

## ESTUDIO GEOFISICO EN LA CUENCA DE LARSEN, ANTARTIDA

MARCELO A. KELLER y M. TRINIDAD DIAZ

Se presentan en este trabajo los resultados obtenidos durante la Campaña Antártica de Verano 87/88, en la que se hizo un relevamiento sísmico, sobre los terrenos cretácicos aflorantes en el extremo NO de la isla James Ross. Del análisis de la sección sísmica y sobre la base del conocimiento geológico previo se infiere un esquema de evolución tectónica de esta parte de la cuenca de Larsen (o Marambio) basado en la existencia de bloques que han descendido, rotado y ascendido a consecuencia de esfuerzos tensionales y compresionales vinculados a la migración de un arco magmático. Se relaciona además la información geológica con la obtenida de la sección sísmica, pudiendo establecerse espesores y relaciones tiempo-espaciales de las formaciones geológicas descritas hasta el momento y que afloran parcialmente en superficie.

**GEOPHYSICAL STUDY ON THE LARSEN BASIN, ANTARCTICA** – During the 1987/1988 Antarctic field season a seismic survey was carried out in the NW end of James Ross Island. A tectonic evolution scheme based on the seismic section analysis and the available geological information is proposed. This scheme is related to a magmatic arc compressional and tensional strains. Information from the seismic section analysis is correlated with the geological formations described in this zone and thicknesses are determined.

**ESTUDO GEOFÍSICO NA BACIA DE LARSEN, ANTÁRTICA** – Neste trabalho apresentam-se os resultados obtidos durante a Campanha Antártica do Verão 87/88, na qual se fez um levantamento sísmico sobre os terrenos cretácicos aflorantes no extremo NW da Ilha James Ross. Da análise da seção sísmica e com base no conhecimento geológico prévio infere-se um esquema de evolução tectônica desta parte da bacia de Larsen (ou Marâmbio) baseado na existência de blocos que têm descido, rotacionado e subido como consequência de esforços tensionais e compressionais vinculados à migração de um arco magmático. Além disso, relaciona-se a informação geológica com a obtida da seção sísmica, podendo-se estabelecer espessuras e relações temporais e espaciais das formações geológicas descritas até o momento e que afloram parcialmente na superfície.

### INTRODUCCION

El grupo insular James Ross se encuentra al este de la península antártica y está constituido por las islas Vegas, Humps, Lockyer, Persson, Cockburn, Cerro Nevada, Marambio y James Ross, siendo en esta última donde se han realizado los estudios geofísicos de la Campaña Antártica de Verano 87/88. La isla James Ross está separada de la península antártica por el canal Principe Gustavo y tiene 66 km de ancho por 72 km de largo, comprendiendo un área de 3160 km<sup>2</sup>, la mayor parte de los cuales está permanentemente cubierta de hielo.

Los estudios geofísicos, que comprendieron sísmica de reflexión y refracción, gravimetría y magnetometría, se efectuaron en el área ubicada entre bahía Brandy (bahía Bonita) y Caleta Santa Marta, en el extremo noroeste de la isla (Fig. 1) con el objeto de conocer las características y profundidad del basamento,

espesores de las capas sedimentarias, y la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en los distintos medios atravesados. En el presente trabajo se hace referencia al método sísmico en particular.

Este trabajo es parte de los estudios geofísicos que desde 1979 ha ejecutado el IAA en colaboración con distintas instituciones del país, tendientes a caracterizar la cuenca sedimentaria de Marambio o Larsen en el extremo noroccidental del mar de Weddell. Dichos estudios comprenden tanto sísmica como métodos potenciales, terrestres o por medio aéreo y marítimo.

