las islas, así como depósitos y lavas subaéreas emitidos en estadios más avanzados del proceso constructivo de cada una. Existen, además, depósitos de carácter sedimentario, que revelan la actuación de los procesos erosivos y degradativos de las estructuras volcánicas.

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

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

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

Montaña Clara se encuentra a 1,7 km al NO de La Graciosa. Es la tercera isla en extensión, con una superficie de 1,36 Km², con su máxima altura en la cima del volcán Montaña Clara, a 256 m sobre el nivel del mar. La isla está formada básicamente por un gran edificio hidromagmático, el volcán mencionado, de laderas muy inclinadas y con un amplio cráter abierto hacia el norte. En su extremo sur existen varios edificios de menor tamaño y de edad algo más moderna adosados a aquel que evidencian un crecimiento de la isla en este sentido.

La morfología de la isla presenta también una orientación alargada NNE-SSO. El interior es abrupto y elevado en la parte del edificio Montaña Clara y más bajo en el extremo sur, donde existe una zona central, suavizada por depósitos de ladera y recubrimientos de arenas eólicas.

La costa es acantilada a lo largo de todo el perímetro insular, fundamentalmente alrededor del edificio principal y en el extremo suroeste, sin que exista alguna playa en su contorno.

A 60 m al noroeste de Montaña Clara, está El Roque del Infierno o Roque del Oeste. Constituye un pequeño promontorio de lava de 0,017 Km² de superficie, alrededor del cual emergen débilmente, en bajamar, otros pequeños roques o bajas.

El islote más alejado de todos los anteriores es el Roque del Este, situado a unos 11 km al NNE de Lanzarote. Representa un pequeño resto de un edificio hidromagmático desmantelado por la erosión marina. Su forma es alargada también en sentido NNE-SSO y su perímetro es escarpado, presentando un pequeño entrante arqueado en el extremo oriental, que facilita el desembarco.

Las características climáticas de los islotes son básicamente idénticas en todos ellos, presentando un clima árido-seco, poco lluvioso y con temperaturas medias del orden de 18-20° pero insolación bastante notable. La acción del viento de componente NNE es frecuentemente, de intensidad moderada-alta.

La vegetación es fundamentalmente herbácea y baja, de carácter xerófito, siendo las aulagas (*Launaea arborescens*) los tipos dominantes, al igual que los matos (*Salsola*). La barrilla (*Mesembriantemum crystallinum*), tabaibas (*Euphorbia*) y algunos tipos psamófilos están también presentes. En los dos roques, la vegetación existe, pero es aún más escasa, siendo ambos, farallones donde se asientan comunidades de aves (gaviotas, guirres, etc.)

La isla de La Graciosa está actualmente habitada por unas 600 personas, en su mayoría dedicadas a la pesca. La capital es Caleta de Sebo, existiendo otro núcleo al NE, denominado Pedro Barba, poblado principalmente en épocas estivales. El resto de islotes está deshabitado. El acceso a La Graciosa se realiza mediante una embarcación que mantiene una línea regular diaria entre Caleta de Sebo y el Puerto de Orzola, en la costa norte de Lanzarote. Salvo los vehículos

particulares, no existe otro medio de transporte en el interior. Al resto de islotes ha de llegarse en embarcación contratada al efecto.

Todos los islotes, los escarpes septentrionales de Lanzarote (Riscos Famara) y la zona de La Caleta de Famara, forman el denominado Parque Natural del Archipiélago Chinijo, según la Ley 12/1994 de Espacios Naturales de Canarias. A su vez, dentro de este espacio natural protegido, existe otro de menor extensión, denominado Reserva Natural Integral de los Islotes, que abarca Montaña Clara y Roque del Oeste y Roque del Este, por lo que en conjunto toda la zona goza de protección, que limita el acceso, estancia y actividades incontroladas en estas islas. Cada una y en conjunto constituyen un lugar de gran valor ecológico y paisajístico, siendo uno de los entornos más atractivos de Lanzarote.

1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Desde el siglo pasado se han realizado varios estudios y reconocimientos geológicos de los islotes del norte de Lanzarote, que han generado un cierto número de publicaciones, donde se expone su constitución geológica e ideas sobre su génesis.

La información cartográfica más completa y detallada está representada en los mapas geológicos a escala 1:50.000, [IGME-CSIC (1967b y c)] y el mapa a escala 1:100.000 de FUSTER *et al.* (1968).

SIMONY (1892) es uno de los primeros naturalistas que visita los islotes, realizando numerosas observaciones de índole geológica e ilustrando su trabajo con un extenso reportaje fotográfico. Posteriormente, HERNÁNDEZ-PACHECO (1909) lleva a cabo un extenso trabajo geológico de Lanzarote y los islotes, con descripciones muy detalladas y de gran interés.

Más recientemente, HAUSEN (1958) publica una extensa monografía geológica general de Lanzarote y sus islotes, con un mapa a escala 1:200.000. Las observaciones y cortes geológicos son a menudo detallados, completando sus datos con numerosos análisis petrográficos y químicos de rocas, que incluyen asimismo estas pequeñas islas.

Un estudio detallado y exclusivamente de los islotes del norte de Lanzarote es acometido por FUSTER *et al.* (1966), considerando conjuntamente sus aspectos volcanológicos, petrológicos y geoquímicos.

La publicación más clásica y difundida de la geología de Lanzarote e islotes es la de FUSTER *et al.* (1968), con el mapa geológico a escala 1:100.000, ya citado. En dicho trabajo, una vez revisada la información previa, realizan una amplia síntesis de las unidades volcanoestratigráficas de las islas y sus características. Incluyen asimismo un gran número de análisis de rocas y descripciones petrográficas de los diferentes tipos litológicos presentes. Su trabajo de partida fue la cartografía geológica sistemática de todas estas islas, realizada previamente por ellos mismos, posteriormente publicada en ocho hojas a escala 1:50.000 por IGME-CSIC (1967a-h), dos de las cuales abarcan los islotes aquí considerados, [IGME-CSIC (1967b y c)].

En épocas mucho más recientes, en una breve nota, QUESADA *et al.* (1992) exponen las características más sobresalientes de los depósitos y edificios hidromagmáticos presentes en estos islotes, incluyendo la distribución cartográfica de las diferentes facies piroclásticas.

Recientemente, BRAVO (1993) publica un ameno trabajo sobre los islotes de Lanzarote, en el que, a modo de relato, recuerda sus numerosos viajes a ellos, comenzados en los años cincuenta, exponiendo también algunas e interesantes observaciones sobre su constitución geológica.

2. ESTRATIGRAFÍA

La historia geológica de Lanzarote comienza en el Mioceno medio (hace aproximadamente 15,5 m.a) con la emisión de las lavas basálticas del tramo inferior del Macizo de Ajaches. Dada la proximidad de este área con el norte de Fuerteventura y la sincronidad de estas emisiones con las del vecino edificio mioceno de Tetir (Fuerteventura), cabe pensar en una progresión espacio-temporal de los eventos volcanológicos. De manera sucesiva, durante el mioceno superior continua concluyéndose este edificio basáltico, a la vez que hace su aparición subaérea el gran edificio de Famara, área NE de la isla. Esta nueva emisión es posible que sea el resultado de la propagación de la fisura eruptiva miocena, que desde la península de Jandía en Fuerteventura se prolonga hasta el Banco de la Concepción, al NE de la isla de Lanzarote.

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

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

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

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

Los criterios utilizados para establecer la estratigrafía volcánica han sido variados. Por un lado, se han cartografiado individualmente todos aquellos edificios y sus coladas —es decir, cada una de las erupciones habidas— que están claramente diferenciados del entorno que les rodea. Posteriormente, y debido al carácter fisural de las emisiones, se han agrupado las erupciones distinguidas según alineaciones volcánicas. Para agruparlas se han seguido criterios petrológicos, grado de conservación y similitud geocronológica, cuando la había. Aún y con eso, hay edificios que han quedado aislados y no ha sido posible establecer entre ellos una estratigrafía relativa de superposición, como se ha hecho con otros. En estos casos, si no tenían dataciones geocronológicas, se han tratado como edificios independientes, o incorporado, siguiendo los criterios antes señalados, a alguna alineación ya definida.

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

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

De los dos ciclos volcánicos que el Plan Magna ha distinguido en Lanzarote, solamente el 2º es el que está representado en esta hoja de La Graciosa. Corresponde a las alineaciones relativamente recientes del período pleistoceno-holoceno del Dominio de los islotes.

En la Tabla 2.1. está expresada la correspondencia entre este ciclo volcánico y las series basálticas del IGME-CSIC (1967a-h).

2.1. DOMINIO DE LA ISLA DE LA GRACIOSA

2.1.1. Período Pleistoceno medio

2.1.1.1. Coladas basálticas olivínicas: sustrato de los primeros episodios (1)

En diferentes puntos de la costa de la mitad septentrional de la isla de La Graciosa (Baja del Ganado, Los Resbalajes, Hoyos del Cuervo, Morros Negros, etc.) aparecen unas coladas basálticas, relativamente arrasadas y de aspecto antiguo, cuya asignación a los edificios volcánicos próximos no está clara. Este hecho ha llevado a considerar dichas lavas como pertenecientes a un sustrato antiguo e indiferenciado y por lo tanto anterior al resto de formaciones que la componen.

Se trata de coladas basálticas olivínicas, de carácter porfídico y vesiculares, con vacuolas rellenas de ceolitas y carbonatos. Una característica común en casi todos los afloramientos es la presencia de nódulos de dunita, bien oxidados (color rojizo) o frescos (color verdoso), de tamaños que oscilan entre 1 y 10 cm. Presentan un carácter masivo, disyunción columnar grosera y en general están bastante alteradas superficialmente, descamándose la roca con facilidad. En casi todos los afloramientos, el arrasamiento marino en ellos es generalizado. Su base no es visible, apoyándose sobre ellas los malpais de lavas procedentes de los centros de emisión de la zona central de la isla.

Tabla 2.1. Correlación volcanoestratigráfica de la isla de Lanzarote.

