

## Estudio mediante sísmica de reflexión de un grupo de estructuras submarinas situadas al Norte y Sur del archipiélago Canario

J. J. DAÑOBEITIA <sup>(1)</sup> y B. J. COLLETTE <sup>(2)</sup>

(1) U.E.I. de Geología Marina, Instituto de Ciencias del Mar. CSIC, P<sup>o</sup> Nacional s/n, 08003 Barcelona (Spain).

Dirección actual: Institut de Geologia "J. Almera" CSIC, c/ Martí i Franqués, s/n. 08028 Barcelona.

(2) Frederik Hendrik Straat 16, 3583 VM Utrecht (Países Bajos).

### RESUMEN

El Archipiélago Canario es un complejo volcánico intraplaca situado al oeste del margen occidental africano. La realización de una campaña de sísmica de reflexión ha permitido estudiar un grupo de estructuras submarinas asociadas al Archipiélago Canario. Este estudio ha confirmado la existencia de alineaciones estructurales (Dorsal Canaria) de dirección NNE-SSW al Norte del Archipiélago, con un acimut de 51° y con una disposición en escalón. Sin embargo, no se han encontrado conexiones subyacentes entre estas estructuras y las Islas Canarias, a pesar de que las propias alineaciones podrían sugerir la existencia de fallas en el basamento oceánico. Algunos edificios volcánicos como las Islas Salvajes, La Complutense y La Topera pueden definirse como independientes por no encontrarse en la alineación de la Dorsal Canaria. Por otra parte, se han localizado pequeñas cuencas sedimentarias en los flancos de las elevaciones submarinas que ponen de manifiesto la importancia de la flexura ocasionada por tales cargas. Las características de la sedimentación cambian gradualmente de la zona occidental a la oriental, donde la influencia de los procesos que se desarrollan en el margen continental africano controlan de manera importante tanto la morfología de los depósitos como el espesor de sedimentos.

La correlación de los datos sísmicos con sondeos próximos (DSDP) sugiere que el volcanismo submarino al norte del Archipiélago probablemente comenzó en el Paleogeno y ha continuado hasta nuestros días de manera intermitente, confirmándose la existencia de una reactivación importante en el Mioceno medio. Mientras que el inicio del volcanismo al sur del Archipiélago es de edad miocena.

**Palabras clave:** Archipiélago Canario. Sísmica de reflexión. Dorsal Canaria. Terciario inferior. Margén Continental Occidental Africano.

### ABSTRACT

The Canarian Archipelago is an intraplate volcanic feature situated on the Western African Margin. A seismic reflection reconnaissance was carried out in the surrounding waters of the Canarian Archipelago to study a series of submarine structures. A linear trend NNE-SSW for the submarine structures (Canary Ridge) was confirmed, exhibiting an echelon morphology with an azimuth of 51°. No indication of subbottom structures have been observed connecting these seamounts with the Canary Islands, despite that the lineation suggests the existence of faulting in the oceanic basement. Some independent volcanic highs are found, like I. Salvajes, La Complutense and La Topera. Significant sedimentary basins have been found on the flanks of the seamounts, pointed out the importance of the flexure produced by the seamounts. The sedimentation pattern changes gradually westward and the proximity of the continental margin greatly affects the sedimentary thicknesses on the eastern side. There is evidence from the correlation of seismic-reflections with near DSDP holes, that the volcanic activity north of the Archipelago, could not have started before Paleogene and has been episodic through time with some reactivation at least on Middle Miocene. South of the Archipelago the starting of the volcanic activity is younger (= Miocene).

**Key words:** Canary Archipelago. Seismic reflection. Early Tertiary. Canary Ridge. Western African Continental Margin.

### INTRODUCCIÓN

En el año 1981, el Departamento de Geofísica Marina del Vening Meinesz Laboratorium de la Uni-

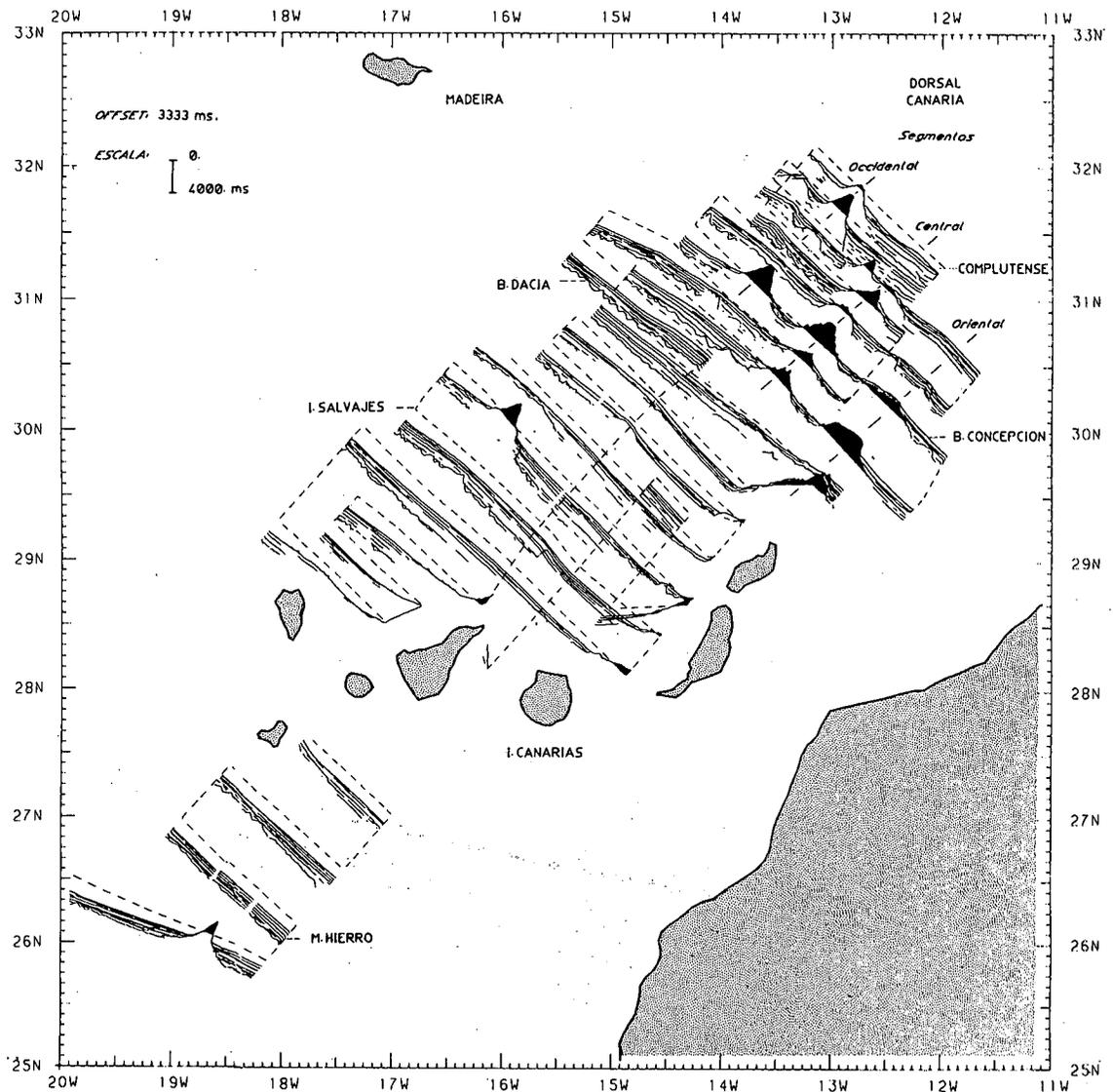


Figura 1.- Localización perfiles sísmicos de reflexión proyectados a lo largo de las líneas de navegación. Las zonas sombreadas indican profundidades inferiores a los 2500 m.

Figure 1.- Location of seismic reflection profiles projected along the track-lines. The shaded zones represent seamounts with depths shallower than 2500 m.

versidad de Utrecht, en colaboración con el Departamento de Geofísica de la Universidad Complutense de Madrid y el CSIC, realizó una campaña oceanográfica en aguas del Archipiélago Canario, dentro del programa de investigación de la corteza y fondos oceánicos del Atlántico Norte (Collette, 1981, Dañoibeitia *et al.*, 1983).

El objetivo del proyecto fue la obtención de datos geofísicos sobre un grupo de estructuras submarinas localizadas al norte y sur del Archipiélago Canario.

Los experimentos se realizaron a bordo del buque oceanográfico holandés M.V. Tyro, y constaron de una serie de perfiles geofísicos marinos perpendicula-

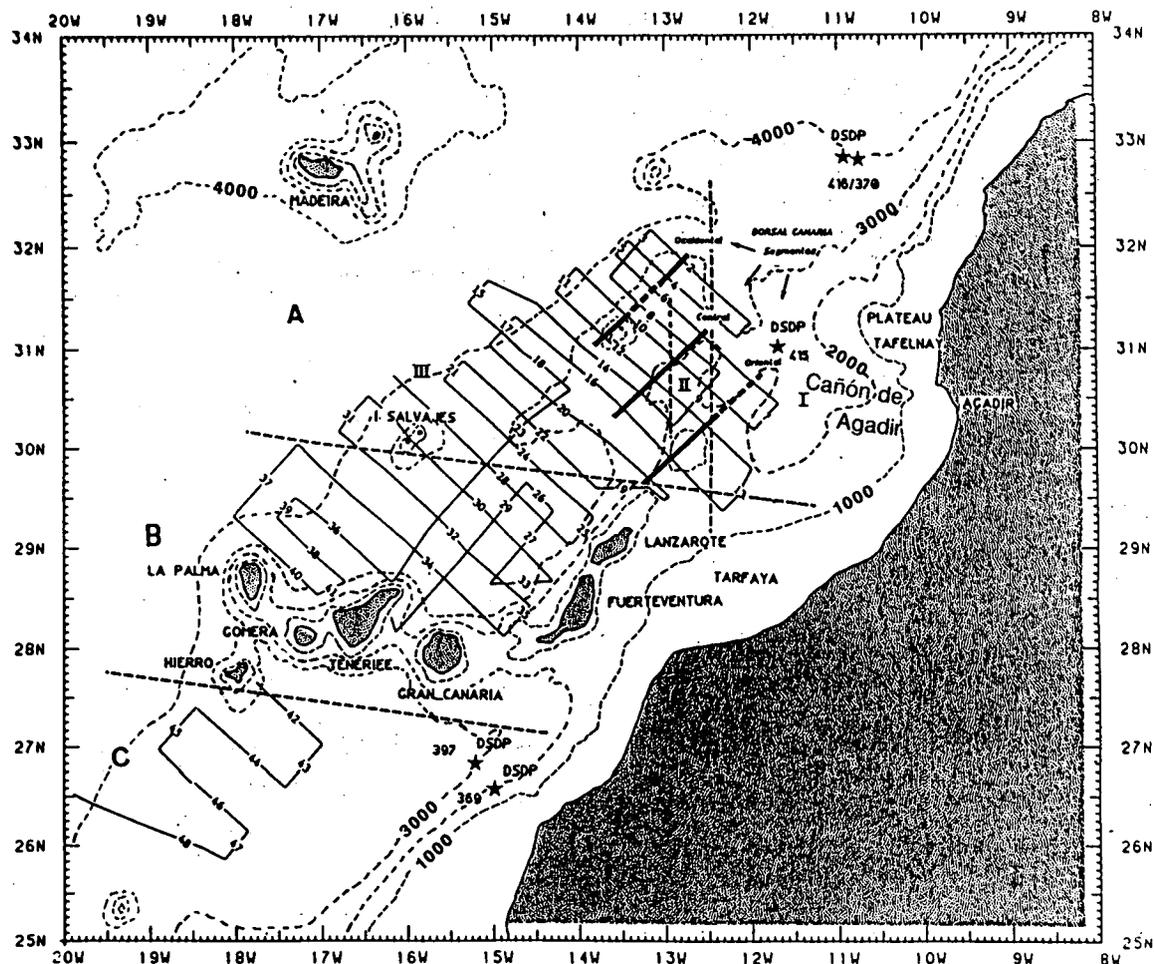


Figura 2.- División del área incluyendo la batimetría (intervalo 1000 m). A: zona norte con la subzonas: (I) Sedimentaria, (II) Transición y (III) Elevaciones volcánicas submarinas. B: zona central y C: zona meridional. Las líneas continuas gruesas indican los tres segmentos principales de la Dorsal Canaria. Estrellas indican los sondeos DSDP.

