



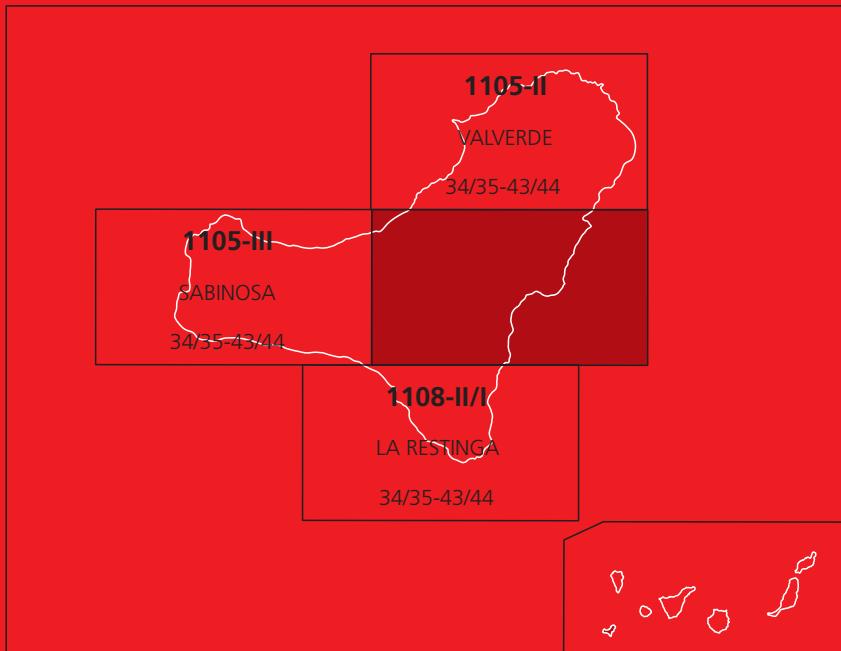
Instituto Geológico
y Minero de España

1105-IV
34/35-43/44

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 25.000

Segunda serie - Primera edición



ISLA DE EL HIERRO

FRONTERA

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:25.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

FRONTERA

Ninguna parte de este libro y mapa puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido photocopias, 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
www.igme.es
NIPO: 474-10-005-3
ISBN: 978-84-7840-845-0
Depósito legal: M-36204-2010

Impresión: Trébol Propuesta Gráfica

La presente Hoja y Memoria (Frontera-1105-IV) ha sido realizada durante 1997 por GEO-PRIN, S.A. con normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido en su realización los siguientes técnicos:

Cartografía

Gómez Sáinz de Aja, J.A. (GEOPRIN, S.A.)
Balcells Herrera, R. (GEOPRIN, S.A.)
Pineda Velasco, A. (Cartografía Geomorfológica)

Memoria

Gómez Sáinz de Aja, J. A. (GEOPRIN, S.A.)
Klein, E. (GEOPRIN, S.A.) (Petrología)
Ruiz García, M. T. (GEOPRIN, S.A.) (Petrología)
Balcells Herrera, R. (GEOPRIN, S.A.) (Geoquímica)
Del Pozo, M. (IGME). (Hidrogeología)
Galindo, E. (IGME). (Hidrogeología)
La Moneda, E. (IGME). (Hidrogeología)

Colaboradores

Ancochea, E. (U.C.M.). (Asesoría Cartográfica)
Barrera, J. L. (Tectónica).
Brändle, J. L. (Inst.Geo.Econ, CSIC-Madrid). (Geoquímica)

Dirección y supervisión del IGME

Cueto Pascual, L. A.

Edición

Romero Canencia, G. (IGME)
Miguel Cabrero, L. F. (IGME)
Muñoz Moreno, A. (IGME)

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Centro de Documentación del IGME existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrológicos
- Análisis químicos
- Álbum de fotografías
- Fichas bibliográficas
- Puntos de interés geológico
- Informes complementarios

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS.....	9
1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS.....	9
2. ESTRATIGRAFÍA.....	10
2.1. ROCAS FILONIANAS. Diques básicos (1).....	11
2.2. DOMINIO NE (1 ^{er} Edificio Volcánico Tiñor).....	13
2.2.1. Tramo inferior.....	13
2.2.1.1. Coladas basálticas, basanitas y tefríticas (2).....	14
2.2.1.2. Edificios de tefra y coladas basálticas subordinadas (3).....	14
2.2.2. Tramo tabular.....	15
2.2.2.1. Coladas basálticas, basaníticas y tefríticas (4), edificios de tefra basálticos "s.l." (5).....	15
2.3. DOMINIO NE (Volcanismo de Las Dorsales. Volcanes Adventicios).....	16
2.3.1. Coladas basálticas "s.l." y tefríticas (6) y edificios de tefra basálticos "s.l." (7).....	17
2.4. DOMINIO NE (Emisiones Subreciente).....	17
2.4.1. Coladas basálticas "s.l." del edificio Bco. de Honduras (8).....	17
2.5. DOMINIO NE (Emisiones Recientes "Edificio Soleimán").....	17
2.5.1. Coladas basálticas "s.l." y basaníticas (9) y edificios de tefra basálticos "s.l." (10).....	17
2.6. DOMINIO RESTO DE LA ISLA.....	18
2.6.1. Edificio El Golfo-Las Playas. Tramo inferior.....	18
2.6.1.1. Coladas basálticas "s.l.", traquibasálticas y tefríticas (11) y edificios de tefra basálticos e hidromagmáticos (12).....	18
2.6.2. Edificio El Golfo-Las Playas. Tramo medio-superior.....	18
2.6.2.1. Coladas basálticas, traquibasálticas, basaníticas y tefríticas (13); edificios de tefra basálticos "s.l." (14).....	19
2.6.2.2. Coladas traquíticas y traquitas máficas (15).....	19
2.6.3. Volcanismo de Las Dorsales indiferenciado.....	20
2.6.3.1. Sedimentos (16).....	20
2.6.3.2. Coladas basálticas, traquibasálticas, basaníticas y tefríticas "indiferenciadas" (17).....	20

2.6.3.3. Edificios de tefra basálticos (18) y lapillis de dispersión (20).....	22
2.6.3.4. Depósitos piroclásticos mixtos (Estromboliano-hidromagnmáticos) (19).....	26
2.6.3.5. Depósitos piroclásticos de tipo "surge" y pómez sálicos. (21)	27
2.6.3.6. Coladas traquíticas. (22).....	27
2.6.3.7. Depósitos detriticos (glacis-cono, etc.) (23).....	28
2.6.3.8. Coladas basálticas "tardías" (24).....	28
2.6.4. Volcanismo de relleno de El Golfo.....	29
2.6.4.1. Depósitos detriticos, abanicos antiguos de El Golfo (25).....	29
2.6.4.2. Coladas basálticas "s.l", basanitas y tefríticas (26). Edificios de tefra basálticos (27), y depósitos piroclásticos basálticos de dispersión (28).....	30
2.6.4.3. Coladas basálticas del Edificio Tanganasoga (29).....	31
2.6.5. Emisiones subrecientes	31
2.6.5.1. Niveles de playa fósiles (30).....	31
2.6.5.2. Coladas basálticas "s.l" y basaníticas (31) y edificios de tefra basálticos (32).....	32
2.7. FORMACIONES SEDIMENTARIAS RECIENTES.....	32
2.7.1. Depósitos aluviales indiferenciados (33).....	32
2.7.2. Coluviones y depósitos de ladera (34).....	32
2.7.3. Playas de arenas y de cantes (35).....	33
2.7.4. Depósitos antrópicos (36).....	33
3. TECTÓNICA	33
4. GEOMORFOLOGÍA.....	37
4.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA.....	37
4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	37
4.2.1. Estudio morfoestructural.....	37
4.2.2. Estudio del modelado.....	38
4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA.....	41
4.3.1. Historia geomorfológica.....	41
4.3.2. Morfodinámica actual y tendencias futuras.....	41
5. PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA.....	42
5.1. EDIFICIO TIÑOR. PETROLOGÍA.....	42
5.1.1. Coladas basálticas y edificios de tefra. (2, 3, 4 y 5).....	42
5.2. EDIFICIO TIÑOR. GEOQUÍMICA.....	43
5.3. EDIFICIO EL GOLFO-LAS PLAYAS. PETROLOGÍA.....	46
5.3.1. Coladas basálticas y conos de tefra. (11, 12, 13 y 14).....	46
5.4. EDIFICIO EL GOLFO-LAS PLAYAS. GEOQUÍMICA.....	48
5.5. VOLCANISMO DE LAS DORSALES. PETROLOGÍA.....	50

5.5.1. Coladas y edificios de tefra basálticos (6, 7, 17 y 18).....	50
5.5.2. Coladas traquíticas (22).....	50
5.6. VOLCANISMO DE LAS DORSALES. GEOQUÍMICA.....	53
5.7. VOLCANISMO DE RELLENO DE EL GOLFO. PETROLOGÍA.....	56
5.8. EMISIONES SUBRECIENTES. PETROLOGÍA.....	58
5.8.1. Coladas basálticas (31).....	58
5.9. EMISIONES RECIENTES. PETROLOGÍA.....	58
5.9.1. Coladas y edificios de tefra basálticos.(9 y 10).....	58
5.10. GEOQUÍMICA DE LAS EMISIONES SUBRECIENTES, RECIENTES Y DE RELLENO DEL VALLE DE EL GOLFO.....	59
6. HISTORIA GEOLÓGICA.....	63
7. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	64
7.1. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	64
7.1.1. Climatología	64
7.1.2. Pluviometría	65
7.1.3. Hidrología subterránea	65
7.2. RECURSOS MINERALES	69
7.2.1. Rocas Industriales	69
8. GEOTECNIA.....	72
8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN.....	73
8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	73
8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS.....	76
8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA.....	77
8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables.....	77
8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables.....	77
8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables.....	77
9. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO.....	79
9.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG.....	79
10. BIBLIOGRAFÍA.....	81

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN Y ASPECTOS GEOGRÁFICOS

La Hoja de Frontera (1.105-IV) ocupa el sector centroriental de la isla de El Hierro. El límite oriental es la línea de costa, siendo sus límites N, S y O (respectivamente): las hojas de Valverde, La Restinga y Sabinosa. Una parte de la Hoja está ocupada por el mar. La línea de costa es muy abrupta, siendo en muchos casos acantilada.

En el sector comprendido entre la Playa del Fraile y la Punta del Fardón, la costa está suavizada debido a que las últimas emisiones del Volcanismo de Las Dorsales han ganado terreno al mar y han fosilizado los antiguos acantilados de los macizos antiguos. Ligeramente al sur de Punta Bonanza, en las proximidades del Parador Nacional, se ha desarrollado una extensa playa a favor de los depósitos detríticos que cubren las laderas del arco de Las Playas.

Las mayores alturas de la Hoja se alcanzan en el sector NO, en los vértices Hoya de Fileba (1.378 m) y Asomadas (1.372 m); ambos corresponden a conos de cinder situados sobre uno de los ejes estructurales de la isla. También se alcanzan alturas superiores a los 1000 m en el vértice Bermeja (1.119 m), situado a unos 2 km al OSO de la localidad de Isora. Como ejemplo del fuerte relieve que caracteriza a la isla, baste mencionar que este vértice se encuentra a apenas 2,2 km de la línea de costa. Esta orografía tan accidentada dificulta las comunicaciones y accesos en buena parte de la Hoja. En el extremo NO se abre el “arco de El Golfo” que se prolonga ampliamente dentro de las hojas limítrofes de Valverde y Sabinosa. Se trata de un accidente de gran envergadura producido por un enorme deslizamiento que, posteriormente, ha sido fosilizado por emisiones volcánicas que lo llenan parcialmente.

1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

La isla de El Hierro es la más occidental del archipiélago canario y la que presenta una edad de construcción del bloque insular más reciente. Concretamente, según las últimas dataciones radiométricas llevadas a cabo por FUSTER *et. al.* (1993) y por GUILLOU *et. al.* (1996), parece que las emisiones más antiguas presentan edades algo inferiores a 1 M.a de antigüedad. Esto sugiere que la construcción de la isla se ha llevado a cabo de forma muy rápida, siendo sus emisiones mayoritariamente basálticas. Debido a la rapidez con la que se ha creado el relieve se produjeron inestabilidades en el edificio insular que dieron lugar a grandes deslizamientos. El Julán en el sector SO., El Golfo al NO. y Las Playas en el sector E, aquí estudiado.

Las primeras referencias bibliográficas que se tienen de la Isla de El Hierro corresponden a FERNÁNDEZ NAVARRO (1908 y 1911) y a Jeremine en (1935). Posteriormente son HAUSEN (1964) y BRAVO (1968) quienes realizan un estudio geológico de la isla. El primero de ellos se centra fundamentalmente en aspectos geomorfológicos y estructurales, y el segundo en

la Hidrogeología. Estos trabajos de Bravo son continuados por COELLO en (1971) y por varios miembros del Departamento de Petrología de la U.C.M. Concretamente, Hernández Pacheco, Fúster, Afonso, Aparicio y Mora realizan durante la década de los setenta un mapa geológico de la isla que es utilizado y publicado por PELLICER (1977) dentro de su tesis doctoral. Esta autora es la primera que realiza un estudio volcanológico y geoquímico de la totalidad de la isla.

El trabajo de ABDELL MONEM *et al* en 1972 es el primero que da una idea acerca de la edad de construcción de esta isla. Posteriormente FUSTER *et. a/* (1993) y GUILLOU *et al* (1996) realizan nuevas dataciones y estudios paleomagnéticos que permiten precisar aún más la estratigrafía y edad absoluta de esta isla.

Trabajos concretos sobre el origen de las megaestructuras de El Golfo, Las Playas y El Julán se encuentran en los trabajos de HOLCOMB y SEARLE (1991); SOLER y FLORES (1992) y MASSON (1996). Recientemente el I.G.N. ha realizado un vuelo aeromagnético de todo el archipiélago en el cual se ponen de manifiesto también la existencia de anomalías en el mar que se corresponden con estos arcos de deslizamiento.

Recientemente NAVARRO y SOLER (1995) han publicado, con la colaboración del Cabildo Insular, un libro sobre el agua en la isla de El Hierro, cuyos datos proceden mayoritariamente de los trabajos realizados como avance del Plan Hidrológico durante los años 1991-92 por estos autores.

Con posterioridad al trabajo de campo, concretamente durante la fase final de redacción de esta memoria se han presentado varias publicaciones en el workshop celebrado en La Palma (Sept. 1997) y organizado por CARRACEDO *et al.* (1997). Entre otros cabe destacar la guía de campo de la isla de El Hierro que recoge las publicaciones de los autores citados y las de: GUILLOU *et al.* (1996); DAY *et al.* (1997). etc.

2. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de la isla de El Hierro se ha establecido, tanto mediante criterios de campo (estratigrafía relativa, grado de conservación de los materiales, discordancias, etc.), como mediante criterios geocronológicos y paleontológicos. Estos datos proceden de las publicaciones de GUILLOU *et al.* (1996) y FUSTER *et al.* (1993). Además, durante la realización de este proyecto, se ha efectuado una campaña geocronológica, cuyos resultados se adjuntarán en la memoria y mapa de síntesis escala 1/100.000 de la isla de El Hierro.

Partiendo de las observaciones de campo efectuadas y de acuerdo con GUILLOU *et al* (1996), se puede individualizar un dominio NE, afectado por fallas, en el que afloran los materiales más antiguos de la isla y donde aparecen los barrancos más encajados y mejor desarrollados. Este primer edificio ha sido denominado Edificio Tiñor por GUILLOU *et al.* (1996) y en él se reconocen varias unidades o episodios limitados por discordancias. En la

tabla 2.1. aparece reflejada la correlación volcanoestratigráfica entre las unidades distinguidas en este proyecto (MAGNA) y las de autores anteriores (PELLICER, (1977); FUSTER *et al.* (1993); GUILLOU *et al.* (1996), y CARRACEDO *et al.* (1997).

Dataciones efectuadas en la base del escarpe de El Golfo cifran el inicio de esta fase de actividad en torno a unos 0,5 M.a. Durante esta época se inicia la construcción de este segundo edificio, de grandes dimensiones y cuyo centro debía situarse ligeramente al sur del vértice Malpaso, tal y como demuestra el estudio de la red filoniana.

Cartográficamente se han distinguido dos unidades o tramos separados por una discordancia. En el tramo inferior son más frecuentes y voluminosas las intercalaciones piroclásticas, mientras que el tramo medio-superior es eminentemente lávico y además se observa una cierta diferenciación magmática. Concretamente se han muestreado traquibasaltos, traquitas máficas y traquitas. Estas últimas coladas han sido datadas por GUILLOU *et al.* (1996) en 176.000 años, en el acantilado de El Golfo (sector de Las Puntas). Durante la realización de este proyecto, se han localizado también coladas traquíticas en el sector oriental del edificio, concretamente en las inmediaciones de la Playa del Pozo, y en la parte alta del escarpe de Las Playas.

Probablemente, en las etapas finales de construcción de este edificio, se produjo un gran deslizamiento en el sector SO del mismo que dio origen al debries-avalanche de El Julán (HOLCOMB y SEARLE, 1991).

Aunque las traquitas citadas parecen marcar el final de un ciclo geoquímico, la actividad magmática se sucede de manera casi continua hasta nuestros días. Esta actividad ha dado lugar a un gran volumen de lavas y edificios piroclásticos, muchos de los cuales se alinean siguiendo pautas estructurales definidas y que en conjunto se han denominado "dorsales" o ejes estructurales. Esta unidad es parcialmente equivalente a la Serie Intermedia de PELLICER (1977) o a la Serie Indiferenciada de NAVARRO y SOLER (1995). Evidentemente estas divisiones de rango menor pueden, en algunos casos, ser algo subjetivas, pero dada la información disponible se ha considerado útil separar por una parte el volcanismo de relleno de El Golfo (que rellena la depresión) y por otra las emisiones subrecientes y recientes que destacan por su mejor grado de conservación entre las emisiones del Volcanismo de las Dorsales (s.s.) o Serie intermedia, de PELLICER (*op.cit.*). Todas estas unidades en conjunto constituyen el Volcanismo de Las Dorsales.

2.1. ROCAS FILONIANAS (Diques básicos, 1)

Las rocas filonianas presentes en la Hoja afloran en los "arcos" de El Golfo y Las Playas y en el fondo de los barrancos del sector NE. Los diques que aparecen en El Golfo son indudablemente de este edificio, sin embargo en el sector oriental se observan mallas filonianas cruzadas que obedecen a la interferencia entre las orientaciones del Edificio Tiñor y las correspondientes al Edificio El Golfo-Las Playas.

TABLA 2.1. CORRELACIÓN VOLCANOESTRATIGRÁFICA

PELICER (1977)		FUSTER et al. (1993)		GUILLOU et al (1996); y CARRACEDO et al. 1997		MAGNA (1996-97)	
SERIE RECIENTE		SERIE RECIENTE				EMISIÓNES RECIENTES	
SERIE INTERMEDIA		SERIE INTERMEDIA		VOLCANISMO DE RIFT		EMISIÓNES SUBRECIENTES	
A		B		VOLCANISMO DE RELLENO DE EL GOLFO		VOLCANISMO DE RELLENO DE EL GOLFO	
				Deslizamiento de El Golfo		Deslizamiento de El Golfo	
				VOLCANISMO DE LAS DORSALES (S.S)		VOLCANISMO DE LAS DORSALES (S.S)	
				Deslizamiento de El Julán		Deslizamiento de El Julán	
SERIE ANTIGUA		SERIE ANTIGUA		EDIFICIO EL GOLFO		EDIFICIO "EL GOLFO- LAS PLAYAS"	
A		A		EDIFICIO VOLCÁNICO "EL TIÑOR"		Tramo Medio-Superior	
				EDIFICIO PLATEAU SAN ANDRÉS"		Tramo Inferior	
				Tramo de coladas con fuerte buzanamiento		Deslizamiento (post. Tíñor)	
				Lavas ricas en xenolitos		Grupo de Volcanes VENTEJIS	
						Tramo medio- "Tabular"	
						Tramo Inferior	

En general los diques del Edificio Tiñor adoptan una disposición radial y parecen converger hacia la zona de San Andrés. Mayoritariamente son diques subverticales de composición basáltica y potencias comprendidas entre 0,5-2 m. La composición de estos diques es similar a la de las coladas existiendo tipos: afaníticos; olivínicos; olivínico-piroxénicos y plagioclásicos. Como se ha comentado anteriormente, la mayoría de estos diques presentan orientaciones comprendidas entre N-70°E y N-110°E. Además se han observado algunos diques más tardíos, de orientación NE-SO que siguen la pauta de los existentes en el dominio de El Golfo. Relacionados con el tramo inferior del edificio se han observado algunos diques divagantes de basaltos plagioclásicos-olivínico-piroxénicos que presentan una composición semejante a la de las coladas que atraviesan.

En el sector de El Golfo, al NO de la Hoja, los diques siguen una clara tendencia NE-SO con orientaciones comprendidas entre N-25°E y N-45°E. Son todos ellos subverticales y aunque la densidad es algo mayor en el tramo inferior del edificio, una gran parte de ellos atraviesa todo el apilamiento. Se trata mayoritamente de diques subverticales con potencias métricas y composición basáltica y/o traquibasáltica. Abundan los tipos afaníticos, aunque también se han observado basaltos olivínicos y olivínico-piroxénicos. Suelen tener contactos netos con bordes de enfriamiento, aumentando el tamaño de grano hacia la zona central del dique.

2.2. DOMINIO NE (1^{er} Edificio Volcánico Tiñor)

El Edificio Tiñor aflora fundamentalmente en el sector NE de la isla, extendiéndose ampliamente dentro de las hojas de Valverde y Frontera (aquí estudiada). Los últimos afloramientos (más meridionales) se localizan en la base del escarpe de Las Playas.

Este edificio corresponde a la primera fase de actividad magmática en la isla y ha sido datado por GUILLOU *et al.* (1996) en 1,12 M.a, para los tramos basales del mismo. Se encuentra afectado por varias fracturas de componente N-60°E y N-S. El período de construcción del edificio se prolongó al menos unos 300.000 años según los datos radiométricos de los autores anteriores. Después de las últimas emisiones de este edificio en torno a unos 0,8 M.a. se produce un período erosivo hasta que se inicia la construcción del 2º Edificio volcánico (Edificio El Golfo-Las Playas), datado en unos 0,54 M.a. para la base del apilamiento.

2.2.1. Tramo inferior

El tramo inferior del edificio Tiñor aflora fundamentalmente en los barrancos de: Tiñor; Honduras; Balón; Playecillas y la Casilla; y en la parte baja del arco de Las Playas. Está constituido por un apilamiento de coladas delgadas con numerosas intercalaciones piroclásticas. Todo el conjunto está intensamente afectado por intrusiones filonianas. Este hecho así como los datos paleomagnéticos de GUILLOU *et al.* (1996) son algunos de los criterios que se han utilizado para asignar estos materiales al Edificio Tiñor. Sin embargo, según las dataciones

radiométricas de FUSTER *et al.* (1993) corresponderían en edad con el edificio EL Golfo-Las Playas; ya que han datado una colada junto al Roque Bonanza, en la base del apilamiento, en 0,45 M.a. Se podría pensar que la muestra haya sufrido alguna alteración que modifica los resultados analíticos, o que realmente la edad sea válida pero corresponda a un "sill". Desde luego; por el aspecto de campo que presentan estos materiales y la existencia de mallas filonianas cruzadas parece correcto asignar estos materiales al Edificio Tiñor.

2.2.1.1. Coladas basálticas, basanitas y tefríticas (2)

En los itinerarios realizados a lo largo de los barrancos de Tiñor, Honduras, Balón y Playecillas, se observa que la parte más baja de la serie corresponde con basaltos plagioclásicos-olivínico-piroxénicos, en la cual no se reconocen las estructuras de colada. Se trata de unos materiales de aspecto brechoide, monomicticos, atravesados por diques divagantes, de idéntica composición, que pueden corresponder a coladas autoclásticas o domos colapsados. Al ascender en la serie se observan coladas "pahoehoe", de similar composición y poca potencia, con espesores individuales de 20-40 cm. En conjunto se disponen buzando unos 15-20° al ESE y pueden llegar a alcanzar un espesor total de unos 200 m. En la zona del Barranco de la Casilla estos materiales constituyen pequeñas ventanas, en donde se observa un apilamiento de coladas delgadas (tipo "pahoehoe") que están casi totalmente recubiertas por las que procedentes de la dorsal se derraman hacia la costa oriental. Estas coladas presentan espesores individuales de unos 30-40 cm, y están buzando hacia el este. Según se asciende por el Barranco de la Casilla se comprueba que las coladas más altas tienen aspecto afieltrado y presentan abundantes intercalaciones de escorias. Composicionalmente son basaltos olivínico-piroxénicos, porfídicos y afieltrados.

En las inmediaciones de la carretera a Las Playas aparece un recubrimiento coluvial sobre estas coladas que impide, observar el muro del apilamiento. Coladas similares a estas se han muestreado en las proximidades de Timijiraque y en el fondo de los barrancos de Tiñor y Balón. Se trata de basaltos olivínico-piroxénico-plagioclásicos de tipo "pahoehoe" con formas seudo-almohadilladas. Estas coladas "pahoehoe" suelen aparecer en los tramos inferiores del apilamiento y composicionalmente corresponden a basaltos muy ricos en plagioclasa. Un caso excepcional se observa en las inmediaciones del Roque Bonanza donde aparecen coladas de tipo hialoclastítico que entraron en el agua lo cual produjo una gran fragmentación de las mismas. (Ver fotografías en los P.I.G., de la Doc. Complementaria). Como se ha comentado anteriormente, al ascender en la serie aparecen coladas "aa", masivas, con cierta disyunción, y bases y techos escoriáceos muy característicos.

2.2.1.2. Edificios de tefra y coladas básicas subordinadas. (3)

La base del escarpe de las Playas se caracteriza por la presencia de numerosos conos piroclásicos enterrados con coladas subordinadas que se han agrupado en una sola unidad a efectos cartográficos. Estos materiales afloran ampliamente desde las proximidades del Parador

Nacional, al sur, hasta la Punta y Playa del Fraile, al norte. En general están constituidos por lapillis, escorias y bombas de composición basáltica, con colores de alteración grises. Todo el conjunto se encuentra intensamente afectado por intrusiones filonianas. Concretamente se ha observado que en algunos conos enterrados pueden existir fases hidromagmáticas alternando con fases estrombolianas. Así en el edificio situado entre Punta Bonanza y Punta del Fraile, en la trinchera de la carretera antigua se observan niveles cineríticos de tipo "wet surge" con laminación paralela y cruzada. Los fragmentos líticos son de composición basáltica y presentan tamaños variables desde 0,4 cm hasta 3-4 cm.

Las coladas que aparecen intercaladas en esta unidad son mayoritariamente de composición basáltica con potencias individuales reducidas. En conjunto forman un potente apilamiento, siendo su estructura, en muchos afloramientos, difícil de observar debido a la existencia de abundantes depósitos de ladera y glacis cono, y a que la orientación del "arco" es subparalela a la dirección. Sin embargo, en el extremo nororiental, justo sobre la boquilla del túnel de Las Playas, se observa que presentan un fuerte buzamiento hacia el SE, de unos 25°.