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

2.1.1.2. *Alineación Montaña Amarilla-Agujas: coladas basálticas, piroclastos hidromagmáticos, conos de tefra y piroclastos de dispersión. (2 ,3, 4, y 5)*

Esta alineación volcánica está compuesta por cinco centros de emisión principales y otras bocas eruptivas de menor entidad, alineados según una fisura de orientación N45°E. La fisura afecta la zona central de la isla, existiendo una distancia de 8 km entre los edificios extremos de la misma. Los dos centros de emisión del extremo SO, Montaña Amarilla y Montaña Mojón se hallan en la hoja de Caleta de Sebo. En la Tabla 2.2 se resumen las características morfológicas y petrológicas de todos los centros de emisión de la hoja.

Edificio Montaña Amarilla. Está situado en el extremo SO de la isla, donde constituye un edificio de perfil cónico, con 172 m de altura, unas dimensiones de 900x650 m y un cráter abierto hacia el norte. Su flanco meridional está profundamente cortado por la erosión, permitiendo la observación de su estructura interna, donde se aprecia que el edificio es el resultado de dos fases constructivas que tuvieron lugar en medios diferentes, que condicionaron mecanismos eruptivos también distintos.

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

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

Atravesando a estos piroclastos aparecen al menos dos diques basálticos, de menos de 1 m de espesor y orientación N 55°, que rubefactan el depósito. Son diques de composición basáltica olivínica. Muestran un recorrido rectilíneo, pero divagante en algún tramo de su trazado y parecen llegar a la parte superior del edificio, que está cubierto por piroclastos estrombolianos de los siguientes episodios. Estos diques constituyen los salideros de las coladas que originan el extremo suroeste de la isla (Punta del Pobre), pues se observa cómo uno de ellos se divide en dos: hacia un lado continúa atravesando los piroclastos y hacia el otro se derrama en forma de coladas de lava de composición basáltica. Los diques son pues los conductos de alimentación de los episodios finales del edificio.

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

En esta fase se construye el edificio tal como se observa actualmente, originándose un típico cono de tefra formado por lapilli, escorias y bombas basálticas de granulometría heterogénea, dispuestos en mantos estratificados. El depósito está apelmazado y es de color oscuro rojizo,

debido a la oxidación. En los alrededores del edificio existen acumulaciones de lapilli correspondientes a la fracción dispersada por el viento, unidos a los que se desprenden del cono por acción de las aguas meteóricas.

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

Edificio Montaña Mojón. Está localizado en la zona central de la isla, también en la hoja de Caleta de Sebo. Es un edificio de 135 m de altura, con unas dimensiones de 1.000x700 m y un cráter circular, casi cerrado, de unos 400 m de diámetro. En el cráter se observa una discordancia que pone de manifiesto distintos episodios o fases de construcción.

Se trata de un cono de tefra, constituido por lapillis relativamente gruesos, escorias, bloques y bombas de composición basáltica olivínica, formando un depósito escasamente consolidado o apelmazado. Es frecuente asimismo la presencia de planchones y fragmentos de lava vesicular englobados en el piroclasto.

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

Edificio	Alineación volcánica	Orientación Fisura-eruptiva	DIMENSIONES (m)				Estado de conservación	Materiales emitidos
			Cota (*)	Altura (**)	Anchura máx. min.			
Montaña Amarilla	Montaña Amarilla-Agujas	N45°E	0	172	900	650	Bajo, con cráter y escasa vegetación	Piroclastos hidromagmáticos, coladas y piroclastos basálticos
Montaña Mojon	Montaña Amarilla-Agujas	N45°E	40	135	1000	700	Medio, con cráter y escasa vegetación	Coladas y piroclastos basálticos
Montaña Agujas	Montaña Amarilla-Agujas	N45°E	50	216	---	---	Medio, con cráter y escasa vegetación	Piroclastos hidromagmáticos, coladas y piroclastos basálticos
Montaña Lomos del Burro	Montaña Amarilla-Agujas	N45°E	20	20	400	325	Medio, con cráter	Coladas y piroclastos basálticos
Montaña Bermeja		N45°E	15	140	850	600	Medio-alto, con cráter	Coladas y piroclastos basálticos
Montaña Clara		N45°E	0	256	1.400	1.050	Medio-bajo, con cráter	Piroclastos hidromagmáticos, coladas basálticas
Roque del este		N45°E	0	84	---	--	Bajo	Piroclastos hidromagmáticos

(*) De la base sobre el nivel del mar.

(**) Sobre su base.

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

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

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

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

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

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

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

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

Las emisiones lávicas de todos estos edificios forman lavas "aa", muy escoriáceas y caóticas, con espesores de varios metros, que en el caso de los de Montaña Amarilla pueden alcanzar entre 10 y 15 m. También las de Las Agujas, en la costa nororiental, al sur de Pedro Barba y en la costa occidental son muy potentes. Surgieron por fisuras en la base de los edificios piroclásticos, o bien a partir de grietas y fisuras que se extienden más allá de ellos, extendiéndose radialmente a los edificios. En el caso de las emisiones de Montaña Mojón, fluyeron hacia la costa

oeste, pero también hacia el este quedando en este sector, prácticamente cubiertas por arenas eólicas. Únicamente sobresalen entre ellas algunos montículos de lavas y escorias.

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

El sustrato sobre el que se apoyan no siempre es visible. En unos casos está formado por las coladas basálticas mencionadas en el apartado anterior (sustrato indiferenciado) y en otros por depósitos piroclásticos emitidos por estos edificios previamente a las emisiones de lava, tal y como se observa en la zona de Llano de la Baja del Ganado.

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

2.1.2. Período Pleistoceno superior

2.1.2.1. Rasa marina jandiense (entre +1 y +6 m): arenas y conglomerados (6)

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

En la costa noroccidental, en el lugar conocido por los Acanuilados, existe un depósito de arenas y conglomerados con fauna marina, atribuido en principio al denominado nivel marino jandiense. Se encuentra situado a una altura que oscila entre 1 y 6 m de cota, si bien los niveles más bajos puede que correspondan ya a depósitos aún más recientes, conocidos por nivel erbanense (Holoceno).

Estos depósitos del Pleistoceno superior fueron descritos en Fuerteventura por MECO (1975, 1977) y más tarde denominados jandiense por MECO *et al.* (1987), estando bien expuestos en diversos lugares de dicha isla. En Lanzarote y en algunos de sus islotes del norte también han sido reconocidos y cartografiados (hoja de Alegranza), si bien en ellos no han sido objeto de un estudio específico.

En el área cartografiada los depósitos jandienses no tienen una representación extensa, encontrándose cubiertos por lapilli basálticos, procedentes probablemente de Montaña Bermeja. Los depósitos están constituidos por arenas finas biodetríticas, de color claro, bastante cementados con cantos basálticos. Engloban abundantes restos de fauna marina, a veces muy fragmentada. La potencia visible de los depósitos es del orden de 1,5 m.

No se ha realizado una determinación y caracterización del contenido paleontológico, pero atendiendo a los trabajos de los autores antes mencionados, los depósitos jandienses se caracterizan por la presencia de *Strombus bubonius* Lamarck, *Conus testudinarius* Bruguiere, *Harpa rosacea* Lamarck, *Murex Saxatilis* Linné y el coral *Siderastrea radians* (Pallas). Junto a ellos aparecen, como ocurre en el depósito aquí cartografiado, abundantes lapas, *Patella ferruginea* Gmelin, de grandes tamaños y morfologías variadas, así como *Thais haemastoma* (Linné).

2.1.2.2. Edificio Montaña Bermeja: coladas basálticas, cono de tefra y piroclastos de dispersión (7,8 y 9)

Montaña Bermeja es el edificio más septentrional de La Graciosa y aparentemente el de edad más reciente, a tenor del grado de conservación que presenta. Tiene un perfil cónico asimétrico, alargado hacia el sur, indicando que surgió también sobre una fisura de orientación N-S y con un cráter abierto en herradura hacia el norte. Sus dimensiones son 850×600 m, con un altura desde su base de 140 m.

Es un edificio de tefra de composición basáltica olivinica, formado por piroclasto estratificado en capas, con diferentes granulometrías, desde tamaños lapilli hasta tamaño tipo bloque. La presencia de escorias y bombas es abundante, también con formas variadas y tamaños heterométricos. Hacia el sur se extiende una zona cubierta por lapilli de tamaño bastante homogéneo (0,5-1 cm), que fue dispersado por el viento. Esta distribución indica la acción dominante del viento del norte durante la erupción. El piroclasto cubre las coladas del malpaís del grupo de volcanes de Las Agujas, alcanzando espesores visibles (en las barranqueras) de 1-1,5 m. Los depósitos de lapilli que cubren la rasa marina jandiense proceden también de este centro de emisión.

De la base del cono surgieron coladas de lavas basálticas olivínicas, que se extendieron radialmente hacia el norte. Cerca del edificio se observan algunas de las fisuras eruptivas que funcionaron como salideros de lava y cierta cantidad de escorias. Alguna de estas fisuras viene marcada por la alineación de hornitos e intumescencias de lavas escoriáceas, poco vesiculares, muy apelmazadas y cuarteadas en bloques, que sobresalen sobre el malpaís.

A pesar de su aspecto relativamente reciente, la superficie del malpaís está bastante regularizada, si bien en la costa no hay signos de arrasamiento, siendo, por el contrario, algo escarpada. Las coladas son escoriáceas y caóticas en superficie y masivas, coherentes, poco vesiculares y con disyunción columnar en el interior. Su base no es visible y su espesor visible es del orden de 2-3 m.

Gran parte del malpaís está recubierto por arenas eólicas de color claro, en general poco potentes, si bien en alguna zona se ha visto un espesor próximo al metro. En la cartografía se ha superpuesto un entramado que indica la presencia de estas arenas.

La similitud de este malpaís con el existente en la esquina suroccidental de la isla Montaña Clara hace pensar que dicha isla y La Graciosa pudieron haber estado unidas originalmente, idea apuntada también por HAUSEN (1958), o bien que ambos fueron coetáneos.

