

Itinerarios Geológicos: EL HIERRO

Por

Jesús Martínez Martínez

con la colaboración de:

Enrique Antón Grau



Instituto de Ciencias de la Educación
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA EDUCACION
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE G.C.

ITINERARIOS GEOLOGICOS: EL HIERRO

JESUS MARTINEZ MARTINEZ
con la colaboración de
ENRIQUE ANTON GRAU

Instituto de Ciencias de la Educación.
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
Depósito Legal: G.C.- 89-1990.

INDICE

	Pags.
1. Introducción	04
2. Objetivos	05
3. Equipamiento de los excursionistas	09
4. Esquemas conceptuales previos	10
4.1. Los ejes estructurales y el origen de las Islas Canarias ...	11
4.2. Resumen geológico de la Isla de El Hierro	19
4.3. La cartografía morfodinámica en el litoral canario	28
4.4. Breve descripción fisiográfica de la Isla de El Hierro	40
5. Excursiones geológicas	45
5.1. Primera excursión. Zona Norte: Ruta de las grandes caletas..	46
5.2. Segunda excursión. Zona Sur: Ruta de las formas y estructuras en basaltos recientes	59
5.3. Tercera excursión. Zona occidental: Ruta de los procesos vol_ cánicos y morfodinámicos en el litoral	69
6. Bibliografía	81

INTRODUCCION

En la didáctica de la Geología, dentro de la Isla de El Hierro, los recursos de campo, más significativos, son tres:

- La fácil identificación de los ejes estructurales.
- Los muestrarios, casi completos, de formas volcánicas y de estructuras en los materiales lávicos.
- Y los contenidos morfodinámicos que, junto a unas idóneas dimensiones del edificio insular, permiten desarrollar una ilustrativa cartografía fisiográfica, referenciada, básicamente, al litoral.

Las excursiones geológicas, para profesores de Ciencias Naturales, se estructuran en tres jornadas de campo. Cada una de ellas consta de una serie de paradas, que quedan:

- denominadas por sus contenidos, o toponímicamente,
- localizadas geográficamente,
- y descritas, de acuerdo con sus recursos de campo.

La documentación escrita, que se proporciona, no debe hacer que disminuya la creatividad y productividad de los participantes.

O B J E T I V O S

Las excursiones geológicas programadas permiten desarrollar un número importante de objetivos operativos (informativos, formativos y de automatismos y destrezas). Un banco de estos sería:

01. Conocer los ciclos, y las características petrológicas-geoquímicas, de las rocas volcánicas sub-aéreas de Canarias en general, y de El Hierro en particular.
02. Localizar, sobre el mapa geológico y en el campo, las series de rocas volcánicas sub-aéreas de El Hierro.
03. Identificar, observar, clasificar, denominar e interpretar las principales formas volcánicas de El Hierro.
04. Localizar, sobre el mapa geológico, las formas identificadas y observadas.
05. Identificar ejes estructurales, por la distribución de las formas volcánicas, en el mapa geológico.
06. Dibujar a mano alzada, panorámicas de formas volcánicas.
07. Identificar y describir coladas de rocas volcánicas.
08. Identificar, describir, clasificar y denominar texturas y estructuras en las coladas.
09. Dibujar algunas texturas y estructuras observadas en las coladas.
10. Formular hipótesis acerca de las condiciones que determinan la formación de determinadas texturas y estructuras.
11. Identificar, observar, clasificar, denominar e interpretar algunos depósitos de rocas piroclásticas.

12. Delimitar, en la cartografía geológica, el desarrollo de las coladas y de los depósitos piroclásticos, más significativos, observados.
13. Observar las coloraciones de las rocas y formular hipótesis al respecto.
14. Valorar la utilización de la coloración de las rocas en una geología de campo.
15. Resumir los procesos que alteran a las rocas volcánicas.
16. Deducir secuencias de erupciones, en base a superposiciones relativas de coladas y/o depósitos piroclásticos.
17. Identificar, observar, clasificar, denominar y localizar diques.
18. Identificar, observar, clasificar, denominar e interpretar estructuras en los diques.
19. Dibujar las estructuras observadas en los diques.
20. Medir direcciones, buzamientos y potencias del mayor número posible de diques e identificar pautas (direcciones y buzamientos predominantes).
21. Deducir posibles ejes estructurales de El Hierro, a partir de las direcciones de los diques observados.
22. Identificar en el campo, observar, clasificar, interpretar y representar en el mapa grandes fracturas.
23. Identificar y observar piedemontes (derrubios) en los grandes apilamientos de coladas.
24. Formular hipótesis acerca del origen y morfología de los piedemontes.
25. Localizar, en los mapas topográficos y geológicos, los piedemontes.

26. Describir la acción erosiva de las aguas salvajes en la superficie de los piedemontes: el desarrollo de barranqueras.
27. Identificar, observar, clasificar, denominar e interpretar discordancias.
28. Localizar discordancias en el mapa geológico.
29. Conocer los esquemas conceptuales necesarios para identificar, observar, clasificar, denominar, interpretar y cartografiar categorías morfodinámicas en la Isla de El Hierro.
30. Conocer y aplicar criterios para valorar y cartografiar paisajes.
31. Describir y clasificar los tipos de recursos de agua en El Hierro.
32. Enumerar, describir, interpretar y valorar los principales condicionantes de los recursos de agua en las islas oceánicas.
33. *Describir y clasificar las obras para el aprovechamiento de las aguas subterráneas.*
34. Inventariar, describir y localizar, sobre mapas, algunas de las principales obras para el aprovechamiento de los recursos de aguas superficiales.
35. Dibujar panorámicas, con los rasgos geológicos y fisiográficos más esenciales de El Hierro.
36. Levantar columnas litológicas y formular sus Historias Geológicas.
37. Verificar las columnas levantadas en el mapa geológico.
38. Aplicar algunos principios básicos de la Geología, principalmente el de la edad relativa, en la interpretación de algunas columnas litológicas.
39. Dibujar las columnas litológicas diseñadas.

40. Formular la Historia Geológica de El Hierro.

EQUIPAMIENTO DE LOS EXCURSIONISTAS

Los participantes en las excursiones deben ir equipados con:

- ropa de abrigo, aunque ligera,
- calzado apropiado para marchas por el campo,
- gorra,
- crema protectora de la radiación solar,
- mapas geológicos y geográficos,
- esquemas conceptuales de los contenidos,
- martillo de geólogo,
- brújula,
- cuaderno de notas y de dibujos de campo,
- lápices y goma de borrar,
- y material fotográfico.

ESQUEMAS CONCEPTUALES PREVIOS

LOS EJES ESTRUCTURALES Y ORIGEN DE LAS ISLAS CANARIAS

Se entiende por ejes estructurales, de las islas oceánicas, las direcciones que coinciden con las de aquellas fracturas que controlan las erupciones más importantes, dentro de los procesos "geomorfológicos" constructivos.

Tales erupciones fisurales pueden determinar:

- grandes apilamientos de coladas (plateaux),
- y/o cadenas volcánicas.

Para la identificación de los ejes estructurales, se juega:

- Con el análisis estadístico de las directrices que se observan en diques y fallas. Los métodos de trabajo se basan, esencialmente, en la cartografía aérea y en la proyección estereográfica de las medidas de campo.
- Con las identificaciones, en la cartografía geológica, de cadenas volcánicas significativas.
- Y con métodos geofísicos: sísmicos y gravimétricos.

Respecto al Archipiélago Canario, Romero et al. (1986) formulan las siguientes características de los ejes estructurales (alineaciones), con sus implicaciones en el volcanismo:

1.- La distribución de las Islas en el espacio no es azarosa, ya que se agrupan en tres conjuntos alineados (figura 1), según las directrices regionales:

- a) NNE-SSW (Lanzarote y Fuerteventura). La alineación se encuentra ligeramente desplazada al Este.
- b) NW-SE (La Palma-Tenerife-Gran Canaria).
- c) Y NE-SW (El Hierro-La Gomera-Tenerife).

De estas alineaciones, dos se cruzan entre sí: la NE-SW y la NW-SE.

2.- A escala insular, o incluso local, se produce una mayor diversificación

en las direcciones de los ejes estructurales. Así se identifican alineaciones N-S y E-W principalmente.

3.- El volcanismo reciente más activo se sitúa, en líneas generales:

- En el cruce de los ejes estructurales regionales, que tiene lugar en la Isla de Tenerife, y bien visiblemente en Las Cañadas y El Teide.
- Y en los dos sectores periféricos del Archipiélago (Lanzarote y La Palma), en donde se puede suponer, o admitir, un mayor desgarramiento o apertura del sub-suelo, que soporta al conjunto de edificios insulares.

Tanto en la encrucijada de ejes como en los desplazados hacia los extremos de las islas, cabe esperar un aumento de la debilidad del basamento y, en consecuencia, encaminamientos preferentes en la salida del magma.

***** *****

Los ejes estructurales, a escala regional, de dirección NNE-SSW y NE-SW podrían estar relacionados con la "fractura propagante", en dependencia con la orogenia del Atlas. Por otra parte, los ejes regionales de dirección NW-SE representarían fracturas de compresión, perpendiculares a una dirección de máximo esfuerzo. Todas estas fracturas se interpretarían, a su vez, dentro de un mismo marco:

- en la expansión de los fondos oceánicos,
- en el choque de la Placa africana con la Placa euroasiática, que gira hacia el NW, al menos en su borde SW,
- y/o en el incremento de la resistencia en la expansión oceánica, bajo la corteza granítica de Africa.

En efecto, a partir del elipsoide de esfuerzos entre estas dos placas:

- Se formó la Cordillera del Atlas, con un eje de plegamiento NE-SW.

La "fractura propagante sería el avance, por inercia y en la corteza oceánica o de transición, de la distensión póstuma del orógeno. Obviamente tendría la dirección del eje de plegamiento.

- Y se desarrollaría una máxima compresión, en las proximidades de Canarias, cuasi en la dirección E-W, por la cercanía del continente africano. Pero debido a la componente de compresión N-S entre las placas, en el límite SW de la euroasiática (figura 2), aparecería una compresión resultante, de dirección SW-NE. Con la reorientación del eje máximo esfuerzo, las fracturas de compresión toma la dirección NW-SE.

En cuanto a los ejes de ámbito insular o local, que están subordinados a los de carácter regional, Carracedo (1980) los interpreta como sigue:

- Los de dirección N-S se relacionarían con la malla de diques, dependiente de la continua intrusión en la dorsal atlántica, que tiene, precisamente, esta orientación.
- Y las fracturas E-W (o de direcciones próximas) se corresponderían con fallas de transformación, originadas en la apertura del Atlántico.

Unas primeras hipótesis de causas, sobre la teoría de los bloques corticales levantados (figura 3), en los que se asientan las Islas Canarias, se apoyarían:

- en todas estas familias de fracturas,
- en sus intersecciones,
- y en la compresión a las que se encuentran sometidas, por la expansión oceánica.

El funcionamiento de los bloques, a modo de horts tectónicos, resuelven, local y transitoriamente, el problema de un necesario acortamiento de la corteza, en este caso, de transición.

Bajo los bloques, por descompresión, se han generado y generan el magma que edifica las Canarias.

Un argumento a favor de la existencia de los bloques levantados, y de sus comportamientos como horsts tectónicos, está en las cotas actuales que alcanzan los afloramientos de los Complejos Basales. Los 600 m. de altitud del Complejo Basal de La Palma no se puede explicar por movimientos eustáticos.

Resulta evidente que, según la hipótesis de los bloques levantados, habría que acotar una edad máxima de unos 40 millones de años para las Canarias, época en que comienzan los procesos del plegamiento del Atlas. Por otro lado, la corteza oceánica, en esta zona, es de las más antiguas del Atlántico, con una edad que supera los 150 millones de años (Carracedo, 1980).

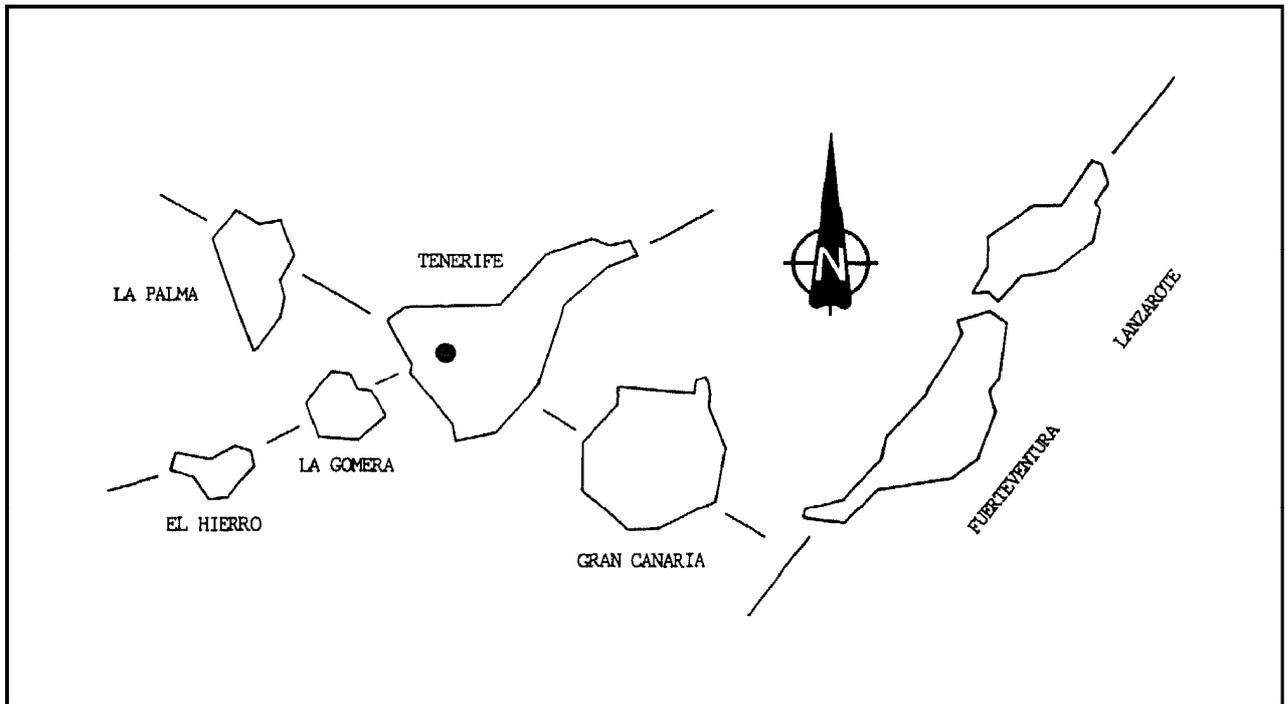


Figura 1

Simplificación de los ejes estructurales del Archipiélago Canario, a partir de Romero et al. (1986).