En la zona de cabecera del Bco de Tiñor, por debajo de la fuente de Tijirote, se han cartografiado unos niveles de lapilli y escorias basálticas, que presentan intercalaciones de materiales retrabajados, de aspecto epiclástico, hacia el techo.

2.2.2. Tramo tabular

Este tramo se sitúa de forma discordante sobre las coladas del tramo inferior y aflora junto a la carretera Tiñor-San Andrés, y en las laderas de los barrancos de Tiñor, Honduras y Balón. El techo de esta unidad se observa en la vecina Hoja de Valverde (en el entorno de la nueva carretera de Valverde a San Andrés) y está constituido por el conjunto de materiales piroclásticos con coladas subordinadas de Ventejís.

2.2.2.1. Coladas basálticas, basaníticas y tefríticas (4), edificios de tefra basálticos "s.l." (5)

Se describen en este apartado tanto las coladas como los depósitos piroclásticos y conos enterrados que aparecen en el tramo tabular del Edificio Tiñor. Los depósitos piroclásticos ocupan una mínima parte en relación al volumen de coladas existente, y además hay algunos niveles de poco espesor que no tienen representación cartográfica.

En general estas coladas dan lugar a un relieve escalonado, ya que es un apilamiento de coladas de tipo "aa" con intercalaciones de niveles escoriáceos que corresponden a las bases y techos. Constituyen la parte fundamental del macizo de Tiñor y adoptan una disposición estructural algo compleja, aunque predominan los buzamientos al E y ESE con valores variables entre 3° y 15°. En los afloramientos del sector nororiental, comprendidos entre la zona de Tamaduste y Puerto de La Estaca, estas coladas adoptan una disposición casi horizontal, con valores inferiores a 3°. En conjunto, tanto estas coladas como las del tramo inferior están afectadas por fallas normales de componente NE-SO que dan lugar a un graben.

Donde mejor puede muestrearse esta unidad, es en las cabeceras de los Bcos de, Honduras, Balón, la Casilla y en los escarpes de M̄n̄a Aragando, la Cumbrecita, y en la parte alta del escarpe de Las Playas. Concretamente, en las coladas que constituyen la superficie culminante de M̄n̄a de Aragando es frecuente encontrar augitas de más de 1 cm. Estas coladas muy ricas en piroxenos (ankaramíticas) son muy llamativas y presentan una considerable potencia, con partición en grandes bloques prismáticos. También se han muestreado otras coladas masivas y potentes de tefritas y de basaltos, de tendencia afanítica, con fenocristales aislados de piroxeno, en el corte de la carretera antigua a S. Andrés.

En la sección efectuada en M̄n̄a de Aragando se observa que debajo de este primer tramo, de al menos 20-30 m de espesor y separado por un almagre, aparece otro tramo de coladas algo más delgadas que en conjunto pueden tener 30-40 m de potencia. En este tramo se han muestreado tanto coladas masivas de basaltos afaníticos como coladas vacuolares ("molineiras"). Por debajo aparece una sucesión de coladas más potentes con disyunción columnar y con espesores individuales de 2-4 m que dan lugar a un relieve escalonado muy característico.

En la parte alta del escarpe de Las Playas estas coladas se sitúan de forma discordante sobre las que constituyen el tramo inferior; si bien, este contacto no siempre es visible debido a la mala accesibilidad de la zona. Tan sólo se puede muestrear esta unidad desde las sendas que descienden desde Las Casas y el Mirador de Isora a Las Playas. Se observa que estas coladas presentan un menor grado de alteración que las anteriores, y además están menos afectadas por la inyección filoniana. En general son coladas de tipo aa, de composición basáltica, con espesores individuales del orden de 2 m. La potencia observada en este sector, puede llegar a unos 200 m, medidos en la sección del Risco de las Herreños.

Intercalados entre el apilamiento lávico aparecen pequeños conos piroclásticos estrombolianos, constituidos por lapillis, escorias y bombas de composición basáltica. Tienen tamaños variables desde 0,5 cm hasta 4-6 cm. Localmente se ha observado un nivel de aglomerados basálticos en la base de las coladas anteriores que está constituido por escorias rojizas y líticos basálticos que marca el contacto con el tramo inferior del edificio, en el escarpe de Las Playas. Niveles brechoides semejantes se han observado, en idéntica posición estratigráfica dentro de la Hoja de Valverde, en la carretera antigua de S. Andrés-Tiñor.

2.3. DOMINIO NE (Volcanismo de Las Dorsales. Volcanes Adventicios)

Después de la emisión del Edificio Tiñor, que culmina con los episodios del conjunto volcánico de Ventejís (que no aparece representado en esta Hoja), aparecen una serie de edificios adventicios a este estratovolcán que se caracterizan por un mejor grado de conservación. A este grupo de volcanes, que ocupan mayoritariamente, el sector NE de la isla, se le ha denominado genéricamente como Volcanes adventicios y se agrupan siguiendo las directrices tectónicas regionales. (ENE-OSO; NNE-SSO y NNO-SSE). En el siguiente apartado se describen pormenorizadamente las coladas y centros de emisión de esta fase, que aunque se han individualizado cartográficamente, en edad, muchos de ellos, pueden ser contemporáneos con las emisiones del Volcanismo de las Dorsales. La mayoría de estas alineaciones se describen en la Hoja de Valverde.

2.3.1. Coladas basálticas "s.l." y tefríticas (6) y edificios de tefra basálticos "s.l." (7)

Se ha asignado a esta unidad aunque con ciertas reservas, un pequeño edificio que aparece al N de la Bahía de Timijiraque, en las proximidades de Casa Tadeo, en el extremo NE de la Hoja. Este edificio se sitúa sobre un apilamiento de coladas basálticas del Edificio Tiñor y está relativamente mal conservado, aunque presenta un cráter de forma seudolíptica. Podría corresponder a los primeros pulsos de actividad de este grupo de edificios. Un caso similar a este es el del centro de emisión del Pueblo de Tiñor que aflora en la vecina Hoja de Valverde.

2.4. DOMINIO NE (Emisiones Subreciente)

Dentro del Dominio NE (Edificio Tiñor) se han asignado al volcanismo subreciente las coladas de La Caleta, Playa del Varadero y Bco de Honduras. En todos los casos se observa que han ganado terreno al mar pero no muestran una morfología tan preservada como las que se han asignado al volcanismo reciente. En conjunto definen una fisura eruptiva paralela a la costa de orientación NE-SO, que aparece muy bien expuesta en la vecina Hoja de Valverde. En esta aquí descrita, tan sólo aflora un retazo de las coladas del edificio Bco. Honduras, en la esquina NE de la Hoja, junto al Roque de las Morenas. Esta directriz coincide con la rama de la dorsal NE típica en todo este sector.

2.4.1. Coladas basálticas "s.l." del edificio Bco. de Honduras (8)

Las coladas del Bco de Honduras parecen ser algo más jóvenes que las del resto de la alineación, ya que se han canalizado por este barranco y se abren en la zona de desembocadura llegando a cubrir a los depósitos aluviales de Playa de Tijeretas. Se observan los canales lávicos muy bien conservados, y un malpaís superficial. Composicionalmente son rocas basálticas ("s.l.").

2.5. DOMINIO NE (Emisiones Recientes "Edificio Soleimán")

2.5.1. Coladas basálticas "s.l" y basaníticas (9) y edificios de tefra basálticos "s.l" (10)

Este edificio se sitúa dentro de la alineación norteada de Chamuscada-Entre montañas y presenta varios cráteres anidados y bocas eruptivas que definen una alineación propia N60°E (sensiblemente paralela a las fracturas del edificio Tiñor). El edificio está constituido por lapillis, escorias y bombas, recubiertas por una pequeña capa de alteración superficial, de color oxidado. Las coladas están muy bien conservadas, son de tipo "aa" y dan lugar a malpaíses recientes casi desprovistos de vegetación. Estas coladas se desciuelgan por el escarpe de El Toril y bordeando los relieves de La Cumbrecita y M^ña del Fardón alcanzan la línea de costa, dando lugar a sendas plataformas costeras en Timijiraque y Las Playecillas. Se trata de coladas muy frescas que dan lugar a canales lávicos y morfologías en silla de montar. Composicionalmente se han muestreado tanto basaltos olivínico-piroxénicos de matriz grisácea, como basaltos olivínicos. Estas coladas han recorrido más de 3.700 m desde la boca eruptiva hasta la costa. Sin embargo, las coladas que salen del salidero situado al SO del edificio tienen un recorrido de apenas 500 m. Algunas de estas coladas son muy recientes y con-

servan el malpaís superficial, dando lugar a una superficie caótica de bloques angulosos. Esta observación de campo es corroborada por los datos radiométricos apartados por FUSTER *et al.* (1993), obteniendo una edad de 4.230 años (C14). Estas emisiones proceden de un salidero o pequeño hornito situado en el sector NE de Mña Chamuscada, conocido como Volcán Soleimán o Cuevas de Soleimán.

2.6. DOMINIO RESTO DE LA ISLA

2.6.1. Edificio El Golfo-Las Playas. Tramo inferior.

Los materiales del tramo inferior del Edificio "El Golfo-Las Playas" ocupan las partes bajas de estos escarpes, si bien en muchas ocasiones, se encuentran parcialmente recubiertos por depósitos de ladera que dificultan su observación.

2.6.1.1. *Coladas basálticas "s.l." traquibasálticas y tefríticas (11) y edificios de tefra basálticos e hidromagmáticos (12)*

Se agrupan en esta unidad los materiales más antiguos que corresponden a la parte inferior del edificio volcánico de El Golfo-Las Playas. Se trata de un apilamiento de coladas basálticas con intercalaciones piroclásticas atravesado por diques de similar composición.

Estos materiales han sido datados por GUILLOU *et al.* (1996) y FUSTER *et al* (1993) en unos 0,5 M.a. para las coladas de la base del apilamiento en el escarpe de El Golfo. El período de emisión de esta unidad debió ser muy rápido, como prueban las edades obtenidas en la sección de la Virgen de La Peña por GUILLOU *et al* (1996), 0,54 M.a. para la base del apilamiento y 0,44 M.a. para las coladas del techo, justo debajo de la discordancia, a cota 400 m. Edades algo más recientes se han obtenido en la zona de Sabinosa (0,36 M.a.). Esto vendría a confirmar la idea de la progresión del volcanismo en sentido NE-SO.

En general las coladas son poco potentes de tipo "pahoehoe" en la base y de composición basáltica. Presentan diferentes tonos de alteración, rojizos (en la zona basal) y grisáceos, hacia el techo. Estas últimas coladas son algo más potentes y presentan bases y techos escoriáceos más desarrollados, de tipo "aa".

Sólo se han cartografiado unos pequeños afloramientos piroclásticos en la zona costera de El Corral- Punta de Miguel, en un sector sólo accesible desde el mar. Están constituido por lapi-llis, escorias y bombas de composición basáltica, atravesados por numerosos diques. En algunos de estos edificios costeros se han observado intercalaciones de fases de actividad hidromagmática que alternan con las estrombolianas.

2.6.2. Edificio El Golfo-Las Playas. Tramo medio-superior

El tramo medio-superior del Edificio El Golfo-Las Playas aflora en la parte alta de estos dos escarpes y se extiende también en el arco de El Golfo dentro de la vecina Hoja de Valverde. Constituye casi siempre la parte media-alta de estos farallones, y se apoya sobre las coladas

del tramo inferior mediante una discordancia, no siempre bien apreciable. Esta discordancia es más patente en el escarpe de El Golfo. En conjunto está constituido mayoritariamente por un apilamiento monótono de coladas con niveles piroclásticos intercalados que se describen en el siguiente apartado. Además se han individualizado unos niveles traquíticos (15) que constituyen el techo del apilamiento.

2.6.2.1. Coladas basálticas, traquibasálticas, basaníticas y tefríticas (13). Edificios de tefra basálticos "s.l" (14)

Las coladas de esta unidad se sitúan al techo de las del tramo inferior y se apoyan de forma discordante sobre ellas. No se han encontrado niveles sedimentarios, ni paleorrelieves importantes que permitan visualizar mejor este contacto, normalmente sólo se observan almagres o paleosuelos entre ambas unidades. Se trata de un tramo de aspecto tabular con potencias variables de hasta unos 600 m, medidos en la pared de El Golfo. Las coladas son mayoritariamente de tipo "aa" con bases y techos escoriáceos y zonas masivas con disyunción columnar. Intercaladas entre las coladas aparecen niveles de almagres muy característicos por sus colores rojizos y anaranjados. Composicionalmente predominan los términos basálticos (olivínico-piroxénicos) aunque también se han muestreado coladas afaníticas, de color gris, de composición basáltica-traquibasáltica. Además se ha observado una colada de traquibasaltos anfibólicos de más de 3 m de potencia que se sitúa discordante sobre unos niveles de aglomerados basálticos constituidos por escorias rojizas y líticos basálticos de tamaño centimétrico.

En general estas coladas son más masivas y potentes que las del tramo inferior, dando lugar a escarpes fuertes y verticalizados. Se trata de coladas de tipo "aa" con bases de cascajo muy desarrolladas y composiciones mayoritariamente basálticas. Además de los tipos litológicos mencionados anteriormente, existen toda una serie de términos basálticos: afaníticos, olivínicos, olivínico-piroxénicos, etc... Asimismo, se han muestreado algunas coladas con nódulos piroxeníticos y duníticos muy característicos.

Intercalados entre el apilamiento de coladas aparecen algunos conos piroclásticos. Están constituidos mayoritariamente por lapillis oxidados de color marrón-rojizo, y escorias basálticas de tamaño variable desde 2-3 cm hasta 12-15 cm.

2.6.2.2. Coladas traquíticas y traquitas maficas (15).

Como se ha comentado anteriormente, esta unidad constituye una serie de afloramientos visibles en la parte alta del escarpe de las Playas y del acantilado de El Golfo, por debajo de la ermita de la Caridad. Son coladas masivas con disyunción columnar y color de alteración gris-claro (blancuzco). En muestra de mano son rocas de tipo traquítico, aunque realmente existe toda una serie de términos desde traquibasaltos, a traquitas maficas y traquitas "s.s". En la Hoja de Valverde, en el itinerario de la ermita de la Virgen de La Peña se ha efectuado un muestreo más exhaustivo de esta unidad, observándose la correspondencia entre los afloramientos del "arco" de Las Playas y los de El Golfo, que marcan el final de la construcción de este edificio ("El Golfo-Las Playas").

2.6.3. Volcanismo de las dorsales indiferenciado

Como se ha comentado anteriormente en el epígrafe 2 (ESTRATIGRAFÍA) el episodio volcánico de las dorsales o ejes estructurales coincide en gran parte con la Serie intermedia de COELLO (1971) y PELLICER (1977) o Serie indiferenciada de NAVARRO (1995). En estas dorsales o ejes estructurales se tiende a concentrar la actividad volcánica, observándose en el subsuelo una mayor densidad de intrusiones filonianas en estas zonas. En superficie queda representado por una gran cantidad de conos piroclásticos, con edades muy similares entre sí, siendo muy difícil individualizar las coladas que pertenecen a unos u otros edificios. No obstante, de manera “tentativa”, se han individualizado algunas coladas que parecen tener mejor grado de conservación y que se adaptan a los paleorrelieves. A estas coladas se les ha denominado genéricamente como “tardías” y corresponden con la unidad nº23 de leyenda.

2.6.3.1. Sedimentos (16)

Se describe en este epígrafe, un pequeño nivel de sedimentos localizado en el corte de la antigua carretera al Parador Nacional, entre Punta de Bonanza y Playa del Fraile. Este nivel se sitúa a techo de un cono piroclástico enterrado del Edificio El Golfo-Las Playas y a muro del apilamiento de coladas de la “dorsal”. Se trata de algo local y parece corresponder a un coluvión antiguo algo retrabajado que se adosa a las laderas del cono piroclástico y es fosilizado por las coladas citadas. Está constituido mayoritariamente por bloques angulosos y subangulosos, entre los que aparecen cantos de menor granulometría y de tipo subredondeado. La potencia es muy reducida, y se acuña lateralmente muy rápidamente.

2.6.3.2. Coladas basálticas, traquibasálticas, basaníticas y tefríticas “indiferenciadas” (17)

Esta unidad es la que ocupa una mayor extensión dentro de la superficie de la Hoja. Se trata de coladas de composición basáltica (s.l.) que se sitúan sobre los apilamientos del Edificio El Golfo-Las Playas. Los centros de emisión de estas coladas se describen en el siguiente apartado (2.5.3.3) y en general se alinean siguiendo las directrices estructurales de la isla (ejes estructurales o dorsales).

Como se ha comentado anteriormente, el muro de esta unidad está constituido por las coladas basálticas del tramo medio-superior del Edificio “El Golfo-Las Playas”, visible en ambos escarpes. En el escarpe de El Golfo (al NO de la Hoja) debido a la intensa vegetación existente, resulta más complicado delimitar este contacto. Sin embargo, en la zona de Las Playas es más sencillo cartografiar estas unidades y además se han podido realizar cortes y muestreos desde los miradores existentes hacia la base del acantilado. No obstante, no existe contraste litológico entre ambas unidades y sólo es posible su individualización por criterios de campo, tales como: grado de conservación; aspectos de las coladas; menor densidad de la intrusión filoniana; mayor potencia de las coladas, etc.. Los datos radiométricos aportados por GUILLOU *et al* (1996) tampoco son significativos, ya que mientras las traquitas del techo del edificio El Golfo-Las Playas tienen 176. 103 años, las primeras coladas de esta unidad han sido datadas en 158. 103 años (Hoja de Valverde). Durante la realización de la cartografía geológica se ha tomado una muestra para datación absoluta de las coladas del techo del apila-

miento del escarpe de Las Playas (en la zona de Las Esperillas) cuyos resultados analíticos se presentarán en la memoria del mapa de síntesis a escala 1:100.000 (Isla de El Hierro). No obstante hay que mencionar que dentro de esta unidad se han agrupado, a efectos cartográficos, coladas de distinta edad. Así, mientras muchas de estas coladas constituyen los apilamientos citados y están seccionadas por los escarpes de las Playas y El Golfo, otras se están "descolgando" por los acantilados, en el área de Los Cardones y cabecera del barranco del Abra. En la zona de Isora se observa también como estas coladas fosilizan el paleorrelieve y llegan a ganar terreno al mar en el sector comprendido entre Puntas Bermejas y Punta del Fardón. Estas últimas coladas han sido datadas por CARRACEDO *et al.* (1997) en 76.103 años. Por todos estos motivos, se ha denominado a esta unidad como "indiferenciada"; ya que agrupa a una serie de emisiones que se han ido sucediendo en el tiempo de manera sucesiva sin que puedan atribuirse a sus respectivos centros de emisión. En el valle de El Golfo, por contra, si se han individualizado las coladas que rellenan la depresión y que se describirán en los apartados 2.5.4 y 2.5.4.1.

Durante la realización de los trabajos de campo se ha comprobado que las coladas que constituyen los apilamientos de Las Playas y El Golfo son mayoritariamente de tipo "aa", con disyunción columnar y espesores individuales superiores a los 2 m. Algunas de ellas tienen unos tonos "cobrizos" de alteración superficial muy característicos y presentan composición basáltica-traquibasáltica. Tienen una base escoriácea muy desarrollada y un almagre de color rojizo anaranjado muy llamativo. En conjunto este tramo de coladas puede llegar a superar los 100 m de espesor. Sin embargo, las coladas que ocupan la superficie culminante y que cubren una gran parte de la Hoja, dan lugar a morfologías de tipo seudomalpais con canales lávicos y morrenas laterales. Composicionalmente se han muestrado, tanto basaltos olivínicos como olivínico-piroxénicos y basaltos afaníticos.

En la zona del Bco del Roquillo y Bco de la Vieja (al S y SO de Taibique, respectivamente) afloran coladas vesiculares y afieltradas, de basaltos olivínicos, en el primer caso, y afaníticos, en el segundo.

Las coladas que rodean los edificios de Mñá Masilva y Los Frailes son también coladas basálticas afieltradas, con fenocristales de olivino y piroxeno. Dan lugar a morfologías de seudomalpais, con canales lávicos muy bien conservados y escarpados lomos de coladas, lateralmente presentan "morrenas" muy llamativas.

En el sector de cumbres, en la divisoria de vertientes (El Golfo-Las Playas), hay una considerable extensión recubierta por depósitos de lapilli que tapizan estas coladas. Estos manto piroclásticos se extienden ampliamente hacia el OSO, en la Hoja de Sabinosa. En algunos cortes de carretera o en pequeñas vaguadas, se observa que el espesor de estos depósitos piroclásticos es muy reducido apenas 1-2 m, y que debajo aparecen las coladas de esta unidad. Son coladas "aa" de composición basáltica olivínico-piroxénica. En muestra de mano se observa que es un basalto vesicular y afieltrado, de matriz afanítica gris en la que destacan los fenocristales de piroxeno.

2.6.3.3. Edificios de tefra basálticos (18) y lapillis de dispersión (20)

Se han asignado a esta unidad la mayoría de los edificios piroclásticos que aparecen en la Hoja, salvo aquellos que se encuentran enterrados entre las coladas del Edificio Tiñor y de El Golfo-Las Playas y 2 ó 3 pequeños conos de las Emisiones recientes. En general, la mayoría de estos edificios se encuentran relativamente bien conservados y se agrupan formando alineaciones estructurales. En la zona norte predominan las alineaciones NE-SO que coinciden a "grosso modo" con la dorsal NE, la cual se prolonga en la Hoja de Valverde (con variaciones entre N-30°E y N-55°E). Ejemplos de este eje estructural lo constituyen la alineación de los edificios de M^ña de Los Frailes-Asomadas-Hoya de Fileba. Ligeramente al sur de esta alineación aparecen los edificios de M^ña Masilva-Bailadero de las Brujas-M^ña de los Pinos y Tomillar, que constituyen otra alineación subparalela a la anterior. En el sector sur de la Hoja se han observado algunas alineaciones que pueden enlazarse con las de la rama de La Restinga con orientaciones de tendencia norteada y NO-SE. Además, se han señalado algunas conjugadas de tipo N 110°E. En resumen, dada la posición central que ocupa esta Hoja en la isla, se observan distintas pautas y tipos de alineaciones que tienden a converger en zonas cercanas a Malpaso.

Aparentemente se ha observado que las coladas del sector de Timbarombo, Afosa, M^ña de Las Rosas-San Andrés están algo más degradadas que las que aparecen hacia el norte de M^ña de la Vaca, Izique, etc. En esa zona, al NO de San Andrés, hay una pequeña área cuyo topónimo ("La Tierra que Suena") ya da una idea de la existencia de superficies de tipo seudomalpaís y además se han cartografiado en este sector (Hoja de Valverde) numerosos centros de emisión de pequeño tamaño y acumulaciones de escorias a modo de túmulos, etc.

En el sector N de la Hoja; en la zona próxima al Mirador de Jinámar se ha cartografiado un conjunto de edificios que definen una serie de alineaciones subparalelas de tendencia NE-SO. La alineación más occidental es la definida por los edificios "Vértice de Izique-Cercado de Amaro" que se prolonga unos 3 km desde las proximidades del vértice Izique hasta la zona de Cercado de Amaro-Las Tabladas (en la Hoja de Valverde). El edificio Rincón de Izique es un cono piroclástico, de planta irregular, que presenta varios cráteres anidados, abiertos todos ellos hacia el NE, en el sentido de la alineación. Está constituido por escorias, lapilli y emplastes lávicos.

A apenas unos 500 m al sur del Mirador de Jinámar hay un edificio piroclástico con laderas acaravadas y cubierto por un suelo de color marronáceo que define una alineación NE-SO con la M^ña de Afosa. Este edificio no tiene ningún topónimo asignado pero alcanza una cota s.n.m. de 1335 m y presenta sendos cráteres anidados abiertos hacia el NE. Siguiendo la alineación hacia el NE, a unos 600-700 m, se levanta el edificio M^ña de Afosa que tiene un cráter seudocircular de unos 200-250 m de diámetro. Está constituido por piroclastos de tonos marrón-oxidados con tamaños variables desde 0,5-15 cm. Se observan zonas de granulometría fina, tamaño lapilli, que alternan con niveles de escorias basálticas de tamaños del orden de 5-15 cm.

Este edificio de M^ña de Afosa, participa también de una alineación conjugada de dirección ONO-ESE (N-110°E) definida por el edificio M^ña de las Rosas y unos pequeños conitos aline-

ados al ONO, todos ellos con cráteres abiertos al ESE. Además, esta alineación coincide con el borde meridional del afloramiento de M^ña de Aragando (Edificio Tiñor), pudiendo (probablemente) responder a un antiguo accidente tectónico que limita este "islote" del Edificio Tiñor. El edificio M^ña de Las Rosas es un cono piroclástico algo degradado, de planta irregular, alargada en el sentido de la alineación. Se observan dos cráteres y superficialmente sus laderas están acarcavadas y edafizadas. Los dos pequeños edificios que se sitúan al ONO siguiendo la alineación casi no resaltan en el paisaje y parecen algo más erosionados. Están constituidos por escorias basálticas y emplastes lávicos con formas retorcidas y corrugadas. Al sur de la M^ña de Afosa se levanta el edificio Timbarombo que puede definir dos posibles alineaciones de tipo N 30° E y/o N 60° E, según que se alinee con el cráter de la M^ña de San Andrés, o con la M^ña de Las Rosas. Ambas alineaciones son más que probables. De este último edificio sólo queda un resto de su cráter abierto hacia el norte y se observa que está constituido por lapillis gruesos (>2 cm) y escorias basálticas ligeras de tonalidades negras y oxidadas con tamaños variables de 6-12 cm.

El edificio de M^ña de Afosa, participa también de una alineación conjugada de dirección ONO-ESE (N-110°E) definida por el edificio M^ña de las Rosas y unos pequeños conitos alineados al ONO, todos ellos con cráteres abiertos al ESE. Además, esta alineación coincide con el borde meridional del afloramiento de M^ña de Aragando (Edificio Tiñor), pudiendo (probablemente) responder a un antiguo accidente tectónico que limita este "islote" del Edificio Tiñor. El edificio M^ña de Las Rosas es un cono piroclástico algo degradado, de planta irregular, alargada en el sentido de la alineación. Se observan dos cráteres y superficialmente sus laderas están acarcavadas y edafizadas. Los dos pequeños edificios que se sitúan al ONO siguiendo la alineación casi no resaltan en el paisaje y parecen algo más erosionados. Están constituidos por escorias basálticas y emplastes lávicos con formas retorcidas y corrugadas.

La Montaña de Los Frailes es un cono piroclástico relativamente bien conservado, de planta irregular, con cráter abierto hacia el este, constituido por lapillis gruesos, escorias y bombas de colores rojizos y gris-rojizos. Las escorias suelen tener formas fusiformes y tubulares con tamaños comprendidos entre 2 cm y 12 cm., si bien la mayoría se sitúan entre 3 cm y 6 cm. En el centro de emisión se observan también coladas de basaltos olivínico-piroxénicos, afieltrados.