2.1.3. Período Holoceno

2.1.3.1. *Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados.* (10)

Una nueva regresión marina durante el Cuaternario ha ocasionado un suave arrasamiento del litoral, dejando depósitos marinos fosilíferos a alturas que oscilan entre +0,5 y 1 m sobre el nivel actual del mar. Estos depósitos aparecen de manera discontinua a lo largo de la costa de La Graciosa, tanto en la zona norte como sur: playa del Ambar (realmente llamada playa Lambra), Baja del Ganado, Pedro Barba, área de Caleta de Sebo, playa del Francés y Bajo del Corral, estos tres últimos lugares situados en la hoja de Caleta de Sebo. Corresponden al nivel marino denominado erbanense, de Erbani, antiguo nombre de Fuerteventura, definido por MECO (1988) y MECO *et al.* (1987) en dicha isla. No obstante, en ocasiones no es posible una caracterización precisa del depósito, dadas las semejanzas en el contenido faunístico del jandiense (Pleistoceno superior) y del erbanense, pudiendo además coincidir ambos en altura.

Los depósitos cartografiados en la isla están constituidos por una arenisca de color claro, cementada a menudo con un conglomerado de cantos básicos y abundante fauna marina. Habitualmente aparecen apoyados directamente sobre coladas basálticas, aunque otras veces se observa un nivel marrón de arenas continentales en su base. Aflora en forma de "beach rocks", en cubetas sobre las coladas, con espesores centimétricos. También formando niveles horizontales o inclinados hacia el mar, con espesores de 1-1,3 m, como ocurre por ejemplo, en Bajo del Corral, en la costa occidental (hoja Caleta de Sebo), en donde los cantos basálticos acompañantes, de formas redondeadas y subredondeados, alcanzan tamaños de 10 a 20 cm. En este lugar, a unos 5 m de distancia hacia el interior y a unos 3 m de altura sobre el nivel del mar, aparece un depósito similar con abundante fauna, que podría corresponder al jandiense.

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

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

2.1.3.2. *Depósitos de ladera* (11)

Los depósitos de ladera aparecen escasamente desarrollados en esta área, encontrándose adosados a la ladera de algunos centros de emisión, como ocurre en Morros de Pedro Barba.

Están constituidos por materiales detríticos groseros, poco clasificados y consolidados, cuya litología está fuertemente condicionada por la de los relieves donde se apoyan. En este caso la fracción de material piroclástico es abundante.

2.1.3.3. *Depósitos aluviales arenoso-arcillosos* (12)

Las zonas endorreicas y deprimidas que quedan entre los malpaíses de lavas y entre edificios volcánicos están ocupadas por depósitos aluviales de carácter arenoso-arcilloso, de aspecto pulverulento, tal y como ocurre en la zona de los Hoyos de Montaña Bermeja o entre Montaña Mojón y Aguja Grande.

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

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

2.1.3.4. *Arenas eólicas y recubrimientos de arenas eólicas* (13 y 14)

A lo largo de todo el litoral de La Graciosa, pero también en el interior de la isla, aparecen extensas acumulaciones de arenas eólicas, que se adosan o cubren los relieves volcánicos, suavizando la morfología insular.

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

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

2.1.3.5. *Playas de arenas* (15)

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

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

2.2. DOMINIO DE LA ISLA DE MONTAÑA CLARA Y ROQUE DEL OESTE

2.2.1. Período Pleistoceno. Episodios volcánicos

2.2.1.1. Edificio Montaña Clara: piroclastos basálticos hidromagmáticos, diques, coladas de lava e intrusivos basálticos (17,18 y 19)

El edificio *Montaña Clara* constituye la mayor parte de este islote. Es un centro de emisión de grandes dimensiones 1400x1050 m, con una altura de 256 m y un amplio cráter de 700 m de diámetro, abierto hacia el norte. A pesar de preservar aún su morfología, el edificio está bastante erosionado por el mar.

Se trata de un cono de tobas de génesis hidromagmática, compuesto por depósitos piroclásticos de tipo húmedo ("wet surge"). El depósito está formado por lapillis basálticos de tamaños finos y medios, bastante consolidados y de coloración ocre-amarillenta característica, debido a la alteración palagonítica, que afecta con bastante homogeneidad, a todo el depósito. Presenta estratificación bien desarrollada, con buzamientos periclinales, formada por laminaciones paralelas muy finas y estratificaciones cruzadas de bajo ángulo. En ocasiones la estratificación es masiva, sin desarrollar estructuras específicas. En el flanco occidental, en el lugar llamado La Capilla (existe otro en Alegranza), aunque también en el oriental, se aprecia perfectamente desde la embarcación la estratificación del depósito y algunas discordancias angulares dentro del mismo, tal como ocurre también en La Punta del Entradero de los Conejos. La fracción de vitroclastos en el depósito es elevada y la presencia de líticos densos, no magmáticos (fragmentos de caliza), es notable en determinados sectores.

En el extremo septentrional, junto a la entrada al cráter, aparecen varios diques basálticos atravesando el depósito piroclástico. Presentan, en algún caso, recorridos divagantes y resaltan sobre el piroclasto por erosión diferencial.

En la parte occidental de la isla (Caletón Oscuro) existe un profundo y escarpado corte vertical que pone de manifiesto la existencia de un cuerpo magmático intrusivo en los depósitos que configuran el edificio. Presenta una morfología característica de dique vertical, muy potente, con disyunción columnar transversal, abriéndose lateralmente, como un "sill", en su parte superior. Debe de representar una resurgencia del edificio Montaña Clara y puede estar relacionado con depósitos piroclásticos finales que recubren dicho edificio.

Hacia la base del edificio aparecen algunas coladas basálticas, pero a veces también intercaladas en el piroclasto, siendo su potencia pequeña. Suelen ser algo vesiculares, con las vacuolas rellenas de ceolitas, engloban algunos nódulos de peridotita de pequeño tamaño.

Roque del Infierno o Roque del Oeste. El estado de reboso del mar en el momento de acceder a él desaconsejó finalmente el desembarco, por lo que no pudo visitarse, realizándose las observaciones desde la embarcación. Es un promontorio de 0,17 km² de superficie y 41 m de altura, formado por lavas basálticas. Por su proximidad y similitud a las lavas de Montaña Clara, puede considerarse como restos de emisiones lávicas procedentes de Montaña Clara. FUSTER *et al.* (1966), que desembarcaron y muestrearon el roque, distinguen en él dos unidades lávicas (basaltos olivínicos) superpuestas, una inferior, compacta, y la otra superior, más escoriácea y

con nódulos de olivino. Por su parte, BRAVO (1993) considera a este roque como restos del núcleo de un edificio volcánico.

2.2.1.2. *Edificio Punta del Agua: diques y piroclastos basálticos hidromagmáticos y estrombolianos (16 y 20)*

Edificio Punta del Agua. Se ha dado este nombre a un edificio localizado en la costa suroccidental de la isla. El edificio está bastante desmantelado, faltándole todo el flanco occidental.

En el corte del acantilado es posible apreciar que se trata de un edificio cuyos primeros episodios fueron de carácter hidromagmático, estando formado por depósitos de lapilli estratificado en capas y de granulometría relativamente homogénea. Están asimismo palagonitizados.

Hacia la parte superior, el depósito es ya de carácter estromboliano, formado por lapillis gruesos, de color oscuro, escorias, bloques y bombas de composición basáltica. Estos son bastante masivos, poco porfídicos, con tamaños medios entre 10 y 40 cm, llegando incluso a 80 cm.

Atravesando ambas secuencias piroclásticas del cono, hay una serie de diques de composición basáltica y reducido espesor. Son diques verticales y su dirección es E-O.

Este edificio parece algo más moderno que Montaña Clara, si bien no se aprecia claramente la relación espacial entre ambos. Hacia el este desaparece bajo las arenas eólicas y emisiones de Llanos del Aljibe.

2.2.1.3. *Fisura de Llanos del Aljibe: coladas y conos de tefra basálticos (21 y 22)*

En la zona central y más llana de la isla, conocida por Llanos del Aljibe, existe una fisura eruptiva de orientación N40°E. A través de ella se emitieron coladas de lava y se emplazaron varios edificios o coneletes de escorias, típicamente estrombolianos, alineados unos con otros. Las coladas son basálticas, escoriáceas, caóticas y vesiculares, en algunos casos potentes, como se observa en la zona de El Veril. A lo largo de la costa SE aparecen intercaladas con lapillis y escorias basálticas rojizas.

Parecen representar episodios bastante tardíos en la historia volcanológica de la isla.

2.2.1.4. *Piroclastos basálticos hidromagmáticos y estrombolianos (23 y 24)*

Uno de los últimos episodios volcánicos de la isla dio lugar a depósitos piroclásticos donde se alternan fases típicamente hidromagmáticas con otras estrombolianas.

Las primeras fases son hidromagmáticas, formando depósitos tobáceos de granulometría fina, que constituyen un pequeño edificio adosado al de Montaña Clara. Están formados por niveles piroclásticos brechoides y algo gruesos en la base, pasando, hacia arriba, a niveles cineríticos con laminaciones paralelas, que engloban pequeños líticos basálticos.

En la zona occidental, sobre el edificio Punta del Agua, se observa toda una secuencia en la que se intercalan, sucesivamente, niveles hidromagmáticos finamente laminados, con niveles de lapilli, también fino, originados en episodios estrombolianos. Éstos van siendo cada vez más abundantes y potentes hacia arriba, pasando finalmente a depósitos de tefra estromboliana gruesos, en la parte superior. Forman una potente acumulación de lapillis, escorias y bombas

de composición basáltica, con abundantes enclaves de dunitas, que recubren parte de la cima de Montaña Clara y el intrusivo que atraviesa ese edificio. Posiblemente, estos depósitos estén relacionados con dicho intrusivo.

2.2.2. Período Holoceno y actual. Episodios sedimentarios

2.2.2.1. Rasa marina erbanense (+0,5 m): arenas y conglomerados (25)

Este último episodio transgresivo del Cuaternario parece estar también representado en la isla de Montaña Clara, si bien presenta escaso desarrollo. Los depósitos asociados se encuentran a una altura de +0,5 m sobre el nivel del mar, apoyados sobre coladas basálticas arrasadas, en la zona del Entradero de Machín.