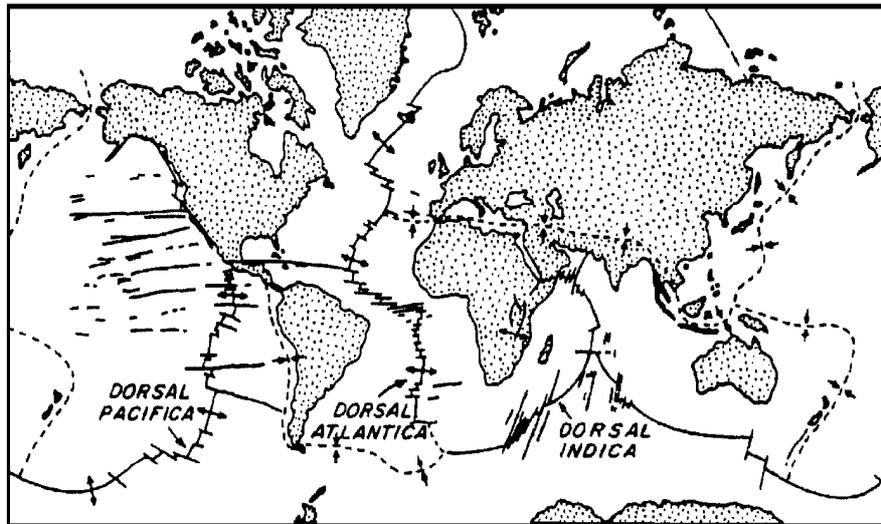


Figura 2

Disposición esquemática de las placas litosféricas, a partir de Melendez y Fuster (1984).

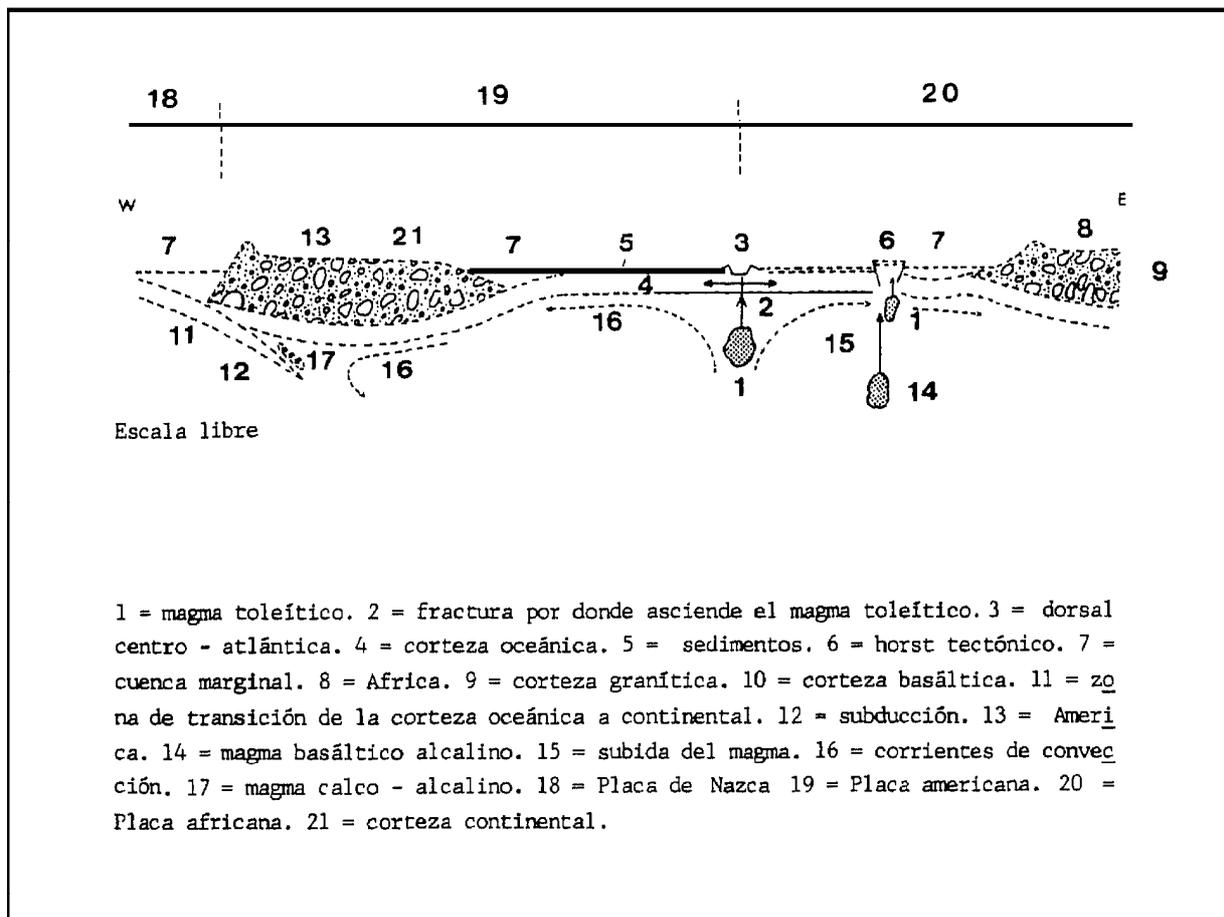


Figura 3

Corte esquemático del Atlántico, a la altura de Canarias.

RESUMEN GEOLOGICO DE LA ISLA DE EL HIERRO

El Hierro representa a una típica isla centro atlántica (oceánica), de acuerdo con Mitchell-Thomé (1976). Su volcanismo sub-aéreo:

- es moderno, ya que se data como del Plioceno-Cuaternario,
- y está condicionado por tres ejes estructurales, de direcciones NE-SW, NW-SE y E-W.

El eje NE-SW recorre la Isla desde el extremo septentrional al centro geométrico. El segundo, de dirección NW-SE, nace casi en el centro geométrico del edificio insular y se dirige hacia el vértice SE. El último (eje E-W), se inicia como el anterior y llega al vértice SW.

Estos ejes se deducen, sin tener que recurrir a técnicas geofísicas, sino:

- a partir del estudio tectónico de esta Isla (Coello, 1971),
- y con la cartografía de las cadenas volcánicas (Carracedo, 1980, entre otros).

En El Hierro se establecen tres series eruptivas:

- Serie Antigua,
- Serie Intermedia, y
- Serie Reciente,

separadas por dos intensos periodos erosivos.

Actualmente, según la cartografía de Carracedo (1980), las anteriores erupciones se agrupan como sigue (figura 4):

- Un segundo ciclo, que abarca desde -5.1 millones de años hasta hace unos pocos miles de años. Comprendería las series Antigua e Intermedia.
- Y un volcanismo reciente, de unos pocos miles de años, que incluye, además, a erupciones supuestamente históricas.

No aflora en El Hierro el "Complejo Basal". Tampoco se ha alcanzado en las galerías o pozos perforados. Sin embargo, como cita Coello (1985), se ha encontrado enclaves de rocas granudas, propias de esta formación geológica, en coladas, en bombas y en otros materiales piroclásticos. Esto indicaría su presencia a una mayor profundidad.

La Serie Antigua está formada, básicamente, por basaltos:

- piroxénicos-olivínicos (los más abundantes),
- plagioclásicos,
- olivínicos,
- y ankaramíticos (muy escasos).

La potencia total es de unos 1400 m. De abajo hacia arriba se describe la siguiente columna (figura 5 y 6):

1.- Erupciones freato-magmáticas. Son materiales tobáceos de color pardo-amarrillento. Se encuentran estratificados, con un bandeado perfecto en niveles de diferentes granulometrías, que no suelen exceder de 0.5 m. La toba engloba numerosos bloques angulosos de basaltos preexistentes.

2.- Apilamientos desordenados de piroclastos basálticos. Alcanzan un espesor de unos 500 m. Corresponden a diferentes conos volcánicos, formados en los primeros momentos de la emersión de la Isla, cuando el volcanismo fué más explosivo.

3.- Coladas basálticas dispuestas con bastante regularidad. Representan una potencia de unos 350 m.

4.- Desarrollo de un horizonte guía, en forma de una gruesa capa de lapilli. El espesor oscila entre 10 y 30 m.

5.- Traquibasaltos y traquitas intercaladas con los basaltos. Se estima una potencia media de unos 425 m.

Según Bravo (1982), se ha observado, en algunas perforaciones de los subsue

los de El Golfo, una formación geológica, que no aflora en superficie. Se trata de un aglomerado volcánico, con cantos de diferentes tipos litológicos, en globados en una matriz areno-arcillosa. Se encuentra atravesada por una malla de diques basálticos, de posición irregular, inclinados u horizontales. Parece que se apoya esta formación sobre la Serie Antigua, aunque no se conoce, por el momento, sus límites ni su espesor.

Según la cartografía de Pellicer (1977), la Serie Antigua se localiza, sobre todo, en las paredes:

- de El Golfo, en sus sectores más internos, al NW de la Isla,
- y de la Caldera de Las Playas, al SE de la Isla (figura 7).

Aquí está bien representado el tramo de basaltos intercalados con traquibaltos y traquitas. Otros afloramientos se localizan en algunos:

- acantilados marinos, como en la Bahía de Los Reyes, en el extremo más occidental,
- y en barrancos profundos (Balo, Tiñor, etc.), en donde la erosión ha destruido la cobertera de materiales más modernos.

Las erupciones freato-magmáticas se observan en el acantilado occidental: Arco de la Tosca y Hoya del Verodal.

La Serie Intermedia representa a las erupciones, cuyos materiales ocupan la mayor extensión superficial de la Isla. Destaca la abundancia de piroclastos, lo que traduce un magma enriquecido en gases.

Petrologicamente, todos los términos basálticos tienen un gran desarrollo. Los basaltos piroxénicos-olivínicos predominan, seguidos por los ankaramíticos. Los anfibólicos son propios de esta Serie, aunque también aparecen en la Serie Reciente. Las traquitas están cartografiadas sólo en una colada.

Se diferencian dos sub-series: una inferior y otra superior.

La Sub-serie Intermedia Inferior se caracteriza por la presencia de caliches.

Se localizan:

- en el sector NE,
- y en algunos puntos de la ladera de El Julán, en la vertiente meridional de la Isla.

La Sub-serie Intermedia Superior no está encalichada y conserva sus conos, aunque algo erosionados. Entre sus formas volcánicas más significativas se encuentran:

- el Volcán Ventaiga, en la zona N.,
- los cráteres de La Caldereta, Hoya de Fileba y Hoya de Marta, a lo largo de la dorsal insular,
- y el Volcán Tanganasoga, en el centro del escarpe de El Golfo, en el litoral NW.

La Serie Reciente se diferencia, morfológicamente, de las anteriores porque sus coladas conservan todos los caracteres estructurales. La erosión no ha dejado, todavía, su huella.

Varias coladas de esta Serie se han deslizado por acantilados, y dan lugar a amplias plataformas costeras, que han incrementado la superficie insular.

En las rocas recientes, aparecen todos los tipos basálticos y traquibasálticos de las series Antigua e Intermedia. Sin embargo, no hay ningún tipo de material de composición traquítica.

Esta Serie mancha, irregularmente, la cartografía insular, pero sobre todo se localiza al Sur y en el litoral occidental.

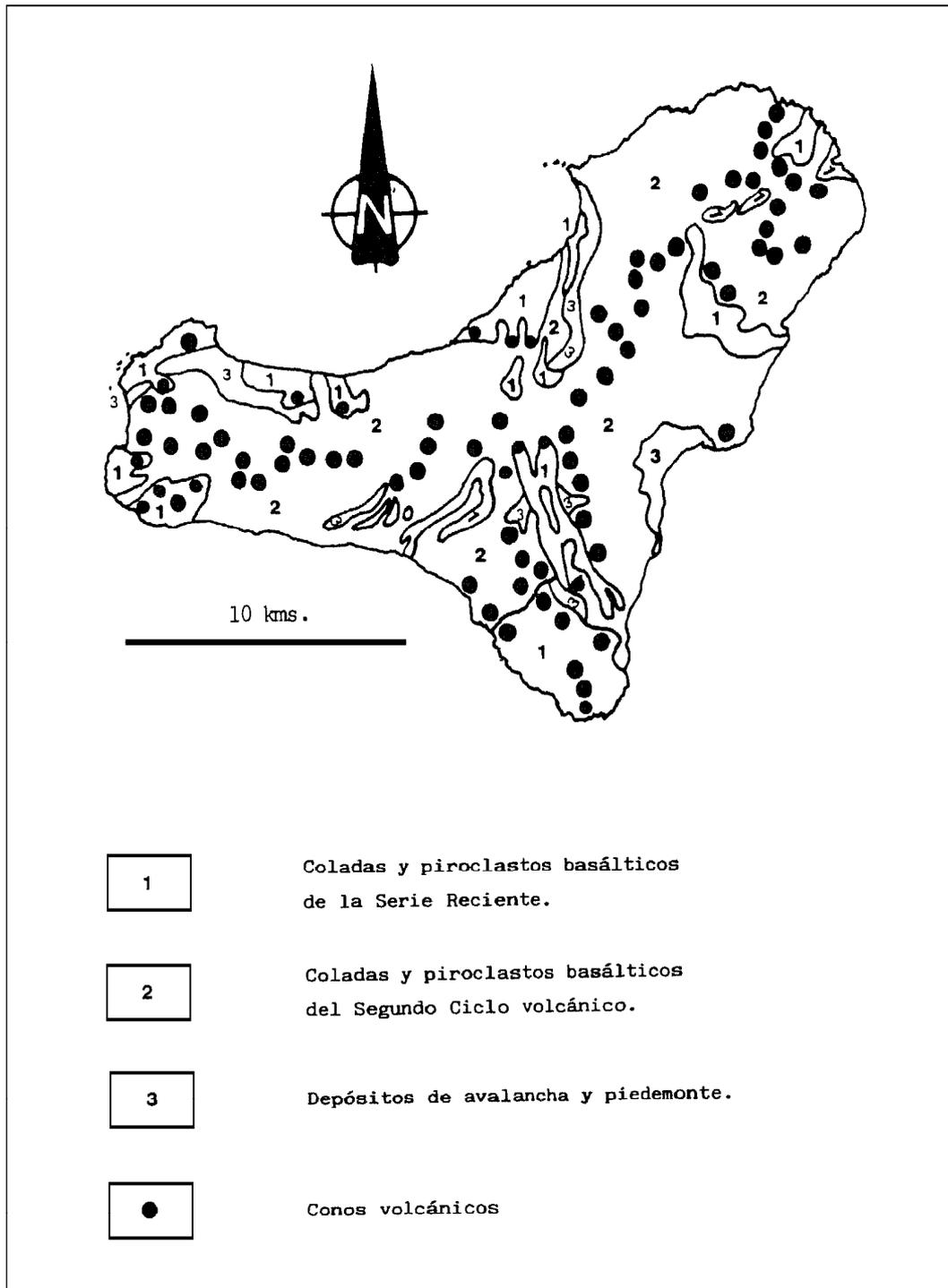


Figura 4

Mapa geológico de la Isla de El Hierro, según Carracedo (Martínez de Pisón, 1980).