Figure 2.- Area division including the bathymetry (countour interval 1000 m) A: Northern zone with the following subzones: (I) Sedimentary (II) Transition and (III) Submarine volcanic elevation. B: Central zone and C: Southern zone. The continuous line shows the three main segments of the Canary Ridge. The DSDP boreholes are indicated by stars.

res a las estructuras en estudio. La longitud de los perfiles fue variable desde unos 150 km hasta 270 km, con una separación entre líneas de unos 30 km. En estos perfiles se obtuvieron simultáneamente medidas de sísmica de reflexión continua, gravimetría y magnetismo de campo total (Dañobeitia, 1985). En este artículo se presenta una descripción de los registros de sísmica de reflexión y su correlación con los sondeos más próximos.

## INSTRUMENTACIÓN

La fuente de energía utilizada fue un cañón neumático (airgun) Bolt de 40 cu. in. (666 cm<sup>3</sup>) con una secuencia de disparo de 10 s. Los registros fueron tanto analógicos como digitales y se obtuvieron mediante la utilización de dos o tres *streamers* con una sección activa de 30 m con 32 hidrófonos cada uno.

Los *streamers* son remolcados por el barco a una distancia de 100 a 150 metros y a una profundidad entre 6 y 9 metros para suprimir el ruido del oleaje.

En el procesado de los datos se ha utilizado un filtro paso-banda de 40-100 Hz, para suprimir el ruido en las bajas frecuencias. El filtro de baja (40 Hz) fue determinado para evitar el rango de frecuencias del ruido de cavitación. Esto supuso el no poder utilizar la frecuencia básica (20-24 hz) del cañón neumático (Collette *et al.*, 1984). Por esta razón solo nos concentramos en los modos armónicos del segundo al cuarto orden (Rutten *et al.*, 1972).

### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA

El área estudiada mediante perfiles sísmicos de reflexión, abarca desde las estructuras submarinas de la Dorsal Canaria (N-NE del Archipiélago Canario) hasta las Montañas Submarinas Saharianas (S del Archipiélago Canario). En la figura 1, se muestra un mapa del área con los perfiles de sísmica de reflexión proyectados a lo largo de las líneas de navegación. Las zonas sombreadas representan la topografía de las estructuras submarinas con profundidades inferiores a los 2500 m (3333 ms doble tiempo de recorrido, *dtr*). La profundidad en la zona varía notablemente, así en el área de la Dorsal Canaria (fig. 2) las profundidades medidas son inferiores a 3000 m, mientras que en los flancos N y S de las islas occidentales las profundidades superan los 3500 m (fig. 2). El conjunto del Archipiélago Canario, la Dorsal Canaria y el grupo de montañas submarinas Saharianas, origina una anomalía de profundidad (profundidad inferior a la indicada por las curvas teóricas de Parsons y Sclater, 1977) del orden de 500 a 1000 m (Dañobeitia, 1985; 1988). En las proximidades de las islas occidentales se producen los mayores gradientes batimétricos y una cierta discontinuidad en la anomalía de profundidad, mientras que cerca de las islas orientales (Lanzarote y Fuerteventura), el gradiente es sensiblemente inferior.

La Dorsal Canaria (figs. 1 y 2), compuesta por tres segmentos principales, muestra una clara alineación NNE-SSW. El segmento occidental, en el que se incluye el Banco de Dacia, presenta una cierta discontinuidad superficial. El segmento central es el más desarrollado tanto por su continuidad como por el número de montañas submarinas que lo componen, para este segmento se ha medido una dirección de 51° N, el segmento oriental se ha dividido en dos regiones, la región sur que corresponde al complejo volcánico submarino del Banco de la Concepción (30°N, 13°50'W), que supone la extensión marina de Lanzarote y Fuerteventura (Weigel *et al.*, 1978; Luyendyk y Bunce, 1973; Uchupi *et al.*, 1976). La región norte

(30°-31°N y 11°30'-12°30'W), algo más próxima al margen africano, presenta unas características morfológicas que sugieren una génesis sedimentaria en lugar de volcánica, dicha hipótesis es corroborada por la existencia de anomalías magnéticas de pequeña amplitud en contraste con las grandes amplitudes de los edificios volcánicos submarinos (Dañobeitia *et al.*, 1983).

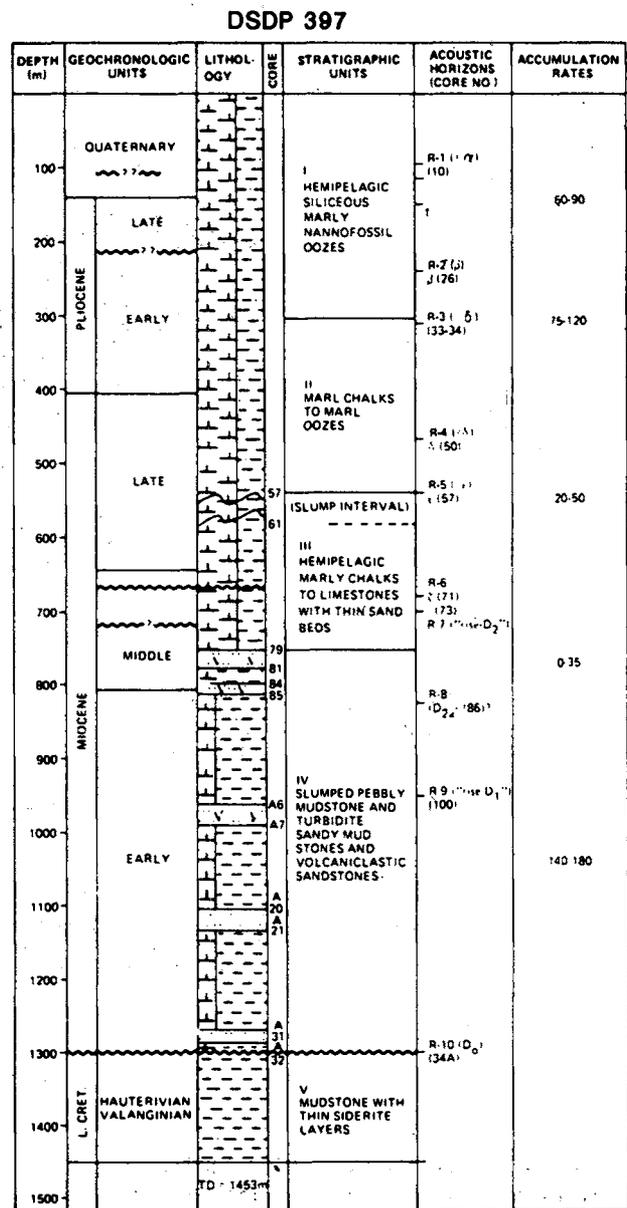


Figura 3.- Columnas estratigráficas de los sondeos DSDP 370, 397, 415 y 416.

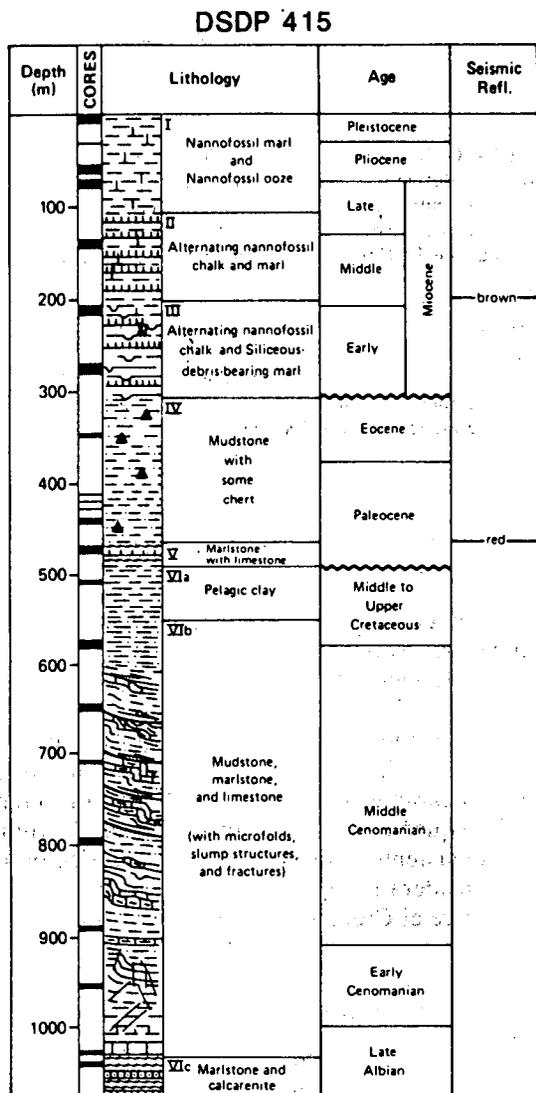
Figure 3.-Stratigraphic columns from DSDP 370, 397, 415 and 416.

Las Islas Salvajes (30°N,16°W) representan el límite más occidental de las estructuras estudiadas, aunque han de considerarse como una estructura aislada pues no parece conectar con la Dorsal Canaria.

En la zona meridional del Archipiélago se encuentra la montaña submarina de El Hierro, perteneciente al grupo de montañas submarinas conocidas como "Saharian seamounts".