El volcán Asomadas (1.373 m) se sitúa al OSO del anterior y tiene una forma en planta algo irregular, con cráter abierto hacia el O. Está constituido mayoritariamente por escorias, bombas, lapillis y emplastes lávicos, de composición basáltica.

El edificio Hoya de Fileba tiene un cráter circular bien conservado y presenta actividad hidromagmática, por lo que se describe en capítulo aparte, ya que además parece algo más reciente. Aparte de estos tres edificios citados, esta alineación se prolonga ampliamente en los edificios de Jable de Mequena, y El Tomillar.

M^ña Masilba es un edificio algo más degradado, no conserva cráter, y está constituido mayoritariamente por escorias y bombas de composición basáltica con tonos marrón-rojizo de alteración. Superficialmente hay recubrimientos de lapillis negros que deben proceder de la dis-

persión de los edificios cercanos. Algunas de las bombas observadas llegan a tener 80-100 cm de diámetro.

Edificio Degollada Bailadero de las Brujas. Es un cono piroclástico de planta subredondeada, algo degradado, aunque conserva su cráter, abierto hacia el NE. Está constituido, mayoritariamente por lapillis, escorias y bombas de composición basáltica.

En el sector sur de la Hoja predominan las alineaciones NO-SE y NNO-SSE, más acordes con el eje estructural de La Restinga (que sigue esta orientación, y aparece muy bien representado en esa Hoja). A este grupo pertenecen las alineaciones de:

- "Mñá de Juan León-Tajanara-Volcán de Taibique y Venticota"
- "Volcanes de la Hoya del Gallego-Mñá de Las Lapas-Mñá Aguachicho y edificio próximo a Mñá del Juramento (este último dentro de la Hoja de La Restinga)"
- "El Tomillar-Mercadel-La Empalizada-Cráteres del Bco del Roquillo".

La Mñá de Juan León es un edificio relativamente bien conservado con cráter abierto hacia el SE, constituido por escorias basálticas, lapillis y escasas bombas de basaltos olivínicos. Las escorias son muy vesiculares y tienen color negruzco.

Mñá Tajanara presenta un cráter ligeramente elíptico bien conservado y alargado en el sentido de la alineación, con unas dimensiones de los ejes de 300 m x 220 m respectivamente. Está constituido por escorias, bombas y emplastes lávicos de composición basáltica. El lapilli es escaso y grueso. En la parte O del edificio se observan abundantes "colgajos" de coladas basálticas.

Se ha denominado como Volcán de Taibique a un edificio piroclástico que aparece seccionado por la crtra. junto a la localidad de Taibique. En una excavación realizada para nuevas construcciones se observa una discordancia interna en las capas piroclásticas que sugiere la superposición de dos edificios. Además hay una pequeña fractura de asentamiento. El edificio está constituido por piroclastos basálticos ordenados en capas de distinta granulometría (lapillis, escorias y bombas) con colores rojizos y negruzcos. Las bombas basálticas llegan a tener hasta 80 cm de diámetro.

Los Volcanes de la Hoya del Gallego se sitúan al SO de la Montaña de Juan León y al O de Tajanara. Es una zona en que aparecen varios edificios imbricados y superpuestos. Los dos cráteres principales están abiertos hacia el NO y SSO respectivamente. Están constituidos por escorias, lapillis y bombas de composición basáltica.

Mñá de las Lapas es un pequeño cono, relativamente bien conservado, constituido por escorias y piroclastos (lapilli) de composición basáltica, con el cráter en hendidura abierto hacia el sur. También se observan algunas bombas de composición basáltica olivínica.

Edificio de cota 787 m. Se trata de un pequeño salidero, situado entre Mñá de las Lapas y Aguachico, constituido por escorias, lapillis y bombas de basaltos olivínico-piroxénicos. Presenta un cráter bien conservado abierto hacia el SE.

Montaña Aguachicho. Es un edificio piroclástico algo degradado con el cráter abierto hacia el NO, y constituido por piroclastos basálticos de tonos grises, negruzcos y rojizos.

La alineación de los edificios de El Tomillar-Mercadel y La Empalizada definen una fisura de orientación N 150° E. Esta fisura se prolonga en la Hoja de La Restinga en los cráteres del Bco del Roquillo y Lomito Pardo.

Los edificios de Jable de Mequena-Mñ^a del Gajo definen una fisura de orientación N-110°E, y está constituida por cuatro edificios. El edificio Jable de Mequena es el más occidental y el mejor conservado. Presenta un cráter circular. Los otros tres centros de emisión se encuentran bastante degradados y no conservan sus cráteres. El más oriental se sitúa próximo a la crtra. a Taibique y se conoce como Mñ^a del Gajo. También se podría asignar a esta alineación el edificio Mñ^a. Colorada.

Los edificios Mñ^a de la Casilla y Mñ^a Mata no se han asignado a ninguna de las alineaciones anteriores pero podrían definir una fisura N-S que se prolongaría hacia el sur en los edificios Tajanara y Aguachicho. Además esta fisura se extendería a la Hoja de La Restinga en los edificios de Mñ^a Cerraja; Mñ^a de los Carriles y Mñ^a Prim, a lo largo de casi 8 km de longitud. El Edificio Mñ^a de la Casilla está constituido por dos cráteres abiertos hacia el este. El más occidental es un cono de cinder constituido por lapillis negros y escorias algo más gruesas de tonos marronáceos. El cráter oriental es algo mayor y presenta abundantes "spatter" y fragmentos lávicos. También se observan escorias de tonos amarillo-negruzcos, y colgajos de coladas basálticas.

El edificio Mñ^a Mata presenta un cráter en herradura abierto hacia el ESE y está constituido por escorias y bombas gruesas, de composición basáltica. También hay algo de lapilli y un recubrimiento edáfico.

Los edificios de Mercadel y Mñ^a. de la Empalizada definen una alineación de orientación N 150°E, y se prolongarían hacia el NO en edificios algo más jóvenes como los de El Tomillar, El Brezal y Mñ^a. Colorada, estos dos últimos dentro del dominio de El Golfo. El Edificio de Mñ^a. de la Empalizada tiene una forma en planta subredondeada elongada en sentido NO-SE con unas dimensiones de 600 X 700 m y una altura desde su base de unos 90-100 m. El edificio Mercadel tiene una planta elongada en el sentido de la alineación, con un cráter mayor bien conservado y abierto en herradura hacia el SE. En esta misma falda hay otro cráter abierto hacia poniente.

En general, las morfologías más frecuentes suelen ser las circulares, con embudos o cráteres en sus partes centrales y en ocasiones se presentan asociaciones de varios edificios superpuestos unos a otros con diferentes bocas eruptivas, como el señalado para Mercadel, o el grupo de Mñ^a de la Virgen, etc, indicando que constituyeron centros de emisión relativamente importantes. En algún caso se presentan formando una fisura alargada. Son frecuentes los salideros menores, en forma de coneletes u hornitos de spatter, de pequeño tamaño, como se observa en la Dehesa, Hoya de los Carites, zona de Mñ^a de la Empalizada, etc. En las secciones de los barrancos es posible observar centros de emisión enterrados por coladas procedentes de zonas más elevadas y ya bastante desmanteladas.

Lapillis de dispersión (20): El área de dispersión de piroclastos de todos estos edificios no se restringe a sus zonas más próximas, sino que abarca una enorme superficie dentro de esta Hoja, ya que en el sector suroccidental de la misma hay una gran densidad de centros de emisión; puesto que coincide con la zona de intersección de los ejes estructurales de la isla. Este hecho provoca la aparición de mantos de lapilli que cubren una amplia superficie. Además se trata de un área de espesa vegetación que dificulta las labores cartográficas y de individualización de los edificios.

Los depósitos de mayor importancia se extienden a lo largo de toda la zona de cumbres, desde los escarpes septentrionales hasta cotas del orden de 500 y 600 m en las laderas meridionales. Recubren materiales lávicos emitidos desde estas zonas de rift y los espesores que alcanzan son muy variables, observándose desde varios metros (2-4 m) hasta débiles recubrimientos peliculares, inferiores al metro. En la zona de cumbre, a lo largo de la pista de la Cruz de los Reyes hacia el oeste y también en la pista inferior (Hoya del Morcillo- El Tomillar) es donde mayores espesores de piroclastos se observan, con fuertes buzamientos, bien estratificados y escaso grado de consolidación. Su acumulación en estas zonas enmascara la probable existencia de mayor número de centros de emisión. En general la granulometría de estos depósitos de dispersión es bastante homogénea, del orden de 0,5-1 cm, como corresponde a depósitos seleccionados durante el transporte eólico. En algunos lugares estos depósitos están bastante alterados y muestran ya un cierto grado de edafización.

Es frecuente que entre estos niveles piroclásticos de tipo lapilli aparezcan nivellos o pasadas centimétricas de fracciones piroclásticas y arenosas, pulverizadas, es decir, de grano muy fino, correspondientes a pulsos o fases freatomagmáticas que se desarrollaron alternativamente con las fases puramente magmáticas de todos estos procesos eruptivos. Presentan coloraciones más grisáceas y amarillentas y se suceden alternativamente a lo largo de toda la secuencia piroclástica de dispersión.

2.6.3.4. Depósitos piroclásticos mixtos (Estromboliano-hidromagmáticos). (19)

Se describen en este epígrafe dos edificios piroclásticos de tipo mixto (estromboliano-hidromagmático) que afloran respectivamente: en el sector central de la Hoja (Hoya de Fileba) y al SE de Taibique (Edificio Venticota). El primero de ellos tiene un grado de conservación mucho mejor, mientras que en el segundo se observan varios afloramientos dispersos, algo deteriorados. A continuación se describen las características de ambos edificios.

El edificio Hoya de Fileba se sitúa junto a la crtra. San Andrés-Frontera, en el borde del escarpe de El Golfo. Se observa un cráter circular bien conservado de unos 450 m de diámetro. En las paredes de este cráter afloran rocas del sustrato y además la profundidad interna del cráter es mayor que la externa, hecho éste muy característico en este tipo de emisiones de alta explosividad, con interacción agua-magma. Por todo ello, se podría clasificar, con ciertas reservas, como un "maar". Presenta una serie de secuencias alternantes de piroclastos de caída ("fall estrombolianos") de color negro y pasadas cineríticas de tipo "surge" hidromagmático. Estos niveles cineríticos son muy delgados (apenas unos 3 cm), pero cubren una zona

relativamente amplia, tanto hacia el NO (M^ña de las Asomadas) como hacia el SE del edificio. Este área resulta algo complicada de delimitar, ya que está cubierta por un suelo y una espesa vegetación con restos de laurisilva.

En la zona de cabecera del barranco de la Vieja, al SE de la localidad de Taibique, se han cartografiado varios afloramientos de piroclastos de tipo hidromagnético. En las proximidades del Km 3,5 de la carretera Taibique-La Restinga se observan varios "cortes" en estos materiales, ya que están efectuando explotaciones de "picón". Los espesores son muy reducidos, apenas unos 3 m; para el depósito hidromagnético propiamente dicho. Al ascender en la serie se observa que la relación agua/magma disminuye, siendo los lapillis típicamente estrombolianos, los constituyentes principales. Los depósitos hidromagnéticos son de color gris de tipo "dry surge", constituidos por capas alternantes de cenizas y líticos con laminación paralela y combada. En conjunto, aunque no se llega a observar claramente un centro de emisión, parece que los depósitos se expanden desde esta zona hacia los alrededores, y que definían un edificio que fue seccionado por tanto por el Bco. de la Vieja como por la acción de retroceso del acantilado.

2.6.3.5. Depósitos piroclásticos de tipo "surge" y pómez sálicos. (21)

Los únicos depósitos piroclásticos de composición sálica encontrados en la isla se localizan en lo alto y alrededores del vértice Malpaso (1.502 m), habiendo sido citados ya por PELLICER (1977).

Se trata de niveles decimétricos de materiales cineríticos de color grisáceo, finamente laminados y con ondulaciones características, de composición traquítica. Se asocian a ellos niveles también cineríticos de naturaleza arenosa, que con espesores inferiores a 50 cm se extienden por esa zona elevada. Igualmente llevan consigo, niveles centimétricos de fragmentos de pómez de tamaño lapilli, muy vesiculares y coloración clara, en los que destaca algún fenocristal de feldespato. Cubriendolos existen depósitos de lapilli negro, de casi un metro de espesor. Fragmentos de pómez sueltos han sido localizados en escombreras de pozos para agua excavados en el valle de El Golfo.

El origen de estos depósitos es incierto, atribuyéndolo PELLICER (*op.cit.*) a un episodio explosivo posterior al volcán Tanganasoga. Sin embargo, según las observaciones de campo realizadas, parece más lógico pensar que este volcán (Tanganasoga) constituye una resurrección posterior a la explosión que originó estos depósitos, y así se ha indicado en la leyenda.

2.6.3.6. Coladas traquíticas. (22)

Se describen en este epígrafe un pequeño afloramiento de coladas traquíticas que aparece al NE del Edificio M^ña Mercadel junto a la pista forestal. En muestra de mano se observa que es una roca afanítica de color gris-claro que puede clasificarse como traquita. A pesar de la escasa entidad que presenta tiene cierto interés, ya que son las únicas coladas sálicas que pueden relacionarse con el Volcanismo de Las Dorsales. No se han localizado los centros de emisión de estas lavas, pero no se descarta que pudieran relacionarse con las erupciones que originaron los depósitos hidromagnéticos, descritos anteriormente.

2.6.3.7. Depósitos detríticos (*glacis-cono*, etc.). (23)

Estos materiales afloran en el sector suroriental de la Hoja y cubren las laderas del arco de Las Playas. De las cuatro grandes estructuras de deslizamiento existentes en la isla (Tiñor, El Golfo, El Julán y Las Playas), ésta última es la de menor entidad y probablemente la más dudosa. Por este motivo, los depósitos presentan características mixtas existiendo además de materiales caóticos, otros con estructuración interna que recuerdan a *glacis-cono* encalichados superficialmente. Sólo en algunos puntos están cubiertos por derrubios de ladera posteriores. El depósito está constituido por un conjunto caótico de materiales de diversa granulometría y con un elevado índice de angulosidad. Se trata de bloques, cantes y arenas de naturaleza basáltica. La potencia real del depósito es difícil de estimar, ya que por su disposición adosada a las laderas, no siempre se puede observar el muro. No obstante, la erosión posterior ha labrado algunas barranqueras en las cuales se aprecia la estructura interna del depósito y permite, en cierto modo, evaluar su potencia > 25 m. Presentan un fuerte buzamiento hacia el este y en conjunto definen un arco de más de 4-5 km. de extensión, abierto hacia el ESE. En la cabecera del Bco del Abra se observa que sobre estos depósitos se han depositado unas coladas basálticas del episodio de Las Dorsales.

Ya en 1973, HAUSEN relaciona estos escarpes con deslizamientos. Posteriormente HOLCOMB y SEARLE (1991) centran sus estudios en el sector SO de El Hierro y describen unos depósitos que relacionan con El Julán.

2.6.3.8 Coladas basálticas tardías. (24)

Bajo este epígrafe se incluyen una serie de emisiones localizadas en el extremo oriental de la Hoja y que por su aspecto parecen superponerse al resto de emisiones procedentes del eje de la dorsal, pero a su vez están parcialmente cubiertas por los materiales del volcanismo reciente.

Composicionalmente son rocas basálticas olivínicas, similares e incluso idénticas a las de los malpaíses circundantes. Es el factor morfológico, sin embargo, el que permite una diferenciación entre esta unidad y las coladas del volcanismo de las dorsales, al presentar estas últimas, un malpaís menos degradado y fresco. Los lóbulos y corrientes de lava se canalizan hacia el mar, rodeando y enterrando centros de emisión más antiguos. La morfología es la típica de coladas de lavas "aa", de cascotes y bloques.

En la costa caen sobre el acantilado en cascada hacia el mar y al pie originan un delta o una "isla baja", como la que existe en Tacorón y junto a Mñ^a de Los Cardillos (Hoja de La Restinga). Esta plataforma costera, aún perfectamente conservada y con una línea de costa avanzada, refleja perfectamente la menor edad de estas emisiones respecto de las anteriores.

Hacia cotas más altas, sin embargo, la distinción de los malpaíses circundantes es más imprecisa, al igual que el reconocimiento de los centros de emisión. Únicamente por criterios de situación geográfica, se puede asignar a Mñ^a de la Empalizada y algún salidero menor próximo a ella, como el área fuente de estos materiales más tardíos dentro del volcanismo indiferenciado de las Dorsales.

2.6.4. Volcanismo de relleno de El Golfo

El volcanismo de relleno de El Golfo incluye aquellas emisiones volcánicas que han tenido lugar en el ámbito del valle de El Golfo, originados como consecuencia de la fuerte descompresión litostática que supuso el derrumbamiento de esta parte del edificio insular y la consecuente formación del valle.

La mayoría de los centros de emisión surgidos se localizan en las escarpadas laderas de la cabecera del valle, próximos o dentro del eje estructural, donde, como ya señalan NAVARRO y SOLER (1995), se concentra la mayor actividad eruptiva en ese momento de la evolución volcánica de la isla. Por tanto, resulta complicado establecer las lineaciones de edificios, no obstante, se describirán tentativamente las posibles pautas estructurales.

Este volcanismo es dominante efusivo, con emisiones masivas de lava que fluyeron hacia la costa, provocando su avance en más de 3 km, y llenando el valle, en algunos lugares con un espesor del orden de los 300 m, NAVARRO y SOLER (*op.cit*).

2.6.4.1. Depósitos detriticos, abanicos antiguos de El Golfo (25)

Estos materiales afloran exclusivamente en el sector NO de la Hoja, en la zona comprendida entre las Casas de las Lapas y el Pié del Risco.

Realmente, la mayoría de los depósitos del deslizamiento de El Golfo han sido encontrados en galerías por J. M. NAVARRO (Com. Pers.) y se hallan en el subsuelo de las hojas vecinas. Estos depósitos están sepultados por las emisiones volcánicas post deslizamiento, que llenan la depresión. Además, un gran volumen de estos depósitos de "debris-avalanche" se precipitó hacia el mar llegando a imbricarse con el "debris-flow" de Canarias según ha estudiado MASSON (1996). La relación entre ambos depósitos es problemática e incierta tal como reconoce el propio autor. No obstante, parece que este deslizamiento es el más reciente, de los existentes en Canarias, y datando las turbiditas pre y post-avalancha podría sugerirse una edad entre (13 y 17). 103 años. Recientemente GUILLOU *et al.* (1996) y CARRACEDO *et al.* (1997) sugieren la posible existencia de más de un deslizamiento, para conjugar los datos radiométricos y los de las turbiditas, si bien por el momento queda abierta la hipótesis de trabajo y sólo puede decirse que el deslizamiento se sitúa entre 135.000 y 20.000 años.

Los depósitos cartografiados están constituidos por materiales detriticos muy heterométricos, observándose zonas de granulometría fina al techo y otras de aspecto caótico muy groseras constituidas por fragmentos angulosos con poca proporción de matriz. El nivel superior está finamente estratificado con inclinaciones de unos 25-30° al O y recuerda a depósitos epiclásticos. Inmediatamente encima aparecen las coladas basálticas que llenan la depresión y que se sitúan paraconcordantemente sobre los depósitos anteriores.

No hay que descartar que una gran parte de estos materiales cartografiados tengan un origen diverso: coluvial, epiclástico, "debris-avalanche", etc... y que además algunos de ellos sean algo posteriores al deslizamiento principal.

En conjunto, en esta zona, la potencia puede llegar a alcanzar unos 15-20 m.

2.6.4.2. Coladas basálticas "s.l", basanitas y tefríticas (26). Edificios de tefra basálticos (27). Depósitos piroclásticos basálticos de dispersión (28)

Con posterioridad al deslizamiento de El Golfo tienen lugar una serie de emisiones que se localizan dentro del arco y que contribuyen a llenar la depresión y volver a ganar terreno al mar.

Como se ha indicado en el punto anterior, estos materiales afloran exclusivamente en el extremo noroccidental de la Hoja prolongándose dentro de las hojas de Valverde y Sabinosa.

Los centros de emisión y las coladas de lava tienen un aspecto bastante reciente, por lo que estas emisiones deben ser relativamente jóvenes, posiblemente holocenas. Los conos, no alcanzan gran desarrollo morfológico debido a su incapacidad para crecer en laderas tan pronunciadas que hacían inestable la acumulación de la tefra alrededor de los salideros. Por idéntico motivo, los piroclastos de dispersión ocupan afloramientos muy reducidos, ya que rápidamente se inestabilizan ladera abajo.

Los centros de emisión son de reducido tamaño y están relativamente mal conservados para su edad. Algunas de las alineaciones que a continuación se describen, pueden prolongarse al otro lado del escarpe.

La "Alineación M^ña Tejeguate-Frontera-Los Corchos", tiene una orientación ONO-ESE y podría continuarse en la M^ña de los Frailes (ya descrita). El centro de emisión de Los Corchos se sitúa junto a las Casas de las Lapas y está constituido por escorias rojizas y emplastes lávicos de composición basáltica. La fuerte erosión existente ha dejado al descubierto los materiales que afloran debajo de esta unidad y que son los depósitos descritos en el apartado anterior.

Entre la localidad de Tigaday y la fuente de Mequena hay una agrupación de edificios que parecen definir una alineación de tipo N 150°-160°E. " Tigaday-Mal Nombre-M^ña la Caldereta-Fuente de Mequena". Salvo la M^ña Caldereta, el resto de edificios de esta agrupación no presenta cráter. Se encuentran bastante degradados tanto por la acción antrópica como por las razones topográficas expuestas anteriormente.

En las proximidades del escarpe de El Golfo se sitúa la alineación de edificios de "Palos Blancos-Cargadero-Colorada-Brezal" presenta una orientación N 110° E subparalela a la definida al otro lado del escarpe por los edificios Jable de Mequena M^ña del Gajo. El edificio Palos Blancos aflora casi enteramente en la vecina Hoja de Sabinosa y no conserva cráter al igual que Cargadero. Sin embargo los dos edificios más orientales tienen un mejor estado de conservación. Así, en M^ña Colorada se observan sendos cráteres, uno cerrado, y el otro abierto en hendidura hacia el norte. El edificio El Brezal se sitúa en una zona de fuerte relieve, y tiene también un cráter abierto hacia el norte.

Las emisiones debieron sucederse en un período de tiempo relativamente rápido, pues entre ellos no se observan grandes discordancias ni fuertes contrastes morfológicos. En algunas zonas, sí se aprecian, sin embargo, hechos que ponen de manifiesto cierta temporalidad rela-

tiva entre ellas. Las coladas presentan morfologías típicas "aa", son muy escoriáceas en superficie y en la base y en sus partes internas son más masivas y coherentes, con cierta vesicularidad. Se emitieron en forma de morrenas de bloques y cascotes sueltos con taludes frontales y laterales pronunciados, alcanzando espesores de 2 a 6 m, como se puede observar en zonas distales, ya próximas a la costa. Las partes internas, a veces no superan los 2 m de espesor. En los malpaíses se conservan aún las morfologías originales prácticamente intactas, tales como lavas cordadas, "levees" o paredes de canales de lava, superficies irregulares, tubos subterráneos, etc. Estos últimos se desarrollan en zonas más llanas, como ocurre en la zona del poblado de Guinea.

Los tipos de lava "pahoehoe" son menos frecuentes pero existen y en algunos casos son muy espectaculares, como los que se observan en la carretera de Tigaday a Sabinosa, a la altura del topónimo La Tabla. Presentan superficies retorcidas, en tripa, pequeños tubos volcánicos, lóbulos digitados, etc. En general este tipo da lugar a coladas delgadas con espesores 2-20 cm. En algunos lugares presentan un fuerte buzamiento hacia el mar, tal es el caso de las coladas observadas en la zona de Los Corchos. Composicionalmente, son rocas basálticas olivínicas-piroxénicas, de matriz afanítica.

2.6.4.3. Coladas basálticas del Edificio Tanganasoga (29)

Las coladas del edificio Tanganasoga se describirán más detalladamente en la Hoja de Sabinosa, puesto que en esta se reducen a unos pequeños afloramientos del borde occidental, junto a la localidad de los Llanillos.

Este edificio se localiza en la mitad occidental del valle del El Golfo, y debe corresponder a uno de los episodios finales del relleno lávico del mismo.

Según PELLICER (1979), se puede considerar la erupción del Tanganasoga como contemporánea a las de edad reciente del resto de la isla, aunque en este caso, confinada al valle de El Golfo. No obstante, el edificio actual es la culminación de repetidas erupciones volcánicas desarrolladas en el seno de dicha caldera, debidas a una resurgencia de la actividad magmática en su interior y probablemente ha funcionado durante un dilatado espacio de tiempo. Las coladas presentan grandes lóbulos y morrenas de cascotes y/o bloques.

2.6.5. Emisiones subrecientes

2.6.5.1. Niveles de playa fósiles (30)

Entre La Playa de los Cardones y La Playa de las Calcosas se ha observado un pequeño nivel de cantos que parece corresponder a una antigua playa. Se encuentra situado aproximadamente a 1 m sobre el nivel de playa actual, y está constituido por cantos y gravas de naturaleza basáltica con tamaños variables desde 1-2 cm hasta bloques de 10-15 cm. Asimismo, se observa una incisión en los depósitos de vertiente de la zona costera, comprendida entre el Parador Nacional y la desembocadura del Bco del Abra, que puede corresponder al Holoceno.

2.6.5.2. Coladas basálticas "s.l" y basaníticas (31) y edificios de tefra basálticos (32)

La actividad volcánica asociada al sistema de dorsales o ejes estructurales se ha manifestado incluso hasta épocas subrecientes y recientes, con emisiones más localizadas y en algunos casos perfectamente distinguibles del resto.

En este área se han cartografiado unos edificios a los que se les considera de edad subreciente, por tener un grado de conservación y un resalte morfológico intermedio entre las erupciones recientes (holocenas) y los materiales circundantes.

Los edificios considerados son el grupo de M^ña Cueva del Guanche y la M^ña del Tomillar, junto a la Cruz de los Reyes, emplazados a cotas de 1200 m y 1300 m, respectivamente, en la vertiente meridional de El Julán. Fueron cartografiados como de la serie reciente por PELLICER (1977). El primero se encuentra enmascarado por las formaciones de pinares, mientras que la M^ña del Tomillar presenta una morfología bastante bien conservada, con varios salideros adventicios a una base principal. Es un cono de tefra basáltico y de su base parece que surgieron, al igual que en el otro grupo de edificios, coladas de lava que se canalizaron ladera abajo, alcanzando dos o tres kilómetros de recorrido. La cartografía de estas emisiones no es precisa, debido a los recubrimientos de piroclastos existentes y las malas condiciones de observación por la masa forestal que recubre este área. Morfológicamente son coladas aa, con grandes bloques y cascotes taludes frontales y laterales escarpados, y en su recorrido se superponen a emisiones anteriores, destacando sobre ellas. Las potencias visibles son del orden de 1,5 a 3 m.