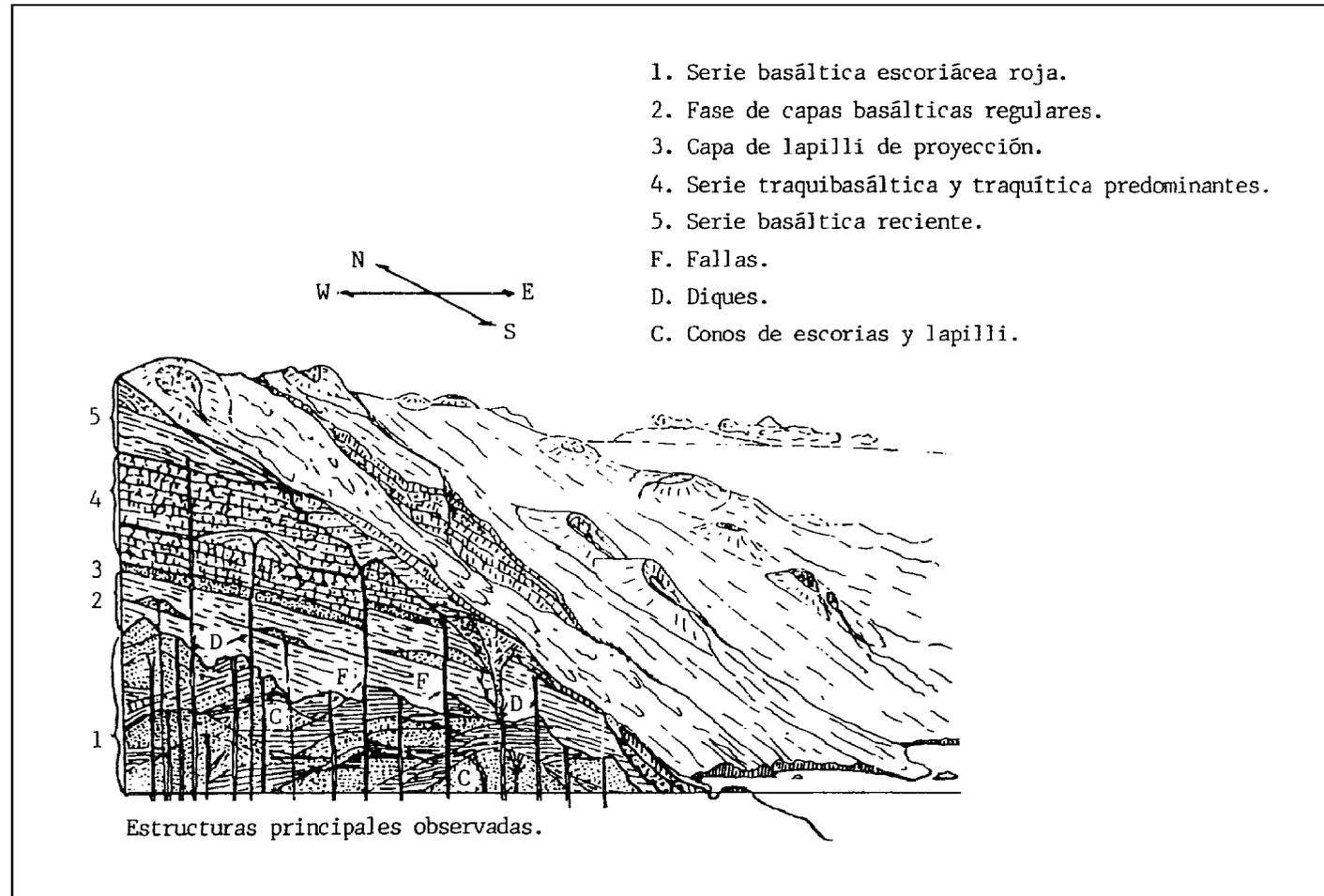


Figura 5

Corte geológico de la pared de El Golfo (El Hierro), a partir de Bravo (1982).

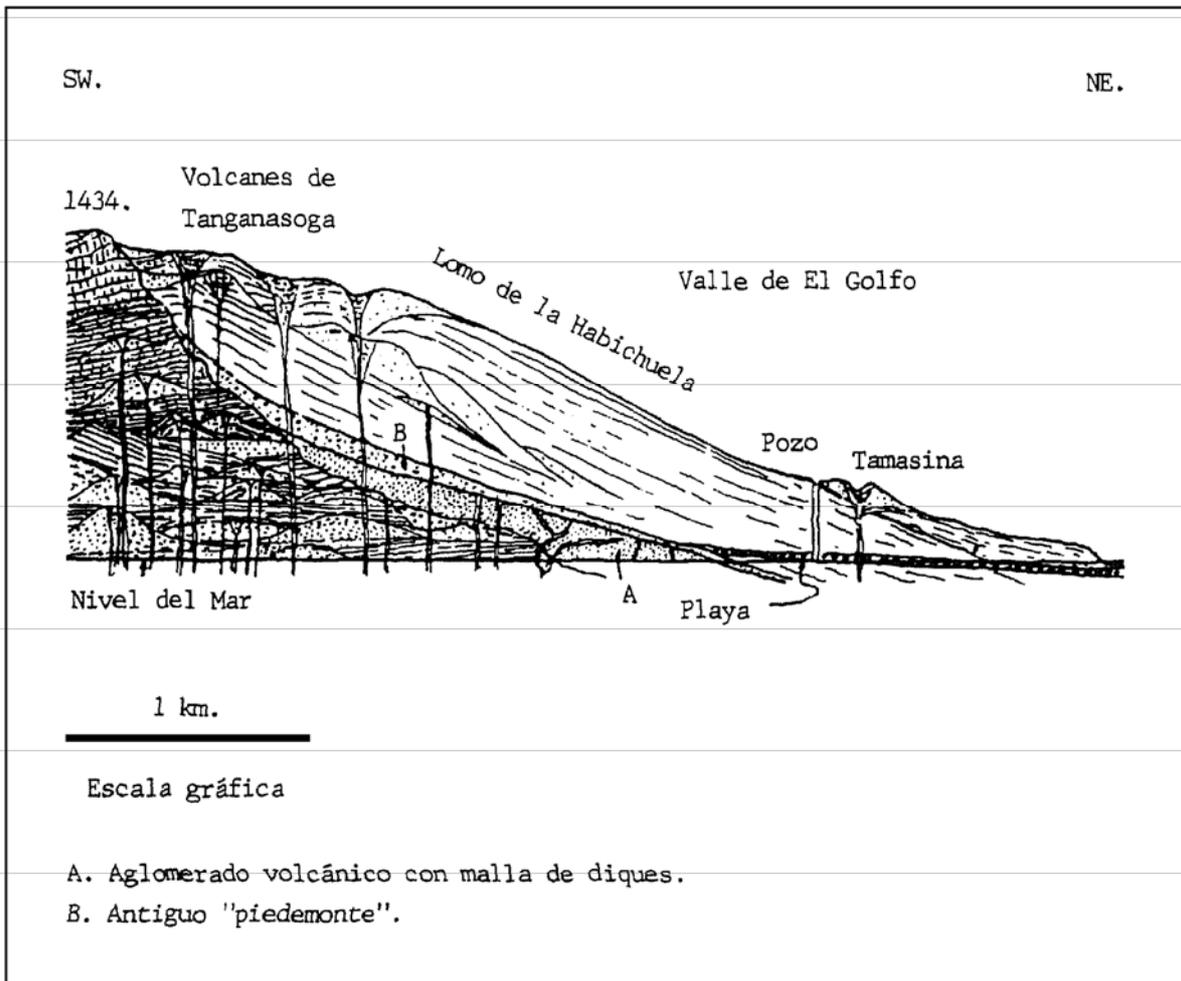


Figura 6

Corte geológico de la pared de El Golfo (El Hierro), a partir de Bravo (1982).

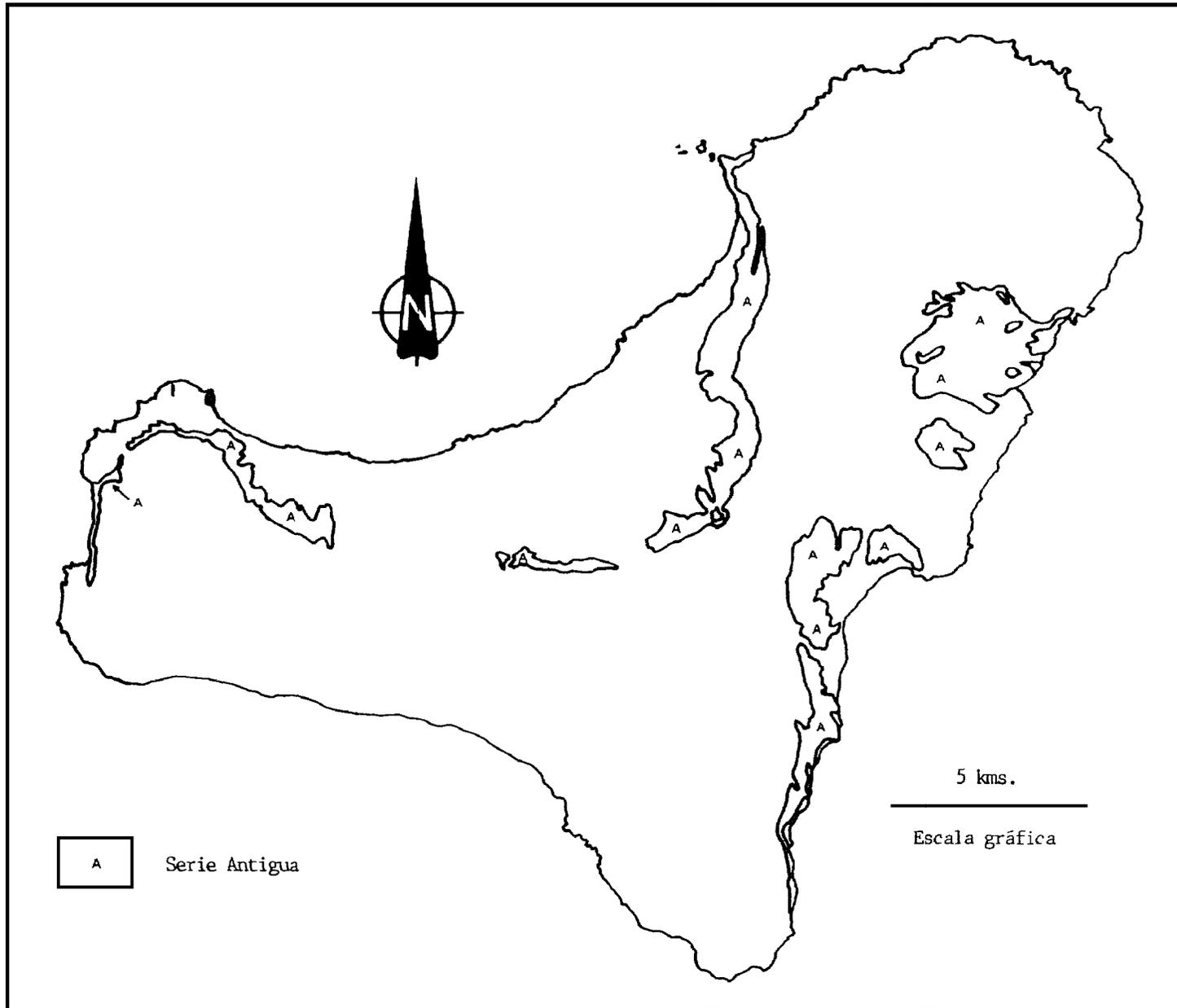


Figura 7
Cartografía de la Serie Antigua, a partir de Pellicer (1977).

LA CARTOGRAFIA MORFODINAMICA EN EL LITORAL CANARIO

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

El conocimiento, comprensión y seguimiento de los procesos físicos del litoral quedan recogidos, en gran medida, en los mapas morfodinámicos de estos entornos.

Por otra parte, estos mapas se precisan en la planificación y gestión de un medio natural o ambiental, de acuerdo con numerosos autores: Ferguson (1974), Brown et al. (1976), Spangle (1976), Robinson y Spieker (1978), Craig y Craft (1982), Diaz de Terán (1983 y 85), Trilla (1985), Cendrero et al. (1986) y Cendrero (1987), entre otros.

Obviamente, la mejor cartografía morfodinámica descriptiva, e incluso de culificación, es la que proporciona un mapa geológico sobre otro topográfico. Sin embargo, aquí se propone una cartografía de interpretación sencilla y rápida, que permita una previa estimación de conjunto, a una escala inapropiada para observaciones topográficas significativas (escala de 1:50000, por ejemplo).

Esta propuesta de cartografía:

a) Tiene:

- una fuerte componente de aproximación análitica, ya que trata de un tema en concreto,
- y otra componente de integración, en cuanto que la morfodinámica abarca una serie de categorías cartografiables.

b) Se ha concebido en función del litoral de las islas oceánicas, y en particular para Canarias.

c) Considera, prioritariamente, las zonas emergidas. No obstante, también se representan las características más generales de las sumergidas.

d) Y, además, pretende tener una aplicación en la planificación del te

territorio, en dependencia con los diferentes criterios de optimización del mismo.

MATERIALES

Para la elaboración de los mapas morfodinámicos, se necesita el siguiente material, o al menos parte de él:

- fotografías aéreas,
- equipo para la observación estereoscópica,
- mapas topográficos,
- mapas geológicos,
- mapas batimétricos,
- datos geofísicos de los fondos litorales,
- y notas y documentación fotográfica de las observaciones de campo.

METODO

1.- Categorías morfodinámicas del litoral.

A partir del modelo operativo descrito por Centeno et al. (1983) y Christian (1964), la cartografía morfodinámica se basa en cuatro categorías gerarquizadas e inter-dependiente, según criterios:

- geológicos,
- morfogenéticos, incluidos los procesos de erosión y sedimentación,
- y evolutivos,

y en relación con los diferentes dominios climáticos.

Estas categorías, de menor a mayor rango, forman la siguiente secuencia:

a) Elementos de erosión (land elements). Representan rasgos de detalle. Pueden:

- o determinar una categoría superior,

- o corresponder a elementos sobreimpuestos (generados independientemente de la unidad en que se encuentran).

b) Unidades morfodinámicas (land units). Se tratan de unidades básicas, definidas por Centeno et al. (1983) como "porciones de terreno configurados por unos elementos morfológicos propios, que son el reflejo de una génesis condicionada por factores y procesos comunes...". Dado el carácter genético de las unidades, las morfologías convergentes, desde procesos distintos, no pertenecen a la misma unidad.

c) Sistemas morfodinámicos (land systems). Forman conjuntos, a escala regional, de unidades morfodinámicas, que comparten algunos condicionantes o características significativas.

d) Conjuntos geológicos. Se basan en las características geológicas comunes, que sustentan a sistemas morfodinámicos. Estas categorías geológicas matizan a toda la cartografía morfodinámica.

En algunos casos, y para esta cartografía de un litoral, los conjuntos geológicos se pueden sustituir por, o quedar englobados en, provincias morfodinámicas, en el sentido de "unidad fisiográfica" de Enriquez y Berenguer (1986).

De acuerdo con Komar (1988), en las delimitaciones de las provincias morfodinámicas, se sigue una metodología basada:

- en las caracterizaciones de las arenas: mineralógica-petroológicas, morfoscópicas y otras,
- en los diagramas de transporte, que hacen interdependientes a un conjunto de playas y que explican las caracterizaciones de sus arenas, incluidas las tendencias de las distribuciones mineralógicas,
- y en la descripción del marco litológico del litoral, como fuente de aportes sedimentarios.