### DIVISIÓN DEL ÁREA

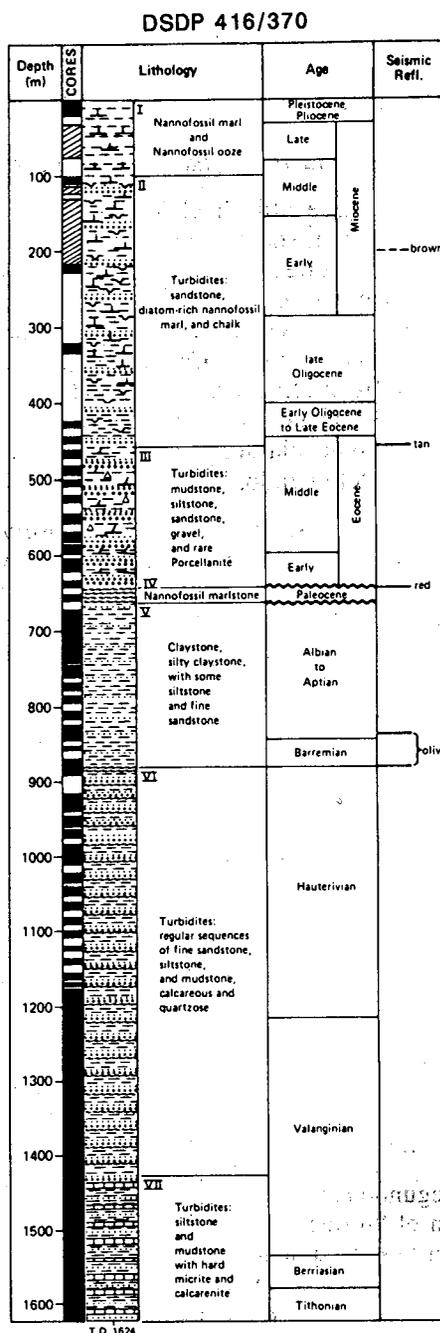
El área se ha dividido en función de las características de la señal acústica en tres zonas (fig. 2): (A) zona norte, (B) zona central y (C) zona meridional.



La zona norte (A), situada entre 29°N-33°N y 11°W-16°W, se caracteriza por la presencia de dos reflexiones prominentes con un alto grado de paralelismo y una cierta homogeneidad lateral. Estas reflexiones se han correlacionado con los sondeos DSDP 415, 416 (fig. 3). Sin embargo existen algunas características peculiares dentro de la zona, razón por la cual se ha realizado la siguiente subdivisión (fig. 2):

- Subzona sedimentaria (I), próxima al margen continental.

- Subzona de transición (II), con incipientes elevaciones.



- Subzona de las elevaciones volcánicas (III), situada al oeste.

La zona central (B) está constituida por la región situada entre las Islas Salvajes y el Archipiélago Canario, se caracteriza por la existencia de una reflexión muy superficial de gran amplitud, atribuible a materiales volcánicos.

La zona meridional (C) presenta características similares a la zona central, sin embargo, en esta zona se ha podido detectar claramente el "basamento oceánico". Se han correlacionado dos reflexiones con los sondeos DSDP 369/397 (fig. 3)

## ZONA NORTE

### Subzona sedimentaria del margen continental (I)

Esta subzona se sitúa en el flanco occidental de la cuenca sedimentaria del margen africano y corre paralela a la costa en dirección NNE-SSW (Beck and Lehner, 1974, Uchupi *et al.*, 1976, Seibold and Hinz, 1974, Lancelot and Winterer, 1980). El límite norte de la subzona lo constituye el Cañón de Agadir (Hinz *et al.*, 1982 b) (fig. 2). La profundidad media en esta subzona es de 2000 m, no llegándose al basamento debido a la enorme potencia sedimentaria y a las propias limitaciones del método.

En la cobertera sedimentaria se han observado dos reflexiones que destacan por su continuidad y reflectividad (figs. 4, 5 y 6). La más superficial se encuentra a una profundidad media de 500 ms (dtr) bajo el fondo oceánico y supone el primer reflector potente bajo una capa más o menos transparente, la reflexión más profunda está a una profundidad entre 1.0 s (dtr) y 1.3 s (dtr). Estas dos reflexiones se han correlacionado con las definidas por Lancelot y Winterer (1977) en el sondeo DSDP 415. El primer reflector descrito aquí se ha correlacionado con el "reflector marrón" localizado en el sondeo DSDP 415 a 200 m de profundidad. En el perfil sísmico Meteor 3902 que conecta los sondeos DSDP 415 y DSDP 416 (Winterer *et al.*, 1980), se encuentra entre 500 y 700 ms (dtr) decreciendo en las estribaciones del Cañón de Agadir hasta 250 ms (dtr) debido a la erosión.

El estudio estratigráfico del sondeo 415, sitúa el reflector marrón en la parte superior de una serie de areniscas bien cimentadas, próximas al límite entre el Mioceno inferior y el Mioceno medio.

El segundo reflector presenta grandes coincidencias con el "reflector rojo" descrito por Lancelot y Winterer (1977), quienes lo sitúan a una profundidad de unos 475 m en el sondeo DSDP 415. En el perfil sísmico Meteor 3902 se encuentra a una profundidad

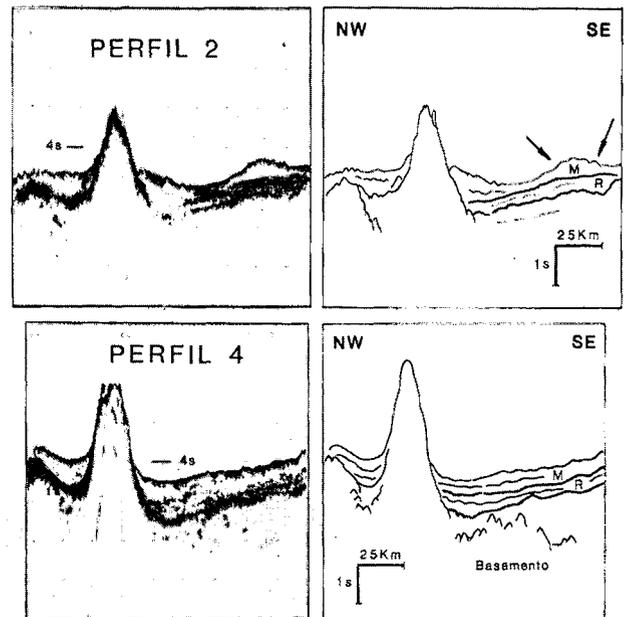


Figura 4.- Perfiles sísmicos de reflexión zona norte. El reflector marrón (M) define una discontinuidad de edad miocena y el rojo (R) una discontinuidad regional cretácica/terciaria. Las flechas indican zona de erosión. En los registros se ha utilizado un filtro paso-banda de 40-100 Hz. Profundidad de referencia es 4 s (3000 m).

Figure 4.- Seismic reflection profiles, recorded with a bandpass filter of 40-100 Hz, in the north zone. The M reflector is defined as a discontinuity of Miocene age and the R reflector as a Cretaceous/Tertiary regional discontinuity. The arrows show an erosional surface. Reference depth is 4 s (3000 m).

máxima de 1.3 s (dtr) (ver también Lancelot y Winterer, 1980, pags 37-38).

En el sondeo DSDP 415 los sedimentos paleogenos están separados de los cretácicos por un importante hiato. En el sondeo DSDP 416, el reflector rojo corresponde al cambio litológico entre el Paleoceno/Eoceno, mientras que el gran hiato Cretácico/Terciario se encuentra unos 20 m más profundo. Estos dos niveles estarían separados solamente unos 0.02 s (dtr) intervalo muy pequeño para poder realizar una discriminación consistente. Por esta razón, el reflector rojo puede considerarse regionalmente como una discontinuidad entre el Cretácico y el Terciario inferior.

### Subzona de transición (II)

Situada inmediatamente al oeste de la subzona sedimentaria. La subzona de transición presenta una

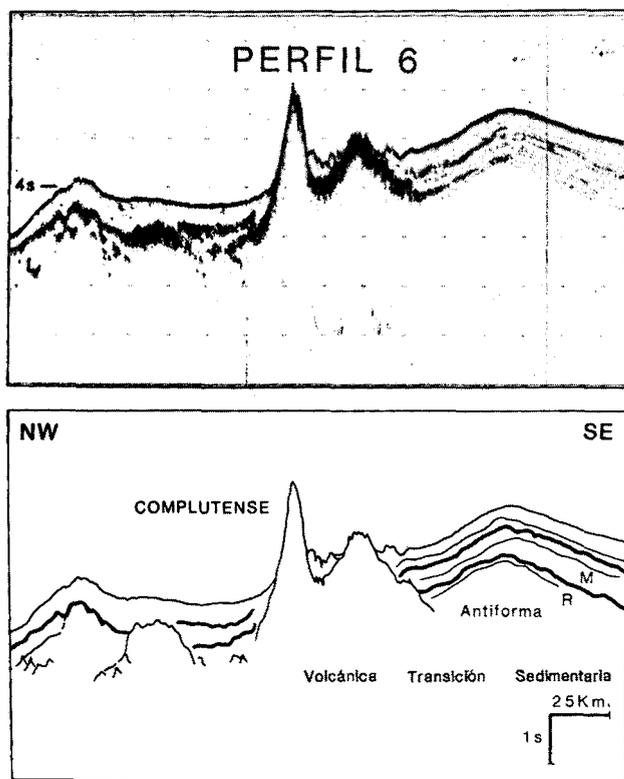


Figura 5.- Perfil sísmico que atraviesa las tres subzonas del área norte. Los reflectores marrón y rojo están indicados por M y R.

Figure 5.- Seismic profile across the three subzones of the northern area. The brown and red reflectors are indicated by M and R respectively.

estructura compleja debido a la interestratificación de capas sedimentarias con extrusiones e intrusiones de origen ígneo. En el perfil 9 (fig. 6) se puede observar un cambio lateral en las señales acústicas. En este perfil el reflector rojo desaparece al contacto con una capa (sill), es de notar que la parte superior de esta capa coincide con el reflector marrón. El perfil 12 (fig. 6) es otro claro ejemplo de la complejidad de la zona, en el sector más occidental se detecta incluso un segundo reflector en las inmediaciones de una estructura volcánica enterrada bajo sedimentos. Es significativo que la anomalía magnética producida por esta estructura posea una amplitud relativamente pequeña, en contraste con una anomalía gravimétrica relativamente importante (Dañoibeitia, 1985). La disminución de la magnetización podría explicarse por algún proceso térmico relacionado con el Banco de la Concepción. En el límite norte de esta subzona (perfil 6, fig. 5) se observa una elevación volcánica que emerge desde el reflector rojo, además el reflector marrón presenta una relación de onlap sobre dicha formación volcánica, esto situaría la edad del volcanismo entre el inicio del Paleoceno y claramente inferior al Mioceno medio.