2.7. FORMACIONES SEDIMENTARIAS RECIENTES

2.7.1. Depósitos aluviales indiferenciados (33)

Estos depósitos alcanzan su mayor extensión en la esquina noroeste de la Hoja, en los alrededores de Tigaday.

Están formados por una matriz arenosa de grano medio-fino, que engloba cantos angulosos y subangulosos, de litologías basálticas y con tamaños variables, desde milimétricos, hasta fragmentos del orden de 20-40 cm de diámetro. Presentan una estratificación laminar sub-parallel y en algunos cortes se observa granoselección en los cantos, con mayor acumulación de las fracciones gruesas hacia la mitad del depósito.

La disposición de los depósitos es prácticamente horizontal, formando terrazas encajadas por barranqueras y debajo, en algunos solares de Tigaday, se observan las coladas basálticas de las formaciones Post Golfo. Los espesores visibles son del orden de 1,5 a 3 metros.

2.7.2. Coluviones y depósitos de ladera (34)

Estos materiales aparecen mayoritariamente relacionados con los escarpes de Las Playas, y El Golfo donde se sitúan adosados al pie de estos relieves basálticos. Están constituidos por material detritico grueso, arenas, cantos y bloques angulosos y subangulosos; muy hetero-

métricos y de composición basáltica. Una de las características fundamentales de estos afloramientos es su forma en planta seudotriangular, con el vértice agudo apuntando hacia la zona de cabecera. Normalmente se imbrican e indentan formando conos o abanicos coalescentes muy característicos.

Mención aparte merece el cono de deyección situado al pie de la Fuga de Gorreta, ya que se sitúa discordante sobre los restantes coluviones y se encuentra aún sin vegetar. Según CARRACEDO *et al.* (1997) se produjo a principios del siglo XX.

2.7.3. Playas de arenas y de cantes (35)

En la Hoja de Frontera, las playas más importantes se sitúan al pie del "escarpe de las Playas". Constituyen un cordón playero casi continuo desde Roque Bonanza hasta El Corral. Esto es debido a que los materiales detríticos que cubren el arco y los coluviones adosados al escarpe son más fácilmente retrabajables que las coladas.

En general están constituidas por arenas oscuras y cantes rodados de naturaleza basáltica con tamaños variables desde 1-2 cm, hasta bloques de más de 15 cm. En algunas ocasiones se observa en la parte trasera de la playa un nivel de arrasamiento situado a unos 2 m de altura s.n.m. que puede corresponder al nivel de máxima transgresión erbanense ("cordón de cantes holoceno").

Por último, en el sector nororiental de la Hoja, aparece la playa de Timijiraque que constituye una bahía algo más protegida y está formada por arenas negras de composición basáltica.

2.7.4. Depósitos antrópicos (36)

Se han asignado a esta unidad dos pequeños afloramientos localizados respectivamente junto al Roque Bonanza y al norte de Mñ^a Tembargena. El primero de ellos se sitúa próximo a la boquilla sur del túnel de Las Playas. Se trata de un depósito caótico constituido, mayoritariamente, por fragmentos de coladas basálticas procedentes de las obras de la carretera y del túnel de las playas. Se encuentra adosado al talud de la carretera antigua y ofrece el clásico aspecto de escombrera. El segundo afloramiento presenta también reducidas dimensiones y corresponde a la escombrera de unas obras de captación de aguas subterráneas, situada al SO de Mñ^a de Las Lapas.

3. TECTÓNICA

En la Hoja se encuentran muy bien representados los dos edificios principales de la isla: Tiñor y El Golfo-Las Playas, cuyas características volcanoestructurales tienen peculiaridades algo distintas.

Edificio Tiñor. La parte aflorante del mismo en la bahía de Las Playas, representa el flanco SSE con un ligero buzamiento hacia el mar de sus niveles lávicos. En la parte inferior afloran frecuentes conos estrombolianos enterrados, a los que se asocian parte de la malla de diques basálticos que los cortan. La disposición espacial de estos centros de emisión no permite deducir, debido a su parcial exposición, el esquema geométrico de fisuración volcánica duran-

te estos primeros momentos de construcción volcánica. Esta parte inferior del edificio aparece muy bien expuesta en el extremo NE de la Hoja.

Uno de los elementos volcano-estructurales más importantes del edificio Tiñor es su malla de diques. Aflora principalmente en el sector noreste de la Hoja, prolongándose dentro de la Valverde, y atraviesa a los materiales del tramo inferior, en el fondo de los barrancos de Tiñor, Honduras, Balón y Playecillas. La mayoría de los diques son subverticales, con potencias entre 0,5-2 m, que rellenan una red de fisuración radial generada sobre el flanco del volcán, y que convergen hacia la zona de San Andrés. Sus direcciones van girando desde N50° E (en la parte norte) hasta N110° E (en la sur).

El paso al tramo tabular se hace localmente, a través de un nivel de brechas y aglomerados basálticos, indicativo de un más que probable fenómeno tectónico de deslizamiento que decapitó la parte ya emergida del naciente macroedificio basáltico.

La malla de diques que atraviesa los tramos del edificio presenta dos familias superpuestas que complica el análisis geométrico de la misma. Un conjunto de diques corresponde a los salideros puntuales de los conos del tramo inferior, y no contribuyen por tanto al análisis general a mayor escala de la fisuración eruptiva del edificio durante su evolución temporal. Sin embargo, hay otros conjuntos de diques que parecen responder a dicha fisuración de carácter más regional, como son los aflorantes en el barranco de La Casilla y en algunas zonas de la pared escarpada de Las Playas. En el primer caso, un enjambre de diques paralelos sub-verticales, atraviesan el tramo inferior con una dirección preferente N95°E. En la zona norte de la parte de Las Playas (bases del Roque de la Bonanza y Risco del Hoyo Verde), los diques adoptan varias direcciones, siendo las más frecuentes las N150°-160° E y los N20°-40° E. Por último, en el área de la Playa de la Arena, dos sistemas cruzados a N170° E y N25° E intruyen al tramo inferior. Como conclusión se puede decir que hay un conjunto de diques que tienden a converger hacia la zona de S. Andrés y que, junto con las tendencias observadas en los diques similares de la Hoja de Valverde, parecen definir la fisuración original radial del Edificio Tiñor. Otro conjunto, sin embargo, sigue unas pautas distintas, cruzadas en su mayoría con la anterior. No se descarta que muchos de estos diques cruzados correspondan a los conductos de emisión de los citados conos piroclásticos y por tanto no sigan la pauta general del edificio.

Algo más al sur, se abrió otra grieta eruptiva a N45°E que hoy se encuentra al borde del escarpe en la cota 1335 m. Conviene precisar que Mña Afosa puede estar también originada por la fractura conjugada de la alineación de Mña de las Rosas (N110°E). El edificio de Timbarombo parece pertenecer a una gran fisura N40°E que, arrancando del cráter de la Mña San Andrés, continúa en los edificios de Hoya de Fileba.

Edificio El Golfo-Las Playas. Macroestructuralmente, el apilamiento lávico visible en las paredes de El Golfo y Las Playas presenta un buzamiento ligero hacia el SSE, que supone una parte del flanco meridional del gran edificio.

Los elementos volcano-estructurales más importantes se encuentran en el sector del acantilado entre Playa de las Calcosas y Playa de Los Joraditos. Están representados por un enjambre de diques, y una red de fracturación frágil.

Cronológicamente, el enjambre de diques básicos aflorantes en los Frontones de Amaro (zona de El Corral-Playa de Las Calcosas) parecen anteriores en el tiempo a las fallas de la zona de Icota, algo más al sur. Es un conjunto de diques verticales subparalelos, orientados N160°-165° E, y de espesor pequeño (<1 m), que definen un pasillo de "rift" por el que se emitieron las coladas superiores. Su relación con las otras dos grandes bandas de "rift" filonianas, aflorantes en las paredes de El Golfo (ver hojas de Sabinosa y La Restinga), es algo incierta, pues mientras que estas dos últimas tienden a converger, junto con las fisuras eruptivas de la Restinga, en el área de La Cruz de los Reyes-Tanganasoga, ésta aquí expuesta, apunta hacia la zona de San Andrés.

Colapso del flanco este del Edificio Tiñor. Al final de la emisión del tramo inferior del Edificio El Golfo-Las Playas, y como consecuencia del empuje lateral de componente SE de las bandas de los rifts norte y meridional, se desestabiliza el flanco este del Edificio Tiñor. El colapso lateral no se produce en su totalidad y, hoy en día, permanecen aún aflorantes todos los elementos estructurales de la tectónica frágil del colapso abortado (DAY *et al.* 1997), como son las fracturas, fallas y diaclasas asociadas.

Los primeros autores que señalaron la existencia de estas fracturas fueron NAVARRO y SOLER (1995), aunque ya COELLO (1971) las indica de manera esquemática en la fig. 1 de su trabajo.

Igualmente, se hace visible la expresión morfológica del arco de cabecera del deslizamiento, que va desde la Punta de Miguel al sur hasta la Ensenada del Barranquillo, al norte. El escarpe de cabecera no es visible en toda su longitud, ya que está fosilizado por las emisiones volcánicas posteriores entre S. Andrés y Las Casas, y en su extremo norte. En la ventana de Tiñor se observa en toda su dimensión el sistema de fallas paralelas San Andrés-Tiñor, que definen un hundimiento tipo graben. Se localizan a la altura de las localidades de S. Andrés y Tiñor, con una orientación ENE-OSO, una anchura cercana al kilómetro y una longitud visible de unos 4 km. Esta gran estructura es, sin duda, la expresión más llamativa del colapso lateral del flanco del volcán.

La red de fracturación frágil de Icota ya fue definida por COELLO (1971), que indicó saltos de hasta 20 m para ellas, con el bloque hundido hacia el interior de la isla. Son fallas normales, con una dirección preferente N15° E, y de mediano recorrido (hasta 2 km). En aquellos tiempos, su presencia no se relacionaba con ningún accidente tectónico mayor de la isla, pero hoy se puede sospechar que su presencia esté ligada con el extremo meridional del arco del colapso lateral abortado de Tiñor-San Andrés (expuesto en el sector norte de la Hoja, y que se prolonga dentro de la Hoja de Valverde) y cuya edad se calcula en 250 M.a. Serían tal vez fallas conjugadas respecto al hundimiento principal hacia el mar, del flanco este del Edificio Tiñor. Asociado también con este colapso, aflora una falla normal a la altura de la pared media de Las Playas, cuyo bloque hundido es el del este. Es una estructura frágil menor, que también ha sido considerada en el estudio tectónico que hacen DAY *et al.* (1997).

La interpretación de la bahía de Las Playas como una depresión originada por un deslizamiento, no está clara. Para algunos autores, un deslizamiento de este tipo no se ha dado, y suponen génesis exclusivamente erosivas para el retroceso de acantilado. La acción erosiva sobre el escarpe está bastante clara, según los datos geomorfológicos aportados en este proyecto

(ver capítulo 4), aunque persiste la duda de que en un principio, algún tipo de deslizamiento haya intervenido en su modelado inicial. La forma actual que presenta no es la de un arco homogéneo, ya que la parte del sur, desde el Mirador de Las Playas hasta la Punta de Miguel, la forma del acantilado es rectilínea y concordante con la malla de diques básicos aflorante en las partes bajas del mismo. Esto hace suponer que la intrusión de este "rift" filoniano de los Frontones de Amaro, ha podido provocar el deslizamiento hacia el este de esta parte de la isla, como sucedió en la paredes de El Golfo. Es un mecanismo bastante común en islas oceánicas de rápida construcción,(p.e. Hawai), como es el caso también de El Hierro.

Volcanismo de Las Dorsales. Una fase volcánica tan reciente no deja a la vista los elementos volcano-estructurales internos, sino sólo los externos. Es decir, sus directrices tectónicas están representadas exclusivamente por las fisuras eruptivas definidas por la alineación de conos y centros de emisión.

En la Hoja de Frontera se da la circunstancia de que convergen las tres bandas de "rift", o dorsales, que alimentaron el volcanismo de esta fase. En la parte NO se sitúan los conos de Hoya de Fileba, Asomadas, Montaña de los Frailes, Montaña Masilba, Bermeja y otros de menor entidad, que se agrupan según fisuras eruptivas de direcciones entre N40°E y N70°E, que se prolongan hacia el norte dentro de la rama o dorsal norte del sistema de rift. Entre ellas hay que destacar la definida por M̄a de Los Frailes-Asomadas-Hoya de Fileba, y otra, ligeramente al sur, compuesta por los edificios M̄a Masilba-Bailadero de las Brujas-M̄a de los Pinos y Tomillar.

Pero mejor representada está la dorsal sur de La Restinga a través de multitud de conos estrombolianos que son sólo una parte del conjunto total que aflora también en la Hoja de La Restinga. En este eje estructural de direcciones preferentes NO-SE y NNO-SSE, hay que destacar las fisuras o alineaciones eruptivas paralelas entre sí de M̄a de Juan León-Venticota, volcanes de la Hoya del Gallego-M̄a del Juramento, M̄a Cerraja-M̄a de La Lajura, y otras más situadas hacia el SO, pero que tienen algunos edificios en esta Hoja.

Volcanismo de las Emisiones Subrecientes. Este volcanismo aflora parcialmente en el sector SE de la Hoja, representado por sendas coladas de lava procedentes de los edificios: M̄a del Tomillar y M̄a Cueva del Guanche. Estas últimas tienen un menor recorrido, sin embargo, las de M̄a del Tomillar se extienden hacia el sur dentro de la Hoja de La Restinga, alcanzando el acantilado en las inmediaciones de la Playa del Pozo.

Movimientos en la vertical. Son escasos los depósitos de rasa marina presentes en El Hierro que indiquen la existencia de movimientos en la vertical. Concretamente, en esta Hoja de Frontera se encuentra uno de ellos. Se trata de un "cordón de cantos holocenos" localizado entre la Playa de los Cardones y Playa de las Calcosas. Se sitúa a unos 2 m de altura sobre la última de pleamar y se supone que corresponde al nivel de máxima transgresión erbanense.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA.

La Hoja de Frontera cubre una gran parte del sector central de la isla.

Fisiográficamente se trata de un área de cumbres de donde arrancan dos grandes depresiones de contorno subcircular: la de El Golfo, al noroeste y la de Las Playas, al sureste.

A lo largo del escarpe de El Golfo se localizan las mayores cotas de la Hoja e incluso de la isla, llegando a 1502 m en el vértice Malpaso (máxima altura de la isla).. Desde este escarpe, se inicia hacia el norte la depresión de El Golfo, alcanzando la línea de costa en el sector de punta de Tejeguate, con pendientes muy variables desde 75%,en la parte inicial a muy suaves en las proximidades de la costa.

En el sector septentrional de laderas dentro de la Hoja presenta pendientes del 16-30% y, con mucha frecuencia, inferiores al 15%, salvo al noreste donde se alcanzan localmente 31-45%. Está salpicada de elevaciones (conos volcánicos) que se alzan 50-100 m sobre ella. La ladera desciende hacia el noreste de la Hoja hasta una costa escasamente acantilada o casi baja, aunque escabrosa, y hacia el sur hasta un escarpe (y acantilado) de 300-600 m de desnivel.

En el sector este de la Hoja, la depresión de Las Playas supone una notable entalladura y vacío erosivo en la ladera principal, prolongándose paulatinamente en el área de escarpe y acantilado del sur. El escarpe de Las Playas alcanza una altura máxima de 1119 m, al norte, a tan sólo 2 km de la costa.

El paisaje vegetal de la Hoja es, al igual que en el conjunto de la isla, cambiante con la altitud y situación respecto a los vientos húmedos dominantes. Así, inmediatamente al norte del escarpe de El Golfo se encuentra la asociación fayal-brezal y de laurisilva, la más húmeda. En la depresión de Las Playas y en zonas altas de la ladera hacia El Julán, se desarrollan pinares, mientras que en gran parte de ésta, la influencia antrópica ha sustituido la vegetación autóctona por cultivos y pastizales. Por último, en las zonas más bajas y costeras existe un matorral xerófilo, poco espeso.

La pluviometría media anual de la Hoja oscila entre los más de 600 mm/año al norte del escarpe de El Golfo y los cerca de 300 mm/año en la costa sur.

El mapa geomorfológico que acompaña esta memoria ha sido realizado originalmente a E. 1:25.000.

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

4.2.1. Estudio morfoestructural

Las unidades geomorfológicas distinguibles coinciden bien, con las zonas fisiográficas descri-

tas anteriormente, siendo:

- La superficie culminante de la ladera principal
- La ladera del Golfo
- La depresión de Las Playas (y su prolongación escarpado-acantilada hacia el sur, en la costa).

La superficie culminante de la ladera principal está constituida por materiales lávicos (y conos volcánicos asociados), que son el techo de apilamiento de materiales volcánicos de los que ha resultado el crecimiento insular. A partir de sus características geomorfológicas, de conservación y de grado de antigüedad, en suma, se distinguen tres grupos de superficies lávicas de las cuatro que se han distinguido en la isla en este Proyecto (de más reciente a más antigua):

- S_4 : Las coladas, subhistóricas, se presentan casi como cuando fueron emitidas, prácticamente sin edafización y con escasa colonización vegetal. Se localizan en la esquina noreste de la Hoja.

- S_3 : Las coladas presentan una edafización y, por tanto, colonización vegetal y antrópica más importante, aunque su morfología es aún perfectamente reconocible. Se encuentra en las partes suroccidental y nororiental de la Hoja.

- S_2 : El grado de meteorización y edafización (y la antigüedad, en suma) son mayores, de tal modo que la morfología original es peor o muy difícilmente reconocible; Asimismo, el grado de incisión hidrográfica es más acusado. Forman la mayor parte de la ladera principal de la Hoja, entallándose en ella los escarpes de El Golfo y Las Playas.

Las depresiones de Las Playas y de El Golfo están talladas, por tanto, en el apilamiento (o los apilamientos) con que culmina S_2 en la ladera principal. En la depresión de El Golfo existen superficies lávicas equiparables a la S_3 descrita, mientras que en las Playas no existen erupciones, aunque si algunos planchones lávicos aislados, del volcanismo de las dorsales.

4.2.2. Estudio del modelado

Como en cualquier isla volcánica, el relieve de la Hoja es fruto de la interacción de dos tipos fundamentales de modelado, el de origen endógeno (constructivo) y el de origen exógeno (fundamentalmente destructivo, aunque puede ser, temporalmente, acumulativo).

De origen endógeno existen, en la Hoja, formas de génesis volcánica y estructural. De origen exógeno, se han distinguido formas de ladera, fluviales, poligénicas, litorales y antrópicas.

Mención especial merece el origen de las depresiones de El Golfo y Las Playas. Varios autores las han considerado de origen erosivo, pudiendo incluso, representar antiguos acantilados marinos (ver FERNÁNDEZ y MARTÍN, 1989). Más recientemente se ha considerado que puedan representar la marca de gigantescos deslizamientos de ladera (MASSON, 1996). Fenómenos de este tipo podrían ser frecuentes en las islas volcánicas, cuyo rápido crecimien

to vertical -en términos de tiempo geológico- genera una notable inestabilidad gravitativa. Estos posibles deslizamientos pudieron producirse a lo largo de un lapso de tiempo relativamente dilatado y según cuñas múltiples, más que constituir un único, rápido y catastrófico fenómeno. En cualquier caso que sea su origen, los escarpes deben estar retocados, sin duda, por procesos erosivos posteriores (acción remontante de cabecera de torrentes, desprendimientos, etc.).

Formas volcánicas

Como se ha indicado anteriormente, las superficies lávicas o de coladas en la Hoja se han dividido en tres grandes grupos, basados en su grado de juventud: S_4 (la más reciente), S_3 y S_2 . Sobre ellas se han marcado los lóbulos de avance y las direcciones de flujo observadas, así como, restos de tubos de lava colapsados.

En cuanto a los conos volcánicos, se han distinguido dos grandes grupos, basados en su grado de edafización y conservación, y siendo por tanto, correlacionables con las superficies lávicas definidas.

Los mejor conservados son los que constituyen la Montaña del Julán, en la esquina suroeste de la Hoja y relacionados con S_4 (Volcán Soleimán; Cueva del Guanche; y El Tomillar) así como Montaña Tembárgena, próxima, y relacionada con S_3 .

Como conos peor conservados, hay que citar las Montañas de los Frailes, Masilba, del Gajo y de la Casilla, en la parte alta de la ladera principal. Más abajo y hacia el sur, se encuentran La Montaña de Juan León, y Aguachicho,. Todos se asocian a S_2 .

Es notable la Hoya de Fileba, cráter de explosión localizado en el mismo escarpe de El Golfo.

Mantos piroclásticos se localizan sobre todo en la parte alta de la ladera principal, sobre S_2 . Pueden guardar relación con la actividad de conos localizados en la depresión de El Golfo, habiendo caído, por tanto, a sotavento del relieve insular.

En varios lugares, las superficies lávicas S_2 y S_3 presentan rupturas de pendiente, atribuibles a paleoacantilados, o paleoescarpes en general, sepultados posteriormente por las lavas que culminaron en dichas superficies. Al norte de Las Playas se localizan tres, a 200, 750 y 950 m. Al sur de la Hoja se encuentra una a 400-550 m. Por último, en la parte alta de la ladera principal, se encuentra otra a 1200-1250 m.

Formas estructurales

El modo de construcción insular, debido a apilamiento de materiales volcánicos sucesivos resulta evidente en las laderas de la depresión de Las Playas, donde se han marcado las trazas de coladas y capas de piroclastos.

También en la misma área se han marcado los resaltes de diques, orientados NNO-SSE. Representan las antiguas fisuras a favor de las cuales se produjo la salida de los materiales volcánicos constitutivos del apilamiento, o, al menos, de una parte de él.

Al sur de la depresión de Las Playas se localiza una traza de falla con expresión morfológica, subvertical y con orientación NNE-SSO.

Formas de laderas

Se han distinguido depósitos de derrubios y coluviones gruesos, localizados fundamentalmente en la parte baja de las laderas de la depresión de El Golfo y de Las Playas y en su prolongación acantilada hacia el sur, y algunos depósitos de derrubios finos, procedentes del desmantelamiento de conos piroclásticos, como los observados en la Hoya de Fileba.

Formas fluviales

El agua de arroyada termina por formar incisión hidrográfica y una red de barrancos de funcionamiento torrencial y esporádico, especialmente importante en las laderas de los escarpes de Las Playas y de El Golfo. Al pie de estos escarpes y laderas, y, en general, en donde existen tramos con menor pendiente en el perfil longitudinal de los barrancos, se generan depósitos de abanicos aluvio/torrenciales y conos de deyección, con espesor y granulometría notables. Son importantes los que se localizan en la parte baja de la depresión de Las Playas, sobre los que se encuentra algún reborde de terraza.

Formas poligénicas

En su génesis interviene, en distinto e imponderable grado, factores de ladera, fluviales, etc. Es por ello que se les clasifica aparte.

Los escarpes de El Golfo y de Las Playas se han marcado como escarpes erosivos. A pesar de que en sus orígenes pudieron haber sido la cicatriz de grandes deslizamientos de ladera (ver anteriormente), hoy día se encuentran retocados (y, muy probablemente, retrocedidos) por la acción remontante de las cabeceras de barrancos, y los fenómenos de ladera. Asimismo, se han marcado los interfluvios agudos, existentes entre barrancos.

Formas litorales

Se han distinguido acantilados actuales y antiguos. Los primeros se localizan a lo largo de, prácticamente, toda la costa, salvo en la depresión de Las Playas, siendo más notables hacia el sur. Como acantilado antiguo, no funcional, se ha atribuido un escarpe existente en la parte baja del barranco de la Casilla, en el noreste de la Hoja. Este acantilado quedó tierra adentro al ser parcialmente recubierto por la superficie lávica S_3 , que creó una pequeña plataforma a su pie.

Pequeñas playas de cantos y bloques. Las más importantes de la Hoja y aún de la isla son las que se encuentran en la depresión de Las Playas, dicha depresión, toma: el nombre del formidable vaciado erosivo ejercido por los barrancos de esta depresión de modo que se garantiza el suministro permanente de material para dichas playas. De menor entidad son la bahía de Timijiraque, al norte, y el extremo de la playa de Miguel, que se extiende por el borde sur hacia la Hoja de La Restinga.

Se ha marcado, además, la línea de costa, de modo generalizado.

Formas antrópicas

Son poco importantes en la Hoja, correspondiendo a pequeños escarpes de frente de cantera para la obtención de zahorra (en las proximidades del dorso del escarpe de El Golfo, sobre materiales piroclásticos) o gravas (en los abanicos de Las Playas).

4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA

4.3.1. Historia geomorfológica.

La Historia geomorfológica del sector central de la isla de El Hierro, correspondiente a la Hoja de Frontera, se desarrolló conforme a las siguientes etapas:

1. Construcción de un edificio insular, por apilamiento de materiales volcánicos sucesivos que culminan con la S_1 (edificio Tiñor).
2. Apilamientos volcánicos que constituyen el edificio insular de El Golfo-Las Playas, culminando en S_2 hace unos 200.000 años (según se deduce de dataciones absolutas: GUILLOU *et al.* 1996), pero prosiguiendo en determinados lugares donde, más adelante culminarían en S_3 .
3. Formación principal de las depresiones de Las Playas y de El Golfo, esta última por gigantesco deslizamiento de ladera (que para el caso de El Golfo se ha propuesto que ocurrió hace entre unos 130.000-20.000 años: según las dataciones absolutas de GUILLOU *et al.* (1996) y los estudios de MASSON, (1996).
4. Retroceso de los escarpes de ambas depresiones, por erosión remontante de barrancos, y deslizamientos de ladera, durante las últimas fases del apilamiento que culminaría en S_3 formando el dorso actual de El Julán, en la sureste de la Hoja, y al mismo tiempo rellenando parcialmente la depresión de El Golfo, donde S_3 debe tener menos de 20.000 años (ver GUILLOU *et al.*, 1996).
5. Aparición de emisiones volcánicas subrenciales, subhistóricas (S_4) en el extremo oriental de El Julán (ángulo suroeste de la Hoja), que inician el crecimiento insular hacia el sur, bien patente en la vecina Hoja de La Restinga. De forma casi coetánea se suceden las emisiones recientes del volcán Soleimán que dan lugar lugar a morfologías avanzadas de la costa en el entorno de la bahía de Timijiraque.

4.3.2. Morfodinámica actual y tendencias futuras.

En la actualidad, la morfodinámica actual y principal del área corresponde a la erosión marina (que tiende a la reducción del perímetro insular por socavamiento de las rocas costeras, y la creación de acantilados), y a la erosión torrential (cuya acción remontante hace retroceder los escarpes de El Golfo y de Las Playas).

En el futuro, este proceso seguirá, conformando todo ello el proceso de destrucción erosiva exógena, típico de las islas volcánicas.