Una provincia morfodinámica negativa sería aquella en donde no se pueden establecer playas interdependientes.

En las islas oceánicas, con climas mesotérmicos subhúmedos (con unos parámetros climáticos próximos a los de Canarias):

a) Las unidades morfodinámicas se identifican con las grandes formas erosivas (Martínez, 1985):

- acantilados,
- y amplias rasas,

junto con:

- las grandes playas arenosas,
- los grandes depósitos eólicos de arenas,
- las formaciones sedimentarias "deltaicas", en dependencia con las de sembocaduras de los barrancos,
- los glaciis litorales,
- y las laderas intermedias.

Cuando hay caletas, estas representan a configuraciones que caracterizan el límite externo de las unidades morfodinámicas.

Los "glaciis litorales" se definen como llanuras extensas, de pendientes sua ves hacia el mar (menores a un 5%), formadas por:

- la erosión,
- los depósitos locales de sedimentos aluviales,
- y/o las coladas de rocas volcánicas.

No se descartan que los glaciis litorales sean rasas, total o parcialmente.

Se entiende por laderas intermedias las vertientes emergidas, que buzan hacia el mar, con pendientes entre las de los glaciis litorales y las de los acanti lados bien caracterizados. Pueden tener grandes problemas de inestabilidad (deslizamientos).

Estas laderas, según los criterios de Díaz de Terán (1983) y Cendrero (1987),

aunque modificados, se clasifican en:

- lomas: pendientes entre 5 y 25%,
- colinas: pendientes entre 25 y 50%,
- y laderas abruptas: pendientes entre 50 y 100%.

Para los arquitectos, el límite idóneo entre lomas y colinas estaría en el 15%. Por encima de esta pendiente, el suelo no es, normalmente, edificable.

b) Los sistemas morfodinámicos se identifican con los tipos de litorales, según una clasificación morfológica, que considere las características de la zona sumergida más interna (más próxima a tierra).

Para las islas oceánicas, a partir de una modificación de la clasificación de Ottmann (1965), se puede admitir tres tipos de litorales:

- costas bajas: presencia de plataformas insulares, de pendientes someras,
- costas abruptas: ausencia de plataformas insulares,
- y costas intermedias: cuando hay plataformas insulares, con pendientes relativamente acusadas.

En la identificación de la plataforma insular, se consideran las pendientes medias entre la orilla y cinco Km. mar adentro. Pueden presentarse las siguientes situaciones:

- que la pendiente sea igual o menor al 2.17%. Se admite la presencia de plataforma insular somera. (Costa baja),
- que la pendiente sea igual o mayor al 33.33%. No se admite la plataforma insular. (Costa abrupta),
- y que se den pendientes entre los anteriores valores. (Costa intermedia).

Referencia: La pendiente media de las plataformas continentales es de 1 por 1000.

c) Los conjuntos geológicos se establecen con la naturaleza petrológica de los relieves emergidos, afectados por la geodinámica externa marina.

En las Islas Canarias, interviene la siguiente columna litológica:

- aluviales,
- basaltos recientes,
- formaciones polimícticas de nube ardiente,
- fonolitas,
- traquitas-sienitas,
- basaltos antiguos,
- Complejo Basal.

Los mapas así diseñados, se superponen a otros mapas temáticos, en trabajos interdisciplinarios, para la planificación del territorio.

2.- Criterios, siglas y simbologías en la cartografía morfodinámica para el entorno canario.

La cartografía de las categorías morfodinámicas, en el entorno canario, pue de hacerse conforme a los siguientes criterios, siglas y simbologías:

a) Elementos de erosión:

- alveolos marinos: al
- arcos: a
- bancos esculpidos: b
- bloques de erosión: be
- charcones: ch
- cornisas: cn
- covachas: co
- cresterías: cr
- cuchillos marinos: cu
- farallones (fariones): f
- grutas: g
- hervideros (bufaderos): h

- monolitos isleos marinos: m
- oquedades superficiales centimétricas: o
- paredones isleos: pi
- pasillos de erosión: pe
- plataformas de abrasión: pa
- portillos: pr
- socavones: s
- taffonis marinos: t

Las siglas se colocan junto al límite externo del mapa.

b) Unidades morfodinámicas:

Rasas:

Rayado paralelo a la línea de costa generalizada, dentro del mapa. Se indicen las altitudes alcanzadas en el borde interno.

Acantilados:

Rayado perpendicular a la línea de costa generalizada, dentro del mapa. Se indican las cotas de coronación en su borde interno.

Este rayado puede englobar las siguientes siglas:

H: cuando la potencia del acantilado rebasa la altura crítica límite teórica, para un "nivel estable del mar" (169 m.).

I: indica inestabilidad litológica-estructural.

P: hace referencia a paleo-acantilados.

Laderas intermedias:

Rayado discontinuo, perpendicular a la línea de costa generalizada, dentro del mapa.

El rayado engloba las siglas L_1 , L_2 o L_3 , según se trate de lomas, colii

nas o laderas abruptas, respectivamente.

Para describir inestabilidad, se vuelve a utilizar la sigla I.

Grandes playas arenosas:

Punteado dentro del mapa.

Depósitos eólicos de arenas:

Pequeñas cruces dentro del mapa.

Formaciones sedimentarias "deltaicas":

Símbolos de cantos irregulares, en el interior del mapa.

Glacis litorales:

Rayado discontinuo, paralelo a la orilla generalizada, dentro del mapa.

Los barrancos desarrollados en estas unidades se representan con un rayado continuo, según los ejes de los cauces.

La coincidencia de varias unidades se cartografía con la superposición de sus símbolos y grafismos.

Las caletas (o conjuntos de subcaletas) se cartografían mediante pequeñas semi-circunferencias, abiertas hacia el mar, sobre flechas delimitantes de doble sentido, en el límite externo del mapa

c) Sistemas morfodinámicos (en función de los tipos de litoral:

- Costas abruptas: A
- Costas bajas: B
- Costas intermedias: CI

Sería aconsejable que estas siglas lleven además, como sub-índices, las propuestas en la clasificación de Ottmann (1965).

Las siglas se colocan frente a la orilla, en el exterior del mapa, y sobre una flecha de doble sentido, que delimita el dominio del sistema.

d) Conjuntos geológicos:

Para las Islas Canarias, se suelen utilizar los siguientes colores en la cartografía de estas categorías:

- aluviales: rosado,
- basaltos recientes: verde,
- formaciones polimícticas de nubes ardientes: amarillo,
- traquitas-sienitas: marrón,
- fonolitas: naranja,
- basaltos antiguos: azul,
- y Complejo Basal: rojo.

Las coloraciones caben sustituirlas por flechas de doble sentido, las más externas, que:

- soporten la denominación geológica, sin siglas,
- y abarquen al conjunto en cuestión.

Se pueden dar conjuntos mixtos.

e) Litorales primarios:

Se simbolizan con un trazado discontinuo, paralelo y próximo a la línea de costa generalizada, en el interior del mapa.

Este litoral será objeto de otros símbolos y siglas, en relación con las formas y estructuras identificables, aunque fuera de un esquema estrictamente morfodinámico.

CRITERIOS PARA ESTABLECER EL LIMITE INTERNO DE LA FRANJA LITORAL, EN ALGUNOS CASOS PARTICULARES DEL ENTORNO CANARIO

En litorales con glacis o laderas intermedias, las cabeceras de estas unidades definen el límite interno de la franja a cartografiar.

Cuando hay acantilados con entidad, en una unidad morfodinámica, el límite queda establecido, normalmente, por la línea de coronación.

En un litoral con cuchillos transversales, el límite interno se sitúa mediante las cotas de coronación de los frentes de estas formas morfodinámicas. Entre frente y frente, el límite desciende progresivamente de cota, hacia el cauce del barranco correspondiente, aguas arriba. En el descenso, se tiende a mantener una pendiente fija arbitraria, en principio, de un 25%. De esta manera, se dibuja en el mapa una especie de onda, en donde las convexidades hacia tierra coinciden con los cauces de los barrancos, y las convexidades hacia el mar con los frentes de los cuchillos.

Las playas y los depósitos eólicos de arenas no abarcan, por lo general, a la totalidad de un litoral emergido. Por lo tanto, no suelen intervenir en la definición de límites internos.

PAUTAS PARA LA CONFIGURACION MORFODINAMICA DEL LITORAL CANARIO EMERGIDO

Las Islas Canarias pueden soportar la delimitación, en sentido amplio, de una franja litoral emergida. El límite interno (hacia tierra) se identifica a partir de los criterios anteriormente formulados.

En el supuesto de unidades morfodinámicas, a gran escala, con longitudes inapropiadas para su planificación y gestión en detalle, conviene admitir sub-unidades, en base a los siguientes criterios:

- barrancos bien desarrollados de recorrido transversal,
- estrangulamientos en la franja litoral,
- cambios en las amplitudes medias,
- cambios generalizados en las pendientes topográficas,
- límites de sistemas, conjuntos geológicos o provincias morfodinámicas.

En esto se apoya la sectorización del extenso glacis litoral, que se localiza en la vertiente oriental de Gran Canaria, y en donde se cartografía una serie transversal de barrancos, casi paralelos. Las sub-unidades forman una

especie de "bolsas", que quedan delimitadas por los cauces de dos barrancos consecutivos. Estas sub-unidades tienen sentido en tanto que puedan ser utilizadas para parcelar un territorio, en razón a distintas clasificaciones de uso.

La franja litoral en sentido amplio, cuando alcanza amplitudes considerables, cabe subdividirla en varias zonas, aunque preferentemente se tendrá a establecer:

- un prelitoral, o litoral interno, hacia tierra,
- y un litoral externo, que llega a la orilla,

siempre que posean entidades propias. Estas nuevas delimitaciones también se hacen mediante la información morfodinámica. Pero no se excluyen, y a veces pueden jugar un papel fundamental, criterios tales como:

- indicadores biológicos,
- determinadas invariantes, que actuen como barreras físicas significativas,
- límites legales,
- etc.

Entre estas dos zonas cabe esperar mutuas influencias, incluidas las presiones que determinan las intervenciones.

Tanto el litoral en sentido amplio como las zonas internas y externas sirven para diseñar, en un primer intento, unidades ambientales, al objeto de la ordenación del territorio.

BREVE DESCRIPCION FISIOGRAFICA DE LA ISLA DE EL HIERRO

El Hierro es la isla más pequeña y occidental del Archipiélago Canario:

- Sólo alcanza una extensión de 278 Km².
- Y se encuentra entre las latitudes 27°38' y 27°51' Norte y las longitudes 17°53' y 18°10' al W. de Greenwich.

La topografía emergida define una configuración domática, casi truncada, que se bifurca hacia el Sur. El sector septentrional del edificio se formó por el volcanismo dependiente del eje estructural NE-SW. Los dos ramales meridionales se debieron a la actividad eruptiva, a través de los otros dos ejes. Es decir, la planta insular y su alzado tienen una estrecha dependencia con la disposición de los ejes estructurales.

El perímetro emergido de la Isla está configurado, en términos generales, por:

- a) Acantilados, que pueden alcanzar pendientes y altitudes espectaculares. Al W. destaca el acantilado de El Golfo, con pendientes, en sus extremos, del 100% y cotas de coronación de unos 1000 m. Algo parecido ocurre en la vertiente oriental, con el acantilado de Las Playas, aunque con coronaciones algo más bajas. Estas unidades contienen sus elementos morfológicos típicos.
- b) Una extensa rasa, la de El Golfo, que llega a definir, con entidad propia, otra unidad morfodinámica, aunque dependiente de los acantilados delimitantes.
- c) Laderas intermedias. Muchas de ellas se deben al desarrollo de piedemontes, que suelen solapar amplios sectores de los acantilados. Especial significado tiene El Julán, en la vertiente meridional. Su relieve cae con una fuerte pendiente, de un 45% (colinas, próximas a laderas abruptas), desde la divisoria insular de aguas. En este cuasi plano inclinado, se observa una incipiente red de barrancos, todavía poco encajados y jerarquizados.
- d) Excepcionales playas de bloques, gravas y escasa arena.
- e) Y otros accidentes, tales como roques-islotes, cercanos a la orilla, que

atestiguan una erosión diferencial, en el retroceso del conjunto del litoral.

Todo lo anterior se encuadra, a su vez, en sistemas de costas abruptas, con pendientes topográficas que rebasan el 35%, dentro de la primera milla marina (fig. 8).

De acuerdo con una clasificación del litoral, que analice la morfología en planta, la Isla de El Hierro describe diferentes tipos de orillas:

1.- Las erupciones históricas basálticas de Lomo Negro (1793) determinan un litoral juvenil inicial, en la Hoya de El Verodal. Se caracteriza por coladas que llegan al mar.

2.- El volcanismo reciente basáltico da lugar a litorales de transición, entre juveniles y maduros de primer orden, aunque mucho más próximos a los primeros. La orilla está constituida por conos volcánicos de cinder y/o coladas. Estos litorales se localizan en:

- Charco Manso,
- Tamaduste.
- Los Lajiares (entre La Restinga y la Hoya del Tacorón),
- zona del Faro de Orchilla ,
- y zona de la Punta de La Sal.

3.- Y las series Intermedias y Antiguas (2º ciclo), de rocas basálticas y traquibasálticas, ya han evolucionado, sectorialmente, a litorales maduros de primer orden. Están bien dibujados en:

- El Golfo,
- La Caldera de Las Playas,
- y El Julán.

Los dos primeros sectores adquieren arqueamientos, que dependen de factores tectónicos.

A este perímetro le sigue, tierra adentro, franjas, más o menos estrechas, de

laderas intermedias, que culminan en un relieve amesetado, de unos 900 m. de altitud media. El punto más alto se sitúa en el vértice de Malpaso, a una cota de 1501 m.

Al igual que el resto de las islas del Archipiélago, con barreras topográficas importantes, El Hierro soporta la influencia de los vientos alisios. Estos proporcionan un clima húmedo en la vertiente septentrional y más seco en la meridional.