### Subzona de las elevaciones volcánicas (III)

Al igual que en la subzona sedimentaria marginal (I), se pueden apreciar dos reflectores prominentes. El primero puede continuarse a través de la zona de transición y probablemente se trata del reflector marrón, que puede observarse bajo el paquete sedimentario (fig. 6). El segundo desaparece al atravesar la Dorsal Canaria y probablemente se trate del reflector rojo. No obstante un análisis cualitativo del carácter (reflectividad, amplitud y una cierta homogeneidad lateral de las facies sísmicas) de estas reflexiones pone de manifiesto que las reflexiones en ambas áreas son similares acústicamente.

En esta región, destacan dos cuencas sedimentarias situadas al SW (perfil 14 y 16 fig. 7) y NE (perfiles 10 y 8, fig. 8) del Banco de Dacia. En estas cuencas los reflectores se encuentran flexionados por la carga sedimentaria, alcanzando profundidades de 600 ms (dtr) para el primer reflector y más de 1100 ms (dtr) para el segundo. Las profundidades de ambos reflectores decrecen hacia el oeste, llegando el primer reflector a un mínimo de 200 ms (dtr) de profundidad. En estas cuencas se observa que las reflexiones presentan una relación de onlap sobre los edificios volcánicos, además de una alta amplitud y frecuencia con ciertas discontinuidades locales, lo que pone de manifiesto un acusado tectonismo. Es de resaltar igualmente el enorme influjo de la carga de la montaña submarina provocando la típica flexura cercana y un levantamiento o arqueo en la zona externa de la misma.

El segundo reflector presenta una topografía algo más acusada, tal vez debido a un levantamiento del basamento. Al norte del Banco de Dacia (perfil 6, fig. 5) se observan algunas estructuras poco profundas que producen una anomalía magnética importante (Dañoibeitia, 1985). El basamento oceánico se ha detectado al oeste del área aunque desaparece progresivamente hacia el Este bajo la enorme potencia de los sedimentos y/o de las elevaciones volcánicas (perfil 12, fig. 6).

Las elevaciones submarinas de La Topera (30°N, 14°50'W), I. Salvajes (30°05'N, 15°55'W) (fig. 9) y La Complutense (31°15'N, 12°40'W) (fig. 5), se encuentran fuera de la alineación y además presentan unas características algo diferentes, por lo que se podrían tratar como edificios volcánicos independientes.

### Mapas de isopacas

Los mapas de isopacas representados en la figura 10, están definidos por los reflectores marrón y rojo. La unidad sísmica superficial (M1) está determinada por el reflector marrón, y la unidad inferior (R1) está determinada por los reflectores marrón y rojo.

### PERFIL 12

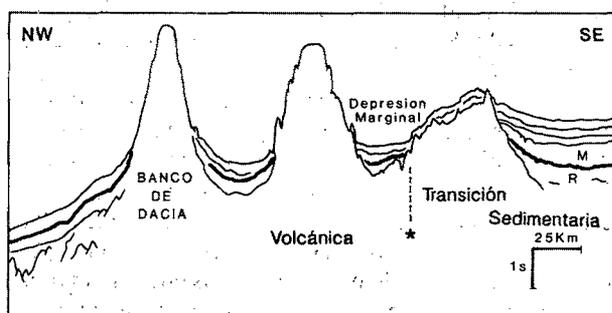
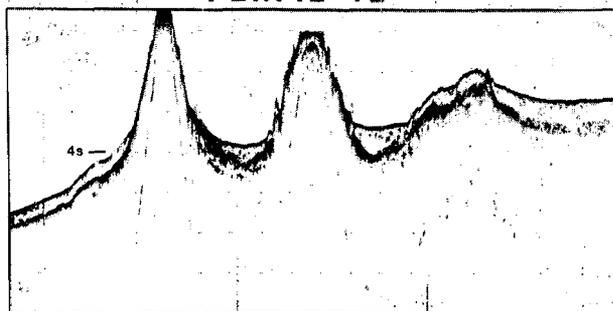
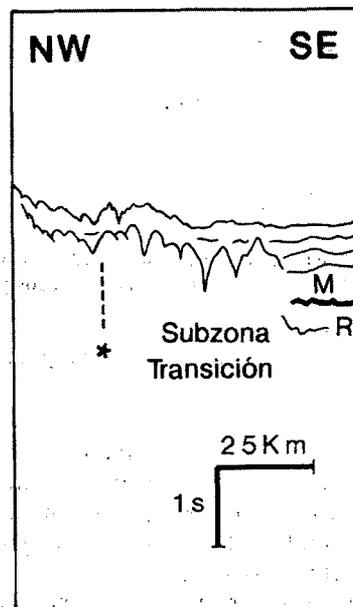
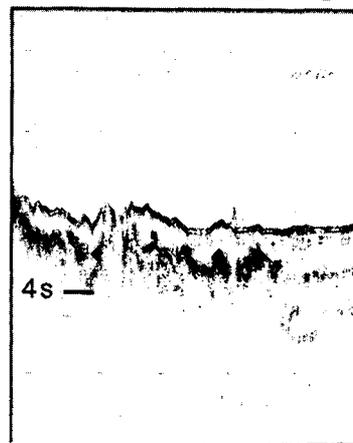


Figura 6.- En el perfil 12 se muestra el Banco de Dacia, nótese la diferencia de profundidad entre el este y oeste del perfil ( $\approx 1500$  m). En el perfil 9 se muestra la desaparición de los reflectores M y R al contacto con una capa volcánica. Los perfiles 9 y 12 son perpendiculares entre sí, el punto de corte es indicado por un asterisco.

Figure 6.- Profile 12 displays The Dacia Bank. Note the difference in depth between the east and west of the profile ( $\approx 1500$  m). Profile 9 shows a masking of M and R reflectors at the contact with a volcanic layer. Profiles 9 and 12 are perpendicular to each other. Asterisk indicates the cross-point.

### PERFIL 9



Los mapas de isopacas confirman evidentemente la existencia de cuencas sedimentarias localizadas entre las elevaciones de la Dorsal Canaria. Las isopacas de la unidad sísmica M1, se han representado en ms (fig. 10.a) y en metros (fig. 10.b). La transformación del mapa a metros se ha realizado extrapolando la velocidad de 1.6 km/s obtenida por sonda diagráfica en el sondeo DSDP 415.

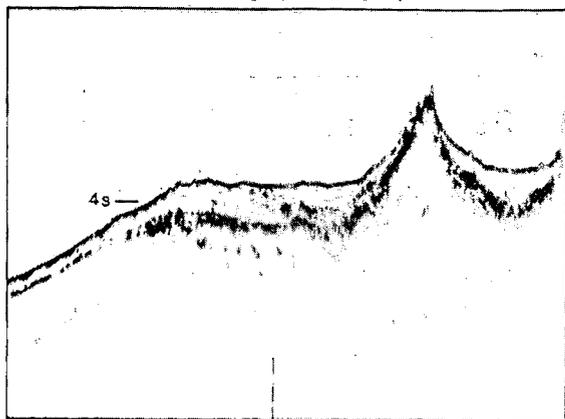
En estos mapas la cuenca más notable está situada al NE del Banco de Dacia (fig. 10.a) con un espesor superior a los 800 m. Al este del segmento central de la "Dorsal Canaria", se aprecia una pequeña cuenca sedimentaria que alcanza un espesor superior a los 600 m. En el sector nororiental existe una elevación volcánica submarina (fig. 4) en cuyo margen se ha medido un espesor para la unidad M1 que sobrepasa

los 600 m. En esta parte de la región hay ejemplos de la acción de corrientes de contorno (perfil 2, fig. 4).

Para la unidad sísmica M1 la diferencia entre las figs 10.a y 10.b es pequeña debido a la suave inclinación de los reflectores. Obsérvese, sin embargo, un aumento en la curvatura de la capa en la zona de la antiforma ( $30^{\circ}$ - $31^{\circ}$ N y  $11^{\circ}30'$ - $12^{\circ}30'$ W), donde se ha medido un buzamiento aparente de la secuencia M1 de  $0.3^{\circ}$  hacia el continente por  $0.2^{\circ}$  hacia el mar.

Las isopacas de la unidad R1 se muestran en las figuras 10.c y 10.d. La velocidad utilizada para transformar la sección a metros ha sido de 2.0 km/s, igualmente obtenida del sondeo 415. En este caso, la morfología de las cuencas marginales es más irregular que en la unidad M1, lo que demuestra no sólo el influjo de

## PERFIL 14



## PERFIL 16

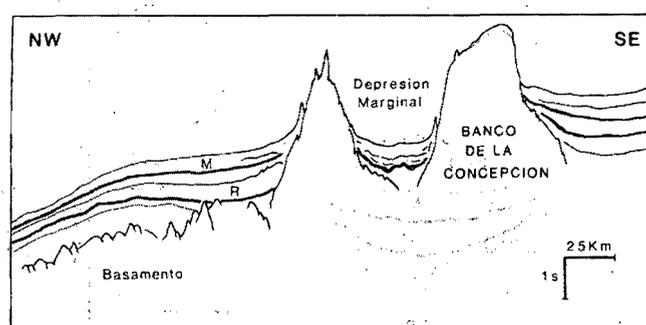
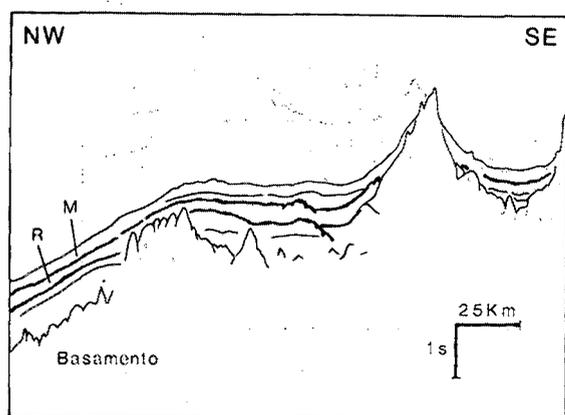
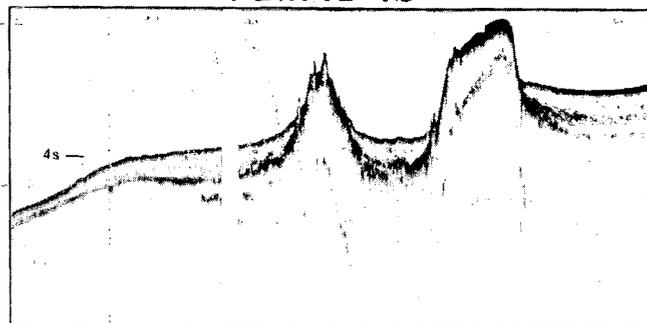


Figura 7.- En el perfil 16, se muestra el Banco de la Concepción, en este perfil se indica la correlación de los reflectores M y R a través de la Dorsal Canaria. En la zona occidental se aprecia el basamento. Al oeste de la montaña submarina (perfil 14), se observa una pequeña cuenca sedimentaria y la flexión de los reflectores M y R.