No obstante, si se considera que, en conjunto, la isla de El Hierro es notablemente joven, y que en ella el volcanismo se encuentra aún activo, cabe esperar, en un futuro geológico cercano, la aparición de nuevas emisiones volcánicas que interrumpirían el proceso destructivo indicado, obliterando sus formas, y haciendo crecer la isla de forma imprevisible, aunque probable y fundamentalmente hacia el sur, por el vértice de La Restinga.

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, a los que se han añadido los de la bibliografía. Como un estudio de este tipo se sale necesariamente fuera de los límites de una sola Hoja, se incluyen en los diagramas todos los análisis disponibles de la totalidad de cada formación volcánica, comentándose así las características generales del conjunto.

En las Tablas 5.1 a 5.4 aparecen listados todos los análisis de elementos mayores, menores y la norma CIPW. Los análisis de elementos menores proceden de PELLICER (1980). 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.

Desde el punto de vista petrológico existe una gran uniformidad en las características petrográficas de la mayor parte de los materiales presentes en la Hoja. Se trata en su mayoría de basaltos, con variedades olivínicas, y olivínico piroxénicas.

5.1. EDIFICIO TIÑOR. PETROLOGÍA

5.1.1. Coladas basálticas y edificios de tefra. (2, 3, 4 y 5)

Aunque a nivel de conjunto de todo el edificio existen una gran diversidad de tipos petrológicos (véase Hoja de Valverde) el muestreo realizado en esta Hoja ha suministrado tipos basálticos s.l. (olivínico-piroxénicos, olivínico-piroxénicos-plagioclásicos) y traquibasaltos afíricos. Una de las características primordiales de estas unidades es el intenso grado de alteración que presentan, lo cual dificulta (en muchos casos) el muestreo.

Basaltos olivínico-piroxénicos. En general presentan texturas porfídicas intergranulares y en algunas ocasiones intergranular traquitoide debida a la orientación de flujo de los cristales de plagioclasa. Los fenocristales de olivino son frecuentemente xenomorfos-subidiomorfos, mientras que los de clinopiroxeno suelen estar zonados y tienen también hábitos de subidiomorfos a xenomorfos. A veces forman glomérulos o presentan inclusiones de cristales de plagioclasa. Los fenocristales de plagioclasa son pequeños y transicionales con la matriz. La matriz es rica en plagioclasa subidiomorfa de hábito alistonado. También aparecen en la matriz augita xenomorfa, poco violácea; olivino, algo alterado, y apatito en cristales aciculares superpuestos a los de plagioclasa.

Basaltos plagioclásicos-olivínico-piroxénicos. Este tipo composicional suele aparecer en los tramos inferiores del edificio, y también en algunos diques. Presentan una textura porfídica, glomeroporfidica, intergranular.

Los fenocristales subidiomorfos de plagioclasa son los más abundantes y llamativos, apareciendo en multitud de ocasiones maclados y zonados. Los de clinopiroxeno (augita) constituyen frecuentemente intercrecimientos cristalográficos con la plagioclasa. El olivino varía de subidiomorfo a idiomorfo y forma grumos y glomérulos, con pocos golfos de corrosión.

La matriz está constituida por plagioclasa con flujo y textura traquitoide, apareciendo además: augita titanífera (violácea), opacos, olivino y productos secundarios. La alteración afecta fundamentalmente al olivino que es sustituido parcialmente por productos secundarios de diversa tonalidad (marrón, rojiza, amarillenta).

Traquibasaltos. Se caracterizan por presentar textura afírica, aunque también existen tipos con textura intergranular traquitoide. Son muy abundantes los cristales alistonados de plagioclasa que definen un flujo magmático. El clinopiroxeno aparece con hábito subidiomorfo-xenomorfo y está algo alterado. Los cristales de olivino son subidiomorfos y en algunas muestras (AG-540), están totalmente sustituidos por seumorfos verdosos de grano fino y por enjambres de opacos de tonos anaranjados.

5.2. EDIFICIO TIÑOR. GEOQUÍMICA

El primer gran edificio subaéreo de la isla se caracteriza, geoquímicamente, por la presencia de términos básicos, donde predominan los tipos basánicos y tefríticos, frente a términos basálticos y hawaííticos (traquibasaltos) y las rocas de carácter intermedio, Fig. 5.1. En el caso de esta Hoja, las muestras pertenecientes a los afloramientos de Las Playas, son foiditas, mugearitas y benmoreitas, Tabla 5.1. Cabe destacar, en el caso de esta última, su carácter saturado, con presencia de cuarzo e incluso de hyperstena normativa, hecho no muy frecuente en los materiales de este edificio. Con respecto a la muestra de foidita, resalta su elevado carácter alcalino y subsaturado, con presencia de altos contenidos en nefelina normativa y escasos de larnita. A diferencia del volcanismo que genera el siguiente edificio subaéreo, (el de El Golfo-Las Playas), en éste no llegan a alcanzarse términos diferenciados, siendo las mugearitas y benmoreitas los tipos más evolucionados dentro de su conjunto.

TABLA 5.1. ANÁLISIS QUÍMICOS, NORMA CIPW Y PARÁMETROS GEOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE LA HOJA

MUESTRA	40476	47659	40615	40563	40564	40575
SIO2	39.51	58.21	51.06	46.58	42.21	45.16
AL2O3	11.22	18.86	16.08	16.65	9.86	15.11
FE2O3	4.03	3.03	8.82	2.38	3.12	4.39
FEO	10.56	2.66	2.14	8.94	9.94	7.99
MGO	11.09	1.51	3.37	4.27	14.89	5.74
CAO	12.06	4.91	7.51	9.90	12.03	10.48
NA2O	4.80	6.16	5.35	4.24	2.18	3.38
K2O	1.01	2.54	2.49	1.40	0.88	1.30
MNO	0.21	0.22	0.56	0.19	0.31	0.19
TIO2	4.53	1.00	1.25	3.63	3.10	3.67
P2O5	0.74	0.34	1.26	1.02	0.53	1.02
H2O	0.38	0.47	0.42	0.68	0.58	1.13
Q		1.58				
OR		15.01	14.72	8.27	5.20	7.68
AB		52.13	38.99	25.43	2.62	24.11
AN	6.09	16.31	12.51	22.27	14.52	22.22
LC	4.68					
NE	22.00		3.41	5.66	8.57	2.43
DI	34.88	4.66	12.92	16.60	33.34	18.57
HY		2.67				
OL	14.29		1.69	8.26	23.16	7.71
HE			5.30			
LN	1.66					
MT	5.84	4.39	5.10	3.45	4.52	6.37
IL	8.60	1.90	2.37	6.89	5.89	6.97
AP	1.71	0.79	2.90	2.36	1.23	2.36
Cu		11				45
Ga		21				17
Ni		26				59
Sr		1270				589
Zr		948				276
Th		39				19
Rb		81				39
Pb		15				7
Zn		88				84
Y		33				27
ID	26.68	68.72	57.11	39.36	16.40	34.23
FEMG	0.20	0.19	0.00	0.39	0.19	0.22
IP	52.13	52.21	53.64	50.78	52.22	51.96

40476.- Foidita. Dique en el bco. de la Casilla; cota 150 m. ILM (inédito).

47659.- Benmoreita. Colada en el Rodadero de las Playas. PELLICER (1979).

40615.- Mugearita. Colada en el camino de las Playas. PELLICER (1979).

40563.- Hawaита. Colada en la cabecera del barranco del Balón, cerca de la Cumbrecita. ILM (inédito).

40564.- Basanita. Colada de Rodadero de Cumbrecita. PELLICER (1979).

40575.- Basalto alcalino. Colada en el bco. del Balo. PELLICER (1979).

TABLA 5.1.- ANÁLISIS QUÍMICOS, NORMA CIPW Y PARÁMETROS GEOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE LA HOJA (Continuación)

MUESTRA	40546	40578	41000	40152	40561	40572
SiO ₂	47.00	44.66	46.91	46.71	46.38	42.01
Al ₂ O ₃	15.68	14.61	14.78	16.70	16.17	10.19
Fe ₂ O ₃	4.54	7.01	5.35	5.10	5.10	5.91
FeO	6.76	5.76	8.93	6.13	6.04	7.93
MgO	4.94	7.45	6.66	5.14	4.89	12.20
CaO	9.39	9.91	10.38	9.11	10.19	13.03
Na ₂ O	3.91	5.39	3.02	4.05	4.16	2.63
K ₂ O	1.81	1.54	0.57	1.40	1.78	0.88
MnO	0.21	0.21	0.19	0.20	0.19	0.23
TiO ₂	4.23	1.84	2.48	3.77	3.48	3.21
P ₂ O ₅	0.92	0.94	0.38	0.88	0.90	0.90
H ₂ O	0.20	0.44	0.58	0.84	0.44	0.38
OR	10.70	9.10	3.37	8.27	10.52	5.20
AB	28.46	15.57	25.56	30.78	23.70	6.26
AN	19.89	11.12	25.09	23.25	20.19	13.40
NE	2.50	16.27		1.89	6.23	8.66
DI	16.37	25.13	19.37	12.73	19.30	35.87
HY			6.29			
OL	4.72	6.29	6.63	5.67	3.25	12.98
MT	6.58	10.16	7.76	7.39	7.39	8.57
IL	8.03	3.49	4.71	7.16	6.61	6.10
AP	2.13	2.18	0.88	2.04	2.09	2.09
Cu	25	56				
Ga	18	17				
Ni	26	150				
Sr	494	421				
Zr	229	216				
Th	19	20				
Rb	38	32				
Pb	6	7				
Zn	81	82				
Y	23	24				
ID	41.66	40.94	28.92	40.94	40.45	20.13
FEMG	0.11	0.08	0.27	0.07	0.08	0.11
IP	52.77	53.02	51.58	53.13	52.98	52.81

40546.- Hawaïita. Colada en la Cresta del Toril. PELLICER (1979).

40578.- Tefrita. Dique en la ladera de la Colmena. PELLICER (1979).

41000.- Basalto s.s. Dique en el bco. de las Playecillas. PELLICER (1979).

40152.- Hawaïita. Dique en La Galga. PELLICER (1979).

40561.- Tefrita. Dique en el barranco del Balo. PELLICER (1979).

40572.- Basanita. Dique en el barranco del Balo. PELLICER (1979).

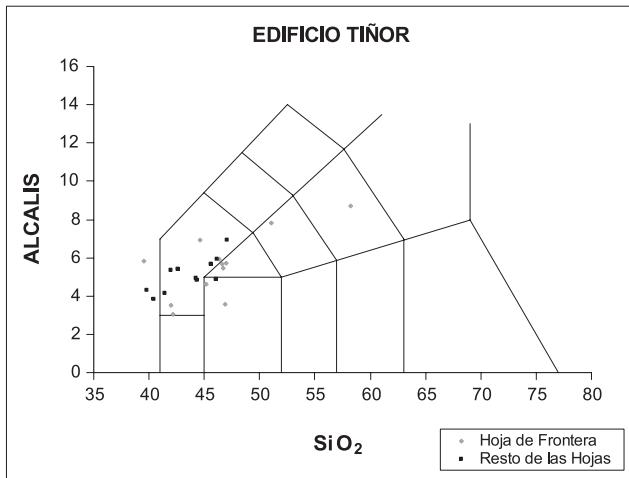


Fig. 5.1.- Diagrama T.A.S. de clasificación de rocas volcánicas.

En el diagrama de la Fig. 5.2 se observa la pauta de variación geoquímica a medida que progresó la diferenciación magmática.

5.3. EDIFICIO EL GOLFO-LAS PLAYAS. PETROLOGÍA.

5.3.1. Coladas basálticas y conos de tefra. (11, 12, 13 y 14)

Aunque a nivel de conjunto, de todo el edificio, predominan los tipos petrográficos basálticos olivínico-piroxénicos, en el muestreo realizado para esta Hoja se han observado numerosas rocas de tipo traquibasáltico. También se han estudiado basaltos olivínicos y basaltos plagioclásicos-olivínico-piroxénicos. A grosso modo puede indicarse que los términos traquibasálticos se asocian con los niveles más altos del apilamiento, si bien, también existen cuerpos subvolcánicos de esta naturaleza que intruyen en la parte baja de la serie. En lo referente a los diques no se ha observado ninguna composición especial existiendo los mismos tipos petrográficos que en las coladas.

Basaltos olivínico-piroxénicos. Mayoritariamente presentan texturas porfídicas intergranulares; ocasionalmente se han muestreado rocas microporfídicas con textura intergranular y traquitoide, definida por la orientación de flujo de los cristales de plagioclasa, de hábito alistonado.

Los fenocristales de clinopiroxeno (augita titanífera) son los más abundantes; presentan hábitos subidiomorfos-xenomorfos y en ocasiones los clásicos zonados en reloj de arena. Los colores suelen ser violáceos y amarillento-grisáceos. En algunas láminas (AG-547) se han observado inclusiones de cristales de plagioclasa y opacos. También es relativamente frecuente la existencia de cristales en roseta y de grumos de augita, olivino y opacos. El olivino aparece como fenocristal y microfenocristal, subidiomorfo-xenomorfo, con pocos golfos de corrosión y con débiles alteraciones en los bordes a iddingsita.

Edificio Tiñor

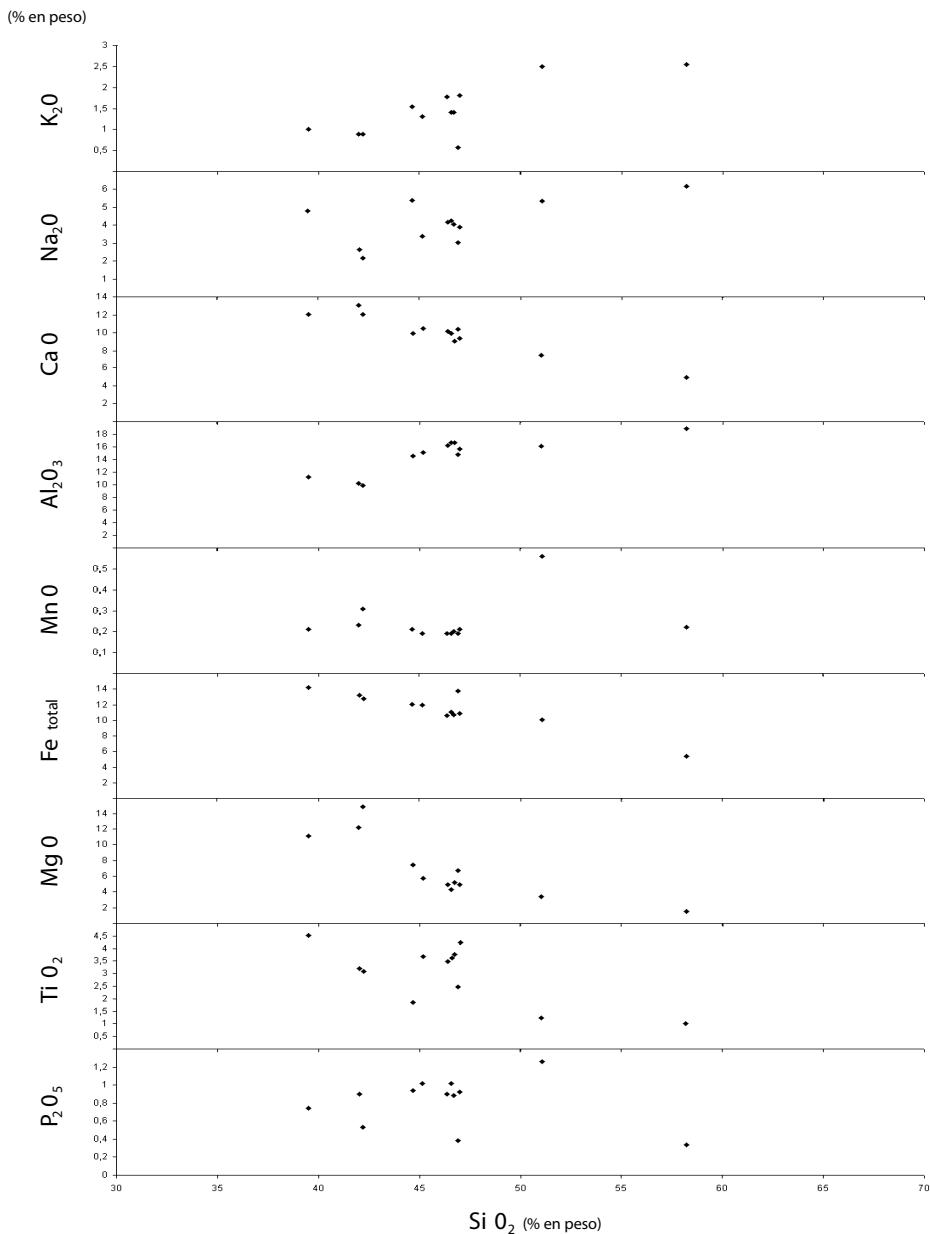


Fig. 5.2.- Diagrama de variación sílice/óxidos de las muestras del Edificio Tiñor.

La matriz está constituida por microlitos de plagioclasa subidiomorfa de hábito alistonado; augita xenomorfa; olivino subidiomorfo, algo alterado, y opacos. En la lámina correspondiente a la muestra AG-547 aparecen además ilmenita, en escamitas y apatitos, en cristales aciculares superpuestos a la plagioclasa.

Las alteraciones varían entre débiles y moderadas, afectando mayoritariamente al olivino de la matriz que se transforma en productos verdosos, anaranjados y amarillentos. También aparecen rellenos de carbonatos.

Basaltos olivínicos. Presentan texturas porfídicas o microporfídicas intergranulares y localmente traquitoídes.

Los fenocristales y microfenocristales de olivino son subidiomorfos y xenomorfos y exhiben muy diversos grados de alteración.

La matriz es rica en plagioclasa subidiomorfa de hábito alistonado y también en augita titanífera (subidiomorfa-xenomorfa). Otros constituyentes de la matriz son: opacos, olivino, apatito e ilmenita. Los opacos aparecen de forma granular y dispersa, mientras que el apatito da lugar a agujas muy finas. El olivino suele ser subidiomorfo-xenomorfo y aparece teñido. La ilmenita es muy escasa y se presenta en escamitas xenomorfas.

El grado de alteración de las muestras observadas es pequeño y varía entre débil e insignificante, afectando al olivino y en algún caso aislado a la plagioclasa que aparece algo enturbiada.

Traquibasaltos-Basaltos. Muchas de las muestras asignadas a este grupo corresponden a tipos intermedios desde un punto de vista petrográfico. Suelen presentar texturas aáficas, intergranulares y traquitoídes. También existen algunas muestras con texturas microporfídicas y algo vesiculares.

La matriz está constituida por cristales alistonados de plagioclasa que pueden definir una textura traquitoide. Además aparecen clinopiroxeno, olivino, opacos, apatito y, en algunos casos biotita, ceolitas y feldespato alcalino? El clinopiroxeno se presenta en cristales prismáticos y pequeños con distintas tonalidades (desde incoloro a violáceo y marrón-verdoso). Los olivinos pueden tener tamaños algo mayores llegando a ser microfenocristales en algunas muestras (AG-549). Presentan hábitos xenomorfo-subidiomorfos y en ocasiones inclusiones de plagioclasa. Los opacos son granulares y con hábito xenomorfo-subidiomorfo, llegando, en alguna muestra, a presentar tamaños algo mayores y formas en atolón. En la muestra AG-545 aparece un mineral, en los intersticios, con birrefringencia muy débil que puede ser feldespato alcalino. En esta muestra aparece además biotita muy escasa de cristalización tardía. En general, tanto los apatitos como las ceolitas son poco abundantes. Las alteraciones son, mayoritariamente, muy débiles.

5.4. EDIFICIO EL GOLFO-LAS PLAYAS. GEOQUÍMICA.

Dentro del edificio El Golfo-Las Playas, lo primero que destaca de este volcanismo es su carácter más alcalino con respecto al edificio anterior, por lo que parece observarse un incremento

de la alcalinidad con el tiempo y toda una sucesión de variación geoquímica más completa que en aquel, Tabla 5.2. Las tipologías composicionales presentes van desde términos básicos, con amplio predominio de basanitas, tefritas y algunas hawaïíticas (traquibasaltos), hasta series de rocas diferenciadas, benmoreitas e incluso altamente diferenciadas, traquitas. Estas últimas presentan un carácter moderadamente alcalino y sólo en un caso se observa cuarzo e hyperstena normativa, Fig. 5.3. Cabe destacar, la ausencia de rocas de composición estrictamente basáltica, estando representados, sin embargo, algunos picrobasaltos. No existe tampoco, por tanto, una exacta coincidencia entre la composición modal y la normativa, de manera que rocas que petrográficamente corresponden a basaltos, se proyectan en el campo de las basanitas y tefritas, si bien sus contenidos mineralógicos normativos sí tienen características de éstas.

TABLA 5.2.- ANÁLISIS QUÍMICOS, NORMA CIPW Y PARÁMETROS GEOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE LA HOJA

MUESTRA	AG 506	41136	41319	41306
SIO ₂	49.70	49.91	47.51	62.37
AL ₂ O ₃	16.96	17.08	17.81	17.97
FE ₂ O ₃	10.12	3.75	2.87	2.73
FEO		6.45	6.77	0.41
MGO	3.98	5.55	4.89	0.81
CAO	8.50	6.04	8.78	2.25
NA ₂ O	4.78	4.72	4.81	7.83
K ₂ O	1.72	1.60	2.00	3.56
MNO	0.18	0.21	0.22	0.17
TIO ₂	2.77	2.57	2.85	0.90
P ₂ O ₅	1.23	1.29	1.14	0.05
H ₂ O		0.83	0.63	0.58
OR	10.16	9.46	11.82	21.04
AB	37.33	39.94	25.30	64.32
AN	19.74	20.69	21.10	3.37
NE	1.69		8.35	1.05
DI	11.48	0.68	12.14	4.35
WO				0.42
HY		6.65		
OL	5.00	8.44	8.74	
HE				2.73
MT	5.81	5.44	4.16	
IL	5.26	4.88	5.41	1.23
PF				0.43
AP	2.85	2.99	2.64	0.12
ID	50.61	49.40	45.46	86.41
FEMG	0.00	0.21	0.26	0.00
IP	53.64	52.03	51.65	53.64

AG 506.- Hawaïita. Colada junto a la Casa de Las Lapas. MAGNA.

41136.- Hawaïita. Dique en el camino de Jinama. PELLICER (1979).

41319.- Tefrita. Dique en la Fuga de la Florida. PELLICER (79).

41306.- Traquita s.s. Colada en el escarpe de El Golfo, al norte de Hoya de Fileba. PELLICER (79).

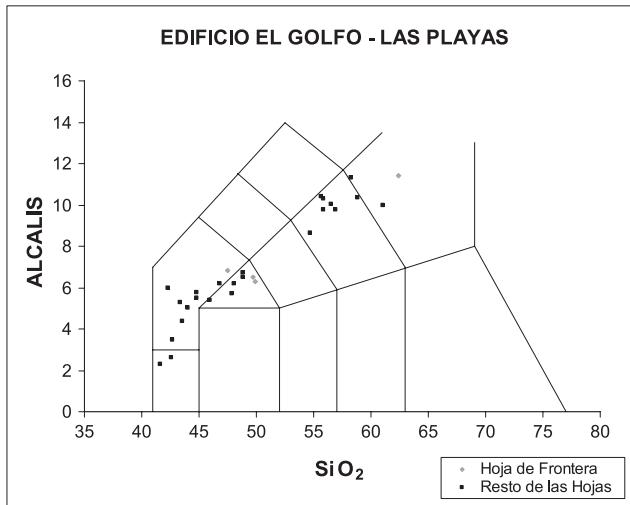


Fig. 5.3.- Diagrama T.A.S. de clasificación de rocas volcánicas.

En la Fig. 5.4, se aprecia el comportamiento de los elementos mayores a medida que se produce la diferenciación magmática, reflejándose que en gran medida ésta está controlada por procesos de cristalización fraccionada.

5.5. VOLCANISMO DE LAS DORSALES. PETROLOGÍA.

5.5.1. Coladas y edificios de tefra basálticos (6, 7, 17 y 18)

5.5.2. Coladas traquíticas (22).

En esta unidad existe una gran variabilidad composicional, habiéndose muestreado: basaltos olivínicos; basaltos olivínico-piroxénicos; basaltos piroxénico-olivínicos; basaltos afíricos; basaltos de tendencia traquibásalta; basaltos-traquibasaltos anfibólicos y traquibasaltos. No obstante, muchas de estas rocas corresponden geoquímicamente a términos basaníticos y tefríticos.

Basaltos olivínicos. Aunque se han clasificado petrográficamente como basaltos las muestras tomadas presentan una notable ausencia de plagioclasa, estando su matriz constituida exclusivamente por clinopiroxeno y opacos. Por tanto, podrían ser rocas de tendencia basanítica. Presentan texturas hipocristalinas y porfídicas. Los fenocristales y microfenocristales de olivino pueden llegar a constituir entre un 10% y un 20% del total, con hábitos de subidiomorfos a xenomorfos y golfos de corrosión. En alguna muestra (AG-510) el vidrio puede llegar al 20%.

Basaltos olivínico-piroxénicos y piroxénico-olivínicos. Constituyen el grupo más numeroso

Edificio El Golfo - Las Playas

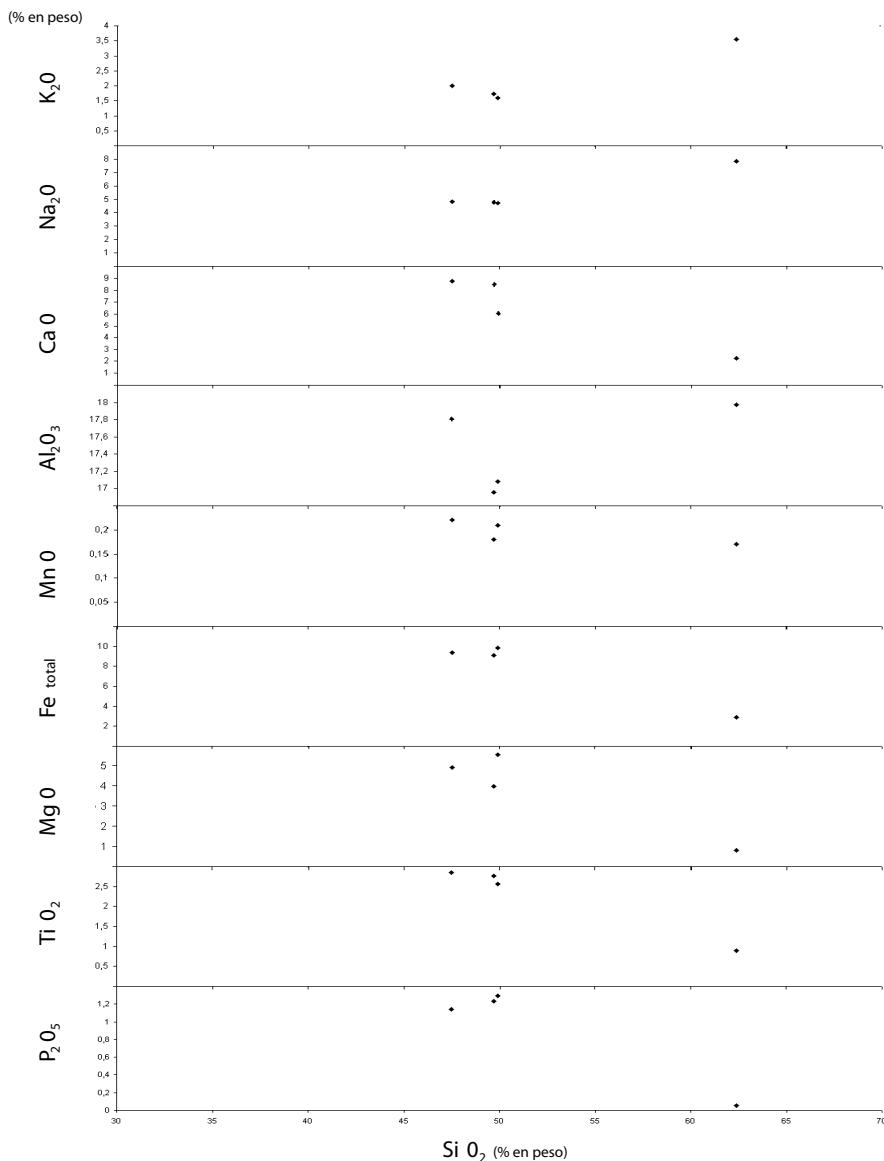


Fig. 5.4.- Diagrama de variación sílice/óxidos de las muestras del Edificio El Golfo-Las Playas.

de los que se han distinguido, presentando ligeras diferencias en el grado de porfidismo y en cuanto a la abundancia de uno u otro fenocristal (olv-px). En general presentan texturas porfídicas o microporfídicas, intergranulares. Además, muchas de las muestras estudiadas presentan un porfidismo seriado. Como casos extremos podrían señalarse las muestras AG-508 y AG-527; la primera de ellas tiene un 50% de fenocristales, mientras que la segunda es muy vesicular con un 40-45% de oquedades.