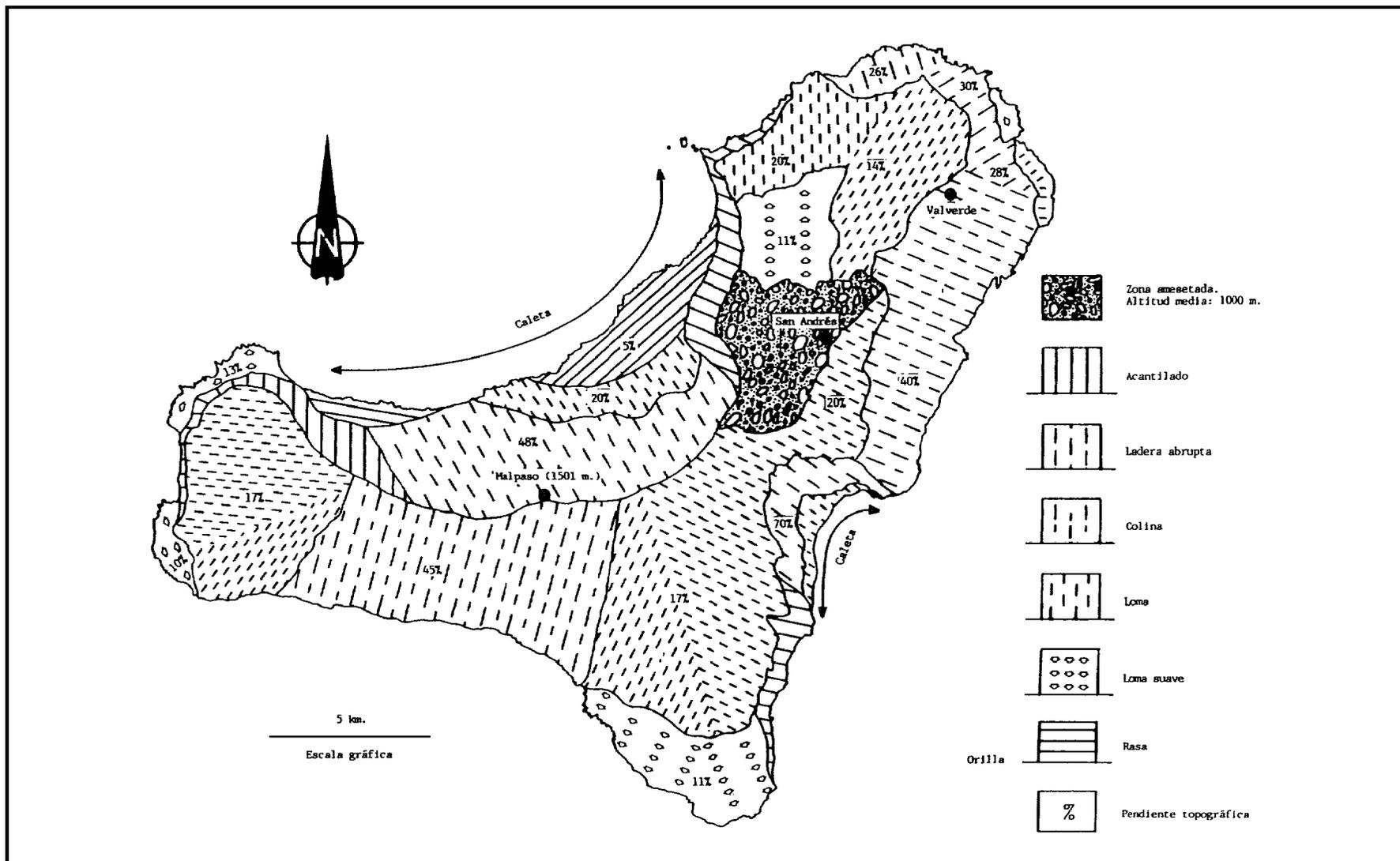


Figura 8

Isla de El Hierro (Canarias). Primera aproximación de cartografía de unidades morfodinámicas, en un sistema de costas abruptas, enmarcadas en un conjunto geológico de basaltos.

EXCURSIONES GEOLOGICAS

PRIMERA EXCURSION

ZONA NORTE: RUTA DE LAS GRANDES CALETAS

ITINERARIO

Valverde - Pozo de Las Calcosas - Mocanal - Mirador de La Peña - Mirador de Jinama - Mirador de Iziqúe - Cima de Malpaso - San Andrés - Valverde - Cruce Puerto Estaca - Parador Nacional en la Caldera de Las Playas - Cruce de Tamaduste - Tamaduste - Cruce de Tamaduste - Valverde - Carretera de Echedo - Mirador del Lomo de Candía - Echedo - Charco Manso - Valverde.

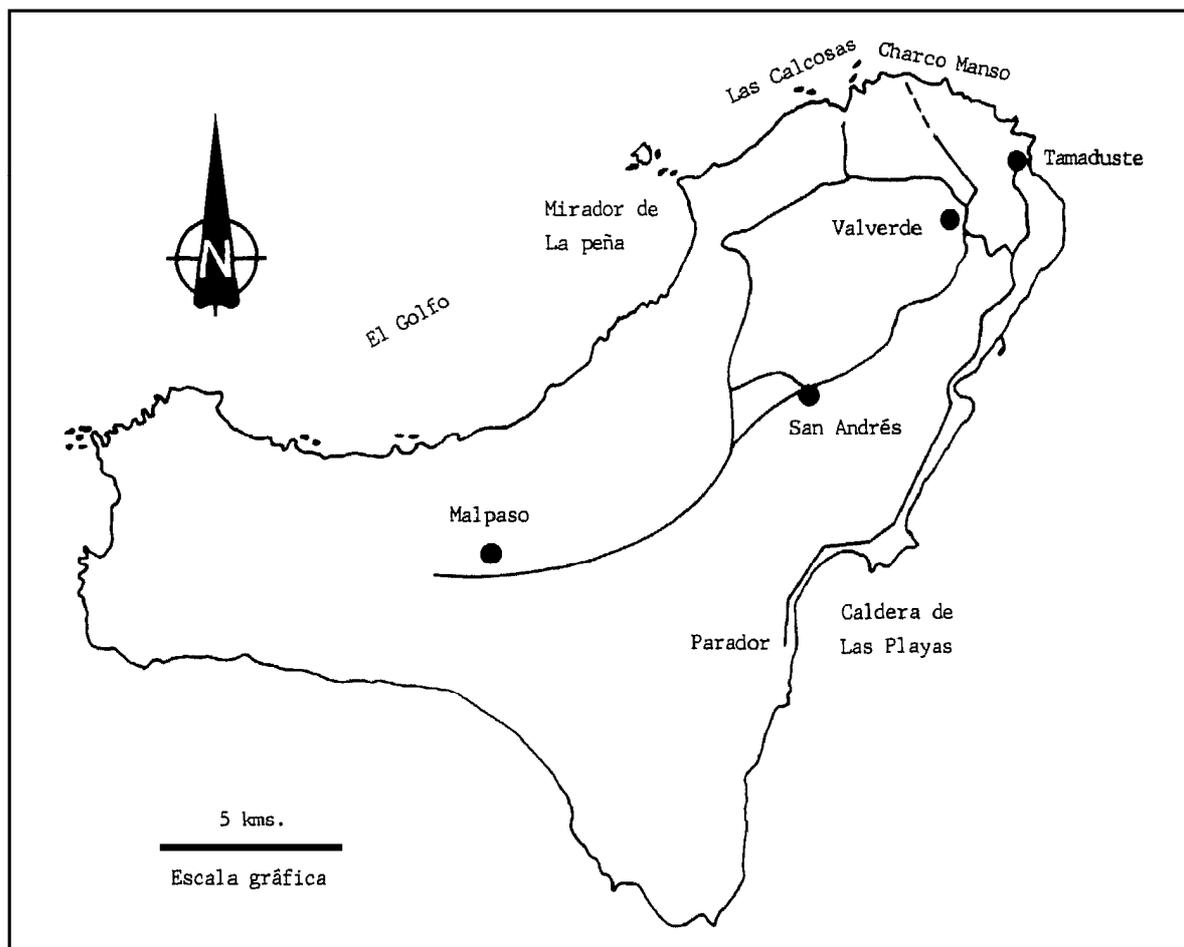


Figura 9

Isla de El Hierro. Esquema del itinerario.

DESARROLLO DE LA JORNADA DE CAMPO

Parada 1: Pozo de Las Calcosas.

Localización geográfica:

En la carretera que conduce al Mirador de La Peña, por Mocanal, se toma el desvío del Pozo de Las Calcosas, a 3 Kms. de Valverde. La parada está a unos 6 Kms. del cruce.

Recursos de campo:

Desde el mirador se puede describir una lengua de lava, con "frentes en arco", a modo de "delta", que penetra hacia el mar. La forma se debe a un volcánismo basáltico de la Serie Intermedia. En ella se han desarrollado:

- cuchillos de erosión,
- y piscinas naturales.

Una de las piscinas se encuentra optimizada artificialmente, para su uso como zona de baño.

La lengua de lava no representa a una rasa, por conservar estructuras de techo. Con esto, se deduce que es posterior, en el tiempo, al acantilado delimitante, que retrocede, como indica sus monolitos isleos.

El entorno sirve de ejemplo de ganancia de terreno emergido por la actividad eruptiva, en territorios volcánicos.

En la bajada a pié, se pasa por un corte de coladas basálticas, también de la Serie Intermedia. La columna permite observar:

- una potente disyunción columnar,
- estructuras escoriáceas de techo-muro,
- y morrenas de fondo.

Al frente, se aprecia que las coladas han provocado vistosos niveles de piro metamorfismo.

Cuando se está junto a la orilla, se deduce que las edificaciones próximas al delta se levantan sobre una rasa interna.

El lugar quizás no sea el idóneo para una ocupación urbanística. Por lo menos, legalmente no lo es, de acuerdo con la vigente Ley de Costas. Además, la tipología y morfología edificatoria carecen de una adaptación al entorno.

***** *****

Parada 2: Mirador de La Peña.

Localización geográfica:

En la carretera del Norte, por Mocanal, a 9 Kms. de Valverde.

Recursos de campo:

Se obtienen panorámicas de El Golfo y de Los Roques de Salmor.

El Golfo define una gran caleta, de unos 25 Kms. de borde. Se encuentra delimitado por un potente acantilado, que presenta, en algunos puntos, bruscos desniveles, de hasta 1100 m. de altura, como ocurre en la Fuga de Gorreta, dentro del Rincón de Iziqúe.

El acantilado está esculpido básicamente en la Serie Antigua. Su extensa rasa está labrada en basaltos de la Serie Intermedia. Pero, en los sectores oriental y occidental de la misma, son significativos los materiales del volcanismo reciente.

Algunos autores (Knebel, 1907; Fernández, 1925; Benítez, 1945; Hausen, 1960; entre otros) interpretan a El Golfo como una considerable semi - caldera, de explosión o de hundimiento, con un probable remodelado por la erosión marina.

Las últimas explicaciones de estas grandes formas (Coello, 1985) apuntan hacia un origen erosivo, influenciado por directrices tectónicas predominantes. El importante volumen de depósitos de avalancha y de piedemonte, algunos fossilizados por erupciones recientes, indican el fuerte grado de erosión en muchos sectores de esta depresión.

Los Roques de Salmor, en un número de siete, describen formas de erosión diferencial (monolitos isleos), en traquitas del último tramo de la Serie Antigua. Se alinean en dirección NW-SE, en el extremo NE de El Golfo.

En esta Isla, se identifican paleo-playas emergidas, a distintos niveles, y en el subsuelo. Esto traduce:

- tanto un posible descenso del nivel del mar,
- como el levantamiento del bloque insular.

Una de estas playas se encuentra en Los Roques de Salmor, al NE del mayor. En este caso, representa a una playa levantada, a unos 4 ó 5 m. sobre el nivel del mar. Sus arenas rellenan huecos y grietas.

Se supone que en los acantilados, enfrentados a estos Roques, habita el lagarto gigante de El Hierro.

Parada 3: Mirador de Jinama.

Localización geográfica:

Junto a la Ermita de la Virgen de la Caridad, en la carretera sobre la pared de El Golfo, a unos 9 kms. del Mirador de La Peña, hacia el Sur.

Recursos de campo:

Ante todo, vuelve a destacar una panorámica de El Golfo, en donde el paisaje

alcanza un alto valor.

De acuerdo con la figura 5 de Bravo (1982), las ligeras protuberancias topográficas, en la ladera del escarpe, se podrían interpretar como conos volcánicos de actividad reciente, cuyos materiales fosilizan, sectorialmente, la columna litológica general de la zona.

En un primer término, se encuentra un dique descarnado.

Si se recorre el tramo inicial de un camino de bajada, que hay a la izquierda del mirador, cara al mar, se observa el llamado "nivel guía" de Bravo (1982). Este separaría las coladas regulares basálticas de otras superiores, predominantemente traquibasálticas y traquíticas, dentro de la Serie Antigua.

***** *****

Parada 4: Mirador de Iziq.

Localización geográfica:

A varias cercadas hacia el NW (a unos 1280 m. del Mirador de Jinama), por el borde del precipicio, sobre una cota de unos 1250 m.

Recursos de campo:

Se obtiene una perspectiva muy buena de Los Roques de Salmor, dentro de una panorámica de alto valor paisajístico.

En la rasa, se delimitan, con bastante claridad, las erupciones recientes.

En un primer plano, se verifica el nivel guía de lapilli.

Debe tenerse en cuenta que este recurso comporta una cierta peligrosidad, por la proximidad del precipicio y la falta de protección natural.

Parada 5: Subida al vértice geodésico de Malpaso.

Localización geográfica:

Se sigue hacia el Sur, por la carretera que bordea El Golfo. Se toma el desvío del Santuario de la Virgen de Los Reyes (pista de tierra a la izquierda). La parada se inicia a unos 10 kms. del Mirador de Jinama, en un corto recorrido, a pié, por un camino que conduce al vértice geodésico más alto de la Isla, Malpaso, a 1501 m. de altitud.

Recursos de campo:

En el camino de ascenso a Malpaso, se observan los materiales piroclásticos de un volcanismo de la Serie Intermedia superior. Aquí destacan los volcanes de Tanganasoga, que se sitúan al NW, y en un primer plano, respecto al vértice geodésico.

Para algunos autores, estos volcanes, que se cartografían en el escarpe de El Golfo, representan el episodio explosivo más importante de la Isla. Corresponden, posiblemente, a las erupciones póstumas de la Serie Intermedia. Entre sus materiales hay depósitos con fragmentos de pómez, bloques de basaltos de la Serie Antigua y fragmentos de rocas granudas (gabros y piroxenitas). Otra capa de materiales, de unos 10 cms. de espesor y de coloración blanquecina, representa a cineritas de composición traquítica. Este último depósito es el único de su clase encontrado en El Hierro.

Desde las proximidades de la cima, hacia el SSE, se divisa un campo de conos volcánicos, bien conservados, también de la Serie Intermedia Superior. Geográficamente se localizan en la zona de la Punta de Tefirabe.

Parada 6: Los Esparrágos.

Localización geográfica:

En la carretera de Puerto Estaca, a 5 kms. de Valverde.

Recursos de campo:

Los encalichamientos de la zona hacen pensar que se recorre los basaltos in termedios inferiores.

***** *****

Parada 7: Puerto Estaca - Tijimiraque - Roque de La Bonanza - Parador.

Localización geográfica:

A lo largo de 12 kms., en la carretera de El Parador, desde el cruce de Puerto Estaca, que se encuentra a 7.5 kms. de Valverde.

Recursos de campo:

La Caldera de Las Playas define, realmente, a una caleta. Su pared está for mada por coladas del segundo ciclo volcánico (Serie Antigua). Corresponden a las coladas de basaltos y traquibasaltos, separadas por diversos niveles (pi roclásticos o no) rubefactados (pirometamorfizados).

Al pié del acantilado, se han desarrollado depósitos de avalancha y piedemones, que, como en el caso de El Golfo, representan unos fuertes procesos de erosión.

Dentro de este marco, detrás de los acantilados, hacia tierra, se pueden en contrar cortadas, que permiten describir apilamientos estratificados de lapi llis abigarrados. Estos materiales pertenecen a distintas emisiones.