Figure 7.- The Conception Bank is shown in profile 16. In this profile the M and R reflectors have been continued through the Canary Ridge. In the western side the basement is visible. To the west of the seamount (profile 14), a sedimentary basin is shown where reflectors M and R are deflected.

la carga sedimentaria que soportan, sino la mayor actividad tectónica sufrida en el Paleoceno.

Nuevamente se observa en la antifirma (fig. 5), una diferencia en los buzamientos de la unidad R1, siendo de  $0.6^\circ$  en dirección este y  $0.3^\circ$  en dirección oeste, confirmando una mayor curvatura hacia el continente.

La profundidad del reflector rojo aumenta hacia el continente, superando los 1300 ms (dtr) y alcanzado un espesor de 800 m. La unidad R1 también confirma la existencia de importantes cuencas sedimentarias en los flancos de la Dorsal Canaria, destacando la situada al SW del Banco de Dacia cuyo espesor llega hasta los 1000 m.

En general el espesor (figs. 10.b, 10.d) de los

depósitos sedimentarios es mayor en la zona oriental que en la zona occidental, esta diferencia es debida a varios factores conjuntos. Por una parte, los sedimentos procedentes de la plataforma no son atrapados en el talud continental sino que son desplazados hacia el ascenso continental por los cañones submarinos. El Cañón de Agadir (fig. 2), activo desde el Paleogeno (Lancelot y Winterer, 1980), podría canalizar tales sedimentos. El transporte de sedimentos procedentes del talud continental por corrientes de turbidez y flujos en masa, supone una parte importante de los aportes sedimentarios del margen continental Marroquí (Watkins y Hoppe, 1979). Por otra parte, el aporte de materiales volcánicos procedentes de las grandes elevaciones volcánicas, situadas al oeste de la cuenca, es otro factor a tener en cuenta.

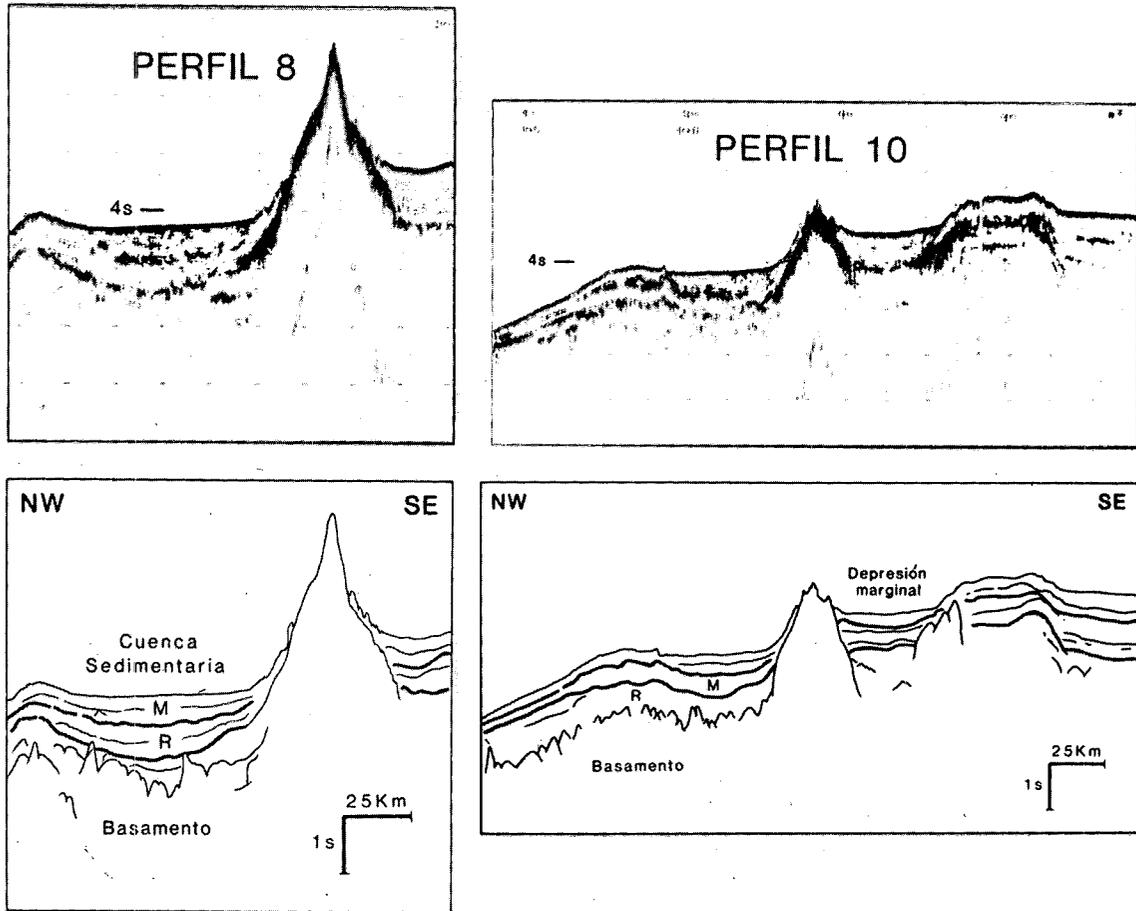


Figura 8.- Estos perfiles muestran la cuenca sedimentaria al NE del Banco Dacia, donde los reflectores M y R alcanzan unos máximos relativos de profundidad.

Figure 8.- These profiles show a sedimentary basin located to the NE of Dacia Bank, where reflectors M and R reach their maximum depth.

### Zonas Central y Meridional

Las regiones próximas a las islas se han incluido en la zona central (B) localizada entre las Islas Salvasjes y el Archipiélago Canario. La zona meridional (C) está situada al sur de la Isla de El Hierro (fig. 2).

En los perfiles sísmicos (32 y 34, fig. 11), emplazados al oeste de Lanzarote y Fuerteventura, se ha observado una cobertera volcánica (volcanic apron) de unos 50 km de extensión recubierta por una unidad sísmica de espesor variable de 0.5 a 0.8 s (fig. 11). Desde la cobertera volcánica y en un intervalo de unos 150 km, se observa una serie de reflexiones paralelas. De entre estas reflexiones destacan por su mayor amplitud, la "α" situada a 300 ms (dtr) y la "β" situada a 750 ms (dtr) de profundidad (fig. 11). Estas reflexiones marcan la superficie de dos unidades sísmicas.

La unidad superficial (S1), está caracterizada por un alto grado de paralelismo de los reflectores constituyentes y una cierta homogeneidad lateral de las facies. La unidad más profunda (S2), se caracteriza por una flexión de las reflexiones internas ocasionada por la carga de los materiales suprayacentes. En esta unidad (S2), cerca de la cobertera volcánica de Fuerteventura, se ha localizado lo que parece ser una capa volcánica o sill de una extensión lateral de unos 30 km (fig. 11).

En el sondeo DSDP 397, se han datado varias capas compuestas por rocas volcánicas de edad mioceno medio (Schmincke y von Rad, 1979). La unidad (S2) definida por el reflector "β" se ha interpretado como un período de edad miocena (Grunau *et al.*, 1975) y podría conectarse con fases de la construcción de las islas orientales (Lanzarote y Fuerteventura). La uni-

dad superficial (S1) definida en su base por el reflector "α", estaría constituida por sedimentos de edad Mioceno-Plioceno, con interestratificaciones volcano-sedimentarias.

A unos 200 km de la cobertera volcánica hacia el oeste, se observa un levantamiento del basamento oceánico (fig. 11) asociado al abombamiento del fondo oceánico ocasionado por volcanismo de las Islas Salvajes.

Los perfiles cercanos a Tenerife y La Palma (perfiles 38 y 40 fig. 12) presentan unas características completamente distintas a las secciones estudiadas hasta ahora en el área. La reflexión más superficial puede considerarse de gran extensión (≈ 100 km). El carácter sísmico de esta reflexión, alta reflectividad, ausencia casi total de sedimentos unido a la imposibi-

lidad de penetración de la señal sísmica, sugiere que se trata de una capa altamente reflectiva por lo que podría tratarse de material volcánico. Este reflector no puede estar relacionado con las primeras fases del volcanismo subaereo, pero sí con períodos volcánicos posteriores.

En los perfiles situados al sur del Archipiélago Canario (perfiles 42 al 48, figs. 13 y 14), se observan una serie de reflexiones entre las que destaca la denominada "B". Esta reflexión se encuentra a una profundidad media de unos 750 ms (dtr) y supone el techo de una unidad sísmica de alta reflectividad, continuidad lateral y subparalelismo de las facies constituyentes que presentan un suave adelgazamiento hacia las zonas profundas. Próximo a estos perfiles se encuentran los sondeos DSDP 397/369 (fig. 2). En el perfil Meteor 25-A2 que cruza el sondeo 369 y está próximo al 397 (Seibold y Hinz, 1976), se localiza el reflector R-7 (Wissmann, 1979) situado a unos 750 ms (dtr) que muestra características acústicas y estratigráficas similares al reflector "B".

En las secciones próximas a Gran Canaria se puede correlacionar tentativamente el otro reflector más superficial ("H") localizado a unos 250-300 ms (dtr) de profundidad (fig. 13 perfiles 42, 43 y 44). Este reflector podría tratarse del R-2 (von Rad, Ryan *et al.*, 1979).

En los perfiles 44 y 45 (fig. 13), se observa una cobertera volcánica probablemente relacionada con la isla de El Hierro. Por otra parte en los perfiles 46 y 48 (fig. 14) se aprecia un reflector situado a 400 ms (dtr) de profundidad, por su alta reflectividad bien podría ser volcánico y por su situación pudiera estar conectado a la montaña submarina de El Hierro que es la más septentrional del grupo de las montañas submarinas Saharianas.

#### APROXIMACIÓN A LA EDAD DE LOS EDIFICIOS VOLCÁNICOS SUBMARINOS

La edad del volcanismo subaereo Canario es relativamente bien conocida (Abdel-Monem., 1971; 1972, Lietz y Schmincke, 1975), sin embargo sobre las edades del extenso volcanismo submarino en las zonas adyacentes al Archipiélago la situación es bien distinta.