Están formados por una arenisca biodetrítica cementada, con abundantes cantos basálticos, en la que aparecen fragmentos de fauna, principalmente lapas (patella).

2.2.2.2. Depósitos de ladera (26)

También tienen escaso desarrollo en esta isla, encontrándose adosados a la ladera sur de Montaña Clara. Forman pequeños abanicos de morfología triangular, constituidos por depósitos mayoritariamente piroclásticos, procedentes de las laderas donde se apoyan, englobando fragmentos lávicos y escorias de rocas basálticas. Hacia las partes inferiores y distales se entremezclan con arenas eólicas.

2.2.2.3. Arenas eólicas (27)

La zona central de Llanos del Aljibe presenta un recubrimiento de arenas eólicas que determinan una mayor suavidad en el relieve volcánico. Son arenas de composición biodetrítica, de granulometría fina y escasamente o nada consolidadas, de tal manera que son fácilmente removilizadas por el viento. Los depósitos no originan morfologías típicas, salvo pequeños montículos al adosarse a los relieves previos. Engloban abundantes moldes de antóphora y restos de gasterópodos de tierra (helícidos).

2.3. DOMINIO DEL ROQUE DEL ESTE

2.3.1. Período Pleistoceno. Episodios volcánicos

2.3.1.1. Diques y piroclastos basálticos hidromagmáticos (28 y 29)

El Roque del Este es la porción de tierra más oriental del archipiélago canario, encontrándose situado a unos 11 km al NE de Lanzarote.

Este pequeño promontorio de 0,05 km² de superficie constituye los restos de un edificio volcánico completamente desmantelado por la erosión marina, por lo que no es posible reconstruir su morfología original. La información proporcionada por las curvas batimétricas representadas en el mapa topográfico de base y las bajas próximas o restos parcialmente sumergidos (como La Baja) indican que la plataforma submarina sobre la que se apoya debió de sustentar originalmente un edificio de proporciones mayores que las actuales. Su constitución

íntegramente piroclástica facilita una rápida erosión del edificio y por tanto su arrasamiento. El acceso al roque se realiza con buen tiempo por su lado este, pudiendo ser recorrido con facilidad, una vez en él, gracias a una estrecha plataforma residual, ocasionada por una posición anterior más elevada del nivel del mar y agrandada también por el socave marino.

El edificio Roque del Este está constituido por una toba piroclástica palagonitizada, de color amarillenta y bastante consolidada, originada en episodios hidromagmáticos. El depósito es de lapilli de granulometría fina fundamentalmente de tipo "wet surge", con laminaciones planares, a veces algo difusas, en las que se observan estructuras onduladas y dunares de pequeño tamaño (centimétricas) e incluso alguna estructura de impacto, como consecuencia de la caída de líticos de gran tamaño. A menudo se intercalan niveles cineríticos muy delgados. Los fragmentos vítreos constituyen un porcentaje importante del depósito. La fracción lítica es también alta, estando compuesta por fragmentos básicos densos, a veces vesiculares, de carácter comagmático, con formas irregulares o subredondeadas y tamaños entre 1 y 10 cm. Otros líticos son fragmentos de calizas marmorizadas de color blanco (destacan muy bien en la toba), con formas irregulares y tamaños entre 3 y 30 cm, si bien son abundantes los tamaños milimétricos repartidos por todo el depósito. En ocasiones aparecen zonas de mayor concentración de este tipo de fragmentos.

Por el extremo NE del roque se observa una notable discordancia angular en el edificio, que indica la superposición de varios episodios a lo largo de la construcción del edificio.

En el sector nororiental del Roque del Este se observan al menos tres diques (ya que uno de ellos se bifurca en dos) que atraviesan el piroclasto. Son diques de composición basáltica, con recorridos divagantes y orientación N20°-25°E. Uno de ellos da un resalte topográfico por erosión diferencial respecto al piroclasto, culminado en punto más alto del islote, el Campanario (84 m).

Desde el punto de vista morfológico, a lo largo del roque se observan pequeñas cavidades u oquedades en el piroclasto, como consecuencia de un proceso de tafonización del mismo. El conjunto adquiere así una morfología "hojaldrosa".

3. TECTÓNICA

Por circunstancias de la división administrativa del MTN, en esta hoja aparecen varias unidades geográficas diferentes: isla de Montaña Clara, Roque del Oeste, Roque del Este y la mitad septentrional de la isla de La Graciosa. Para mayor coherencia geológica, el análisis tectónico de la isla de La Graciosa comprenderá la isla completa.

El conjunto de estas islas y roques forma parte del llamado archipiélago Chinijo, situado en el extremo NNE del denominado "East Canary Ridge" (ECR) por MARINONI y PASQUARE (1994). La isla de Montaña Clara tiene una forma ovalada en sentido N, con episodios volcánicos polifásicos del Pleistoceno medio al superior. La Graciosa también es una isla con volcanismo polifásico de igual período estratigráfico, pero con una forma oval elongada a N40°E. Esta elongación es subparalela o prácticamente la misma que la orientación preferente del ECR, lo que supone que su formación y desarrollo ha sido controlado por el

campo de esfuerzos general que afecta, desde el Mioceno superior, a Lanzarote y Fuerteventura.

De todos los elementos estructurales propios que definen la evolución tectónica en terrenos volcánicos, en esta hoja están presentes varios de ellos: el más general e importante corresponde a las alineaciones volcánicas (fisuras eruptivas); en menor medida están los diques locales asociados a conos de tefra y por último un intrusivo en Montaña Clara.

En la isla de Montaña Clara, el edificio primordial es el de Montaña Clara, un imponente cono volcánico de forma subredondeada que constituye la primera unidad subaérea de la isla. Tiene un cráter abierto a N10°E y un potente intrusivo basáltico en su centro (conducto de emisión) bien visible en su cara oeste debido a la erosión marina. Aunque su forma casi redondeada sugiere que su emersión se produjo en un momento de relajación de las tensiones corticales, dominantes en la región, su conducto final de emisión es claramente un salidero de tipo fisura elongada. Esta presenta una tendencia orientada a N30°-40°E, propia del campo de esfuerzos que controla las emisiones cuaternarias en el Dominio de Famara y archipiélago Chinijo. Las emisiones que posteriormente se desarrollan en la isla son de menor entidad (edificio Punta del Agua y fisura Llanos del Aljibe) y se superponen estratigráficamente al campo de piroclastos del edificio Montaña Clara. De manera evidente, la orientación de estas dos pequeñas fisuras eruptivas adoptan una orientación N40°E, coincidente con la regional de la zona.

En la evolución temporal del volcanismo de Montaña Clara parece apreciarse, por tanto, un ligero cambio de régimen tectónico. Los primeros momentos de la emersión debieron de corresponder a un período de relajación del campo de esfuerzos, regional, para cambiar progresivamente a un mayor control estructural por parte del mismo según una directriz NNE-SSO.

En la isla de La Graciosa, la sucesión de acontecimientos es algo similar a la de Montaña Clara. Una importante fisura eruptiva materializada en la Alineación Montaña Amarilla-Montaña Agujas define mayoritariamente el volcanismo de la isla, así como condiciona la morfología de la misma. Esta fisura presenta una orientación N45°E y la componen cinco cráteres principales y algunos adventicios menores. De las observaciones de campo parece desprenderse que la fisura comenzó en el SO, con la erupción hidromagmática de Montaña Amarilla, y fue progresando en sentido NE. Montaña Amarilla es un cono de tefra de planta subredondeada, con la apertura del cráter hacia el norte. En su flanco SO presenta un pequeño conjunto de diques basálticos (parte del conjunto de diques radiales de este tipo de edificios) orientados a N55°, igual que la alineación. Esta forma redondeada del edificio, así como la orientación NE de sus diques, sugiere un campo de esfuerzos extensional para la tectónica que dio origen a la fisura eruptiva. El resto de los edificios de la alineación tienden a presentar la apertura de sus cráteres hacia el NNE, de manera concordante con la alineación. Igualmente, algunos de los pequeños salideros adventicios se distribuyen en un pasillo subparalelo a la orientación preferente de la fisura, lo que confirma nuevamente la presencia de una tectónica extensional como productora de la alineación. Otro dato estructural a favor de esta hipótesis lo constituye la presencia de una pequeña grieta eruptiva (formada por algunas bocas adventicias), un poco al oeste de Caleta de Sebo, con orientación paralela a la de la fisura principal.

Posteriormente, al norte de la isla, tiene lugar la emisión de Montaña Bermeja. Se trata de un cono estromboliano con cráter abierto hacia el norte, que surge aislado, fuera de cualquier fisura definida. Es probable que esta erupción forme parte de la que dio origen a la fisura de Llanos del Aljibe en la vecina isla de Montaña Clara.

De las orientaciones preferentes que presentan las alineaciones volcánicas y demás elementos estructurales descritos, se desprende que estas islas participan del régimen tectónico regional dominante en el Dominio de Famara.

Por su parte, el Roque del Este es el resto de un edificio hidromagmático aislado, fuertemente erosionado por la acción marina. Estructuralmente, sólo se han observado algunos diques paralelos orientados a N10°E.

Los movimientos verticales registrados en estas islas, han quedado marcados en la rasa marina jandiense (+6 m) y en los niveles erbanenses (+0,5 m).

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

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

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

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

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

La isla de Montaña Clara con su escasa superficie, 1,36 km², tiene un importante edificio volcánico, Montaña Clara, que con sus 256 m de altitud y sus 1.050-1.400 m de anchura es el que caracteriza el relieve de la isla; hacia el sur las elevaciones pierden importancia y las pendientes oscilan entre el 5 y el 10%.

El Roque del Este y el Roque del Oeste, dadas sus dimensiones, tienen una orografía muy escarpada.

El resto de las características fisiográficas de estos islotes son similares a las de la isla La Graciosa.

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

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

4.2.1. Estudio morfoestructural

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

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

Estas alineaciones y fisuras condicionan en gran parte el relieve de estas islas, de componente fundamentalmente endógeno, de marcado carácter volcánico.