Desde el desvío de Puerto Estaca al Parador, se suceden los siguientes recur sos, entre otros:

a) Junto a la Unelco, a 1 km. del desvío:

Corte de piroclastos, con una estratificación sub-horizontal.

b) A 2 kms. del desvío:

Panorámica, hacia el N., de una cortada de coladas de la Serie Intermedia. Se distingue una discordancia angular en el techo. La columna encierra niveles piroclásticos rubefactados.

c) A 3 kms. del desvío:

Lengua de coladas escoriáceas (malpaís), de basaltos recientes, que llega hasta la Punta de Temijiraque.

d) A 5 kms. del desvío, a la derecha de la carretera:

Bolo de acreción de varios metros de diámetro, en basaltos intermedios. Se observan:

- restos de una costra externa escoriácea,
- y una sub-costra, obviamente descarnada en su mayor parte, con disyunción columnar radial.

e) A 6 kms. del desvío:

Coladas, de la Serie Basáltica Intermedia, fosilizadas por niveles escoriáceos en abanico.

f) A 7 kms. del desvío:

Coladas de la Serie Basáltica Intermedia con:

- disyunción columnar,
- muro escoriáceo,
- y niveles piroclásticos rubefactados.

g) A 8 kms. del desvio:

Piroclastos abigarrados y estratificados, de diferentes erupciones.

h) A 9 kms. del desvio:

El Roque de La Bonanza. Se trata de un monolito isleo con arcos, formado por una erosión diferencial, en basaltos del 2º ciclo. En sus proximidades, hacia el N., hay unos buenos ejemplares de diques.

i) A 12 kms. del desvio:

Acantilado en donde se deduce un proceso de retroceso. La erosión es tá condicionada, en gran medida, por diaclasamientos verticales.

Disyunción columnar en el techo de la formación basáltica.

Diques, algunos descarnados, y caideros en la Pared de La Caldera.

Y observación de piedemontes, hacia el N.

***** *****

Parada 8: Tamaduste.

Localización geográfica:

En la carretera de Puerto Estaca, se toma el desvio del aeropuerto, a 4 kms. de Valverde, y se sigue hasta Tamaduste, a 5 kms. del cruce.

Recursos de campo:

En principio, se identifican:

- una caleta, y

- una rasa,

delimitadas por un paleo-acantilado. Encima de este, aunque fuera de la cu
ca visual, se encuentran centros de emisión de un volcanismo basáltico recien
te. En relación con estos centros de emisión:

- El escarpe está fosilizado, sectorialmente, por piroclastos.
- Y se han formado cascadas lávicas. Resultan muy bonitas las que bor
dean a un morro rojizo.

En dependencia con las anteriores cascadas, sobre la rasa descansan lavas es
coriáceas (malpaís), tendentes a lavas en bloques. Estas determinan:

a) Un campo lávico, en donde se observan:

- Crestas, deformaciones y arañazos, todo esto por arrastre, en la
costra escoriácea.
- Bolos de acreción, algunos con diámetros de dimensiones métricas.
Suelen tener costras escoriáceas y sub-costras con disyunción co
lumnar radial.
- Y, localmente, una textura muy vesicular.

b) Y un litoral, que ha ganado terreno al mar. Este se puede clasificar como
de transición, entre juvenil y maduro de primer orden, con formas capricho
sas.

Parada 9: Mirador de Tamaduste.

Localización geográfica:

En la carretera de Echedo, a 1 km. de Valverde.

Recursos de campo:

Se obtiene una panorámica del malpaís de Tamaduste y del cono volcánico emisor principal.

***** *****

Parada 10: Mirador del Lomo de Candia.

Localización geográfica:

En la carretera de Echedo, a un poco más de 1 km. de Valverde, se sigue el desvío, a la derecha, de una pista de tierra, que llega, y bordea parcialmente, a un destacado cono piroclástico. La parada corresponde al tramo final de este recorrido.

Recursos de campo:

Se recomienda un paseo alrededor del cono de cinder, que domina sobre el paleo-acantilado de Tamaduste, a través de una cómoda pista. El interés de este paseo se centra:

- en el contraste de coloraciones (de teja a negruzcos), que singulariza al entorno,
- en las descripciones que se pueden hacer en un rico muestrario de bombas y ordure de vache,
- y en la perspectiva que se obtiene del litoral.

Al final del paseo se observan:

- centros de emisión del malpaís, uno de ellos de forma muy evidente,
- la disposición de estas coladas escoriáceas sobre el techo del paleo-acantilado,
- y el desbordamiento de las mismas alrededor del morro rojo, ya identificado desde abajo.

***** *****

Parada 11: Mirador de Charco Manso.

Localización geográfica:

Se llega a Echedo, a 3.7 kms. de Valverde. Se sigue, a pié, por una pista de tierra, de fuerte pendiente. El mirador está, aproximadamente, a 1 km. del pueblo.

Recursos de campo:

Se ofrece una panorámica de un litoral formado por un volcanismo basáltico intermedio. Los aspectos que más llaman la atención son:

- el conjunto de charcos, que representan a pasillos de erosión,
- los arcos marinos,
- y, en el extremo NNW, los espectaculares bufaderos.

Parada 12: Charco Manso.

Localización geográfica:

Al final de la anterior pista de tierra, después de recorrer, a pié, 5 kms. desde el pueblo de Echedo.

Recursos de campo:

Ya próximos a la orilla, se aprecia una topografía definida por varias unidades de flujo (coladas superpuestas, de un mismo proceso eruptivo). Estas tienen estructuras escoriáceas de techo-muro.

La erosión del mar ha arrancado gran parte de la costra escoriácea de las coladas, y deja al descubierto una superficie lisa, que presenta la geometría en planta de una disyunción columnar. Como verificación de lo descrito, los

pasillos de erosión permiten que se observen estructuras en disyunción columnar, de una alta calidad.

SEGUNDA EXCURSION

ZONA SUR: RUTA DE LAS FORMAS Y ESTRUCTURAS EN BASALTOS RECIENTES

ITINERARIO

Valverde - San Andrés - El Garoé - Isora - Mirador de Isora - Mirador de Las Playas en El Pinar - Taibique - Los Lajiares - Cruce de la Hoya del Tacorón - Hoya del Tacorón - Cruce de la Hoya del Tacorón - La Restinga - Valverde.

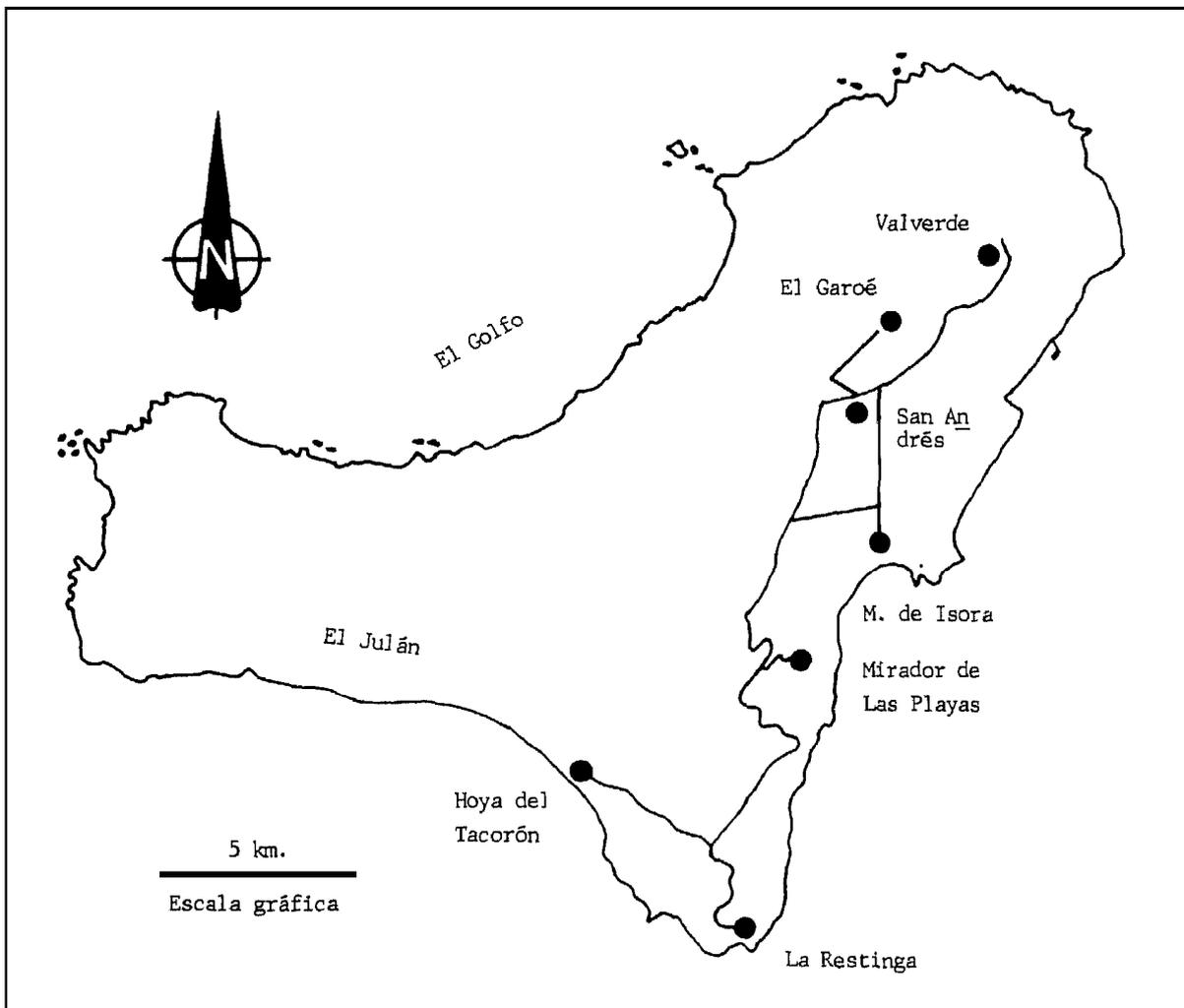


Figura 10
Isla de El Hierro. Esquema del itinerario.

DESARROLLO DE LA JORNADA DE CAMPO

Parada 1: El Garoé.Localización geográfica:

Una vez que se rebasa San Andrés, se sigue hacia Frontera. A unos 10 kms. de Valverde, se toma el desvío, a la derecha, del Mirador de La Peña. A 1 km. de este desvío, hay una pista de tierra, también a la derecha, junto a un bosque de pinos. Ya en esta pista, se llega a El Garoé de acuerdo con el esquema de la figura 11, después de recorrer unos 4 kms.

Recursos de campo:

Desde la explanada del cedro, y a través de un estrecho sendero, se llega a un angosto barranco seco, en el que hay una especie de cueva, excavada en un cinder. En la cavidad se encuentra un till (Ocotea foetens), sustituto del viejo Garoé (El Arbol Santo). En este entorno existen unas pocetas, aproximadamente de 1 m^2 de superficie, excavadas también en el anterior material piroclástico, hasta un fondo arcilloso. Estas pocetas contienen agua. El hecho se explica como sigue:

- a) El till se sitúa en una ladera expuesta a los alisios, y a una altura en donde se producen las nieblas de condensación.
- b) La interacción entre el árbol y las nieblas produce una lluvia horizontal, que se infiltra en el cinder. En realidad, interviene el conjunto de la vegetación de la zona.
- c) El agua infiltrada circula por el material permeable, hasta llegar a la capa arcillosa impermeable. Así se forma un nivel saturado de agua (un acuífero, en este caso de pequeñas dimensiones).
- d) Las pocetas representarían pequeños pozos, realizados por el hombre, para sus necesidades.

Parada 2: Mirador de Isora.

Localización geográfica:

Se retorna a San Andrés y se coge la carretera que lleva a Isora. Desde este pueblo, que está a unos 11 kms. de Valverde, se sigue por la pista de acceso al acantilado. El mirador se encuentra al término de la misma, a unos 2 kms.

Recursos de campo:

Dentro de una panorámica de la Caldera de Las Playas, toma entidad:

- un espectacular plateau de coladas basálticas, de las series Antigua e Intermedia,
- los piedemontes,
- y un paisaje de alta calidad.

Parada 3: Mirador de Las Playas.

Localización geográfica:

De vuelta a Isora, se toma la pista, de unos 3 kms., que enlaza con la carretera general de Valverde a La Restinga. El desvío del Mirador, con un corto trayecto, de varios cientos de metros, se encuentra en esta carretera general, a unos 2 kms. del cruce de Isora. Las observaciones se obtienen desde una altitud de unos 1050 m.

Recursos de campo:

Desde aquí, se puede describir el sector NE de la Caldera de Las Playas.

En los acantilados destacan:

- El desarrollo de torrentes, con fuertes pendientes y jerarquización nula.
- Las disecciones en los piedemontes, por las aguas torrenciales.
- Y la formación de cuchillos entre torrentes.

Se obtiene una nueva perspectiva del Roque de La Bonanza.

Parada 4: Grandes fracturas en el litoral Sud-Oriental.

Localización geográfica:

En la carretera general Valverde-La Restinga, por Las Casas, a 6 kms. desde el cruce septentrional de Tanajará (Tejina), hay una curva pronunciada y en ella, a la izquierda, una pista de picón. A pié, desde esta curva, se alcanza el borde del acantilado, que está a unos 550 m. de altitud. El recurso se observa en un corto paseo, hacia el Sur, sobre este borde.

Recursos de campo:

Según Coello (1971), hay una zona con importantes fallas visibles en el sector SE. de El Hierro, al Sur de la Caldera de Las Playas. Concretamente, entre la Playa del Pozo y la de Las Calcosas, junto a un acantilado.

La dirección de la superficie de falla es paralela, en general, a la línea de costa (NE-SW), y coincide con la del eje estructural más desarrollado. La longitud horizontal de las fracturas alcanza hasta los 2300 m. El bloque hundido se sitúa siempre hacia el interior de la Isla. El salto de falla puede llegar a los 20 m., como se deduce en la margen izquierda del Barranco de la Vieja, en la Playa de Icota, en la Punta de Tomé, etc.

La utilización de fotografías aéreas son decisivas para la cartografía y es

tudio de estas fracturas.

En el paseo sobre el borde del acantilado, se puede identificar una de las fracturas descritas. En el horizonte septentrional, se intuye que el labio hundido está hacia tierra.

En la figura 12, a partir del autor citado, la fractura observada se dibuja con un trazado más grueso.

Las anteriores fallas y otras, de dimensiones inusuales en las restantes islas del Archipiélago, explican la ausencia de acuíferos significativos, a niveles altos, en El Hierro. Unicamente cabe esperar pequeños acuíferos "colgados", que dan origen a manantiales de escaso caudal. El mayor volumen de aguas subterráneas se encuentran próximas al nivel del mar.

***** *****

Parada 5: El Lajial sud-occidental.

Localización geográfica:

La parada se inicia en el cruce de la Hoya del Tacorón, en la carretera general del Sur, por San Andrés y Las Casas, a unos 28 kms. de Valverde. Se continúa a lo largo de unos 5 kms., hacia la Hoya del Tacorón. Los dos primeros kilómetros se deben hacer a pié.