Grunau *et al.* (1975) basándose en dataciones de K/Ar realizadas en Fuerteventura, afirman que la actividad volcánica debió de comenzar entre el Eoceno y el Mioceno medio. Araña y Ortiz (1986) opinan que la salida de los magmas comenzó a partir del Oligoceno, von Rad y Arthur (1979) (c.f von Rad y Einsele, 1980) concluyen que no existió volcanismo subaéreo hasta el Eoceno y que el crecimiento y elevación de los volcanes más antiguos no comenzó antes del Paleoge-

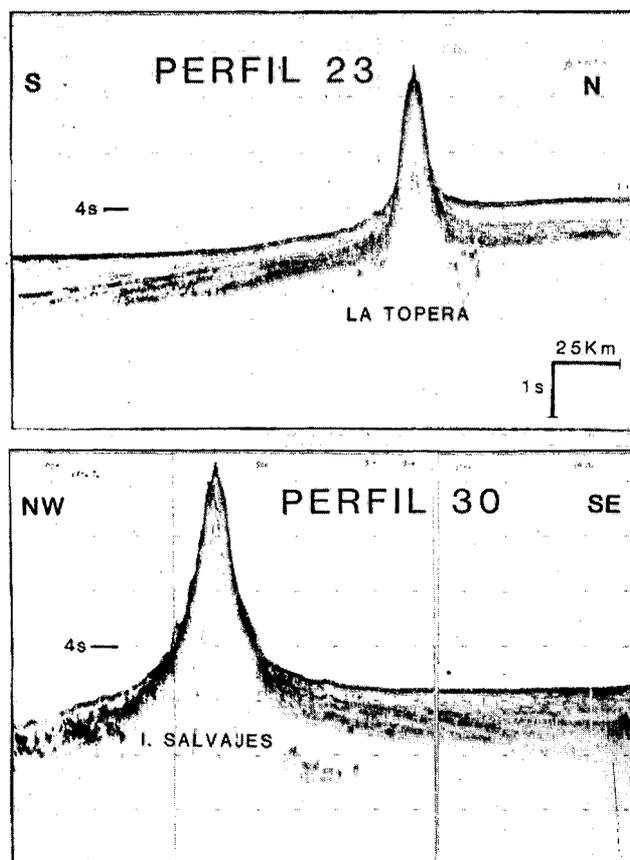


Figura 9.- Perfiles sísmicos de las elevaciones volcánicas independientes La Topera y las islas Salvajes.

Figure 9.- Seismic profiles of the independent volcanic highs: La Topera and the Salvajes Islands.

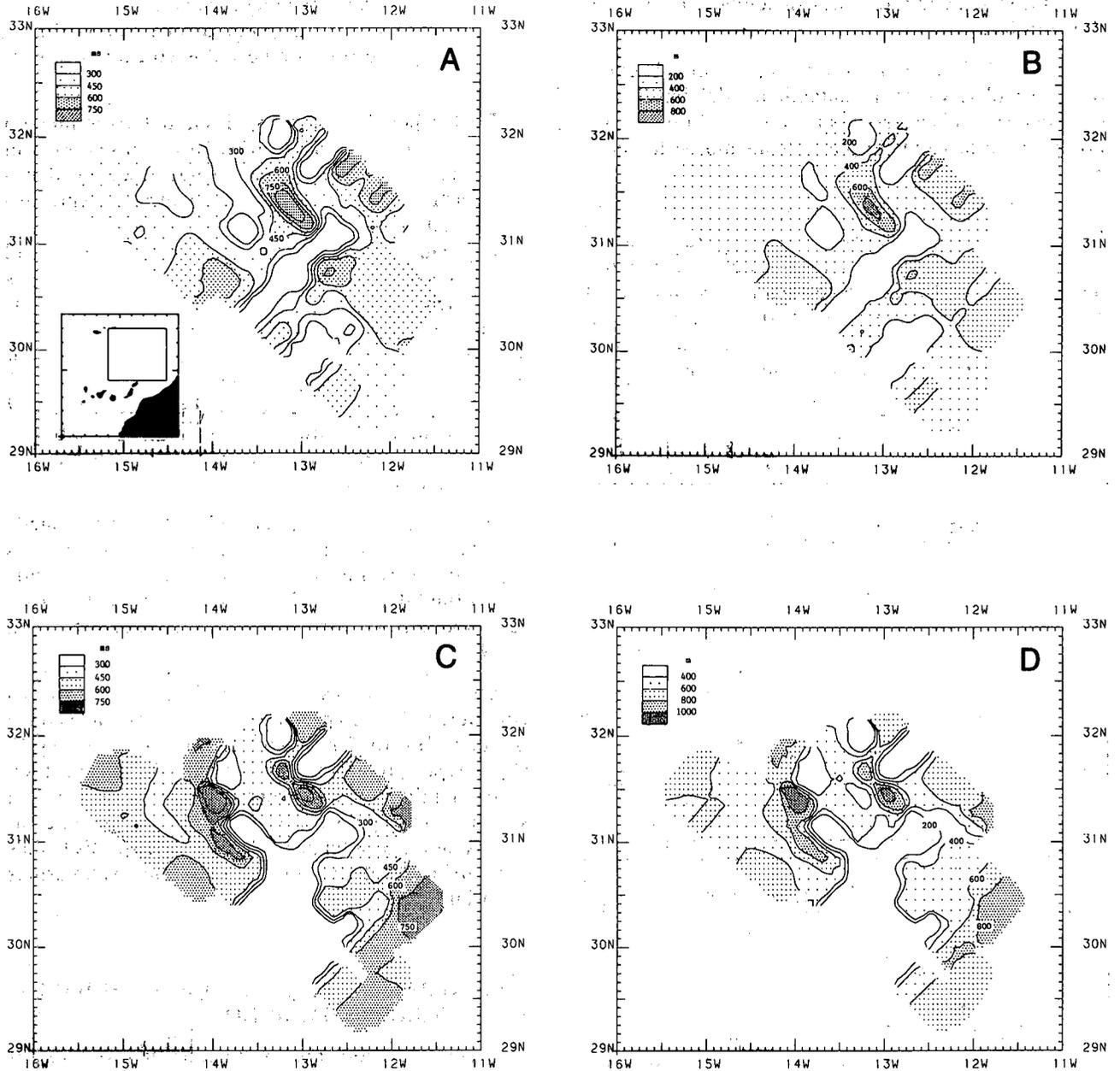


Figura 10.- Mapas de isopacas filtrados con un corte de longitud de onda de 37 km y una pendiente de 6 dB/oct. A.- Primera capa definida por el reflector marrón. Intervalo de contorno es 150 ms. Zonas claras indican elevaciones submarinas. B.- Isopacas de la primera capa. Velocidad: 1.6 km/s. Intervalo de contorno 200 m. C.- Segunda capa definida por el reflector rojo. Intervalo de contorno 150 ms. D.- Isopacas de la segunda capa. Velocidad: 2.0 km/s. Intervalo de contorno 200 m.

Figure 10.- Isopach Maps filtered with a cut-off wavelength of 37 km and roll-off of 6 dB/oct. A.- First layer defined by the brown reflector. Contour interval is 150 ms. White zones reveal seamounts. B.- Isopach of the first layer. Velocity: 1.6 km/s. Contour interval is 200 m. C.- Second layer defined by the red reflector. Contour interval is 150 ms. D.- Isopach of the second layer. Velocity: 2.0 km/s. Contour interval is 200 m.

no. Estos autores encontraron que el primer evento volcánico datable en el sondeo DSDP 397 es de edad Mioceno inferior.

A partir de los datos de sísmica de reflexión obtenidos al norte y sur del Archipiélago, junto con la información disponible de los sondeos próximos se ha realizado una acotación en cuanto al inicio de los primeros estadios del volcanismo submarino se refiere.

En la zona norte (fig. 2), donde se encuentran los edificios volcánicos más espectaculares, se han podido correlacionar dos unidades litosísmicas a lo largo de la mayoría de los perfiles con los datos obtenidos en los sondeos DSDP 415-416.

Utilizando técnicas de estratigrafía sísmica, se ha observado que en la mayoría de los perfiles (figs. 5, 7 y 8), estas unidades presentan una relación de onlap sobre los edificios volcánicos submarinos, además en la zona más occidental destaca una alta amplitud de las facies sísmicas que en algunos casos, próximas a las elevaciones submarinas, muestran una cierta disconti-

nuidad propia de una tectónica activa. En los perfiles sísmicos 6, 8, 16 (figs. 5, 7 y 8) parece claro que el reflector rojo conecta con las elevaciones volcánicas por lo que se puede decir que data el volcanismo a comienzos del Paleogeno. El otro reflector importante que se ha correlacionado con los sondeos DSDP 415-416, está datado como el límite entre el Mioceno medio y Mioceno superior. Las facies sísmicas muestran amplitudes ligeramente inferiores a las anteriores y una mayor continuidad lateral. Esto favorecería la posibilidad de una reactivación con una tectónica algo menos acusada que podría situarse en el Mioceno medio (Robertson y Stillman, 1979). El hecho que el reflector más profundo se haya definido regionalmente como el contacto entre el Cretácico superior/ Terciario inferior, supone la obtención de un límite inferior como inicio más probable del volcanismo submarino en la zona norte. Weigel *et al.* (1978) afirman que el Banco de la Concepción (fig. 7) situado en esta zona es de edad Paleoceno/Eoceno.

En la Zona Central, se han detectado dos reflectores que se han interpretado como superficies de dos

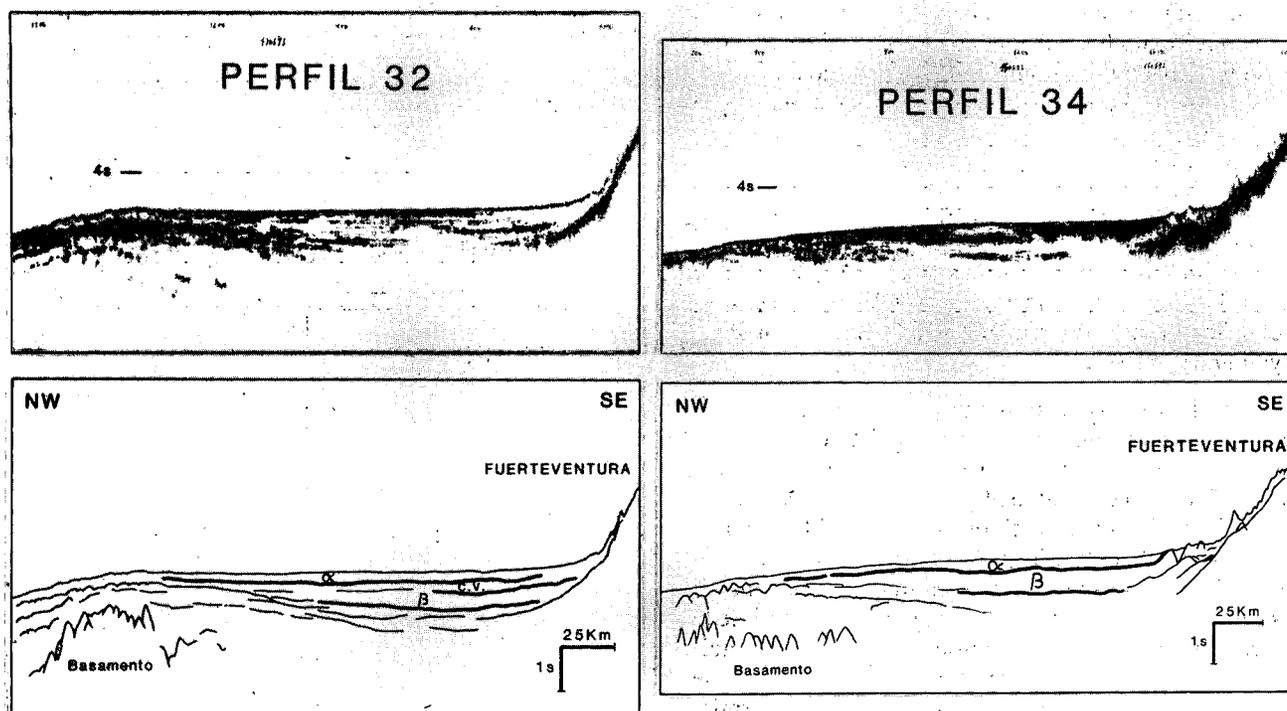


Figura 11.- Perfiles sísmicos de reflexión situados al oeste de Lanzarote-Fuerteventura. El reflector- $\alpha$ , base de la unidad sísmica miocena/pliocena y el reflector-B es la base de la unidad sísmica miocena. Ambos reflectores se han correlacionado con el sondeo DSDP 397.