4.2.2. Estudio del modelado

4.2.2.1. Formas endógenas

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

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

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

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

En Montaña Clara casi no afloran malpaíses; el más significativo es de la fisura de Llanos del Aljibe, con un grado alto de conservación.

4.2.2.2. Formas exógenas.

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

Laderas

A causa de la morfología de las islas, las únicas laderas existentes son las que constituyen los conos volcánicos, en las que se han desarrollado escasos depósitos. Sólo existen algunos de-

pósitos de escasa relevancia al sur del edificio de Las Agujas, al sur de Montaña Clara y en el interior del cráter de este último edificio, tapizando muy suavemente las pendientes.

Fluviales

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

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

Eólicos

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

Endorreicas

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

Marino.

La acción erosiva del mar ha conseguido labrar acantilados de diferente envergadura a lo largo de la costa de las distintas islas, en diversos tramos de la misma.

Así, por ejemplo en el edificio de Montaña Clara, debido a la escasa coherencia de los materiales piroclásticos, se ha formado tanto en su parte este como oeste sendos acantilados de unos 200 m de altura. En el área sur de la isla también se forman acantilados pero de mucha menor altitud.

En el Roque del Este el edificio ha sido muy desmantelado y el mar ha erosionado fuertemente el mismo dando un agudo escarpe con fuerte pendiente a ambos lados.

En La Graciosa el mar ha labrado en algunas zonas de la costa, como es en el área norte Punta Gorda, al este Punta de Pedro Barba y al suroeste Hoyas de Ramón, acantilados de escasa altura. En el área de Montaña Amarilla, la altura del acantilado es algo mayor debido también a la menor cohesión de los materiales del edificio.

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

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

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

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

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

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

Antrópicos

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

4.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

4.3.1. Depósitos eólicos

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

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

4.3.2. Depósitos fluviales

Como ya se ha indicado, la red fluvial es inexistente. Sólo se han distinguido dos pequeños conos de deyección, uno al Sur de Montaña Bermeja y otro al E de Morros de Pedro Barba, que están constituidos por materiales detríticos groseros procedentes de materiales piroclásticos que han sido arrastrados por pequeños regueros.

4.3.3. Depósitos endorreicos

Como ya se ha citado previamente, se encuentran algunas zonas topográficamente deprimidas y cerradas por coladas de lava y edificios volcánicos, donde se han depositado materiales fundamentalmente limosos pero además con granulometrías de arenas, arcillas e incluso cantos de origen fluvial. Su coloración es anaranjada y su potencia puede variar entre escasos centímetros y algo más de 1 m. Las más destacables son las situadas en Las Hoyas de Montaña Bermeja y la que bordea al edificio de Montaña Bermeja.

4.3.4. Depósitos de ladera

Los únicos depósitos de ladera encontrados en las islas son los pequeños coluviones encontrados al sureste del edificio de Las Agujas, los encontrados en el interior del cráter de Montaña Clara y los situados al sur del edificio de Montaña Clara.

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

4.3.5. Depósitos litorales

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

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

Los depósitos pertenecientes al nivel erbanense se localizan en numerosos puntos a lo largo de la costa de La Graciosa y también en una zona al SE de Montaña Clara. Están constituidos, al igual que los anteriores por areniscas de color claro, con abundante fauna y acompañados a menudo por un conglomerado de cantos basálticos, cuya matriz son las arenas.

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

En Montaña Clara no se han formado playas en su borde costero.

4.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

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

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

En Montaña Clara comienza la sucesión de acontecimientos del mismo modo, surgiendo en primer lugar el edificio de Montaña Clara. Las coladas que dan lugar posteriormente al Roque del Oeste son las emitidas por este edificio de Montaña Clara. A comienzos del Pleistoceno superior la erosión marina elabora una plataforma o rasa sobre las coladas del Pleistoceno inferior, formándose los depósitos marinos del jandiense, que sólo se conservan de forma muy puntual en la isla de La Graciosa. El mar se retira y queda la rasa levantada entre 1 y 6 m sobre el nivel del mar.

También a comienzos del Pleistoceno superior empiezan a acumularse las arenas eólicas y surgen nuevos edificios como el de Montaña Bermeja en La Graciosa o los de Punta del Agua o Llanos del Aljibe en Montaña Clara, con emisiones de coladas.

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

A comienzos del Holoceno tiene lugar nuevamente una transgresión marina que da lugar a la formación de una pequeña rasa, de la que se conservan depósitos en numerosos puntos de La

Graciosa y Montaña Clara. El mar se retira y estos depósitos quedan a una altura de 0,5-1 m sobre el nivel del mar.

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

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

4.5. MORFODINÁMICA ACTUAL

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

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

Quizá el agente externo que incide con mayor fuerza en la actualidad sea el mar, elaborando acantilados a lo largo de la costa. Otro agente que actúa constantemente es el viento que forma dunas y mantos eólicos, fundamentalmente en las zonas expuestas a barlovento.

5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA

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

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

El estudio geoquímico incluye los análisis químicos realizados paralelamente, a los que se han añadido los disponibles en la bibliografía. Se parte de la consideración de dos grandes ciclos volcánicos constructivos dentro del conjunto de la isla: un primer ciclo, completamente ausente en los islotes, representado en la isla de Lanzarote por los macizos miocenos de Ajaches, Dominio central y Famara (Mioplioceno), y un segundo ciclo, representado en los islotes, constituido por el resto de emisiones, mayoritariamente cuaternarios, incluidos los de fecha histórica que acaecieron en la isla de Lanzarote.

Tabla 5.1. Analisis químicos, norma CIPW y parámetros geoquímicos de las muestras de la hoja isla de la Graciosa

Muestra	A.Montaña AGUJAS		EDIFICIO Montaña BERMEJA	
	RB-197	13555	14222	RB-194
SiO ₂	44.01	46.55	44.30	45.84
Al ₂ O ₃	12.11	13.68	14.00	12.38
Fe ₂ O ₃	11.98	7.20	2.31	12.16
FeO		4.59	8.55	
MgO	11.84	9.96	10.47	13.08
CaO	11.12	10.73	11.72	11.23
Na ₂ O	3.40	3.20	3.68	0.27
K ₂ O	1.03	0.98	1.26	0.88
MnO	0.18	0.14	0.15	0.18
TiO ₂	2.81	2.23	2.27	2.56
P ₂ O ₅	0.90	0.67	0.89	0.81
H ₂ O	0.62	0.26	0.21	0.50
C O ₂				
Total	100.00	100.19	99.81	99.88
Ce	149			106
Cr	318			338
La	73			40
Nb	83			71
Ni	204			237
Rb	33			18
Sr	1003			801
V	214			189
Y	35			25
Zr	374			231
Q				4.04
Or	6.09	5.79	7.45	5.20
Ab	21.89	24.39	7.19	2.28
An	14.74	20.07	17.96	29.97
Ne	3.73	1.46	12.97	
Di	19.83	22.41	27.66	9.53
Hy				28.15
Ol	14.22	10.10	16.65	
He	11.98	1.14		12.16
Mt		8.79	3.35	
Il	0.39	4.24	4.31	0.39
Tn				5.78
Pf	4.44			
Ap	2.09	1.55	2.06	1.88
ID	31.71	31.64	27.61	11.53
FEMG	0.00	0.00	0.23	0.00
IP	0.55	0.46	0.53	0.11

RB-197 Basanita. Colada de Montaña Aguja Grande, en la Baja del Ganado; cota 1 m. MAGNA.

13555 Basalto. Colada en Morro de Los Conejos. FUSTER *et al.* (1966).

14222 Basanita. Colada de Montaña Bermeja. FUSTER (1966).

RB-194 Basalto subalcalino. Colada de Montaña Bermeja, en Punta Gorda; cota 3 m. MAGNA.

Tabla 5.1. (Continuación).

	Isla Roque del Este			Isla de Montaña Clara					
	Edificio Roque del Este			Edificio de Montaña Clara			Fisura Llano del Aljibe		
Muestra	13539	13542	H-2	13535	13566	12021	13518	13516	13540
Si O ₂	45.00	45.80	46.22	41.32	42.20	39.00	40.30	41.90	45.70
Al ₂ O ₃	13.38	13.87	13.99	11.83	12.55	3.82	11.22	11.39	13.29
Fe ₂ O ₃	2.99	4.56	2.83	4.55	5.85	6.92	4.92	7.46	3.10
Fe O	8.11	7.32	8.90	6.62	5.18	9.14	5.88	4.31	8.33
Mg O	10.58	8.12	10.55	12.64	11.83	20.64	13.11	13.52	10.62
Ca O	12.39	11.38	10.18	12.90	13.13	15.20	12.22	12.14	10.31
Na ₂ O	3.26	3.28	2.78	3.88	3.36	0.36	3.20	2.92	3.72
K ₂ O	1.07	1.12	0.85	0.91	1.14	0.12	1.18	1.23	1.10
Mn O	0.14	0.15	0.19	0.16	0.16	0.14	0.15	0.17	0.14
Ti O ₂	2.17	2.34	2.76	2.27	2.50	3.00	2.28	2.37	2.25
P ₂ O ₅	0.59	0.71	0.60	1.22	1.35	1.00	1.02	1.20	0.59
H ₂ O		0.92	0.28	1.28	0.74	0.44	2.45	0.91	0.54
C O ₂	0.81	0.30		0.52			1.21	0.35	
Total	100.49	99.87	100.23	100.10	99.99	99.78	99.14	99.87	99.69
Cr			700						
Ni			300						
Or	6.32	6.62	5.02	5.38	6.74		6.97	7.27	6.50
Ab	12.22	20.51	21.57	2.98	5.15		5.86	7.96	15.63
An	18.72	19.82	23.19	12.18	15.80	8.45	12.77	14.34	16.32
Lc						0.56			
Ne	8.33	3.92	1.06	16.17	12.61	1.65	11.49	9.07	8.58
Di	27.09	24.08	18.80	32.07	31.65	40.10	26.39	27.90	24.86
Ol	16.15	10.62	19.48	15.13	10.95	27.58	16.63	14.53	17.13
Ln						2.96			
He								2.23	
Mt	4.34	6.61	4.10	6.60	8.48	10.03	7.13	7.58	4.49
Il	4.12	4.44	5.24	4.31	4.75	5.70	4.33	4.50	4.27
Ap	1.37	1.64	1.39	2.83	3.13	2.32	2.36	2.78	1.37
Cc	1.84	0.68		1.18			2.75	0.80	
ID	26.87	31.06	27.65	24.53	24.50	2.21	24.33	24.30	30.72
FEMG	0.21	0.19	0.22	0.11	0.02	0.09	0.07	0.00	0.21
IP	0.49	0.48	0.39	0.62	0.54	0.19	0.58	0.54	0.55