Recursos de campo:

Durante el paseo a pié, se puede estudiar un campo de lavas basálticas de la Serie Reciente. En él, y a ambos lados de la pista:

- a) Se levantan conos volcánicos de cinder.
- b) Y hay todo un muestrario de estructuras en coladas:

- lavas escoriáceas,
- lavas cordadas muy bonitas (predominantes), que pueden evolucionar a lavas en tripas,
- lavas lisas, en algunos casos con sub-costras de lava cordada,
- paso de lava lisa a cordada,
- corteza de pan,
- frentes de reflujo,
- pequeños tubos, tanto con techos desplomados o no, con o sin esta filitos,
- y burbujas, con o sin estafilitos, como se aprecia cuando están rotas.

Después de los dos primeros kilómetros, empiezan a predominar las lavas escoriáceas, en las que llaman la atención:

- los bolos de acreción, de varios metros de diámetro,
- los canales lávicos,
- y los esporádicos grandes tubos.

Las lavas escoriáceas son posteriores a las cordadas, ya que estas últimas se cartografían, en muchos sectores de este campo, como isleos, respecto a las primeras.

A unos tres kilómetros del cruce, y a la izquierda de la pista, en dirección a la Hoya del Tacorón, se encuentra un cráter de cinder, de la Serie Intermedia, prácticamente delimitado por los materiales del vulcanismo reciente.

Si se bordea esta forma y otro cráter contiguo, por sus laderas accidentales, se llega a la coronación de un acantilado. Desde aquí se obtienen:

- perspectivas muy buenas de los charcos de la Hoya del Tacorón junto a coladas con frentes en arcos,
- además de una impresionante panorámica de El Julán (una ladera intermedia que da carácter al relieve).

Parada 6: Hoya del Tacorón.

Localización geográfica:

Se sigue la anterior pista de tierra y se toma un segundo desvío, a la izquierda. A su término, y a unos cinco kms. desde el cruce de la carretera general, se encuentra la Hoya del Tacorón.

Recursos de campo:

En basaltos de la Serie Intermedia se observan:

- un paleo-acantilado, que incluye un cono semi-destruido, ya referido en el precedente recurso,
- y una rasa.

Las erupciones recientes fosilizan, alrededor del anterior cráter, y a modo de cascada, el paleo-acantilado y, localmente, la rasa.

La orilla define:

- charcos,
- monolitos isleos,
- y otras formas de erosión.

Parada 7: El Lajial sud - oriental.

Localización geográfica:

Se retorna al cruce de la carretera general y se continúa hacia La Restinga. Las observaciones se realizan a ambos lados de la carretera, a lo largo de unos 5 kms. Se recomienda frecuentes recorridos a pié.

Recursos de campo:

En un primer tramo del trayecto, se vuelven a repetir unas lavas basálticas, predominantemente cordadas, de la Serie Reciente. Localmente se encuentran recubiertas por lavas escoriáceas. Hay riqueza de estructuras.

Desde un kilómetro del cruce, empiezan a predominar los picones, que fosilizan tanto a lavas cordadas como escoriáceas. Luego se deduce un aumento de viscosidad en los materiales de las sucesivas erupciones de este volcanismo, presumiblemente procedente de un mismo reservorio magnético.

En todo el recorrido, las formas volcánicas, que se identifican con facilidad, corresponden a conos de piroclastos, también del volcanismo reciente. Estas, en su mayoría, definen una cadena volcánica, en la dirección NW-SE.

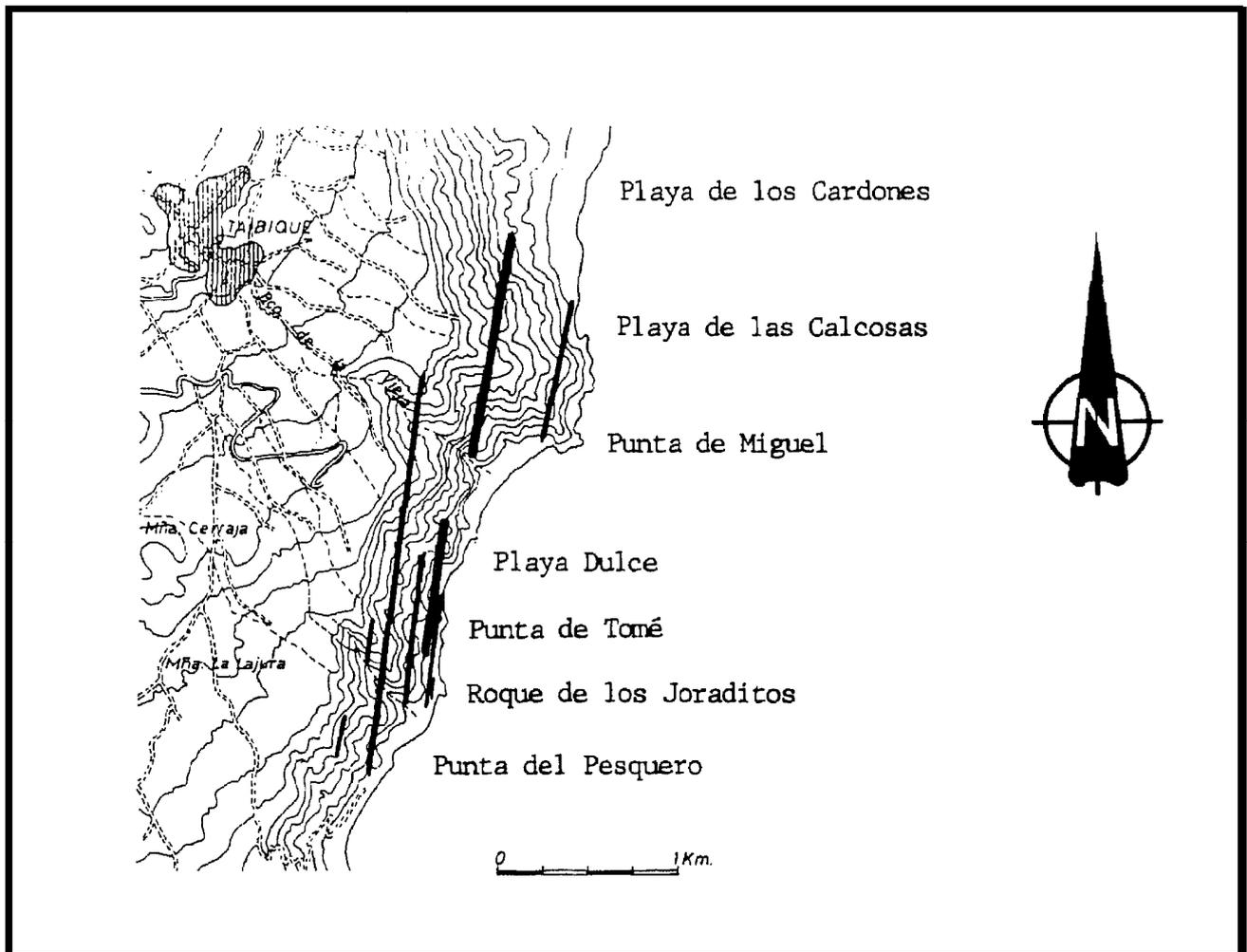


Figura 12

Zona fallada de Taibique, en la Isla de El Hierro (según Coello, 1971).

TERCERA EXCURSION

ZONA OCCIDENTAL: RUTA DE LOS PROCESOS VOLCANICOS Y MORFODINAMICOS EN EL LITORAL.

ITINERARIO

Valverde - San Andrés - Pista de Malpaso - Bajada de El Binto - Ermita de la Virgen de Los Reyes - Mirador de Bascos - El Sabinar - Ermita de la Virgen de Los Reyes - Cruce del Faro de Orchilla - Faro de Orchilla - Cruce del Faro de Orchilla - Hoya y Playa de El Verodal - Arenas Blancas - Pozo de La Salud - Sabinosa - Frontera - Valverde.

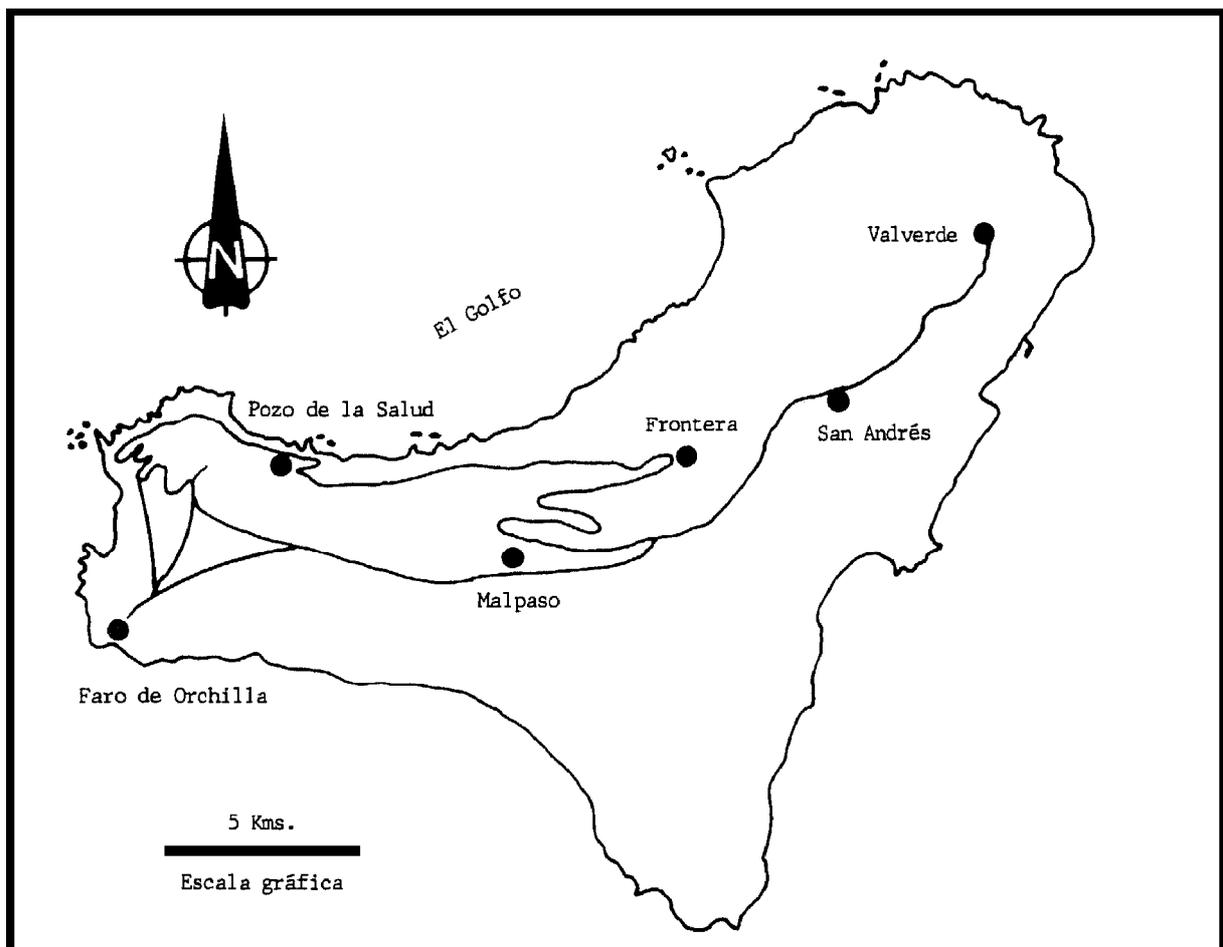


Figura 13

Isla de El Hierro. Esquema del itinerario.

DESARROLLO DE LA JORNADA DE CAMPO

Parada 1: Hoya de Fileba.

Localización geográfica:

Se toma la carretera de Frontera, por San Andrés y Jinama. La Hoya de Fileba se encuentra a unos 16 kms. de Valverde, un poco antes del cruce de Malpaso.

Recursos de campo:

Este tramo de la carretera está trazada, prácticamente, sobre la divisoria de aguas de la zona de cumbres. Aquí se sigue la dirección NE-SW, para luego pasar a E-W. Ambas coinciden con las de dos ejes estructurales de la Isla.

Los materiales que se recorren se cartografían como basaltos del 2º ciclo. Predominan los piroclastos.

De las formas volcánicas de explosión, que se localizan a lo largo de esta dorsal insular, la Hoya de Fileba corresponde a una de las más representativas de la Sub-serie Intermedia Superior. El edificio define un cono piroclástico, en donde el material brechoide es escaso. No está encalichado, ni asociado a coladas. Se encuentra coronado por un cráter, completamente cerrado, de grandes dimensiones (diámetro superior de unos 450 m.). Las paredes internas tienen pronunciadas pendientes y determinan un desnivel de 160 m. El fondo adquiere una topografía plana.

Toda la anterior descripción, válida también, dentro de ciertos límites, para La Caldereta y la Hoya de Marta, induce a relacionar la Hoya de Fileba con el conjunto de erupciones, que traducen un paroxismo final, de gran importancia.

DESARROLLO DE LA JORNADA DE CAMPO

Parada 1: Hoya de Fileba.

Localización geográfica:

Se toma la carretera de Frontera, por San Andrés y Jinama. La Hoya de Fileba se encuentra a unos 16 kms. de Valverde, un poco antes del cruce de Malpaso.

Recursos de campo:

Este tramo de la carretera está trazada, prácticamente, sobre la divisoria de aguas de la zona de cumbres. Aquí se sigue la dirección NE-SW, para luego pasar a E-W. Ambas coinciden con las de dos ejes estructurales de la Isla.

Los materiales que se recorren se cartografían como basaltos del 2º ciclo. Predominan los piroclastos.

De las formas volcánicas de explosión, que se localizan a lo largo de esta dorsal insular, la Hoya de Fileba corresponde a una de las más representativas de la Sub-serie Intermedia Superior. El edificio define un cono piroclástico, en donde el material brechoide es escaso. No está encalichado, ni asociado a coladas. Se encuentra coronado por un cráter, completamente cerrado, de grandes dimensiones (diámetro superior de unos 450 m.). Las paredes internas tienen pronunciadas pendientes y determinan un desnivel de 160 m. El fondo adquiere una topografía plana.

Toda la anterior descripción, válida también, dentro de ciertos límites, para La Caldereta y la Hoya de Marta, induce a relacionar la Hoya de Fileba con el conjunto de erupciones, que traducen un paroxismo final, de gran importancia.

Parada 2: Mirador de la vertiente meridional de la Isla.

Localización geográfica:

Se deja la carretera de Frontera y se sigue por la pista de Malpaso. Las buenas observaciones se obtienen a unos 23 kms. de Valverde.

Recursos de campo:

Se aprecia, sobre todo, una panorámica de la Ladera de El Julán, muy significativa por su extensión.

Esta vertiente meridional de la Isla, en su franja más estrecha (3250 m. en proyección horizontal), desarrolla una amplitud de 3551 m., desde el nivel del mar hasta una cota de coronación de 1430 m. Se puede admitir una longitud alrededor de los 16 kms. Con las anteriores medidas, se estima una pendiente media de un 44%. Esto permite clasificar a la zona, según criterios morfodinámicos, como una colina, próxima a las laderas abruptas, dentro de las laderas intermedias.

El Julán se encuentra recubierta, mayoritariamente, por materiales de la Serie Intermedia:

- picones en la parte superior, que soportan a un pinar,
- y lavas en el resto.