Figure 11.- Seismic reflection profiles and line drawings located to the west of Lanzarote-Fuerteventura. The  $\alpha$ -reflector with a mean depth of 300 ms is the base of a seismic unit of Miocene-Pliocene age. The B-reflector with a mean depth of 750 ms is the base of a seismic unit of Miocene age. Both reflectors are correlated with the DSDP 397.

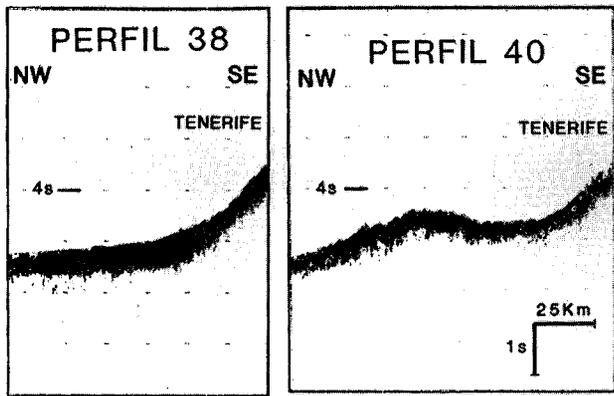


Figura 12.- Perfiles sísmicos de reflexión cercanos a las islas de Tenerife y La Palma.

Figure 12.- Seismic reflection profiles close to Tenerife and La Palma.

unidades sísmicas de edades Mioceno y Mioceno-Pliocenos respectivamente, compuestas parcialmente por material volcánico correlacionado con fases de la construcción de los edificios orientales. En cuanto al reflector opaco y muy superficial, próximo a las islas de Tenerife y La Palma, sugiere que estamos ante flujos de lavas volcánicas relacionados con explosiones jóvenes ocurridas en dichas islas.

En la zona meridional la correlación se ha realizado con los sondeos DSDP 369/397. En esta zona y en base a similares características acústicas, el reflector "B" se ha correlacionado con el R-7 (Wissmann, 1979) y el reflector más superficial "H" con el R-2 (von Rad, Ryan *et al.*, 1979).

El reflector R-7 ha sido interpretado como el techo de una capa de material volcanoclástico de varios metros de espesor, en base al análisis de testigos (397-78 y 397-85) en el sondeo 397 (Schmincke y von Rad, 1979). El techo de los testigos (V-1) coincidiría con el reflector (R-7) definido por Wissmann (1979) en el perfil Meteor 46-37. La proximidad de este perfil sísmico con los de este estudio (fig. 2), hace factible la extrapolación de la correlación. Además, la coincidencia tanto del carácter de la señal acústica como de la profundidad del reflector "B" con el R-7 permite pensar que se trata de la misma unidad sísmica. La procedencia de estos materiales es algo más problemática. Sin embargo la coincidencia de esta capa con la datada en los sondeos 397/369, indica que podría tratarse de material de edad Mioceno inferior (von Rad y Arthur, 1979) procedente de las erupciones iniciales de los edificios orientales (Schmincke y von Rad, 1979).

En cuanto al reflector más superficial el R-2 podría estar conectado con fases del volcanismo subaereo de edad pliocena, del sur de Gran Canaria (Wissmann, 1979).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El reconocimiento geofísico llevado a cabo en el año 1981 (Collette, 1981, Dañoibeitia *et al.*, 1983) puso de manifiesto que el Archipiélago Canario supone en su conjunto una anomalía de profundidad en el Atlántico Norte (Dañoibeitia, 1985; 1988). Esto implica la existencia de un volcanismo importante y extensivo. Este volcanismo, unido a procesos sedimentarios relacionados con el margen continental africano, hacen del Archipiélago Canario un lugar idóneo para el análisis y estudio de volcanismo intraplaca, y los procesos relacionados con la apertura del Atlántico.

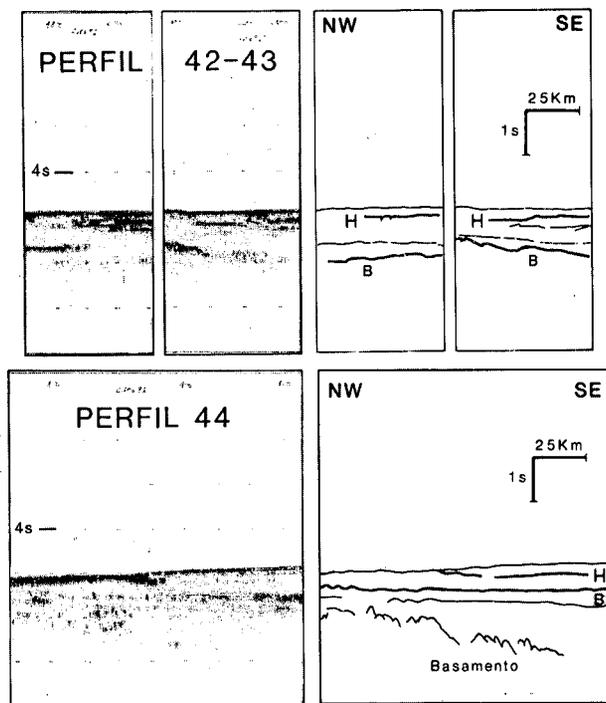


Figura 13.- Perfiles sísmicos de la zona meridional, situados al suroeste de Tenerife y Gran Canaria. El reflector B está definido como la cima de una capa volcánica miocena media, el reflector H es correlacionado con erupciones del sur de Gran Canaria.

Figure 13.- Seismic reflection profiles from the southern zone, located to the SW of Tenerife and Gran Canaria. The B reflector is defined as the top of a volcanic layer of middle Miocene age. The H reflector is correlated with volcanic eruptions from the south of Gran Canaria.

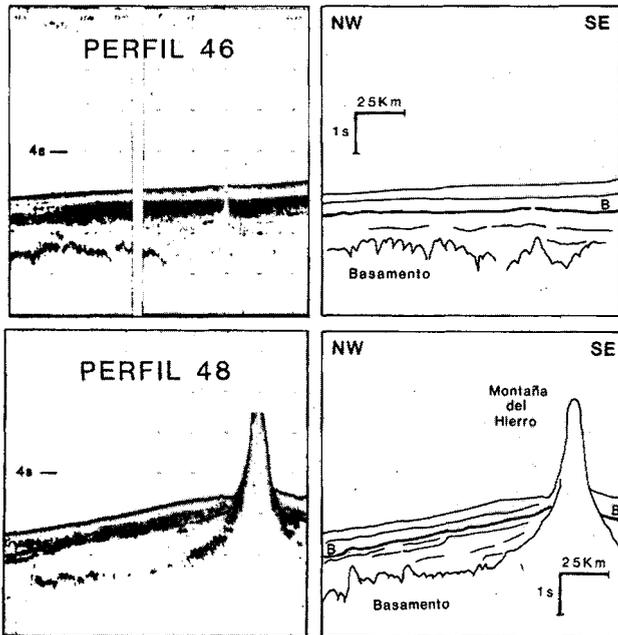


Figura 14.- En el perfil 48 está la montaña submarina de El Hierro. El reflector B situado a unos 400 ms. En estos perfiles se observa claramente el basamento oceánico.

Figure 14.- Profile 48 exhibits the Hierro seamount (one of the Saharian seamount swell). The B reflector situated at a mean depth of 400 ms. These profiles show clearly the acoustic basement.

El estudio mediante sísmica de reflexión, junto con la información proporcionada por los sondeos (DSDP) próximos, ha servido para correlacionar una serie de reflectores con capas volcánicas datadas en los sondeos (Tabla I).

En la zona al Norte del Archipiélago se ha confirmado la existencia de unas direcciones principales o dorsales (ridges), compuestas por tres segmentos paralelos, que se ha denominado "Dorsal Canaria". La dirección estructural de la dorsal es 51° N, aunque cada dorsal parece presentar localmente una estructura en escalón. Esta dirección es prácticamente perpendicular a la dirección de spreading en el Mesozoico, y podría ser explicada como consecuencia de los cambios acaecidos en la dirección de expansión del Atlántico en torno a la anomalía 25 (Roest, 1987) que produjeron un periodo de calma en el Paleoceno, reactivado posteriormente (50 Ma) en la anomalía 21 (Klitgord y Schouten, 1986).

Teniendo en cuenta que los principales periodos orogénicos del "Atlas Occidental" son: eoceno superior, oligoceno superior y mioceno (Dillon y Sougy., 1974, Anguita y Hernán, 1975) es posible que las

TABLA I.- Correlación de reflectores sísmicos al norte y sur del Archipiélago Canario.

TABLE I.- Seismic reflectors correlation north and south of the Canary Archipelago.

Edad	zona norte	zona central	zona meridional
Plioceno			H
Mioceno superior		a	
Mioceno inferior	M	β	B
Cretácico/Terciario	R		

fracturas tardihercínicas del sistema de fracturas del NW de Africa (Agadir), fuesen reactivadas provocando una relajación de los esfuerzos sublitosféricos y en consecuencia una intrusión en la base de la corteza. Esto estaría en consonancia con las edades aquí obtenidas ya que la correlación de los reflectores rojo y marrón con los sondeos (DSDP 415/416) ha puesto de manifiesto que la edad de los edificios volcánicos submarinos situados al norte del Archipiélago es Paleogeno (Paleoceno/Eoceno) e indican que hubo una reactivación volcánica importante en el Mioceno medio. Por otra parte, la estructuración en escalón podría ser explicada por una salida de los magmas bajo un régimen de expansión oceánico lento, unido a la colisión de Eurasia con Africa con el consiguiente cambio en la dirección de expansión oceánica.

Sin embargo no todos los edificios submarinos pertenecen a las mencionadas alineaciones, así, se han encontrado también edificios volcánicos independientes como son: La Topera, Islas Salvajes, La Complutense.

Entre la zona occidental y oriental existe una diferencia estructural, al oeste de la Dorsal Canaria se detecta el basamento oceánico. La facies sísmicas en la zona occidental muestran que al inicio del Paleogeno debió de existir una importante tectónica con movimientos verticales.