### RASGOS GEOLOGICOS

Se ha podido establecer que la evolución geológica de la Península Antártica durante el Mesozoico habría sido el resultado de la migración hacia el NO de un antiguo arco magmático (Suarez, 1976; Smellie,

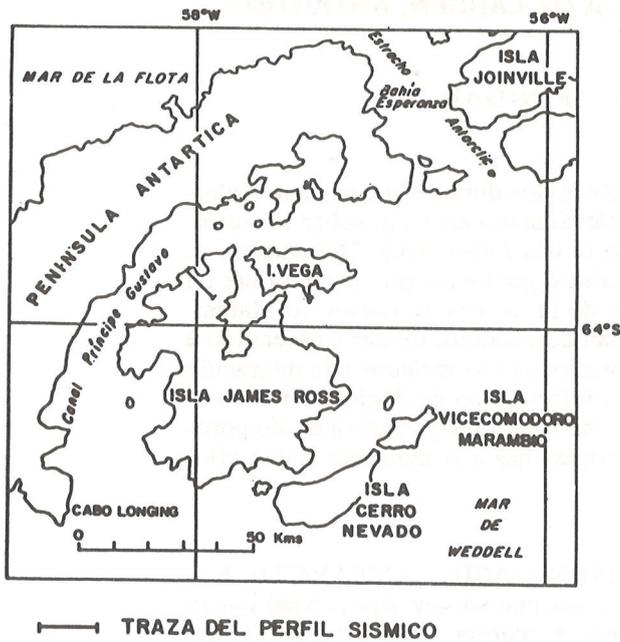


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio e indicación de la traza del perfil sísmico.

1981; Rowley & Williams, 1977), y los afloramientos del extremo NE de la península Antártica e islas adyacentes corresponden a acumulaciones ocurridas en el interior del arco magmático y dentro de la cuenca de retroarco (del Valle & Fourcade, 1986). En el borde de la cuenca mencionada, las formaciones sedimentarias y su basamento han sido deformadas por compresión y afectadas por plegamientos, fallas de empuje y corrimientos (del Valle & Nuñez, 1986).

En este sector noroeste de la isla, comprendido entre bahía Brandy y caleta Santa Marta, aflora una pila sedimentaria cretácica de origen marino apoyada en discordancia sobre una secuencia basal referida al Jurásico superior-Cretácico inferior. Esta última que es la Formación Ameghino, está constituida por unidades continentales y marinas que afloran principalmente en la península Antártica (Andersson, 1906; Elliot, 1965, 1966; Bibby, 1966; Medina et al., 1981; Thomson, 1982; Farquharson, 1982; del Valle, 1984; del Valle & Medina, 1984; Farquharson et al., 1984). La secuencia cretácica comprende a los grupos Gustav (?Barremiano ?Santoniano) y Marambio (Campaniano Maestrichtiano-?Paleoceno). Todas las unidades mencionadas apoyan sobre el basamento de esta cuenca, denominado Complejo Metamórfico Península Trinidad, designado como "Trinity Peninsula Series" (Adie, 1957) y atribuidas al Triásico por Thomson (1977) y Edwards (1977).

Con el perfil sísmico se estimó alcanzar el basamento de la cuenca, atravesando toda la secuencia sedimentaria anteriormente citada, que está integrada por la Fm. Ameghino, las Formaciones Lagrelius Point,

Kotick Point, Whisky Bay y Hidden Lake pertenecientes al Grupo Gustav (Ineson et al., 1986) y la Fm. Santa Marta, del Grupo Marambio (Olivero et al., 1986), (Fig. 2).