Al fondo, se identifica el sector de la Hoya del Tacorón.

Todo el conjunto tiene un alto valor paisajístico.

Parada 3: Mirador del extremo sud-accidental de la Isla.

Localización geográfica:

Se toma la Bajada de El Binto. Las observaciones óptimas están a unos 28 kms. de Valverde.

Recursos de campo:

Se obtiene una panorámica del complejo volcánico del Faro de Orchilla.

El volcanismo que se observa, y que se describirá más adelante, es basáltico y pertenece a la Serie Reciente.

***** *****

Parda 4: Mirador de Bascos.

Localización geográfica:

Por unas pistas de tierra, se siguen las indicaciones hacia la Ermita de la Virgen de Los Reyes, y desde aquí hacia el cruce del Mirador de Bascos-El Sabinar. Se toma la pista de la derecha y a 1 km. está el Mirador.

Recursos de campo:

El Golfo proporciona otra panorámica impresionante. Se determina que su rasa, en el sector más meridional:

- Se encuentra, por una parte, fosilizada por piedemontes.
- Y, por otra, recubierta por coladas posteriores. De acuerdo con la cartografía geológica, estas son basálticas y corresponden a la Serie Reciente.

Resultan interesantes las observaciones de la erosión del mar, en la rasa del extremo SW de la Isla. Destacan las siguientes formas, entre otras:

- pasillos de erosión,
- cuchillos marinos, y

- monolitos isleos.

La apretada sucesión de las anteriores formas dibuja una orilla fuertemente dentada.

***** *****

Parada 5: El Sabinar.

Localización geográfica:

De vuelta a la bifurcación Mirador de Bascos-El Sabinar, se toma la otra pista. La parada se encuentra a 1 km. del cruce.

Recursos de campo:

En un bosque de sabinas, el más viejo de las islas canarias, los árboles adoptan formas caprichosas retorcidas, que traducen el sentido del viento dominante (el alisio).

El bosque se encuentra sobre un suelo formado a partir de un cinder basáltico del 2º ciclo.

***** *****

Parada 6: Ejemplo de aprovechamiento de aguas superficiales.

Localización geográfica:

De retorno a la Ermita de la Virgen de Los Reyes, la parada está a 1 km. de la bifurcación Mirador de Bascos-El Sabinar.

Recursos de campo:

Se muestra uno de los métodos que se utiliza en El Hierro, para recoger y al

macenar agua de lluvia.

En este caso, se cementa e impermeabiliza, por el hombre, una superficie inclinada, que termina en un pequeño estanque. Desde aquí, el agua, que se almacena con las lluvias, se canaliza hasta bebederos de ganado.

Parada 7: Complejo volcánico del Faro de Orchilla.

Localización geográfica:

Una vez en la Ermita de la Virgen de Los Reyes, se continúa por la pista que bordea el litoral NW de la Isla. A unos 9 kms. de la bifurcación Mirador de Bascos-El Sabinar, se toma el desvío que lleva al Faro de Orchilla y se sigue sus 6 kms. Las observaciones se hacen, preferentemente en los últimos 4 kms., en un recomendable recorrido a pié.

Recursos de campo:

En primer lugar, inmediatamente después del cruce, se obtiene una panorámica del complejo volcánico. Este está formado por basaltos de la Serie Reciente.

Tanto desde la parada inicial como durante el paseo a pié, se pueden identificar y describir:

a) Conos de cín^{der} muy representativos. Algunos tienen morfologías en herradura, por destrucción parcial de los edificios en los procesos efusivos.

b) Hornitos.

c) Coladas escoriáceas, asociadas a los conos, con:

- canales lávicos,
- burbujas, y

- tubos volcánicos (hay uno muy bueno junto al Faro).

d) Locales lavas cordadas.

e) Zonas recubiertas por picones.

f) Y abundantes bombas.

La erosión del mar a esculpido, en estas coladas recientes:

- una estrecha rasa,
- caletones,
- cuchillos marinos, y
- monolitos isleos.

Finalmente, se presenta El Julán desde otra perspectiva.

***** *****

Parada 8: Mirador del complejo volcánico de Orchilla.

Localización geográfica:

Se retorna al inicio del desvío y se sigue hacia la Hoya del Verodal. La parada está a 1 km. del cruce del Faro, en un ensanche de la pista.

Recursos de campo:

Dentro de una panorámica del campo volcánico de Orchilla, hay, en un primer término, un buen cono de cinder. La forma está abierta hacia el mar, por la salida de coladas lávicas.

***** *****

Parada 9: Mirador de la Hoya del Verodal.

Localización geográfica:

En la anterior pista, a 5 kms. del cruce del Faro de Orchilla.

Recursos de campo:

Hacia el mar, se observa una plataforma costera emergida (hoya). Esta resulta de la erupción basáltica, supuestamente histórica, de Lomo Negro.

***** *****

Parada 10: Lomo Negro.

Localización geográfica:

En la pista de la Hoya del Verodal, a la altura del kms. 6, a partir del cruce del Faro de Orchilla.

Recursos de campo:

A la derecha, se levanta el denominado Lomo Negro. Si se sube a su cima, cosa relativamente fácil, se puede comprobar que consiste en una forma domática alargada, paralela a la orilla del litoral.

Según Coello (1985), define un foco eruptivo, que se localiza en una grieta, de curso irregular, de unos 4 a 6 m. de anchura y alrededor de 53 m. de longitud.

De acuerdo con Hernández-Pacheco, 1982, la erupción habría tenido lugar en 1793. Ya que no existen testimonios históricos directos, la datación se ha realizado:

- A base de documentos, en los que se citan temblores de tierra en

este sector de la Isla, semejantes a los asociados a erupciones.

- Así como por dataciones radiométricas, mediante el Carbono - 14, de restos vegetales cubiertos por las lavas.

Desde Lomo Negro cayó la lava, hacia el mar, y cubrió una extensión de 0.54 km², en la Hoya del Verodal. Los materiales emitidos son basaltos olivínicos piroxénicos, con abundantes fenocristales.

***** *****

Parada 11: Hoya del Verodal.

Localización geográfica:

Se llega al desvío de la Hoya del Verodal, a 8 kms. del cruce del Faro de Orchilla. Se sigue este desvío, que atraviesa toda la Hoya, hasta las proximidades de la Playa.

Recursos de campo:

En esta Hoya, se cartografían las lavas procedentes de Lomo Negro. Describen, mayoritariamente, coladas escoriáceas. Localmente tienden tanto a lava lisa como en bloques. También se encuentran lavas cordadas y en tripas.

Se pueden observar tubos volcánicos.

***** *****

Parada 12: Playa del Verodal.

Localización geográfica:

La Playa se encuentra junto a la Hoya, hacia el Sur. Se accede fácilmente a pié.

Recursos de campo:

De acuerdo con la clasificación genética morfológica de Suárez Bores (1978), la playa se define como de bolsillo (de doble apoyo). Tiene una longitud de unos 100 m. y una amplitud de unos 50 m.

Los áridos son arenas gruesas-gravas, poco trabajadas. Presentan una coloración teja. Proceden de unas capas piroclásticas, obviamente rojizas, situadas sobre un acantilado, de unos 100-150 m. de potencia, que se encuentra junto al límite interno de la playa. También se podría jugar con otras posibles procedencias de las arenas.

***** *****

Parada 13: Afloramiento de tobas freato - magmáticas.

Localización geográfica:

Se retorna al inicio del desvío. Se continúa hacia Sabinosa. La parada está a 1 km. del cruce de la Hoya del Verodal. Las observaciones se hacen a la derecha de la pista.

Recursos de campo:

En un afloramiento , se pueden tocar las tobas freato-magmáticas, sobre las que se apoya, sectorialmente, la Serie Antigua.

Las tobas:

- Presentan una coloración amarillenta.
- Están estratificadas. Se describen niveles de diferentes granulometrías. Las potencias no suelen exceder de 0.5 m.
- Buzan, aparentemente, hacia El Golfo.
- Y engloban numerosos bloques angulosos de basaltos preexistentes.

***** *****

Parada 14: Arenas Blancas.

Localización geográfica:

En la pista hacia Sabinosa, a unos 3 kms. del cruce de la Hoya del Verodal, se toma un desvío, a la izquierda y se sigue por este durante unos cientos de metros.

Recursos de campo:

Sobre una rasa labrada en basaltos recientes, se han depositado arenas muy gruesas, blancas, en las que se pueden deducir un origen organógeno.

En las playas del entorno canario, cuando los aportes no están relacionados significativamente con relieves encalichados, el índice de color de las arenas permite estimar en que proporciones aproximadas entran los componentes organógenos (calcita y aragonito). Martínez (1987) establece los siguientes criterios:

- Con más de un 35% de carbonatos, las playas adquieren coloraciones rubias-blanquecinas.
- Si no se alcanza el 20%, las coloraciones son, ganralmente, grisáceas.

***** *****

Parda 15: Pozo de la Salud.

Localización geográfica:

A 7 kms. del cruce de la Hoya del Verodal, en la pista hacia Sabinosa.

Recursos de campo:

Desde Playa Blanca al Pozo de la Salud, la pista se aproxima al pié de un acantilado y corta algunos frentes de piedemontes, bien desarrollados.

En el recorrido, se apreciaba la erosión marina en coladas escoriáceas recientes. La orilla adquiere una configuración caprichosa. Entre las formas erosivas destacan las siguientes:

- Cuchillos marinos. Estos pueden tener arcos y dejar al descubierto estructuras de disyunción columnar.
- Farallones.
- Y monolitos isleos en general.

La excursión geológica concluye en el Pozo de la Salud. Se trata de un pozo excavado en materiales de avalancha y de piedemonte, en el extremo occidental de El Golfo. Sus aguas, en principio, tienen propiedades medicinales.

BIBLIOGRAFIA

- Benitez,S. 1945. Ensayo de síntesis geológico del Archipiélago Canario. Las Palmas.
- Bravo,T. 1982. Formaciones geológicas en la Isla de El Hierro. Inst.Estudios Canarios. 50 Aniversario. Aula de Cultura. Cabildo Insular de Tenerife. 84-99.
- Brown,L.;Brewton,J.;Evans,T.;Fisher,W.;Groat,C. 1976. Environmental Geologic Atlas of the Texas coastal zone-Corpus Christi Area. Bureau of Economic Geology. The University of Texas at Austin. 123 pp y 9 mapas.
- Cendrero,A.;Nieto,M.;Robles,F.;Sanchez,J. (directores). 1986. Mapa Geocientífico de la provincia de València. Diputación Provincial de València. Universitat de València. Universidad de Cantabria.
- Cendrero,A. 1987. Cartografía integrada de zonas litorales emergidas y sumergidas para la planificación. Seminario Internacional sobre zonas litorales. Consejo de Europa. Bilbao, 8-17 de octubre. Documento de 50 pp.
- Centeno,J.D.;De Pedraza,J.;Ortega,L.I. 1983. Estudio geomorfológico, clasificación de relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología glaciaria. Bol.R.Soc. Española Hist.Nat. (Geol.) 81 (2-4),153-171.
- Christian,C.S.;Steward,G.A. 1964. Methodology of integrated survey. Aerial Surveys and Integrated Studies. Proc.Troulouse, Unesco,Paris.233-280.
- Coello,J. 1971. Contribución a la tectónica de la isla de El Hierro (Canarias). Estudios Geológicos, vol XXVII, 335-340.
- Coello,J. 1985. Guión de las "IV Jornadas Geológicas de Campo". Departamento de Geología. Universidad de La Laguna (Tenerife). 22 pp.

- Craig,R.;Craft,J. (ED.) 1982. Applied Geomorphology, 253 pp. George Allen and Unwin. Loncón.
- Díaz de Terán,J. 1983. Una metodología para el análisis del físico del territorio y para la definición de aptitudes de uso en la zona costera oriental de Cantabria. 2ª Reunión Nacional del Grupo Español de Geología Ambiental y de Ordenación del Territorio. Lerida. 1.64-1.81.
- Díaz de Terán,J.R. 1985. Estudio geológico-ambiental de la franja costera Unquera-Castro Urdiales (Cantabria) y establecimiento de bases para su ordenación territorial. Tesis de Doctorado (inédita). Universidad de Oviedo.
- Ferguson,H. 1974. Geologic Mapping for Environmental Purposes.The Geological Society of America. Engineering Geology Division. Boulder, Colorado.
- Fernandez,L. 1925. Datos sobre el volcanismo canario. Bulletin Volcanologique. Tome II. Napoli.
- Hausen,H. 1964. Rasgos geológicos generales de la isla de El Hierro. Anuario de Est. Atlánticos, 10, 547-593.
- Hausen,H. 1960. Las "Calderas canarias". Anuario de Estudios Atlánticos. nº6 133-193.
- Hernández-Pacheco,A. 1982. Sobre una posible erupción en 1793 en la Isla de El Hierro (Canarias). Estudios Geológicos. Vol.38, 15-25.
- Knebel,W. 1907. Der vulkanische Aufbau der Insel Gran Canaria. "Globus".Band XCLI. Braunschweig.
- Komar,E. 1988. Composición de playas producidas por la mezcla de arenas de múltiples fuentes. Comparación entre modelos de computador y datos de campo de la costa de Oregón. 21 Conferencia Internacional de Ingeniería de Costas. (Málaga-España, 20-25 de junio). Libro de Resúmenes. 564-565.

- Martínez, J. 1985. Geomorfología: un modelo para el entorno canario. 177 pp. Ti
pografía- Imprenta El Pino. Las Palmas.
- Martínez, J. 1987. Playas de Gran Canaria (España): los carbonatos de sus arene
nas. Boletín del Instituto Español de Oceanografía., 4 (2), 7-14.
- Martínez de Pisón, E. 1980. Atlas Básico de Canarias. Editorial Interinsular
Canaria. Santa Cruz de Tenerife. 80 pp.
- Melendez, B.; Fuster, J.M. 1984. Geología. Paraninfo. Madrid. 911 pp.
- Mitchell - Thomé, R.C. 1976. Geology of the Middle Atlantic Islands. Gebrüder
Borntraeger. Berlin.
- Ottmann, F. 1965. Introduction a la Geologie marine et litorale. Massonet Cie.
Paris.
- Pellicer, M.J. 1977. Estudio volcanológico de la isla de El Hierro (Islas Ca
narias). Estudios geol., 33, 181-197.
- Robinson, G.; Spieker, A. (ed.). 1978. "Nature to be ... commaded". Earth-Sciene
ce maps applied to land and water management. Geological Survey Profes
sional Paper 950. United States Government Printing Office. Washington.
- Romero, C.; Quirantes, F.; Martínez de Pisón, E. 1986. Los Volcanes: Guía física
de España 1. Alianza Editorial. Madrid.
- Spangle, W. 1976. Earth-Science information in land-use planning. Guidelines
for Earth Scientists and Planners. Geological Survey. Circular 721. U.
S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Develop
ment and Research. Arlington.
- Suárez Bores, P. 1978. Shore Classification-Simple forms with prevailing wind
wave action. III Congres Inter. IAEG. Madrid.

Trilla,J. (director). 1985. El medi físic terrestre del litoral de catalunya.
Departament de Política Territorial I Obres Públiques. Generalitat de
Catalunya. Barcelona.