Los fenocristales de olivino varían de subidiomorfos a muy xenomorfos y en muchas ocasiones presentan golfos de corrosión. También se han observado aureolas de clinopiroxeno y opacos. El clinopiroxeno (augita) está habitualmente zonado y presenta tonalidades variables desde pardo-amarillentas a violáceas. En algunas muestras los clinopiroxenos forman agregados policristalinos con olivino y opacos.

En un considerable número de las muestras estudiadas (AG-527; 529; 531; 543 y 554), la matriz es muy rica en clinopiroxeno. En las restantes muestras la matriz está constituida, mayoritariamente, por plagioclasa y clinopiroxeno y, en menor medida, por opacos y olivino. También se han observado en algunas rocas vidrio, óxidos de hierro y ceolitas.

Las alteraciones son débiles o insignificantes afectando exclusivamente a los bordes de algunos olivinos.

Basaltos afíricos. Aunque a este grupo sólo se le han asignado dos muestras (AG-515 y AG-532), su representación en la Hoja puede ser mucho más abundante, existiendo además tipos transicionales entre éstos aquí descritos y los traquibasaltos. A este grupo, que se describirá a continuación, se le ha denominado genéricamente como basaltos de tendencia traquibasáltica.

La textura es intergranular y traquitoide. Además se puede considerar algo inequigranular debido a la presencia de algunos cristales algo mayores de olivino, opacos y en menor medida de clinopiroxeno. La matriz está constituida por plagioclasa, clinopiroxeno, opacos y olivino. En algunas ocasiones aparecen además vidrio y óxidos de hierro. La plagioclasa tiene hábito alistonado y marca una textura traquitoide. El clinopiroxeno se presenta en cristales subidiomorfos con tonalidades violáceas y pardo-amarillentas. El olivino es subidiomorfo-xenomorfo y a veces presenta secciones en atolón y esqueléticas. En cuanto al vidrio aparece de forma intersticial y también llenando huecos de cristales de olivino.

Basaltos-traquibasaltos y traquibasaltos. Se describen en este apartado un conjunto de rocas transicionales, todas ellas afíricas o microporfídicas (<2-3%) de microfenocristales. Se caracterizan ("de visu") por sus colores grises y en lámina delgada por sus texturas traquítoides e intergranulares. Ocasionalmente se ha muestreado una colada en el Bco de la Vieja que es fuertemente vesicular, con un 15-20% del volumen de roca ocupado por vesículas grandes y ligeramente alargadas según una orientación preferente. La matriz, en general de grano fino, está constituida por plagioclasa, clinopiroxeno y olivino.

Ocasionalmente aparecen también opacos, vidrio, ilmenita y biotita.

Las alteraciones son débiles y se manifiestan en la aparición de óxidos de hierro que tiñen el olivino y en la presencia de opacos algo degradados.

Traquibasaltos anfibólicos. Se han asignado a este grupo sendas muestras procedentes de la zona de Isora, una de las cuales corresponde a las coladas que fosilizan el escarpe de Las Playas, por debajo del Mirador de Isora. Presentan una textura microporfídica, traquitoide e intergranular, siendo sus fenocristales principales: anfíbol, clinopiroxeno, plagioclasa y opacos. En general el porcentaje de microfenocristales es muy bajo (2-3%). La característica principal es la presencia de un anfíbol, subidiomorfo-xenomorfo, fuertemente pleocroico y en parte reabsorbido. Los microfenocristales de clinopiroxeno están fuertemente zonados y pueden corresponder a augitas egirínicas.

La matriz es muy rica en plagioclasa subidiomorfa-xenomorfa de hábito alistonado. El clinopiroxeno (subidiomorfo) es también abundante y presenta una seriación de tamaños desde la matriz a los microfenocristales. También aparecen de forma subordinada opacos, olivino, apatito y un mineral incoloro intersticial que puede corresponder a feldespato alcalino (muestra AG-533).

5.6. VOLCANISMO DE LAS DORSALES. GEOQUÍMICA.

En esta formación destaca su mayor alcalinidad con respecto a la de las anteriores, Tabla 5.3 y Fig. 5.5, si bien hay entre todas ellas coincidencia de tipos composicionales. Predominan aquí las basanitas y tefritas, estando prácticamente ausentes también los basaltos propiamente dichos, que como ocurría en el caso anterior, son igualmente los tipos petrográficos más abundantes.

Los contenidos normativos de las rocas son reflejo, asimismo, de la mayor alcalinidad de este conjunto volcánico, al presentar valores elevados o moderados de nefelina y albita.

Aunque es un volcanismo dominante básicamente, se han producido puntualmente emisiones diferenciadas con tipos como benmoreitas e incluso traquitas.

Las pautas de variación geoquímica de los elementos mayores se manifiestan claramente en el diagrama de variación óxidos/SiO₂, Fig. 5.6, donde se observa la incidencia que tienen los procesos de cristalización fraccionada a lo largo de la evolución magmática, con disminución de elementos ferromagnesianos y aumento progresivo de los alcalis y alúmina a medida que progresó aquella.

TABLA 5.3.- ANÁLISIS QUÍMICOS, NORMA CIPW Y PARÁMETROS GEOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE LA HOJA

MUESTRA	40948	41295	47636	47647	40201	40451	40925	39902
SIO2	47.81	44.10	58.10	58.76	42.01	45.96	41.55	46.71
AL2O3	15.30	14.53	18.48	18.86	10.01	15.81	11.02	17.08
FE2O3	8.19	4.45	2.59	3.15	3.47	4.62	8.39	8.38
FE0	5.02	8.11	1.29	1.78	10.51	6.81	5.10	2.19
MGO	4.74	7.07	0.88	1.22	15.76	5.49	16.30	4.34
CAO	7.16	9.55	2.53	4.35	10.81	9.48	10.48	7.58
NA2O	5.16	3.81	8.64	6.59	2.41	4.91	2.68	5.29
K2O	2.35	1.77	3.70	3.16	1.00	2.08	1.06	2.35
MNO	0.20	0.19	0.12	0.22	0.19	0.21	0.19	0.20
TIO2	2.62	4.24	0.64	0.94	3.29	2.99	1.88	3.01
P2O5	1.18	1.01	0.19	0.20	0.56	1.35	0.71	1.10
H2O	0.57	0.77	2.91	0.59	0.41	0.47	0.45	1.24
OR	13.89	10.46	21.87	18.67	5.91	12.29	6.26	13.89
AB	32.75	18.65	50.79	54.67	3.33	20.61	6.98	28.46
AN	11.65	17.32	0.71	12.55	13.54	14.96	14.91	15.92
NE	5.91	7.36	12.09	0.59	9.24	11.34	8.51	8.83
DI	12.59	18.71	4.73	6.01	29.11	18.60	25.26	10.35
WO			1.89					
OL	4.18	9.49		0.17	26.31	6.40	20.24	4.21
HE	1.82		0.73	0.58			0.38	8.38
MT	9.24	6.45	2.69	3.73	5.03	6.70	11.61	
IL	4.98	8.05	1.22	1.79	6.25	5.68	3.57	5.05
PF								0.59
AP	2.73	2.34	0.44	0.46	1.30	3.13	1.64	2.55
Cu			8	9		45	51	30
Ga			22	21		17	16	20
Ni			27	12		58	500	43
Sr			688	998		591	394	737
Zr			834	797		271	147	607
Th			30	23		18	20	27
Rb			120	71		40	30	72
Pb			21	12		9	10	14
Zn			93	96		84	81	87
Y			31	38		26	18	28
ID	52.55	36.47	84.75	73.94	18.48	44.25	21.75	51.18
FEMG	0.00	0.16	0.00	0.00	0.18	0.19	0.00	0.00
IP	53.64	52.38	53.64	53.64	52.27	52.21	53.64	53.64

40948.- Tefrita. Colada en el barranco de El Julán. PELLICER (1979).

41295.- Tefrita. Colada al sur del Salto de la Charca. PELLICER (1979).

47636.- Traquita s.s. Colada en Malpaso. PELLICER (1979).

47647.- Benmoreita. Colada al este de Mña Mercadel. PELLICER (1979).

40201.- Basanita. Colada del volcán Mña Mercadel. PELLICER (1979).

40451.- Tefrita. Colada en el Espigón de los Fares. PELLICER (1979).

40925.- Basanita. Colada en Malpaso. PELLICER (1979).

39902.- Tefrita. Colada en el barranco de El Julán. PELLICER (1979).

TABLA 5.3.- ANÁLISIS QUÍMICOS, NORMA CIPW Y PARÁMETROS GEOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE LA HOJA (Continuación)

MUESTRA	47635	RB 30	40456	39863	40211	AG 515	AG 501	40873
SIO2	58.21	59.73	43.40	42.71	48.91	43.61	50.06	45.10
AL2O3	18.48	18.96	14.40	11.41	17.75	14.58	17.13	14.73
FE2O3	3.99	4.63	5.80	3.47	4.08	13.36	10.20	5.14
FE0	0.31		8.58	11.02	6.51			7.88
MGO	0.81	0.90	6.35	11.10	4.89	6.02	3.82	6.22
CAO	2.68	4.16	10.12	9.57	8.49	10.67	7.98	10.77
NA2O	7.24	7.12	4.02	3.76	4.76	4.29	4.99	4.32
K2O	3.86	2.95	1.72	0.58	1.74	1.58	1.79	2.08
MNO	0.20	0.22	0.19	0.19	0.21	0.18	0.19	0.20
TIO2	0.84	0.89	3.75	2.68	1.55	4.51	2.56	2.19
P2O5	0.16	0.21	1.06	0.12	1.00	1.28	1.23	1.00
H2O	2.89		0.75	0.31	0.41			0.64
OR	22.81	17.43	10.16	3.43	10.28	9.34	10.58	12.29
AB	53.30	57.68	16.05	8.28	30.59	17.22	38.78	12.57
AN	6.53	11.06	16.17	12.54	21.93	15.86	19.06	14.66
NE	4.32	1.39	9.98	12.75	5.25	10.34	1.86	12.99
DI	3.72	6.10	21.72	25.93	11.08	22.80	9.99	26.03
WO		0.24						
OL	0.20		7.57	25.90	9.59	5.20	5.38	7.16
HE	3.99							
MT		3.47	8.41	5.03	5.92	6.93	5.97	7.45
IL	1.08	1.69	7.12	5.09	2.94	8.57	4.86	4.16
PF	0.46							
AP	0.37	0.49	2.46	0.95	2.32	2.97	2.85	2.32
ID	80.43	77.32	35.95	24.46	46.12	42.46	52.80	37.86
FEMG	0.00	0.00	0.20	0.22	0.29	0.00	0.00	0.26
IP	53.64	53.64	52.14	51.95	51.49	53.64	53.64	51.72

47635.- Traquita s.s. Colada en Malpaso. PELLICER (1979).

RB 30. - Traquita s.s. Colada en la pista al E de Mñ Mercadel. MAGNA.

40456.- Tefrita. Colada en el Espigón de los Fares. PELLICER (1979).

39863.- Basanita. Colada en la ladera NE de Mña de los Frailes. ILM (inédito).

40211.- Hawaïita. Colada al SE de las Casas. PELLICER (1979).

AG 515.- Tefrita. Colada al O de Mña de la Casilla, junto al cruce de la Hoya del Morcillo. MAGNA.

AG 501.- Mugearita. Colada en la ctra. Valverde-Frontera, 500 m al SE de la ermita de la Caridad. MAGNA.

40873.- Tefrita. Colada al sur de la Mña de los Pinos. Pellicer (1979).

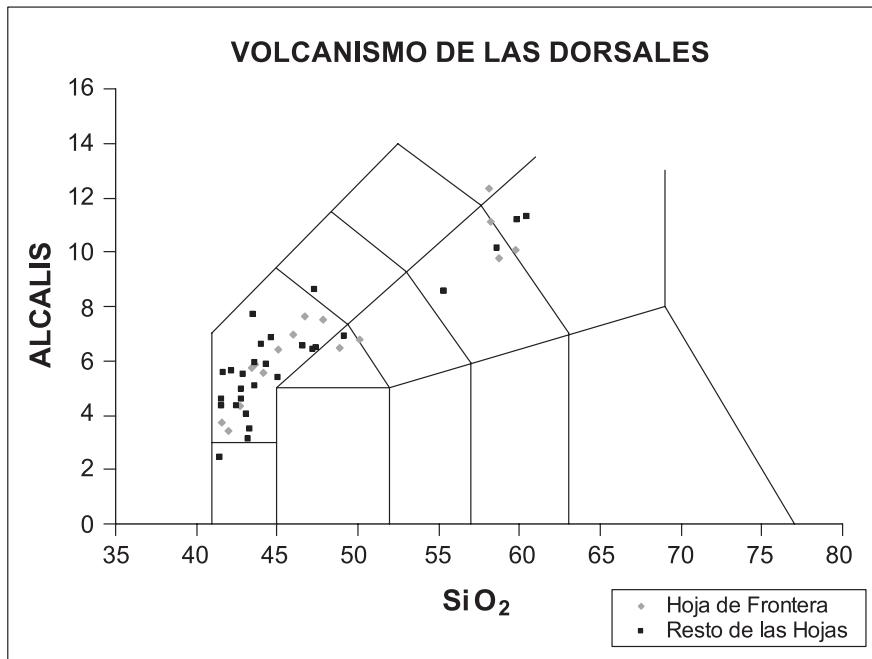


Fig. 5.5.-Digráma T.A.S. de clasificación de rocas volcánicas.

5.7. VOLCANISMO DE RELLENO DE EL GOLFO. PETROLOGÍA.

Como se ha comentado en el apartado correspondiente a la estratigrafía, el valle de El Golfo ocupa tres hojas: Sabinosa, Valverde y esta aquí tratada (de Frontera), por lo que se recomienda la consulta de todas estas hojas para tener una visión más completa de la unidad.

Las muestras estudiadas corresponden a basaltos olivínicos y olivínico-plagioclásicos de textura microporfídica, vesicular y algo intergranular. Los microfenocristales de olivino varían de subidiomorfos a xenomorfos y aparecen con frecuentes golfos de corrosión. Los de plagioclasa presentan formas alistonadas y limpias.

La matriz está constituida por clinopiroxeno, plagioclasa, olivino, ilmenita, opacos, productos de alteración y óxidos de hierro. El clinopiroxeno es el más abundante y puede dar lugar a agregados cristalinos. La plagioclasa presenta una amplia gama de tamaños de grano.

**Volcanismo de las Dorsales (indiferenciado)
y volcanes adventicios al Edificio Tiñor**

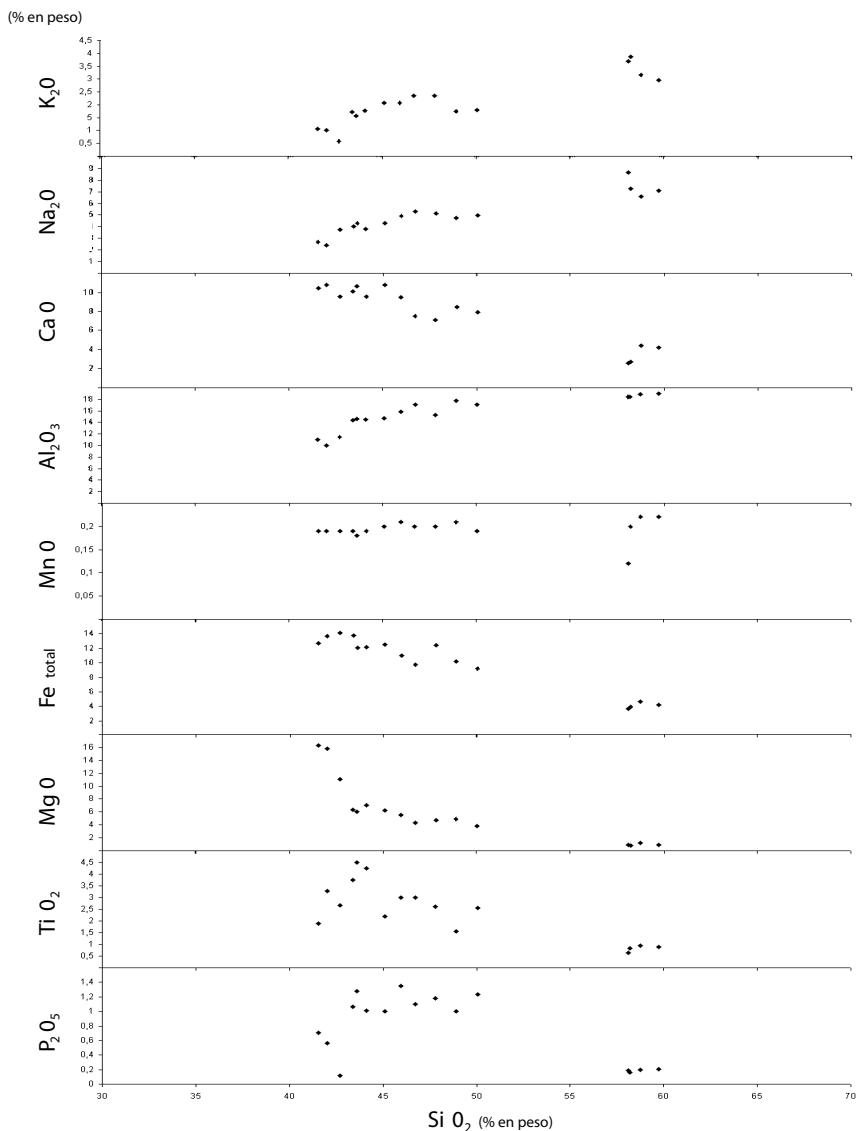


Fig. 5.6.- Diagrama de variación sílice/óxidos de las muestras del Volcanismo de Las Dorsales y Volcanes adventicios de Tiñor.

5.8. EMISIONES SUBRECIENTES. PETROLOGÍA.

5.8.1. Coladas basálticas. (31)

Se han asignado a esta unidad las coladas de M^ña del Tomillar. Se trata de unas coladas porfídicas de composición basáltica piroxénica-olivínico-anfibólica ya que presentan fenocristales de los tres constituyentes. La textura porfídica es muy marcada con más de un 40% de fenocristales. Es también vesicular e intergranular. Los fenocristales de clinopiroxeno son los más abundantes con hábitos subidiomorfos-xenomorfos y con zonación en los bordes. El olivino se encuentra disperso en fenocristales subidiomorfos-xenomorfos y también algo redondeados. Los anfíboles son xenomorfos y con colores intensos marrones o marrón-amarillento. En los bordes se encuentran en gran parte transformados a agregados de grano más fino y se reconocen opacos, ilmenita y augita titanífera. Por tanto parece tratarse de un anfíbol rico en Ti (anfíbol kaersutítico?).

La matriz de textura intergranular está constituida mayoritariamente por plagioclasa y clinopiroxeno. En menor medida aparecen opacos, olivino e ilmenita. La plagioclasa es subidiomorfa de hábito moderadamente alistonado. El clinopiroxeno es subidiomorfo-xenomorfo y presenta tonalidades violáceas en los cristales algo mayores.

En general las alteraciones son débiles produciendo un enturbiamiento en la matriz.

5.9. EMISIONES RECIENTES. PETROLOGÍA.

5.9.1. Coladas y edificios de tefra basálticos. (9 y 10)

Este conjunto de coladas y edificios recientes presentan unas características petrográficas comunes, clasificándose todas las muestras como basaltos olivínicos y olivínico-piroxénicos.

Las texturas son porfídicas o microporfídicas muy vesiculares. También aparecen tipos texturales glomeroporfídicos e hipocristalinos en las muestras de los "spatter" y conos de cínder. Como fenocristales o microfenocristales aparecen olivino, clinopiroxeno y opacos. El olivino suele ser el constituyente principal y presenta hábitos de subidiomorfos a xenomorfos. El clinopiroxeno muestra hábitos subidiomorfos y generalmente está zonado, con tonalidades violáceas y amarillentas. Los opacos son xenomorfos y pueden formar glomérulos tanto de tipo monomineral como mixtos.

La matriz en las muestras de coladas es de textura intergranular y rica en microlitos de plagioclasa subidiomorfa y alistonada con una cierta seriación de tamaños. En algunas muestras de "spatter" y centros de emisión (AG-511) aparece abundante vidrio en la matriz (>10%) y el clinopiroxeno está prácticamente ausente. También se observan opacos de grano muy fino.

5.10. GEOQUÍMICA DE LAS EMISIONES SUBRECIENTES, RECIENTES Y DE RELLENO DEL VALLE DE EL GOLFO

Desde el punto de vista volcánológico, estas emisiones (subrecientes, recientes, y las que rellenan el valle de El Golfo) corresponden también a la actividad de las dorsales o ejes estructurales y geoquímicamente no presentan diferencias significativas con las del resto del volcánismo de dichos ejes, Tabla 5.4. En el diagrama TAS de la Fig. 5.7, se comprueba que las muestras de estas emisiones se proyectan en los mismos campos que las de aquellas, manteniendo esa tendencia más alcalina que en los edificios antiguos. Las tipologías presentes son, por tanto, basanitas y tefritas, con presencia de picróbasaltos en la erupción histórica de 1793 (Hoja de Sabinosa). No obstante, se observa en este grupo de erupciones más recientes, la presencia de tipos fuertemente subsaturados (foiditas), que tampoco se identifican petrográficamente, con altos contenidos en nefelina y leucita normativos, así como la ausencia de materiales diferenciados.

TABLA 5.4.- ANÁLISIS QUÍMICOS, NORMA CIPW Y PARÁMETROS GEOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE LA HOJA

Emisiones de relleno de El Golfo, tardías, subrecientes y recientes

MUESTRA	40235	40847	40829	40846	40202	40191	40269
SIO2	41.10	41.60	41.51	40.26	40.26	42.10	42.01
AL2O3	12.89	10.72	10.59	9.57	9.44	10.97	10.72
FE2O3	6.61	3.01	3.66	4.55	5.03	3.55	2.85
FEO	10.53	10.48	9.81	10.84	10.90	10.09	10.36
MGO	10.99	13.28	14.01	14.19	14.18	12.51	12.53
CAO	10.88	11.69	11.63	12.52	12.55	11.61	11.64
NA2O	2.68	2.92	3.06	2.09	1.74	2.81	3.19
K2O	1.18	1.21	1.30	0.84	0.73	1.30	1.42
MNO	0.20	0.19	0.19	0.19	0.08	0.19	0.23
TIO2	2.45	3.40	3.41	3.82	3.92	3.41	3.38
P2O5	0.68	0.81	0.81	0.58	0.55	0.87	0.87
H2O	0.16	0.47	0.35	0.34	0.41	0.74	0.51
OR	6.97	7.15	6.51	3.40	4.31	7.68	8.39
AB	5.90	0.78			1.40	3.77	0.88
AN	19.66	12.57	11.32	14.25	15.79	13.48	10.74
LC			0.92	1.23			
NE	9.09	12.96	14.03	9.58	7.22	10.84	14.15
DI	24.01	32.20	32.80	35.21	34.21	30.80	33.20
OL	18.75	20.95	20.74	20.59	20.44	19.20	19.28
MT	9.58	4.36	5.31	6.60	7.29	5.15	4.13
IL	4.65	6.46	6.48	7.26	7.45	6.48	6.42
AP	1.58	1.88	1.88	1.34	1.27	2.02	2.02
Cu	53	83	53				
Ga	16	17	16				
Ni	225	296	224				
Sr	392	438	390				
Zr	181	179	179				
Th	19	22	18				
Rb	32	34	31				
Pb	9	9	10				
Zn	82	82	83				
Y	20	21	20				
ID	21.96	20.90	21.46	14.21	12.93	22.29	23.42
FEMG	0.22	0.21	0.17	0.18	0.17	0.20	0.22
IP	51.97	52.05	52.31	52.27	52.34	52.11	51.98

40235.- Basanita. Colada de Mña Colorada. PELLICER (1979).

40847.- Basanita. Colada del volcán Mña Empalizadas. PELLICER (1979).

40829.- Basanita. Colada procedente de Cueva del Guanche. PELLICER (1979).

40846.- Foidita. Colada procedente de Picos del Cepón. PELLICER (1979).

40202.- Foidita. Colada procedente de Picos del Cepón. PELLICER (1979).

40191.- Basanita. Colada procedente de Cueva del Guanche. PELLICER (1979).

40269.- Basanita. Colada procedente de Cueva del Guanche. PELLICER (1979).