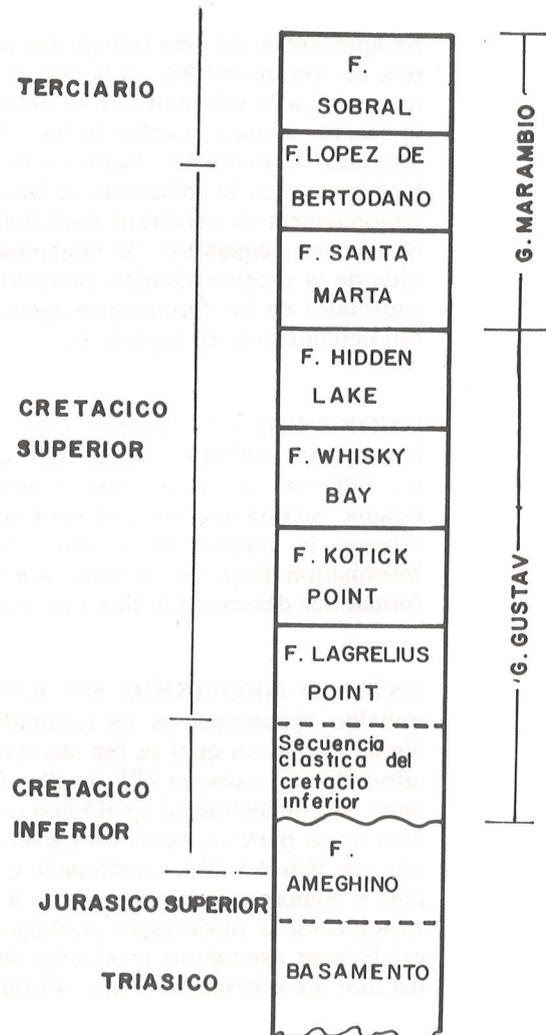


Figura 2. Cuadro estratigráfico simplificado.

## METODOLOGIA E INSTRUMENTAL

El perfil estudiado tiene una longitud de 8 km, desde el borde del canal Príncipe Gustavo, en dirección a caleta Santa Marta (NO-SE), perpendicular al rumbo de las estructuras. En él se empleó sísmica de reflexión con 24 canales, aplicando la técnica del punto común profundo.

Para este método se produjeron los impulsos acústicos con explosiones en pozos múltiples (6 por posición) a 1 m de profundidad con cargas de 12 a 18 kg de gelignita amónica con anticongelante, por posición.

El tendido sísmico estuvo diseñado para obtener información profunda de relativamente poco detalle, con una separación entre estacas de 100 m y un apartamiento fuente-primer receptor de 300 m. La señal se

recibió con arreglos de 42 geófonos por estaca, del tipo distancia variable y peso constante y se registró con un sismógrafo Texas Instruments DFS-III. Todo el material utilizado fue facilitado por Yacimientos Petrolíferos Fiscales.

Los perfiles de refracción someros se registraron en un sismógrafo Geometrics 2415 con un tendido de 120 m, determinándose una velocidad superficial de 3000 m/s que fue utilizada en las correcciones estáticas.

### SECCION SISMICA

La sección sísmica interpretada, ha sido dividida en zonas identificadas con letras, para facilitar la descripción de los reflectores y relacionarlas posteriormente con las formaciones geológicas reconocidas en la región (Fig. 3).

Se registró información sísmica hasta los 2,2 segundos de profundidad, de allí hacia abajo se encuen-

tra lo que se denomina el basamento sísmico, donde no se observa señal de reflectores y que podría vincularse al basamento metamórfico de la cuenca.

Por encima del basamento se pueden distinguir tres paquetes bien diferenciados tanto por la disposición espacial como por el carácter de las reflexiones, cuya estratificación está indicando su origen sedimentario. El espesor de todo el conjunto es de 4480 m en el sector NO aumentando hasta 4949 m hacia el SE.

De abajo hacia arriba, el primer paquete es el R3 de disposición subhorizontal, con aproximadamente 1000 m de espesor. Dentro de esta secuencia los horizontes están bien definidos, dispuestos paralelamente entre sí, y se encuentran perturbados por la presencia de una zona de falla que dificulta su correlación lateral.