- 13539 Basalto. Dique en la isla del Roque del Este. FUSTER *et al.* (1968).
 13542 Basalto. Dique en la isla del Roque del Este. FUSTER *et al.* (1968).
 H-2 Basalto. Dique en el Campanario. Isla del Roque del Este. HAUSEN (1958).
 13535 Basanita. Colada del Roque del Oeste. FUSTER *et al.* (1966).
 13566 Basanita. Colada del Roque del Oeste. FUSTER *et al.* (1966).
 12021 Peridotita. Enclave en bomba volcánica. Isla de Montaña Clara. SAGREDO (1969).
 13518 Basanita. Colada en la zona de El Veril. Isla de Montaña Clara. FUSTER *et al.* (1968).
 13516 Basanita. Bomba volcánica en Llano del Aljibe. Isla de Montaña Clara. FUSTER *et al.* (1966).
 13540 Basalto. Colada de la costa S. Isla de Montaña Clara. FUSTER *et al.* (1966).

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

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

5.1. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. PETROLOGÍA

DOMINIO DE LA ISLA DE LA GRACIOSA

5.1.1. Período Pleistoceno medio

El conjunto de los ejemplares muestreados presenta una enorme uniformidad petrográfica, tratándose, en la mayoría de los casos, de basaltos olivínicos u olivínico-piroxénicos, cuando los fenocristales de augita son algo más abundantes.

5.1.1.1. Sustrato de los primeros episodios (1)

Constituyen un conjunto de coladas de composición basáltica olivínica en las que destaca la enorme similitud de todos los ejemplares.

Presentan abundantes microfenocristales de olivino, entre los que predominan ejemplares idiomorfos a subidiomorfos de escaso tamaño (rara vez mayores de 0,5 mm), con procesos incipientes de iddingsitización. Es característica la presencia de abundantes micronódulos de composición ultramáfica, bien duniticos o de composición más peridotítica, con olivino-augita-ortopiroxeno. Igualmente, es frecuente la presencia de xenocristales individuales de olivino disgregados de dichos nódulos, algo mayores que los anteriores (hasta 2 mm), con extinción ondulante y/o maclado mecánico. Se observan también cristales aislados de ortopiroxeno, con coronas de reacción generalmente de augita.

La matriz suele ser microcristalina con abundantes microlitos de plagioclasa, augita y opacos granulares, si bien excepcionalmente aparecen ejemplares de textura fluidal. Rellenando microvesículas aparece escaso vidrio o carbonato.

5.1.1.2. Alineación Montaña Amarilla-Mojón-Agujas (2, 3, 4 y 5)

Los materiales lávicos muestreados corresponden a basaltos olivínicos. Están constituidos por abundantes microfenocristales de olivino de escaso tamaño, generalmente frescos o con alteración muy incipiente, entre idiomorfos y subidiomorfos, si bien también es posible encontrar ejemplares de hábito esquelético. Mucho mayores resultan algunos esporádicos cristales de

augita, con zonado concéntrico muy marcado, posiblemente disgregados de nódulos ultramáficos, como sucede con algunos ejemplares de olivino alotriomorfo.

La matriz, de tipo microcristalino, contiene microlitos de plagioclasa, augita y opacos granulares. Las vesículas se encuentran en parte rellenas por vidrio.

Los depósitos piroclásticos estudiados *bombas* tienen composición muy parecida a las coladas descritas anteriormente. Se distinguen de las lavas por la mayor abundancia de vesículas (hasta un 60% del volumen total), el escaso desarrollo de los fenocristales de olivino y por el menor grado de cristalinidad de la matriz, predominando las de tipo micro y criptocristalino.

Se han muestreado por último *tobas palagonitas*, formadas por abundantes fragmentos de vidrios palagoníticos de color anaranjado, con esporádicos cristales de olivino idiomorfo o fragmentos de éstos, a su vez cementados por vidrio y carbonato de origen tardío.

5.1.2. Período Pleistoceno superior

5.1.2.1. Rasa Marina jandiense (6)

Se trata de una roca carbonatada de tipo bioesparítico, formada por abundantes restos fósiles (caparazones), apenas fragmentados y cementados por calcita esparítica, si bien se observa una gran porosidad.

5.1.2.2. Edificio Montaña Bermeja (7, 8 y 9)

Las emisiones de Montaña Bermeja apenas presentan diferencias con las muestras descritas anteriormente. Se trata en todos los casos de basaltos olivínicos porfídicos con nódulos ultramáficos y xenocristales disgregados de olivino.

La matriz varía entre micro y criptocristalina. Cabe señalar la escasa o nula alteración del olivino.

DOMINIO DE LA ISLA DE MONTAÑA CLARA Y ROQUE DEL OESTE.

5.1.3. Período Pleistoceno

5.1.3.1. Edificio Montaña Clara (16, 17, 18 y 19)

Los diques, lavas y piroclastos muestreados en la isla de Montaña Clara corresponden a basanitas olivínicas y a basaltos olivínico-piroxénicos de textura porfídica, con predominio de los primeros, y de matriz microcristalina, excepto en los piroclastos, en los que la cristalinidad es menor.

Las tobas palagoníticas están constituidas mayoritariamente por vidrio marrón palagonítico, con abundantes cristales de olivino y augita y algunos fragmentos de roca basáltica. En las vacuolas se encuentran rellenos de carbonatos y ceolitas.

No se ha muestreado el Roque del Oeste. FUSTER *et al.* (1968) indican que está formado por coladas basálticas olivínicas, con características petrográficas similares a las mencionadas arriba.

5.1.4. Período Pleistoceno

5.1.4.1. Diques y piroclastos hidromagmáticos (28 y 29)

El Roque del Este corresponde a los restos de un antiguo edificio hidromagmático, formado en su totalidad por *tobas palagoníticas*. Están constituidas por abundantes fragmentos de vidrio palagonítico-hialoporfídico, con escasos fenocristales de olivino, englobados en vidrio y minerales tardíos, entre los que destacan ceolitas, escaso carbonato y minerales de tipo talco-sericita.

En algunos ejemplares de tobas se han distinguido pequeños *fragmentos de caliza* con restos fósiles. Corresponden a bioesparitas con abundantes microfósiles, generalmente sin fragmentar. El cemento es de tipo esparítico.

Diques. Atraviesan los depósitos piroclásticos, en la parte NE de la isla. Son de composición basáltica y se caracterizan por la presencia de fenocristales automorfos de augita, algo mayores de 2 mm, con zonado y maclado mecánico, ligeramente rosados en sus bordes (presencia de titanio). El olivino, si bien más abundante, se presenta en cristales de menor tamaño, predominando los cristales de tipo idiomorfos-subidiomorfos, o los de hábito esquelético. La matriz criptocristalina y de color negruzco consta de vidrio, plagioclasa, augita y opacos.

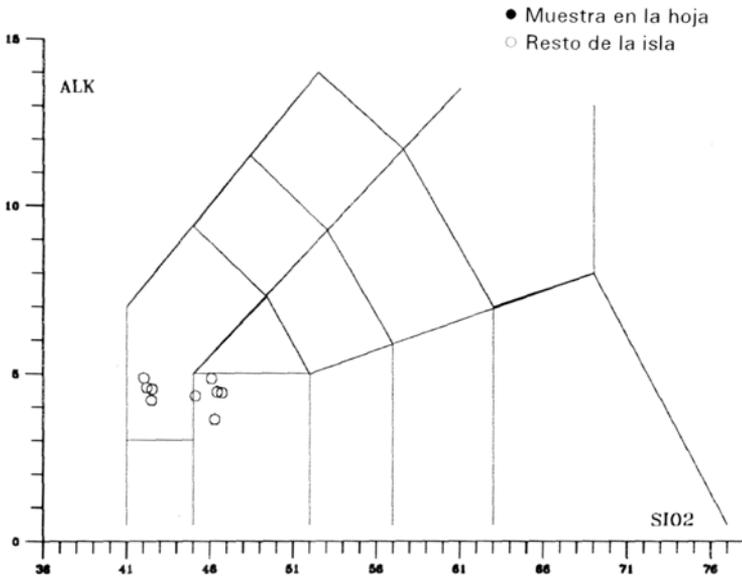


Fig. 5.1. Diagrama TAS.