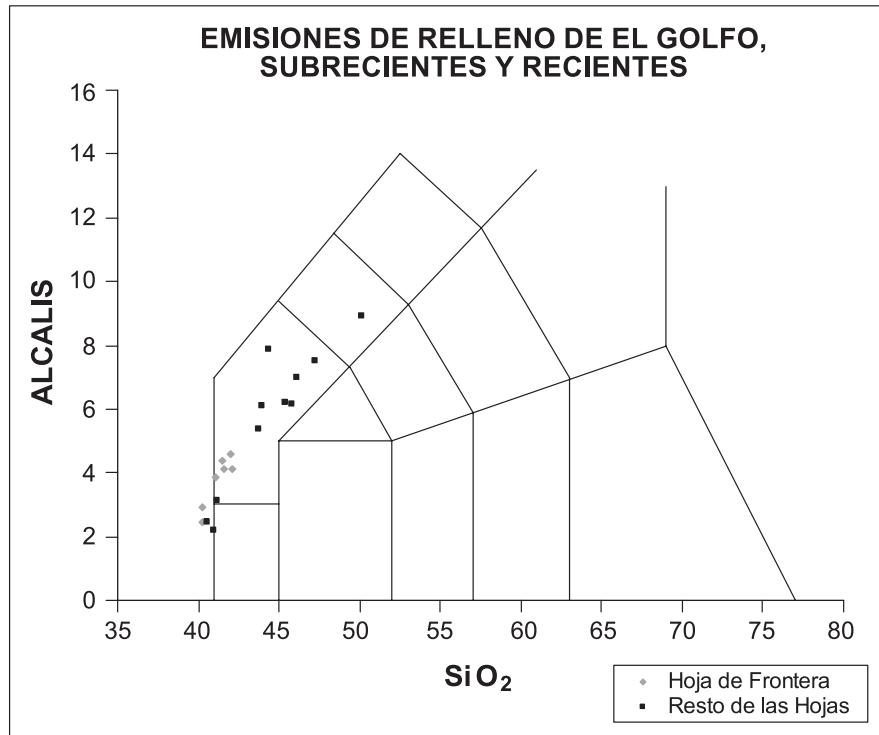


Fig. 5. 7 .-Diagrama T.A.S. de clasificación de rocas volcánicas.

En la Fig. 5.8. Se han representado los diagramas de variación sílice/óxidos, para estas emisiones.

Emissions relleno de El Golfo, tardías, subrecientes y recientes

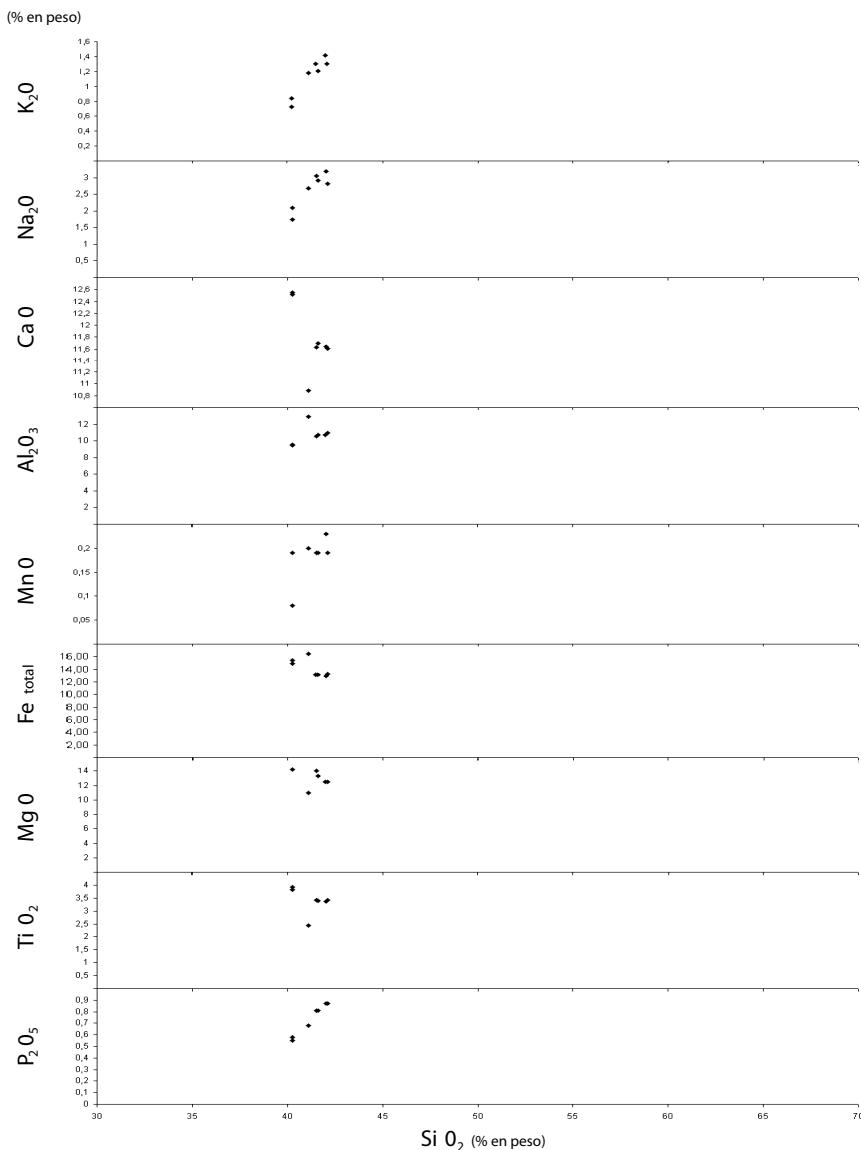


Fig. 5.8.- Diagrama de variación sílice/óxidos de las muestras del Volcanismo de relleno de El Golfo, Emisiones Subrecientes y Recientes.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

La isla de El Hierro es la más occidental del archipiélago canario y también la más joven. Según las dataciones radiométricas realizadas por GUILLOU *et al.* (1996) parece que el inicio de la actividad magmática subaérea comenzó en el Cuaternario, en el sector NE de la isla. Concretamente, según todos los datos de campo y radiométricos, se puede señalar una primera fase de construcción insular entre 1,12 y 0,88 M.a, durante la cual se levanta el Edificio Tiñor.

A continuación debió producirse un pequeño período de calma magmática (entre 0,8 y 0,55 M.a aprox.) durante el cual se inicia el desmantelamiento del Edificio Tiñor; favorecido además por el desarrollo de fracturas y deslizamientos.

Posteriormente, durante el Pleistoceno medio (hace aproximadamente unos 0,5 M.a) Se reinicia la actividad magmática en una zona hipotéticamente situada al OSO del Edificio Tiñor, en lo que probablemente constituye la prolongación de la alineación volcánica de: - Anaga-Teno-La Gomera-El Hierro. La zona central de emisión de este complejo edificio ha sido situada por NAVARRO y SOLER (1995) en la cabecera del Valle de El Golfo, si bien no existen evidencias concretas en superficie, ya que esta unidad ha sido recubierta por las emisiones del Volcanismo de las Dorsales y enmascaran la estructura primitiva del edificio. No obstante, al realizar un mosaico con las 4 hojas geológicas a E. 1:25.000 se observa que los diques de este edificio tienden a concentrarse en una zona algo más al sur que la mencionada por los autores anteriores (aproximadamente en las inmediaciones del vértice Malpaso, ligeramente al sur). El período de emisión del edificio El Golfo-Las Playas es también bastante corto, como prueban las dataciones realizadas por GUILLOU *et al.* (1996) y FUSTER *et al.* (1993). Así, las coladas de la base del escarpe de El Golfo, han sido datadas en 0,54 m.a. y las coladas traquíticas (que marcan el final de este ciclo geoquímico) han sido datadas en 176.000 años, en la parte alta de este escarpe.

En aparente continuidad con estas coladas traquíticas (citadas) se inicia la emisión del Volcanismo de las Dorsales, también denominado como volcanismo de "rift o de los ejes estructurales". Esta unidad corresponde mayoritariamente con la Serie Intermedia de PELLICER (1977), o Serie Indiferenciada de NAVARRO (1995). Las primeras coladas asignadas a esta unidad han sido datadas por GUILLOU *et al* (1996) en el acantilado de El Golfo en 158.000 años, lo cual da idea del escaso intervalo existente entre las últimas emisiones del Edificio El Golfo-Las Playas datadas en 176.000 años y estas últimas (< 18.000 años). No obstante, en el sector SO de la isla (Julán) se debió producir un gran deslizamiento (en esa época) que dio lugar al debris-avalanche de El Julán, estudiado por HOLCOMB Y SEARLE (1991) y MASSON (1996). Estos autores discrepan en la edad, < 190.000 años, los primeros, y > 300.000 años el segundo autor. Según las observaciones de campo efectuadas en este trabajo y los datos radiométricos disponibles, parece más lógico pensar en una edad menor de 190.00 años e incluso podría estimarse en unos 160.000 años, acorde con los primeros autores. En cuanto al escarpe de Las Playas, tiene mucha menor entidad y está peor estudiado, ya que, probablemente; es algo más antiguo que el de El Golfo. Este hecho se demuestra al observar, que coladas pertenecientes al episodio de las Dorsales están fosilizando esta super-

ficie, tal y como se contempla en la senda de Isora a Las Playas. Estas coladas han sido data-das por GUILLOU *et al.* (1996) en 44.000 y 145.000 años respectivamente.

Las emisiones correspondientes a estos ejes estructurales o dorsales, se prolongan casi hasta el Holoceno. Como manifestación en superficie de estos ejes, se observan numerosos conos piroclásticos que adoptan dos pautas estructurales principales (NO-SE; OSO-ENE). Estos edi-ficios han sido descritos en el apartado de estratigrafía y muestran una gran diversidad de formas y estado de conservación. Concretamente, en los tiempos finales del Pleistoceno superior, entre 125.000 y 25.000 años se produce el deslizamiento de El Golfo que alteró profundamente la fisonomía de la isla. De acuerdo con NAVARRO y SOLER (1995) hay que considerar varios factores que confluyeron en la creación de este gran deslizamiento: - crecimiento muy rápido del edificio El Golfo-Las Playas, que provoca inestabilidad de laderas; - Actividad volcánica y probablemente sísmica en la zona de cabecera del deslizamiento. Estas premisas han sido comprobadas por las dataciones radiométricas efectuadas y por la carto-grafía de campo. Así se han cartografiado numerosos conos piroclásticos post-deslizamiento, cuyas lavas llenan la depresión generada por el deslizamiento, disponiéndose discordan-temente sobre las unidades del Edificio El Golfo.-Las Playas.

Paralelamente, fuera del Dominio de El Golfo, la actividad volcánica continúa casi hasta nues-tros días. En el ámbito de la Hoja de Frontera está representada por las emisiones subrecien-tes de El Tomillar y M̄n̄a. Cueva del Guanche, y por las emisiones recientes del volcán de Soleimán que sobrepasan los relieves del Edificio Tiñor, y alcanzan la costa en el entorno de la bahía de Timijiraque.

Dentro del arco de Las Playas no se ha observado actividad volcánica holocena, continuando por tanto, el retroceso de vertientes por la acción erosiva y erosión remontante. Ejemplos de ello son la gran cantidad de depósitos que cubren las laderas, y también el cordón de cantos holoceno que aparece en la línea de costa.

7. GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

7.1.1. Climatología

Las características climatológicas de la isla de El Hierro están regidas, por la dinámica atmos-férica asociada al anticiclón de las Azores, que determina una incidencia favorable de los vientos alisios del noroeste, la existencia de una corriente oceánica fría que la circunda, su proximidad a África y su accidentado y elevado relieve.

La acción de los vientos alisios combinada con la considerable altura topográfica de la zona central de la isla (1503 m), contribuye a la existencia de variaciones pluviométricas y termo-métricas entre los sectores de barlovento y de sotavento. De esta forma, se pueden distinguir diversas zonas bien diferenciadas: una zona septentrional, desde la costa hasta los 950 m de cota, húmeda y fresca, que al encontrarse a barlovento se ve afectada por la descarga de humedad del alisio; una zona central, por encima de los 950 m, que presenta frecuentes nie-

blas y está afectada por el mar de nubes buena parte del año; y una zona meridional caracterizada por una gran sequedad ambiental, al encontrarse a sotavento y estar afectada por los vientos que descienden ya secos y cálidos.

Las temperaturas son bastante suaves todo el año, sobre todo en los sectores costeros, con medias anuales que oscilan entre 18 y 24°C. Los meses más fríos son enero y febrero y los más calurosos julio y agosto.

7.1.2. Pluviometría

El régimen pluviométrico de la isla también presenta una clara disimetría en cuanto a la distribución y cuantía de las lluvias. Esta distribución espacial depende de la orientación y la cota.

En el sector N-NE las lluvias son más frecuentes la pluviometría varía entre 300 mm en la costa hasta 700 mm en la zona de la Meseta de Nisdafe; esta situación se prolonga por la vertiente oriental entre los 500 y 1.000 m de cota. Sin embargo, en el sector O y en la ladera SO de la isla, las lluvias son más escasas e irregulares, oscilando entre 500 mm en la zona de cumbres y valores menores de 200 mm en la costa.

La zona comprendida en la Hoja de Frontera presenta variaciones muy bruscas en altura y en la orientación de las vertientes, lo cual se corresponde con variaciones en la pluviometría. Así como se ha comentado anteriormente, en las cotas más altas se pueden llegar a alcanzar los 500-600 mm y sin embargo en las zonas costeras de El Golfo y Las Playas y en la esquina SO de la Hoja las precipitaciones son del orden de los 200-300 mm, caracterizadas por la aridez del paisaje.

La pluviometría anual de la isla es de 360-390 mm, unos 95-105 hm³/año.

Además de la escasez, otra característica de la isla es que la lluvia cuando se produce lo hace de forma intensa aunque de escasa duración horaria.

La zona comprendida en la Hoja 1: 25.000 de Frontera, al encontrarse a barlovento respecto a los vientos alisios, será húmeda y fresca, con temperaturas muy suaves. Las lluvias serán del orden de los 200-300 mm debido a su proximidad a la línea de costa.

7.1.3. Hidrología subterránea

Características generales

Debido a su naturaleza volcánica, los materiales que constituyen la isla de El Hierro tienen un comportamiento hidrogeológico muy variable. Esta diversidad depende de factores como el tipo de emplazamiento en el momento de la erupción, los procesos de alteración, compactación y sellado químico que se producen en las rocas con el tiempo, la fracturación secundaria que puede afectar a diversas zonas, la presencia de diques y en la zona de El Valle de El Golfo la existencia del deslizamiento.

En esta Hoja coinciden dos de los accidentes más llamativos de la isla: los arcos de El Golfo y de Las Playas. Este último presenta un gran escarpe semicircular, con un diámetro de aproximadamente 6 km y unos 1 075 m de altura, delimita una depresión interior abierta al mar (SE) con forma de media luna. El arco de deslizamiento de El Golfo tiene una gran magnitud, y se extiende además por las vecinas hojas de Valverde y Sabinosa.

Una red de barrancos dispuestos radialmente disecciona todo el conjunto con un marcado perfil en V. Su base está cubierta de glacis, pie de monte y más hacia la costa se desarrolla una playa de cantos y bloques procedentes de la acumulación sedimentaria definida por el oleaje.

En el Valle de El Golfo, que comprende el sector noroccidental de esta Hoja, su hidrogeología esta condicionada por la génesis de dicho accidente. El deslizamiento gravitacional de El Golfo supuso la desaparición de una parte considerable del edificio insular. El bloque eliminado fue sustituido por un relleno de lavas, que se ha denominado Volcanismo Post-golfo o de Relleno de El Golfo, las cuales se encuentran separadas del basamento rocoso mediante una formación brechoide cementada, generada durante el proceso de deslizamiento, conocida como "mortalón".

La presencia de este mortalón constituye una barrera impermeable que permite hablar de dos acuíferos en la zona, uno superficial de lavas jóvenes muy permeables y un acuífero inferior constituido por materiales más antiguos.

En la zona comprendida por la Hoja de Frontera aparece prácticamente toda la secuencia estratigráfica de la isla, ya que además de los materiales del Edificio Tiñor y de El Golfo-Las Playas, afloran materiales del Volcanismo de las Dorsales y materiales de lo que se ha denominado Emisiones Subrecientes y Recientes. Dentro de los depósitos sedimentarios se observan depósitos de ladera, coluviones y depósitos de playa.

Respecto a los materiales que constituyen el escarpe de Las Playas se han diferenciado materiales del Edificio Tiñor, materiales procedentes del Edificio El Golfo-Las Playas, así como materiales procedentes del volcanismo de Las Dorsales.

Los materiales pertenecientes al Edificio Tiñor, concretamente los del tramo inferior, presentan una baja permeabilidad y una baja capacidad de almacenamiento. Sin embargo, al estar intruido por una densa malla de diques su comportamiento será variable en la vertical y en la horizontal, en función del grado de fracturación que presenten. Estos materiales afloran también en el extremo NE de la Hoja, en la zona de los barrancos de la Casilla; Playecillas y Balón.

Los materiales del segundo edificio importante en la isla, el Edificio de El Golfo-Las Playas, afloran en la parte alta y media del escarpe de Las Playas, y en el escarpe de El Golfo. Éstos presentan una gran permeabilidad debido a que el grado de alteración y compactación de los mismos es bajo.

Ambos materiales, los correspondientes al Edificio de Tiñor y al Edificio de El Golfo-Las Playas, presentan una gran densidad de diques. En general, se observa una mayor densidad en las unidades correspondientes al Edificio Tiñor que afloran al oeste del escarpe, existiendo además direcciones cruzadas que sugieren interferencia de más de un sistema filoniano.

Hidrogeológicamente, los materiales del Edificio El Golfo-Las Playas presentan una alteración posterior baja y su compactación es prácticamente nula conservándose una buena proporción de huecos conectados, lo que les confiere una permeabilidad global alta (sólo atenuada por los niveles piroclásticos). Los materiales correspondientes al Volcanismo de las Dorsales, al Volcanismo de Relleno de El Golfo y a las Emisiones Subcuentes y Recientes no ha experimentado ni alteración ni compactación por lo que conservan su elevada permeabilidad inicial.

Inventario de puntos de agua

Según la base de datos del IGME en la Hoja de Frontera se han inventariado 36 puntos de agua: 25 sondeos, 3 pozos, 2 pozos con galería, 2 galerías, 3 manantiales y una galería con pozo. Los 25 sondeos fueron realizados por el SGOP para investigación hidrogeológica y en la actualidad están en desuso. Los 3 pozos, de profundidades comprendidas entre 76 y 232 m, se utilizan para regadío. De los dos pozos con galería en el fondo, el de Tejeguate está en desuso debido al carácter salobre de sus aguas y el otro (Los Llanillos) se utiliza para regadío. Los manantiales captan el agua de los materiales del Volcanismo de las Dorsales y se utilizan principalmente como abrevaderos para el ganado.

Por último, la galería con pozo capta agua de los materiales correspondientes al Edificio Tiñor, formado por basaltos vacuolares en los que aparecen diques verticales fracturados. Se dedica al abastecimiento del Parador Nacional que se localiza en la zona de Las Playas.

Una gran mayoría de estos puntos se sitúan en el sector NO de la Hoja, en la zona de El Golfo. Mayoritariamente, se encuentran muy próximos a la costa, a una distancia comprendida entre unos escasos metros hasta unos 3 km. En general estos puntos captan el agua de los materiales correspondientes al Volcanismo de Relleno de El Golfo, aunque algunos la extraen de formaciones más modernas pertenecientes a las Emisiones Recientes y Subcuentes. Habría que exceptuar al pozo de Tigaday que extrae el agua de materiales del Edificio de El Golfo. Según descripción del sondeo, presentan gran número de fracturas y un total de 9 diques de dirección E- NE.

En muchas de las captaciones se cortan además niveles de depósitos costeros que tienen gran interés, pues parecen indicar la antigua posición de la línea de costa antes del deslizamiento.

En la tabla 7.1 adjunta se especifican algunas de las características de estos puntos de agua:

Nº Inventario	Toponimia	Naturaleza del Punto	Prof (m)	Uso	Cota (m)
344380002	Los Llanillos	Pozo con galería	175	Regadio	177,87
344380003	La Coruña (Pozo Guineo)	Pozo	75	Regadio	75,98
344380004	Tejeguate	Pozo con galería	175	No se usa (salobre)	177,50
344380005	Fátima	Pozo	138	Regadio	136,97
344380006	P1-S1	Sondeo	134	No se utiliza	120,95
344380007	P2-S1	Sondeo	135	No se utiliza	130,76
344380008	P3-S1	Sondeo	125	No se utiliza	120,32
344380009	P3-S2	Sondeo	154	No se utiliza	114,16
344380010	S-5	Sondeo	270,7	No se utiliza	270
344380011	S-6	Sondeo	255	No se utiliza	250,91
344380012	S-10	Sondeo	279	No se utiliza	277
344380013	S-11	Sondeo	212	No se utiliza	206,39
344380014	S-12	Sondeo	137	No se utiliza	128,73
344380015	S-16	Sondeo	280	No se utiliza	265,83
344380016	S-20	Sondeo	98	No se utiliza	89,21
344380019	L1-P3	Sondeo	72	No se utiliza	67,42
344380020	L1-P4	Sondeo	78	No se utiliza	66,10
344380021	L1-P5	Sondeo	103	No se utiliza	97,47
344380022	L1-P6	Sondeo	118	No se utiliza	112,51
344380023	L2-P3	Sondeo	123	No se utiliza	115,46
344380024	L2-P4	Sondeo	143	No se utiliza	134,21
354350004	Los Tincos	Manantial	-	Abrevadero	890
354350006	Charco de Tincos	Galería	281	Seca	600
354350008	Tincos	Galería	1770	Seca	320
354350009	Frontera	Pozo	235	Regadio	232,92
354350010	S-7	Sondeo	252	No se utiliza	253,67
354350011	S-8	Sondeo	247,5	No se utiliza	236,04
354350012	S-9	Sondeo	176	No se utiliza	164,45
354350013	S-13	Sondeo	125	No se utiliza	110,41
354350014	S-14	Sondeo	267,7	No se utiliza	239,32
354350015	S-15	Sondeo	294	No se utiliza	282,53
354350016	S-18	Sondeo	277	No se utiliza	280,04
354350017	S-19	Sondeo	276,7	No se utiliza	275,58
354410001	El Parador	Galería con pozo	170	Abastec. al Parador N.	10
354410002	Isora	Manantial	-	Abrevadero	730
354410003	Del Lomo	Manantial	-	Abrevadero	1 280

Tabla 7.1 Inventario y características de los puntos de agua.

Calidad del agua

La facies predominante es la clorurada sódica, condición íntimamente relacionada con los procesos de intrusión marina que afectan a la isla.

En general, predominan las aguas de dureza media a blanda y mineralización notable. Su facies predominante es la clorurada sódica, aumentando la salinidad de las aguas en aquellas captaciones próximas a la costa como consecuencia de los procesos de intrusión marina que afectan a la isla.

El contenido en nitratos es bajo (< 25 mg/L), no sobrepasando en ningún caso la concentración máxima admisible.

Atendiendo a su calidad para riego son aguas que se clasifican como C_3S_1 según las normas de Riverside. Ello indica que son aguas de alta salinidad con una baja relación de adsorción de sodio.

En función de su calidad para el abastecimiento urbano, las aguas pueden ser consideradas de calidad aceptable, salvo aquellos puntos que debido a la intrusión marina presentan una mineralización muy elevada, conductividad superior a los 15.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, una dureza del orden de los 2.500 mg/l de CO_3Ca , un contenido en cloruros superior a 600 mg/l y un contenido en sodio y magnesio del orden de los 400 y 100 mg/l respectivamente.

7.2. RECURSOS MINERALES

7.2.1. Rocas Industriales

En el ámbito de la isla de El Hierro no existen yacimientos minerales explotables. Sí se han explotado, por el contrario, determinados tipos de materiales como rocas industriales, que han tenido su aplicación en el sector de la construcción. Concretamente en la Hoja de Frontera las explotaciones activas son muy escasas existiendo además alguna explotación en estado abandonado y/o intermitente.

Desde un punto de vista estructural y genético, los materiales explotables pueden clasificarse en: Rocas sedimentarias, Rocas volcánicas masivas y Rocas volcánicas fragmentarias.

Las rocas sedimentarias son muy escasas y no se explotan actualmente dentro de esta Hoja. Pueden considerarse como yacimientos potenciales para áridos los depósitos coluviales y los deslizamientos que llenan el arco de Las Playas. En lo que se refiere a materiales arcillosos se han observado varios "escarbaderos" abandonados en la zona norte de M̄a de Asomadas. Estas explotaciones presentan carácter abandonado y/o intermitente, y han extraído arcillas de tonos anaranjados y rojizos procedentes de la alteración de productos piroclásticos. La potencia del yacimiento es variable, entre 3 y 5 m, como máximo. En el año 1985 estas explotaciones estaban activas y fueron analizadas por parte del ITGE, dentro del proyecto de investigación de arcillas en las Islas Canarias. Se tomaron tres muestras cuyos resultados analíticos fueron los siguientes:

Muestra N1	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P.F.
1	42,62	17,52	22,60	1,11	1,40	1,61	0,53	12,70
2	41,54	18,08	20,15	1,14	1,54	1,79	0,61	11,80
3	39,51	16,81	21,73	1,20	1,32	1,60	0,59	13,84

- Análisis químicos (%)

Muestra N1	Cuarzo	Feldespato	Hematites	Caolinita+Ilita
1	<10%	40%-50%	≈10%	<10%
2	<10%	50%-60%	≈10%	<10%
3	<10%	40%-50%	≈10%	<10%

- Análisis mineralógico (%)

Muestra N1	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla
1	69,5	13,8	8,7	6,80
2	68,7	14,5	8,1	7,10
3	69,3	14,7	9,3	7,20

- Fracciones Granulometría T, (%)

Como muestran los resultados anteriores, se trata de depósitos arenos-arcillosos, poco aptos para la industria cerámica, siendo su destino como correctores de suelos en agricultura.

Dentro de las rocas volcánicas masivas pueden considerarse como yacimientos de interés, todas las coladas basálticas, tanto las de los Edificios Tiñor y El Golfo como las del Volcanismo de las Dorsales y Serie Reciente. Debido al escaso desarrollo turístico y a la poca población existente en la zona, estos materiales no se han empleado. Además, una gran parte de la isla está protegida por la ley de Espacios Naturales de la Comunidad Autónoma de Canarias.

Rocas volcánicas fragmentarias. En la isla de El Hierro existen una gran cantidad de conos piroclásticos susceptibles de aprovechamiento. Concretamente la Consejería de Industria y Energía del Gobierno de Canarias realizó un inventario de los conos piroclásticos que se recoge en la tabla 7.2.

TABLA 7.2. Inventario de los conos piroclásticos en la Hoja de Frontera.