En la zona central, se han interpretado dos unidades sísmicas de edades Mioceno y Mioceno-Plioceno conectadas con el crecimiento de los edificios volcánicos orientales. En esta misma zona, cerca de Tenerife, la existencia de una reflexión de gran amplitud y

superficial se ha correlacionado tentativamente con material volcánico procedente de explosiones jóvenes ocurridas en Tenerife y La Palma.

En la zona meridional, la coincidencia del techo del reflector con la cima de una serie de capas volcánicas (V-1, V1a, V3) con la datada en los sondeos 369/397, nos ofrece la posibilidad de poder acotar en el tiempo la incidencia del volcanismo canario en esta zona. Schmincke y von Rad (1979) especularon sobre la posible procedencia de los materiales volcánicos analizados en el sondeo 397. Partiendo de la proximidad de las islas orientales optaron por una procedencia bien de Lanzarote y Fuerteventura bien de Gran Canaria que también está próxima. Sin embargo, existen una serie de factores que hay que considerar, por una parte y mediante dataciones de estos materiales en el sondeo 397, la edad obtenida está en torno a los 15-17 Ma, esto descarta el que dichos materiales procedan de la cercana isla de Gran Canaria, pues la fase subaérea de construcción de dicha isla no comenzó hasta unos 14 Ma (Mcdougall y Schmincke, 1976). Esto nos conduce a la opción alternativa de que tales materiales procedan de la fase submarina de Fuerteventura cuya datación está entre los 12 y 20 Ma. Si se considera válida la datación de estos elementos volcánicos y en base a la estratigrafía sísmica, en el perfil 48 (fig. 14), el reflector "B" onlapa a la montaña submarina de El Hierro (de origen volcánico) y por lo tanto data este volcanismo como Mioceno medio. Parece probable que este reflector esté relacionado con el volcanismo meridional de las Montañas submarinas Saharianas, aunque no se descarta la hipótesis del influjo de las islas más meridionales del archipiélago. Tal vez parte de los reflectores más superficiales que no se han correlacionado aquí por falta de pruebas fehacientes, estén relacionados con fases posteriores del volcanismo subaéreo canario.

La edad del inicio del volcanismo al sur del Archipiélago es posterior al volcanismo acaecido en la zona al norte del archipiélago.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a una beca de intercambio, obtenida por el primer autor, entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y el Vening Meinesz Laboratorium de la Universidad de Utrecht. La campaña oceanográfica ha sido subvencionada por el Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek. Queremos agradecer la ayuda prestada por la tripulación del buque oceanográfico holandés M.V. Tyro, así como los comentarios críticos de J.I. Díaz, Marcel H. Farrán, C. R. Ranero y la ayuda en la parte gráfica de E. Clavero.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-MONEM, A., WATKINS, N.D. y GAST, P.W., 1971: Potassium-Argon ages, Volcanic stratigraphy and geomagnetic polarity history of the Canary Islands, Lanzarote, Fuerteventura and La Gomera, *Am. J. Sci.*, 271: 490-521.
- 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 Hierro., *Am. J. Sci.*, 272: 805-825.
- ANGUITA, F. y HERNÁN, F., 1975: A propagating fracture model versus a hot spot origin for the Canary Islands, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 27: 11-19.
- ARAÑA, V. y ORTIZ, R., 1986: Marco geodinámico del volcanismo Canario. *Anales de Física*, 202-231.
- BECH, R.H. y LEHNER, P., 1974: Oceans, New frontier in Exploration, *Bull. Am. Assoc. Petr. Geol.*, 58: 376-395.
- COLLETTE, B.J., 1981: Volcanism and tectonic in the eastern North Atlantic, *EOS Trans. Am. Geophys. Un.*, 62: 813.
- COLLETTE, B.J., SLOOTWEG, A.P., VERHOEF, J. y ROEST, W.R., 1984: Geophysical investigations of the floor of the Atlantic Ocean between 10° and 38° N (Kroonvlag-project). *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.*, series B, 87: 1-76.
- DAÑOBEITIA, J.J., VERHOEF, J. y COLLETTE, B.J., 1983: Modelling of Magnetic anomalies in the Canarian Archipelago, *EOS Trans. Am. Geophys. Un.*, 63: 1281.
- DAÑOBEITIA, J.J., 1985: *Estudio geofísico submarino del Archipiélago Canario*. Tesis Doctoral, Universidad de Madrid, 136 p.
- DAÑOBEITIA, J.J., 1988: Reconocimiento geofísico en el área del Archipiélago Canario. *Rev. Soc. Geol. España*, 1, (1-2): 143-155.
- DILLON, W.P., y SOUGY, J.M.A., 1974: Geology of West Africa and Canary and Cape Verde Islands., In: Nairn, A.E.M., Stehli, F.G. eds. *The Oceans Basins and Margins, The North Atlantic*, pp. 315-390, Plenum Press, New York.
- GRUNAU, H.R., LEHNER, P., CLEINTUAR, M.R., ALLENBACH, P. y BAKKER, G., 1975: New radiometric and seismic data from Fuerteventura Canary Islands, (Maio Cape Verde) and Tome Gulf of Guinea), A Review and Progress Report, *Geodynamics Project, Scientific Report No 13*, North Holland Publ. Co., 90-118.
- HINZ, K., DOSTMANN, H., y FRITSCH, J., 1982: The Continental Margin of Morocco: Seismic sequences, structural elements and geophysical development., In: Von Rad, Sarnthein, M., Seibold, E., eds. *Geology of the Northwest African Continental Margin*, pp. 34-60, Berlín, Springer Verlag.
- KLITGORD, K.D. y SCHOUTEN, H., 1986: Plate kinematics of the Central Atlantic. In: Vogt, P.R., and Tucholke, B.E., eds. *The Geology of North America, vol. M, The Western North Atlantic Region*, pp. 351-378, Geological Society of America.
- LANCELOT, Y. y WINTERER, E.L., THE SHIPBOARD PARTY OF LEG 50., 1977: In: *The Atlantic, Documenting early rifting*. *Geotimes*, 22: 24-27.
- LANCELOT, Y. y WINTERER, E.L., 1980: Evolution of the Moroccan oceanic basement and adjacent continental margin.

- A synthesis, *In*: Lancelot Y., Winterer E.L., *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, 50, Washington (U.S. Government Printing Office), 801-821.
- LIETZ, J. y SCHMINCKE, H.U., 1975: Miocene-Pliocene sea level changes and volcanic phases on Gran Canaria (Canary Islands) In the light of new K-Ar ages, *Paleogeogr. Paleoclimatol., Paleocol.*, 18: 213-239.
- LUYENDYK, B. y BUNCE, E.T., 1973: Geophysical Study of the northwest African Margin off Morocco, *Deep Sea Res.*, 20, 537-549.
- MCDUGALL, I. y SCHMINCKE, H.U., 1977: Geochronology of Gran Canaria Island: age of a shield building volcanism and other magmatic phases., *Bull. Volcanologique*, 40: 1-21.
- PARSONS, B. y SCLATER, J.G., 1977: An analysis of the variation of ocean floor bathymetry and heat flow with age, *J. Geophys. Res.*, 82: 803-828.
- ROBERTSON, H.F. y STILLMAN, C.J., 1979: Submarine volcanic and associated sedimentary rocks of the Fuerteventura Basal Complex, Canary Islands., *Geol. Mag.*, 116: 203-214.
- ROEST, W.R., 1987: Seafloor spreading pattern of the North Atlantic between 10° and 40° North, A reconstruction based on shipborne measurements and satellite altimeter data, *Geol. Ultraiectina*, 48: 1-121, Utrecht.
- RUTTEN, K., VALETON, M. y VAN GRUNSVEN, T., 1972: Measurement of the signal to noise ratio in seismic profiling, *Mar. Geophys. Res.*, 1: 445-450.
- SCHMINCKE, H.U. y VON RAD, U., 1979: Neogene evolution of Canary Island volcanism inferred from ash layers and volcaniclastic sandstones of DSDP site 397 Leg 47 A) *In*: von Rad, U., Ryan, W.F.B. *et al* eds., *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, 47: 703-726.
- SEIBOLD, E. e HINZ, K., 1974: Continental Slope construction and destruction, West -Africa. *In*: Burk, C.A., Drake, C.L. eds.: *The Geology of Continental Margins*, *Burk C.A.*, pp. 179-196, Springer Verlag, New York, Heidelberg.
- SEIBOLD, E. e HINZ, K., 1976: German cruises to the continental margin of North West Africa in 1975: General reports and preliminary results from Valdivia-10 and Meteor-39, *Meteor-Forsch-Ergebnisse*, Reihe C, 25: 47-80.
- UCHUPI, E., EMERY, K.O., BOWIN, C.O. y PHILLIPS, J.D., 1976: Continental margin off western Africa: Senegal to Portugal, *Bull. Am. Assoc. Petr. Geol.*, 60: 809-878.
- VON RAD, V. y ARTHUR, M., 1979: Geodynamic, sedimentary and volcanic evolution of the Cape Bojador continental margin (NW Africa). *In*: Talwani, M., Harrison C.G., Hayes, D.E. eds. Deep drilling results in the Atlantic Ocean, continental margins and paleoenvironment, *M. Ewing series 3, Am. Geophys. Un.*, 187-203.
- VON RAD, U. y EINSELE, G., 1980: Mesozoic-Cainozoic subsidence history and paleobathymetry of the Northwest African Continental Margin (Aiun Basin to DSDP site 397). *Phil Trans. R. Soc. Lond.*, A 294: 37-50.
- VON RAD, U. y RYAN, W.B.F. ET AL., 1979. Initial Reports of the Deep sea Drilling Project, 47, part1: Washington (U.S. Government Printing Office), 835 p.
- WATKINS, J.S. y HOPPE, K.W., 1979: Seismic reflection reconnaissance of the Atlantic Margin off Morocco, *In*: Deep drilling results in the Atlantic Ocean, Continental margins and paleoenvironment, *M. Ewing Series 3, Am. Geophys. Un.*, pp. 205-217.
- WEIGEL, W., GOLDFLAM, P. y HINZ, K., 1978: The crustal structure of the Conception Bank, *Mar. Geophys. Res.*, 3: 381-392.
- WINTERER, E., LANCELOT, y., AND HINZ, K., 1980: Underway geophysical measurements from Glomar Challenger, Deep Sea Drilling Project Leg 50, and multichannel seismic-reflection profile of R/V Meteor cruise 3902., *In*: Lancelot Y., Winterer E.L., *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, 50, Washington (U.S. Government Printing Office): 319-329.
- WISSMANN, G., 1979: Cape Bojador, an example for pitfalls in seismic interpretation without the information of outer margin drilling., *In*: von Rad U., Ryan, W.B.F. *et al.*, *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, 47: 491-499.

Recibido, mayo 1987