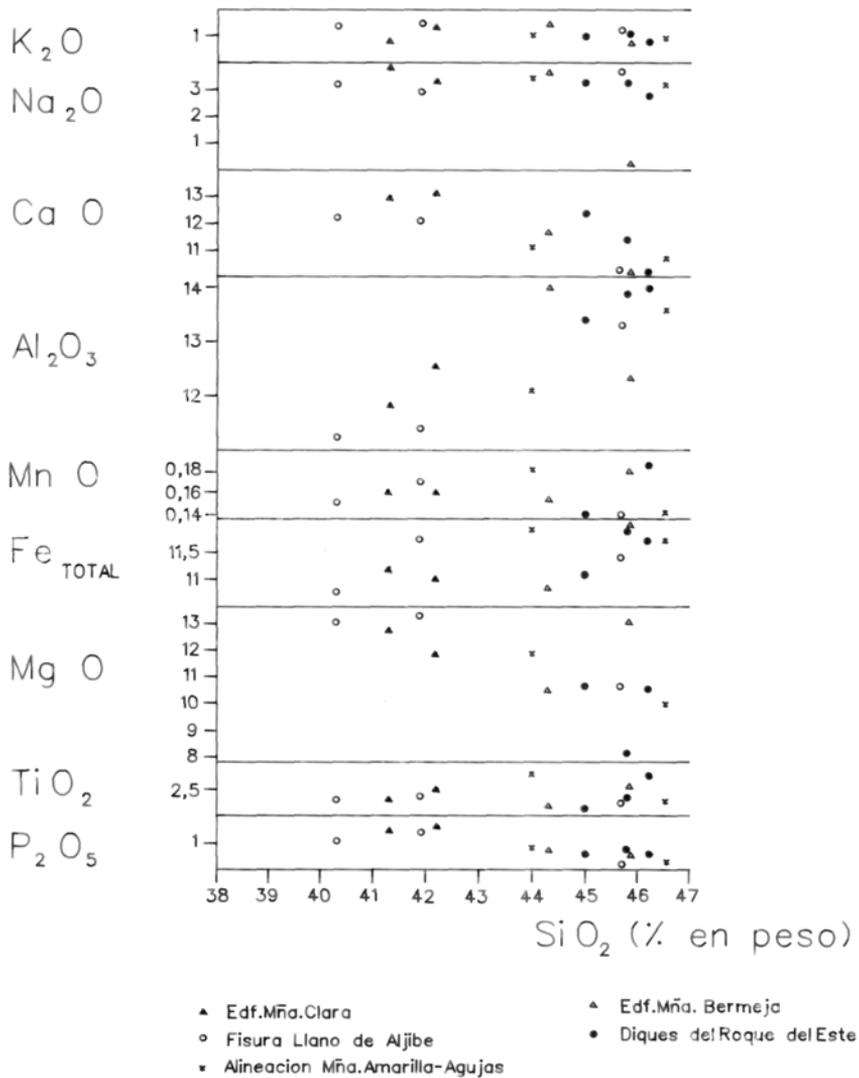


Fig. 5.2. Diagrama de variación de elementos mayores.

5.2. SEGUNDO CICLO VOLCÁNICO. GEOQUÍMICA

El segundo ciclo magmático de Lanzarote y de los islotes se caracteriza por la presencia de términos de naturaleza básica, con tipos basálticos y basaníticos, estando ausentes rocas con mayor grado de diferenciación. El período de erupciones históricas del siglo XVIII (erupciones de Timanfaya) muestra otra vez más variación, con una evolución desde basanitas en los primeros episodios a basaltos en los finales, y aunque la tendencia general es alcalina, en estos finales se observan afinidades toleíticas. En la erupción de 1824, los materiales emitidos son únicamente basanitas.

En general, los materiales del conjunto de islas e islotes del norte de Lanzarote muestran un comportamiento bastante homogéneo, con términos basaníticos y basálticos alcalinos dominantes, (Fig. 5.1). Presentan un amplio rango de variación en sus contenidos en SiO_2 y en Al_2O_3 , mientras que el resto de elementos los valores están más agrupados, (Fig. 5.2). Es de destacar los elevados contenidos en MgO de la mayoría de las rocas, debido a la existencia en ellas de abundantes xenocristales de olivino.

Existen también algunas particularidades a nivel individual de determinadas muestras, como la presencia de Q y Hy normativa en la muestra RB-194 de Montaña Bermeja, que hace que se clasifique como un basalto subalcalino (basalto toleítico).

6. HISTORIA GEOLÓGICA

Las islas de La Graciosa y Montaña Clara surgen en el Pleistoceno medio, apoyadas sobre la plataforma insular de Lanzarote. Originalmente ambas pudieran haber formado una única porción de tierra, quedando individualizadas y separadas como islas a lo largo de su evolución, posiblemente en el Pleistoceno superior. Del mismo modo, el Roque del Oeste o Roque del Infierno formaba parte del aparato eruptivo de Montaña Clara, quedando posteriormente aislado de aquélla y formando un islote independiente.

Los primeros episodios constructivos de La Graciosa y Montaña Clara están representados por depósitos hidromagmáticos que edificaron edificios de tobas, evidenciando una entrada de agua en los conductos magmáticos cuando aún era incipiente la emersión de su sustrato. La emersión progresiva y las sucesivas emisiones volcánicas dieron paso en La Graciosa a episodios ya subáreos, con emisión de lavas basálticas escoriáceas que iban aumentando el perímetro insular. Los centros de emisión evolucionan a edificios de tefra estrombolianos, surgiendo alineados a lo largo de una fisura eruptiva de orientación NE-SO. También en Montaña Clara se emiten coladas de lava, que posteriormente originaron el Roque del Oeste, cuando ya queda desconectado de dicho centro de emisión. En Montaña Clara los últimos episodios volcánicos están también controlados por un régimen fisural que sigue una orientación paralela a la fractura principal de La Graciosa.

En el Pleistoceno superior se acumulan en las costas los depósitos marinos denominados jandienses, los cuales, tras la regresión marina subsiguiente, quedan levantados, en la actualidad, a alturas del orden de 1 a 6 m sobre el nivel del mar.

En el extremo norte de La Graciosa, en una última erupción volcánica, surge La Montaña Bermeja, que emite lavas basáltica, cuyo malpaís, hoy ya bastante denudado, pudo haber estado conectado físicamente con el sector SO de Montaña Clara.

Posiblemente, a lo largo del Pleistoceno superior es cuando se produjo la desconexión con La Graciosa, e individualización de Montaña Clara y Roque del Oeste como islas actuales.

A lo largo del Pleistoceno superior y Holoceno, hasta la actualidad, la acción constante de los vientos del N-NE aporta ingentes cantidades de arenas eólicas, que se acumulan a lo largo de toda la zona oriental y meridional de La Graciosa. En Montaña Clara estos depósitos tienen también representación, si bien, naturalmente, con mayor amplitud.

Nuevos depósitos marinos fosilíferos, correspondientes al nivel erbanense, jalonan las costas de estas islas durante el Holoceno. La regresión posterior los deja actualmente visibles a alturas que oscilan entre 0,5 y 1 m sobre el nivel del mar.

El Roque del Este surge también en el Pleistoceno como isla independiente, tras la emersión de un monte submarino, a partir de sucesivas erupciones volcánicas. Constituye un edificio hidromagmático, de mayor tamaño que la isla actual, cuya morfología original está hoy tan modificada por la erosión marina que hace irreconocible algún aspecto de su apariencia anterior.

7. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

En todos los estudios de hidrología e hidrogeología realizados en el ámbito de la isla de Lanzarote, los islotes del norte, que pertenecen a ella administrativa y geográficamente, siempre han carecido de interés. La información de este tipo que existe en ellos es, pues, nula o muy escasa.

7.1. HIDROLOGÍA

Climatología y pluviometría

Las islas de La Graciosa, Montaña Clara, Roque del Este y Roque del Oeste son, junto a la de Lanzarote, unas de las más áridas del archipiélago canario, pudiéndose clasificar su clima como desértico-seco. Las precipitaciones son muy escasas, produciéndose, casi en exclusiva, durante los meses de invierno (noviembre, diciembre y enero). Las altitudes de estas islas quedan muy por debajo de la cota de inversión del alisio (alrededor de 700 m), principal portador de lluvia al archipiélago. Los únicos datos de precipitaciones disponibles han sido los obtenidos por el SPA/15 (1975) en la estación meteorológica de Caleta de Sebo, estando reflejados en la Tabla 7.1.

Red hidrográfica

No existe, en ninguna de las dos islas mayores, barrancos o cauce alguno con un desarrollo significativo, reduciéndose la red de drenaje a escasas endiduras y pequeñas barranqueras sin importancia.

Tabla 7.1. Precipitaciones medias mensuales (mm) en la Graciosa SPA/15 (1975).

O	N	D	E	F	M	A	MY	J	JL	AG	S	Total
13,2	26,7	25,7	25,5	15,5	9,0	5,6	0,7	0,1	0,0	0,1	2,1	124,6

7.2. HIDROGEOLOGÍA

Características hidrogeológicas generales de los materiales volcánicos y sedimentarios.

En general, la sucesión e imbricación de coladas, depósitos piroclásticos, sedimentos, almárges y cuerpos intrusivos hacen de las formaciones volcánicas un medio heterogéneo, que condiciona enormemente el flujo y almacenamiento del agua subterránea. Asimismo, los procesos posteriores al emplazamiento y consolidación de los materiales modifican también su comportamiento inicial.

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

Los materiales volcánicos que constituyen estos islotes, dada su juventud y escasa alteración, mantienen prácticamente inalteradas sus características hidráulicas primarias, por lo que representan en general medios de alta permeabilidad. Por su parte, las formaciones sedimentarias existentes en ellas, representadas mayormente por depósitos de arenas eólicas, muestran una elevada porosidad y permeabilidad, que facilita la infiltración de las aguas de lluvia hacia el interior.

En resumen, en el caso de las islas de La Graciosa y Montaña Clara, las formaciones geológicas presentes en ellas, debido, por un lado a sus características hidrogeológicas, potencia, posición topográfica próxima al mar, y por otro por la escasa recarga natural, no permiten la existencia de niveles saturados de importancia. Se considera, por tanto, que no existen recursos de aguas subterráneas en ninguna de las dos islas.

Abastecimiento de agua

La única fuente de abastecimiento de agua potable en La Graciosa es la planta de desalinización que existe en Caleta de Sebo. Existen además algunos aljibes y recogedores próximos a dicha población, para aprovechar la escasa agua de lluvia que ocasionalmente cae.

8. GEOTECNIA

En este capítulo se consideran los diferentes materiales representados en la hoja según su comportamiento mecánico, con el objeto de realizar una aproximación a posibles problemas geotécnicos que puedan presentarse ante acciones constructivas o causas naturales. Con respecto a esto último, se hace también una breve descripción de los riesgos geológicos que puedan tener cierta incidencia en esta área.

No se han realizado ensayos ni otro tipo de pruebas geotécnicas que proporcionen datos cuantitativos de las propiedades resistentes de los terrenos, por lo que su estimación es sólo cuali-

tativa. Se trata de un estudio orientativo, siendo necesario realizar estudios más detallados cuando haya que proyectar obras de cierta importancia. De manera orientativa ha para servido 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 dividido en zonas que representan recintos relativamente homogéneos frente a características geotécnicas determinadas.