Número	Paraje	Volumen	Puntuación
N57	Hoya de Fileba	Caldera	2
N58	M̄n̄a Asomadas	4,8 M de m ³	8
N59	M̄n̄a de Los Frailes	9,0 M de m ³	7
N68	M̄n̄a de la Fuente	1,8 M de m ³	6
N69	M̄n̄a de Masilva	3,3 M de m ³	7
N70	M̄n̄a de los Difuntos	0,6 M de m ³	8
N80	M̄n̄a del Gajo	1,2 M de m ³	7
N92	M̄n̄a de La Casita	8,0 M de m ³	3
N93	M̄n̄a La Mata	3,6 M de m ³	5
N95	M̄n̄a de Juan León	99,0 M de m ³	5
N97	M̄n̄a Las Lapas	0,2 M de m ³	9
N98	M̄n̄a Tajanara	1,5 M de m ³	5
N99	M̄n̄a de Pino	0,2 M de m ³	7
N101	M̄n̄a Aguachicho	7,5 M de m ³	6
N105	M̄n̄a Venticota	0,14 M de m ³	7
N	La Calzadillas	Sin cifrar	
N	Salto de la Charca	Sin cifrar	
N	Mercadel	Sin cifrar	
N	M̄n̄a de la Empalizada	Sin cifrar	
N	El Brezal	Sin cifrar	
N	M̄n̄a Colorada	Sin cifrar	
N	El Cargadero	Sin cifrar	
N	Frontera	Sin cifrar	
N	Tigaday	Sin cifrar	
N	Tejeguate	Sin cifrar	
N	Malnombre	Sin cifrar	
N	M̄n̄a de la Caldereta	Sin cifrar	
N	Fuente de Mequena	Sin cifrar	
N	Los Gnales	Sin cifrar	

En la Hoja de Frontera se han inventariado un total de 29 conos, que se resumen en la tabla adjunta (7.2). Estos datos han sido tomados del proyecto antes citado. El término "picón", propio en las islas Canarias alude a un material granular, poco denso y vesicular de composición basáltica. Su granulometría varía de un depósito a otro e incluso dentro del mismo. Por lo general los centros de emisión presentan mayor heterogeneidad granulométrica, con tamaños desde 2-6 centímetros (tamaño lapilli) hasta bloques y fragmentos de 40-60 cm, que incluso en algún caso, superan el metro (bombas). Los depósitos que originan mantos y recubrimientos sobre el relieve, presentan mayor homogeneidad en sus tamaños, al haber sufrido una selección granulométrica durante el transporte por el viento. En este caso suelen tener tamaños milimétricos y escasos centímetros. Tienen coloración negruzca, cuando son recientes, o rojiza cuando están oxidados. Los depósitos pueden encontrarse relativamente sueltos, por lo que se extraen fácilmente con palas mecánicas. Frecuentemente, sin embargo, como ocurre en muchos conos, están apelmazados o compactados y su extracción, aunque no es difícil, resulta algo más costosa. Dependiendo de la granulometría original, se hace necesario un tamizado previo, según el uso a que va destinado.

La utilización más frecuente de este material es como árido ligero cuando son finos y como material de relleno cuando los tamaños son gruesos. Actualmente el uso más frecuente es para la realización de bloques y bovedillas prefabricadas, que se utilizan para fachadas, muros, forjados, etc.

En obras públicas se emplea para bases y subbases de carreteras, caminos, etc. Otro uso frecuente es su empleo en embellecimiento de jardines, áreas naturalizadas, márgenes de carreteras, etc

De estos 29 conos inventariados se han observado signos de actividad en muy pocos de ellos, y solamente uno parece que se encuentra activo actualmente. Se trata del "paraje Venticota" situado junto al km 3,5 de la crtra. Taibique-La Restinga. Explotan unas capas de piroclastos finos de tipo cinerítico que parecen corresponder a "surges" intercalados entre lapillis de caida "fall". En el documento antes citado realizaron una valoración que aparece en la columna derecha (Puntuación) teniendo en cuenta las siguientes variables: Distancia a centros de consumo, Geomorfología, Ecología y Turismo.

8. GEOTECNIA

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

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

8.1. ZONACIÓN GEOTÉCNICA: CRITERIOS DE DIVISIÓN.

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

En la isla se han distinguido tres áreas y cuatro zonas, cuya correspondencia con los tramos cartografiados se indica entre paréntesis.

8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.

ÁREA I

En este área se incluyen los materiales masivos del edificio Tiñor y del Edificio El Golfo-Las Playas.

Zona I.

Está constituida por las coladas y diques, del Edificio Tiñor y del Edificio El Golfo-Las Playas.

Características litológicas y estructurales. Estas emisiones dan lugar a potentes apilamientos de coladas basálticas con estructura tabular y buzamientos variables al NE y al SE. En conjunto pueden llegar a alcanzar más de 600 m de espesor.

En las coladas del Edificio Tiñor se observa un mayor grado de alteración y una mayor densidad en la intrusión filoniana. Las coladas del Volcanismo de las Dorsales se sitúan paracordantemente sobre las del Edificio El Golfo y se caracterizan por su mayor potencia y desarrollo de bases y techos fragmentarios. Estas zonas son más escoriáceas y menos compactas.

Características geomorfológicas. Estos apilamientos de coladas dieron lugar a un fuerte relieve que constituyó la base de la actual isla. Posteriormente se produjeron grandes deslizamientos que contribuyen a la formación del relieve actual. En esta Hoja aparece parcialmente el de El Golfo, y el escarpe erosivo de Las Playas.

Características hidrogeológicas. Estos materiales lávicos son permeables por fisuración, además la presencia de diques contribuye a aumentarla. Los tramos inferiores del Edificio Tiñor son menos permeables debido a la existencia de rellenos secundarios de ceolitas y a la mayor compactación.

Capacidad portante. Tienen buena capacidad de carga, siendo los asientos previsibles bajos o despreciables, salvo en las zonas muy alteradas o diaclasadas, en las cuales estos valores pueden verse muy reducidos.

Facilidad de excavación. Se trata de materiales no ripables, siendo siempre necesario el empleo de martillos neumáticos o explosivos.

Estabilidad de taludes. En los cortes naturales observados, principalmente en el escarpe noroccidental de la Hoja y en el sector oriental de las Playas, se constata que son acantilados verticales bastante estables. No obstante, se pueden producir caídas o desprendimientos de bloques que quedan individualizados por el diaclasado columnar. Además, la existencia de diques subparalelos a la pared del escarpe, puede favorecer la apertura de grietas o diaclasas que ocasionan la caída de bloques.

ÁREA II

Agrupa al resto de materiales volcánicos masivos y depósitos piroclásticos.

Zona II₁

Está constituida por las coladas basálticas de valle y las de los episodios subreciente y reciente.

Características litológicas y estructurales. Son coladas que dan lugar a superficies escoriáceas y algo caóticas que se caracterizan por su reducida potencia. Se adaptan al paleorrelieve previo y se deslizan por las laderas formadas por las emisiones del Edificio-Tiñor y del Edificio El Golfo-Las Playas.

Características geomorfológicas. Estos campos de lava dan lugar a superficies irregulares, ligeramente inclinadas. La incisión de los cursos fluviales es prácticamente nula, sin embargo, la acción marina ha dado lugar a pequeños acantilados que en esta Hoja sólo se manifiesta en el extremo NE, desde la Punta del Fraile hasta el límite con la Hoja de Valverde.

Características hidrogeológicas. Son materiales permeables por fisuración y además, las bases y techos escoriáceos contribuyen a aumentar este parámetro. El drenaje superficial es alto.

Capacidad portante. La capacidad de carga es media debido a su naturaleza escoriácea superficial. No obstante, si se sanean estas zonas, se pueden llegar a obtener buenos valores de capacidad.

Facilidad de excavación. Su ripabilidad es muy costosa requiriéndose el empleo de medios mecánicos de gran potencia, martillos hidráulicos o explosivos.

Estabilidad de taludes. Sólo se han observado taludes en alguna excavación para construcción (Taibique) y cortes naturales en los acantilados costeros. En general, son subverticales y estables; aunque la socavación basal puede producir inestabilidades y caídas de bloques esporádicos.

Zona II₂.

Está constituida por todos los depósitos piroclásticos aflorantes en la Hoja.

Características litológicas y estructurales. Estos depósitos están constituidos por materiales fragmentarios, granulares, de composición basáltica. Se caracterizan por presentar una granulometría muy diversa desde 2 mm, para los lapillis finos, hasta bloques, escorias y bombas que superan los 60-70 cm. En general, constituyen depósitos relativamente sueltos y poco consolidados salvo en el caso de los más antiguos que pueden estar más compactados y oxidados.

Características geomorfológicas. Los centros de emisión del Volcanismo de Las Dorsales y de los volcanes de Valle y de la Serie reciente presentan las clásicas formas cónicas o tronco-cónicas con pendientes homogéneas del orden de 25-35°. Sin embargo, los centros de emisión del Edificio Tiñor y El Golfo-Las Playas suelen estar parcialmente enterrados por coladas de su ciclo eruptivo y sólo quedan al descubierto por erosión.

Características hidrogeológicas. Se trata de depósitos muy porosos con alta permeabilidad, salvo que por alteración y procesos secundarios de ceolitización y carbonatación este parámetro disminuya considerablemente.

Capacidad portante. En general, tienen una capacidad de carga media, si bien, la heterogeneidad granulométrica y el grado de consolidación pueden hacer variar estos valores.

Facilidad de excavación. Son depósitos fácilmente ripables.

Estabilidad de taludes. En los conos piroclásticos, las capas suelen presentarse con buzamientos variables entre 25° y 35°; sin embargo en las explotaciones llevadas a cabo en estos materiales, se observa que admiten taludes cercanos a la vertical.

ÁREA III.

Agrupa a todos los depósitos sedimentarios existentes en la Hoja.

Zona III₁.

Depósitos de deslizamientos, depósitos de ladera y rellenos de fondo de valle.

Características litológicas y estructurales. Se trata de depósitos detríticos gruesos, heterométricos, poco seleccionados de composición fundamentalmente basáltica.

Características geomorfológicas. Los depósitos aluviales suelen adoptar formas planas, sin embargo los depósitos de ladera y los de deslizamientos se caracterizan por su fuerte pendiente.

Características hidrogeológicas. Son materiales granulares con alta permeabilidad primaria por porosidad intersticial.

Capacidad portante. Tienen baja capacidad de carga y pueden provocar asientos importantes frente a solicitudes.

Facilidad de excavación. Son materiales fácilmente ripables y excavables con retroexcavadora.

Estabilidad de taludes. En general presentan taludes poco estables pudiendo producirse caídas de piedras y regueros en épocas de lluvias.

8.3. RIESGOS GEOLÓGICOS

A lo largo de la superficie de la Hoja, los mayores riesgos observados se deben a inestabilidades de laderas en el sector oriental (Las Playas) que pueden provocar caídas de piedras y deslizamientos que interrumpan las vías de comunicación. A este respecto hay que mencionar la reciente construcción de un túnel entre Punta Bermeja y Punta Bonanza para evitar una zona de acantilados, en la cual la carretera antigua sufría constantes caídas de piedras y bloques que interrumpían la circulación viaria entre el Puerto de la Estaca y el Parador Nacional. Además, desde el punto de vista de planificación y ordenación del territorio se consideran los siguientes riesgos: riesgo volcánico, riesgo de erosión, riesgo marino y el ya mencionado riesgo de inestabilidad de laderas.

Riesgo volcánico. Aunque no está demostrado que existan manifestaciones volcánicas históricas en la isla de El Hierro, se trata de una isla muy joven en la cual aparecen bastantes centros de emisión holocenos, muchos de los cuales pueden considerarse como subhistóricos.

Riesgo de erosión. Debido a las elevadas pendientes existentes en los sectores NO y oriental determinan un grado de erosión importante en estas áreas:

Riesgo marino. La acción del oleaje ha provocado un retroceso constante de los acantilados costeros. Por socavación de su base, son frecuentes en el sector suroriental desde El Corral hasta el límite sur de la Hoja. (Roques de la Piedra Bermeja).

Riesgo de inestabilidad de laderas. Las escarpadas pendientes de El Golfo y de Las Playas pueden provocar, desprendimientos y caídas de bloques. Este riesgo es más probable en épocas de lluvias intensas y vientos fuertes. La zona que puede verse afectada preferentemente, es la ocupada por los depósitos de glacis-cono y piedemontes que tapizan el arco de Las Playas, y en el arco de El Golfo los depósitos de abanicos antiguos.

8.4. VALORACIÓN GEOTÉCNICA

Según las características expuestas en los apartados anteriores, se realiza una valoración geotécnica provisional de los materiales representados en la Hoja, en cuanto a su idoneidad constructiva. Así, se han dividido todos los terrenos presentes en el área en tres grupos, según sean sus condiciones constructivas: desfavorables, aceptables y favorables.

8.4.1. Terrenos con características constructivas desfavorables o muy desfavorables.

Se agrupan bajo este calificativo todos los depósitos sedimentarios que constituyen la zona III₁.

Estos depósitos pueden presentar problemas geotécnicos debido a su baja capacidad de carga, con asientos absolutos y diferenciales importantes; por este motivo no se aconseja realizar cimentaciones de estructuras en estos depósitos. Los factores geomorfológicos y la estabilidad en los depósitos de ladera son también otros condicionantes negativos.

8.4.2. Terrenos con características constructivas aceptables

Se incluyen en este apartado los terrenos formados por las coladas basálticas de valle y de las Emisiones Subrecientes y Recientes así como todos los tipos de depósitos piroclásticos (Zona II₁ y II₂).

En general son materiales que presentan una capacidad portante de media a baja. Admiten taludes elevados con ángulos próximos a la vertical, si bien, son algo más suavizados en los depósitos piroclásticos. La previsión de caídas de bloques lávicos es ocasional y sólo en los casos más desfavorables. El factor geomorfológico es un condicionante negativo en el caso de los depósitos piroclásticos. Las coladas en algunos casos conservan su morfología superficial escoriácea y tienen buen drenaje.

8.4.3. Terrenos con características constructivas favorables

Se han considerado como terrenos con características constructivas favorables las coladas basálticas del Edificio Tiñor y del Edificio El Golfo-Las Playas (Zona I₁).

Se trata de materiales con alta capacidad de carga, estables y con asientos despreciables. El único aspecto negativo es el factor geomorfológico debido a las fuertes pendientes y considerables desniveles existentes. En general tienen un buen drenaje.

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

TABLA 8.1. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y RIESGOS GEOLÓGICOS EN LA ZONA.

ÁREA	ZONA	UNIDAD CARTOGRAFICA	LITOLOGÍA ESTRUCTURA	HIDROGEOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	RIESGOS GEOLÓGICOS
I	1	Coladas basálticas y diques del Edificio Tifor, del Edificio El Golfo-Las playas y de Las Dorsales	Apilamiento de coladas subhorizontales suavemente inclinadas, atravesadas por diques	Permeabilidad media, fisuración menor en pro-fundidad	CP = alta FE = muy baja ET = alta	Favorables	IL = alta ER = medio-alto EM = medio-alto
	1	Coladas basálticas de valle y de las Emisiones subrecientes y Recientes	Cámpos de lava subhorizontales o ligeramente inclinados	Permeabilidad alta por fisuración	CP = media FE = media ET = alta	Aceptables	ER = medio-alto EM = medio-alto
II	2	Depósitos piroclásticos cuaternarios	Piroclastos basálticos diversa granulometría y conos con fuerte buzamiento	Permeabilidad alta por porosidad	CP = media-baja FE = buena ET = alta	Aceptables	V = medio-bajo
III	1	Depósitos aluviones, coluviones y deslizamientos	sedimentarios y general inclinados	Depositos poco consolidados, en general inclinados	Permeabilidad alta por porosidad in-tergranular	CP = baja FE = buena ET = buena	Desfavorables

CP = Capacidad portante

IL = Instabilidad de laderas

ER = Riesgo de erosión

EM = Erosión marina

ET = Estabilidad de taludes

V= Volcánico

9. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

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

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

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

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

9.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PIG.

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

"Pillow-lavas y brechas submarinas (hialoclastitas) en la base del apilamiento del Edificio Tiñor

A lo largo de la carretera del Puerto de La Estaca a Timijiraque, en las proximidades de la Bahía de Timijiraque, se han observado estructuras almohadilladas en las coladas "pahoehoe" de la base del apilamiento del Edificio Tiñor. Son coladas basálticas olivínico-piroxénicas de color negruzco, en las que aparecen, además de las "pillow-lavas" citadas, zonas brechificadas y palagonitzadas con hialoclastitas. Todo este tipo de estructuras indican que estas coladas se emitieron en un ambiente submarino o intermareal, que representaría el tránsito de la actividad submarina a subárea (dentro del 1er período de construcción insular).

Tiene interés desde un punto de vista volcánológico, petrológico y científico en general, ya que ofrece buenos ejemplos de estas estructuras y está muy bien conservado. Además, presenta un acceso directo desde la carretera al estar situado justo en la trinchera de la misma. En cuanto a su influencia tiene interés local y regional.

- Edificio mixto hidromagnmático-estromboliano de Hoya de Fileba.

Este edificio se sitúa en la esquina NO de la Hoja, inmediatamente al O de la carretera Valverde-Frontera. Presenta un cráter circular bien conservado y está constituido por lapillis negros con intercalaciones de niveles cineríticos de tipo surge.

El interior del cráter se encuentra a menor cota que la base externa del edificio; aflorando en las paredes del cráter el sustrato de coladas de emisiones anteriores. Esta es una de las características propias de los edificios explosivos de tipo hidromagnmático.

Tiene interés desde un punto de vista volcanológico, geomorfológico y científico, ya que ofrece buenos ejemplos de la actividad hidromagnmática y está actualmente bien conservado.

Por su influencia tiene interés local y regional.

- Tobias hialoclastíticas en Roque Bonanza

En el sector oriental de la Hoja, junto a la boquilla sur del túnel de Las Playas, se observan unas coladas basálticas del tramo inferior del Edificio Tiñor que presentan indicios de actividad hidromagnmática. Concretamente estas coladas son similares a las observadas en la base de los apilamientos de Timijiraque, que se han descrito anteriormente, al haber sido seleccionadas como Punto de Interés Geológico (PIG).

Tanto desde un punto de vista volcanológico como didáctico tiene un alto interés, ya que es un buen ejemplo de este tipo de actividad hidromagnmática propia de los períodos iniciales de construcción de una isla oceánica.

Por su influencia tiene interés local y regional.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-MONEM, A, WATKINS, N.D. y GAST, P.W. (1972).- "Potassium-Argon ages, volcanic stratigraphy, and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Tenerife, La Palma and El Hierro". Am. Jour. Sc, 272, pp. 805-825.
- ANCOCHEA, E, BRÄNDLE, J.L, y HERNÁNDEZ-PACHECO, A. (1983).- "Aplicación de un método matemático al análisis de direcciones volcánicas en La Palma y El Hierro (Isla Canarias)". V Asambl. Nac. Geod. y Geofísica, pp. 2407-2417.
- BENITEZ PADILLA, S. (1945).- "Síntesis geológica del archipiélago canario". Est. Geol, 3, pp. 3-19.
- BLUMENTHAL, M. (1961).- "Rasgos principales de la geología de las Islas Canarias, con datos de Madeira". Bol. Inst. Geol. Min. España, 77, pp. 1-30.
- BRAVO, T. (1968).- "Hidrogeología de la isla de El Hierro". Inst. Est. Canarios, 11-12, pp. 88-90.
- BRAVO, T. (1982).- "Formaciones geológicas en la isla de El Hierro". Inst. Est. Canarios (Aniversario), Tomo 50, (I Cien-cias), pp. 83-99.
- CABILDO INSULAR DE EL HIERRO Y GOBIERNO DE CANARIAS (1995).- "El agua en El Hierro. Resumen del avance del Plan hidrológico insular de El Hierro". Cabildo Insular de El Hierro - Gobierno de Canarias, 57 p.
- CARRACEDO, S. DAY, H. GUILLOU, E. RODRÍGUEZ BADIOLA, J.A. CANAS and F.J. PÉREZ TORRADO. (1997a).- Geochronological, structural and morphological constraints in the genesis and evolution of the Canary Islands. Internat. Workshop on Immature oceanic islands, La Palma, 1977. Vol. Abstr. 45-48.
- CARRACEDO, J.C. DAY, S. and GUILLOU, H. RODRÍGUEZ BADIOLA, E. and PÉREZ TORRADO, F.J. (1997b).- Late (Quaternary) shield-stage volcanism in La Palma and El Hierro. Canary Islands. Internat. Workshop on Immature oceanic islands. La Palma, 1977. Vol. Abstr. 62-66.
- COELLO, J. (1971).- "Contribución a la tectónica de la isla de El Hierro". Est. Geol, 27, pp. 335-340.
- DAY, S.J, CARRACEDO, J.C. and GUILLOU, H. (1997).- "Age and geometry of an aborted rift flank collapse: The San Andrés fault system, El Hierro, Canary Islands". Geol. Mag. 134 (4); pp. 523-537.
- DUPUY DE LOME, E. y MARIN DE LA BARCENA, A. (1964).- "Estudio hidrogeológico de la isla de El Hierro (Canarias)". Bol. Geol. Min. España, Tomo 74, pp. 1-62. (Incluye mapa geológico a escala 1:100.000).
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1908).- "Observaciones geológicas en la isla de El Hierro". Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat, Tomo V, 2, pp. 49-91.

- FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1911).- "Erupción volcánica del Chinyero (Tenerife) en noviembre de 1909". *Annales de la Junta Ampl. Est. e Invest. Científ.* 5, 98 p.
- FERNÁNDEZ, L. y MARTÍN, P. (1985).- "Comentario al mapa geomorfológico de la isla de El Hierro". *Rev. Geogr. Canaria*, Tomo I, pp. 31-42.
- FERNÁNDEZ, L. y MARTÍN, P. (1989).- "Los paisajes naturales de El Hierro". *Excmo. Cabildo Insular de El Hierro - Centro de la Cultura Popular Canaria*, 264 p.
- FRANZ, H. (1976).- "Beitrag zur Kenntnis der Bodengeschichte der Insel Hierro". *Agrochimica Ital.* 20, 4-5, pp. 543-563.
- FUSTER, J.M^a, HERNAN, F, CENDRERO, A, COELLO, J, CANTAGREL, J.M, ANCOCHEA, E. y IBARROLA, E. (1993).- "Geocronología de la isla de El Hierro (Islas Canarias)". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*, 88, 1-4, pp. 86-97.
- GARCIA TALAVERA, F, PAREDES, R. y MARTÍN, M. (1989).- "Catálogo-Inventario. Yacimientos Paleontológicos. Provincia de Santa Cruz de Tenerife. Inst. Est. Canarios (CECEL), La Laguna-Tenerife, 76 p.
- GOBIERNO DE CANARIAS (1987).- "Inventario y catalogación de estructuras de lapilli en las Islas Canarias. El Hierro. Memoria y fichas.
- GUILLOU, H. CARRACEDO, F.C, PEREZ TORRADO, F.J. y RODRIGUEZ BADIOLA, E. (1996).- "K-Ar ages and magnetic stratigraphy of a hotspot-induced, fast grown oceanic island: El Hierro, Canary Islands". *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.* 73, pp. 141-155.
- HAUSEN H. (1964). "Rasgos geológicos generales de la isla de El Hierro". *Ann. Est. Atlánticos*, 10, pp. 547-593.
- HAUSEN H. (1970). "Desprendimientos en las Islas Canarias". *An. Est. Atlánticos*, 16, pp. 531-559.
- HAUSEN H. (1972).- "Outlines of the geology of El Hierro (Canary Islands)". *Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys. Math.*, 43 (1), pp. 65-165. (Incluye mapa geológico).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, A. (1982).- "Sobre una posible erupción en 1793 en la isla de El Hierro (Islas Canarias)". *Est. Geol.*, 38, pp. 15-25.
- HOLCOMB, R. y SEARLE, R. (1991).- "Large landslide from oceanic volcanoes". *Marine Geotechnology*, 10, pp. 19-32.
- IGME (1976 a). "Mapa Geotécnico General, escala 1:200.00. Hoja y Memoria N° 89-90. Santa Cruz de La Palma y San Sebastián de La Gomera".
- IGME (1976 b). "Mapa de Rocas Industriales, escala 1:200.000. Hoja y Memoria N° 89-90. Santa Cruz de La Palma y San Sebastián de La Gomera".

- JEREMINE (1935).- "Contribution à l'étude petrographique des trois, îles de l'Archipel Canarien: Tenerife, La Palma, Gran Canaria". Bull. Soc. Fran. Miner. Crist, 56, pp. 189-261.
- KNEBEL, V.W. (1906).- "Studien zur Oberflächengestaltung der Inseln Palma und Ferro". Globus, 90: pp. 329-332.
- LE BAS, M.J, LE MAITRE, R.W, STRECKEISEN, A. y ZANETTIN, B. (1986).- A Chemical clasification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Sílica diagram". Jour. Petrol, 27, Pat 3, pp. 745-750.
- MASSON, D.G, KIDD, R.B, GARDNER, J.V, MUGGETT, Q.J. and WEAVER, P.P.E. (1992).- "Saharan continental rise: Facies distributions and sediment slides", in Poag, C.W, and de Graciaosky P.G. eds, Geologic evolution of Atlantic continental rises: New York, Van Nostrand Reinhold, pp. 327-343.
- MASSON, D.G. (1996).- "Catastrophic collapse of the volcanic island of Hierro 15 ka ago and teh history of lanslides in the Canary Islands". Geology, 24, 3, pp. 231-234.
- MEZCUA, J, BUFORN, E, UDIAS, A y RUEDA, J. (1992).- "Seismotectonics of the Canary Islands". Tectonophysics 208, pp. 447-452.
- NAVARRO, J.M. y SOLER, C. (1995).- "El agua en El Hierro". Cabildo Insular de El Hierro, 97.
- PEARCE, T. J. and JARVIS, I. (1996).- "High-resolution chemostratigraphy of Quaternary distal turbiditas: A case study of new methods for the analysis and correlation of barren sequences", in Dunay, R.E. and Hailwood, E.A. eds. Dating and correlating biostratigraphically barren strata: Geological Society of London Special Publication.
- PELICER, MºJ. (1977).- "Estudio volcanológico de la isla de El Hierro, Islas Canarias". Est. Geol, 33, 2, pp. 181-197. (Incluye mapa geológico a escala 1:50.000).
- PELICER, MºJ. (1979).- "Estudio geoquímico del volcanismo de la isla de El Hierro, archipiéla- go canario". Est. Geol, 35, pp. 15-29.
- PELICER, MºJ. (1980).- "Comportamiento de elementos menores y modelo de fusión parcial para las lavas de El Hierro (Islas Canarias)". Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Ser. Geol.), 78, pp. 175-189.
- RIDLEY, W.I. (1971).- "The origin of some collapse structures in the Canary Islands". Geológico Magazine, 108; pp. 477-484.
- SOLER, C. Y FLORES, M. (1992).- "Valle de El Golfo. El deslizamiento conocido mayor del mundo". III Simp. Nac. Taludes y Laderas Inestables, La Coruña, Tomo I, pp. 161-172.
- SPA/69/515. (1975).- "Estudio científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias". Ministerio de Obras Públicas-UNESCO, Madrid, Tomo I: generalidades, resumen y conclu- sines; Tomo III: Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro; 2 vols. de figuras.

WEAVER, P.D.E, ROTHWELL, R.G, EBBING, J, GUNN, D. and HUNTER, R.N. (1992).- "Correlation, frequency of emplacement and source directions of megaturbidites on the Madeira Abyssal Plain". *Marine Geology*, V. 109, pp.1-20.

URGELÉS, R, CANALS, M, BARZA, J. Y ALONSO, B. (1996).- "The submarine "El Golfo" debris avalanche and the Canary debris flow, West Hierro Island: The last major slides in the Canary archipelago". *IV Congreso Geológico de España, Geogageta*, 20, (2), pp. 390-393.



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

ISBN 978-84-7840-845-0

9 788478 408450