En la hoja se ha distinguido un área, que se ha dividido en cuatro zonas.

8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Área I

Zona I₁. Coladas basálticas.

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

Características geomorfológicas. La morfología de las superficies ocupadas por las lavas es irregular y abrupta, debido a la superposición e imbricación de sucesivas morrenas o coladas, si bien la disposición general es más o menos llana y horizontal.

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

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

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

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

Zona I₂. Depósitos piroclásticos.

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

nica, propios de centros de emisión, donde alcanzan inclinaciones que varían entre 20 y 35°, dependiendo de su tamaño y grado de apelmazamiento.

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

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

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

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

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

Zona I₃. Depósitos de arenas eólicas.

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

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

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

Capacidad portante. Admiten cargas de trabajo muy bajas, produciéndose en ellos asentamientos de consideración e intolerables.

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

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

Zona I₄. Depósitos aluviales arenoso-arcillosos.

Características litológicas y estructurales. Son materiales de granulometría fina o media, de carácter arenoso-arcilloso, que engloban fragmentos de rocas. Presentan estratificación masiva horizontal y espesores visibles que varían entre escasos centímetros y 1,5 m.

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

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

Capacidad portante. Su capacidad portante es baja.

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

Estabilidad de taludes. No presentan espesores tan importantes como para originar taludes de consideración. En algún caso se han observado cortes naturales producidos por el encajamiento de una barranquera, con paredes verticales, pero de estabilidad precaria.

8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS

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

Riesgo de erosión marina. La costa, al estar sometida a la constante acción del oleaje y las corrientes marinas, sufre un continuo retroceso. Esta acción es más perceptible cuando afecta a depósitos de litologías deleznable o blandas, como son los materiales piroclásticos que forman gran parte de Montaña Clara y la totalidad del Roque del Este, ambos con un grado de erosión marina acusado.

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

8.4 VALORACIÓN GEOTÉCNICA

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

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

Área	Zona	Unidad cartográfica	Litología Estructura	Hidrogeología	Características geotécnicas	Características constructivas	Riesgos geológicos
I	1	Coladas basálticas cuaternarias	Extensos campos de lava (malpais) horizontales	Permeabilidad alta por fisuración	CP = Alta FE = Muy baja ET = Alta	Favorables	EM= alto
	2	Depósitos piroclásticos cuaternarios	Depósitos granulares heterométricos relativamente sueltos, a veces consolidados	Porosidad y Permeabilidad alta	CP = Media-baja FE = Alta ET = Precaria	Favorables	
	3	Depósitos de arenas eólicas cuaternarias	Arenas biodetríticas de grano fino, poco o nada consolidadas	Permeabilidad alta	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	E= bajo
	4	Depósitos arenoso-arcillosos cuaternarios	Depósitos granulares poco consolidados horizontales	Permeabilidad baja-muy baja. Encharcamientos, drenaje escaso	CP = Baja FE = Alta ET = Baja	Desfavorables	

CP = Capacidad portante; FE = Facilidad de excavación; ET = Estabilidad de taludes; EM = Erosión marina; E = Riesgo eólico.

8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables

Dentro de este grupo se incluyen los depósitos de formaciones superficiales, es decir, los depósitos aluviales de naturaleza arcillosa y las formaciones de arenas eólicas (Zonas I₃ y I₄). En ellos concurren una serie de limitaciones comunes de tipo geotécnico, como su escasa estabilidad y su baja capacidad portante, que limita las cargas de trabajo a aplicar sobre ellos, al producirse asientos no tolerables. Los factores hidrogeológicos, a pesar de las escasas precipitaciones sobre estas islas, pueden provocar problemas, bien de encharcamiento en los depósitos de tipo arenoso-arcillosos o de drenaje interior en los de carácter eólico.

8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables o favorables

Se consideran en este grupo las coladas de lava y los depósitos piroclásticos, incluidos en las zonas I₁ y I₂.

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

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

9. GEOLOGÍA ECONÓMICA. MINERÍA Y CANTERAS

En las islas e islotes cartografiados no existen yacimientos minerales de interés económico. Únicamente en la isla de La Graciosa han existido explotaciones de piroclastos para fines constructivos, al ser la única isla habitada del archipiélago chinijo.

Las extracciones de lapilli (picón o rofe en la terminología local) se localizan en las laderas meridionales y orientales de Montaña Aguja Grande. Son canteras o sacaderos de pequeña magnitud, actualmente abandonadas, o bien activadas para pequeñas obras locales y ocasionales.

El uso de este material es principalmente como árido natural y fabricación de bloques de construcción. Cuando los depósitos están consolidados, antiguamente se tallaban bloques para sillería. Cuando están sueltos, el lapilli se emplea como recubrimiento de cultivos, para, dado su carácter higroscópico, retener la humedad y retardar así la elevada evaporación del suelo.

Otros materiales potencialmente explotables, si bien no existen canteras o lugares de extracción masivos, son las arenas eólicas. Su aplicación más inmediata es como árido de construcción, para pequeños obras de ámbito local.

10. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

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

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

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

10.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG

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

Edificio hidromagmático de Montaña Clara. La isla de Montaña Clara está constituida básicamente por un gran edificio de génesis hidromagmática. En él se pueden apreciar facies piroclásticas de carácter húmedo, con estructuras de tipo laminaciones paralelas, cruzadas y estruc-

turas de deformación o impacto. Engloban igualmente abundantes fragmentos líticos, algunos de los cuales son de tipo peridotítico.

A partir de este centro de emisión se emiten coladas de lavas basálticas que aparecen en su base o intercaladas en los depósitos. El desmantelamiento de estas emisiones lávicas por parte de la erosión marina, ha ocasionado el aislamiento y desconexión de parte de ellas de su área fuente, dando como resultado al actual Roque del Oeste.

Por su contenido, este PIG tiene alto interés desde el punto de vista volcanológico y geomorfológico, ya que representa los primeros episodios de construcción de una isla volcánica. En cuanto a su posible utilización, es de interés turístico-paisajístico, y por tanto, económico, además de científico y didáctico. Por su influencia, se puede calificar de ámbito regional y nacional.

Edificio hidromagmático Roque del Este. El Roque del Este es un edificio hidromagmático hoy ya muy erosionado, remanente de un edificio originalmente de superficie algo mayor que la actual. Se observan en él depósitos piroclásticos hidromagmáticos con laminaciones paralelas y cruzadas, con abundantes líticos no magmáticos, constituidos por calizas. En el sector NO del edificio se observa una discordancia angular que representa la superposición e imbricación de varios episodios constructivos.

A este PIG pueden aplicarse las mismas consideraciones, en cuanto a los tipos de interés, que en el anterior.

Ambos islotes están encuadrados dentro de la Reserva Natural Integral de los Islotes, por lo que gozan ya de protección administrativa.

11. BIBLIOGRAFÍA

BOC n.º 157 (24/12/1994). "Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias".

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

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

FUSTER, J. M.^a; FERNÁNDEZ, S. y SAGREDO, J. (1968). "Geología y volcanología de las Islas Canarias: Lanzarote". Inst. Lucas Mallada, CSIC, Madrid, 177 pp. (Incluye mapa geológico a escala 1:100.000 publicado por IGME (1968).

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

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

HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1909). "Estudio geológico de Lanzarote y de las isletas Canarias". *Real Soc. Esp. Hist. Nat*, Tomo VI, pp. 107-331 (Incluye mapa geológico a escala 1:50.000).

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

IGME-CSIC (1967a). "Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria Nº 1.079-1.080. *Aleganza*". Lanzarote.

IGME-CSIC (1967b). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria Nº 1.081. *Montaña Clara*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967c). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria Nº 1.082. *Graciosa*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967d). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria Nº 1.083. *Teguise*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967f). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. .1ª edición. Hoja y Memoria Nº 1.087. *Punta Pechiguera*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967e). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria Nº 1.084. *Haría*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967g). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria Nº 1.088. *Arrecife*. Lanzarote.

IGME-CSIC (1967h). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. 1.ª edición. Hoja y Memoria Nº 1.089. *El Charco*. Lanzarote.

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

LE BAS, M. J.; LE MAITRE, R W.; STREKEISEN, A. y ZANETTIN, B. (1986). "A chemical clasification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Silica diagrama". *Jour. Petrol*, 27, Part 3, pp. 745-750.

MECO, J. (1975). "Los niveles con 'Strombus' de Jandía. Fuerteventura, Islas Canarias". *An. Est. Atlánticos*, 21, pp. 643-660.

MECO, J. (1977). *Paleontología de Canarias I: Los "Strombus" neógenos y cuaternarios del Atlántico euroafricano (taxonomía, bioestratigrafía y paleoecología)*. Ed. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, 142 p. y 31 láminas.

MECO, J. (1988). The emergent littoral deposits in Fuerteventura and the evolution of the canarian marine faunas during the Quaternary. En N. Petit-Maire (ed). *Deserts, Past Presents and Future Evolution, Fuerteventura, Workshop 1988*, PICG 252, pp. 166-178.

MECO, J.; POMEL, R. S.; AGUIRRE, E. y STEARNS, CH. E. (1987). "The recent marine quaternary of the Canary Islands". *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario* (CSIC), 10, pp. 283-305.

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

SIMONY, O. (1892). "Die Kanarischen Inseln, ins besondere Lanzarote und die Isletas". *Schr. Ver. z. Verbreit. Naturwis. Kennt*, 32, pp. 325-398.

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

ZAZO, C.; HILLAIRE-MARCEL, CL.; HOYOS, M.; GHALEB, B.; GOY, J. L. y DABRIO, C. (1993). "The Canary Islands, a stop in the migratory way of *Strombus bubonius* towards the mediterranean around 200 KA". *Mediterranean and Black Sea Shorelines Newsletter*, 15, pp. 7-11.



MINISTERIO
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ISBN 84-7840-520-6



9 788478 405206