El paquete R2 se distingue por la falta de reflectores definidos, los que comienzan a insinuarse hacia el extremo SE, y por una variación brusca de la inclinación, desde subhorizontal en la base, hasta  $15^\circ$  en

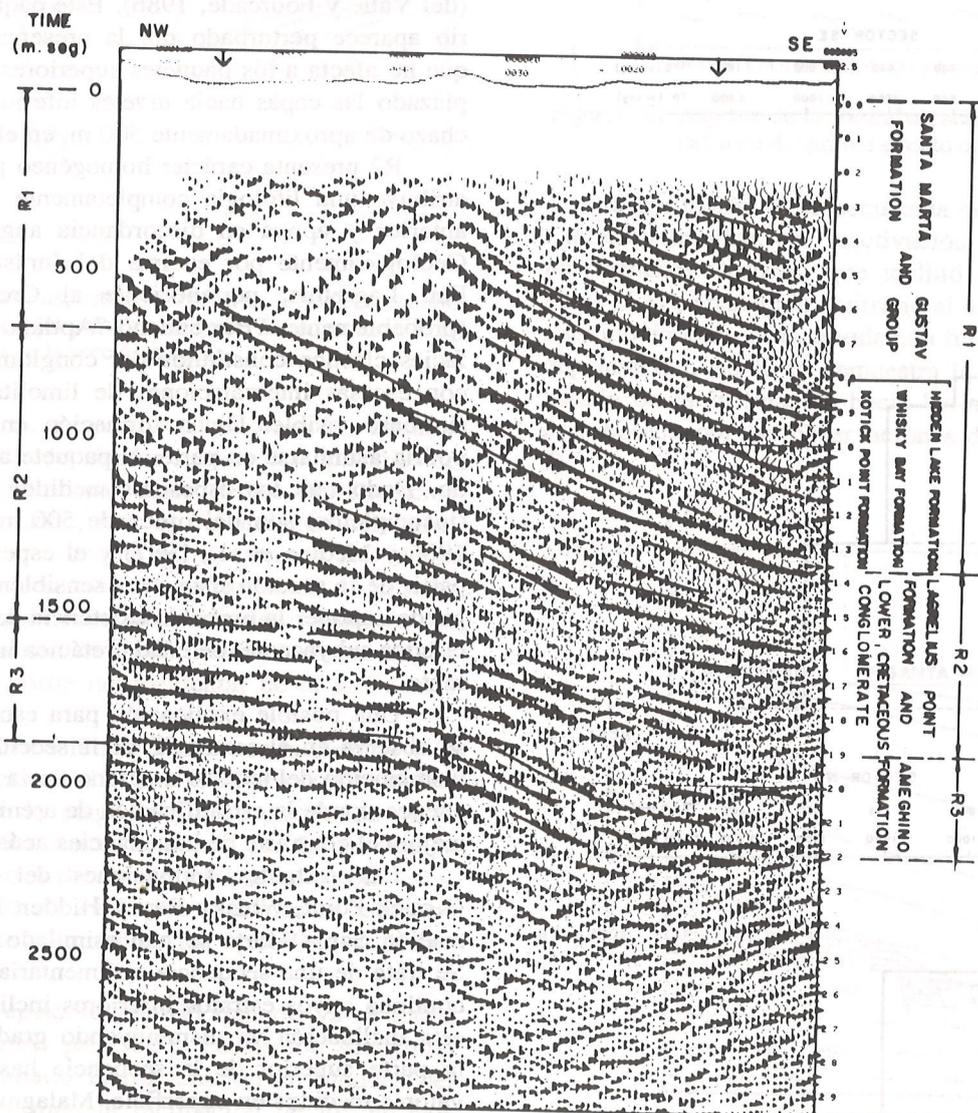


Figura 3. Sección sísmica interpretada mostrando la correlación estratigráfica con las formaciones geológicas descritas en superficie.

los horizontes superiores. Este paquete se acuña hacia el SE, con espesores que van de 2000 m a 1150 m.

Continúa hacia arriba la secuencia R1, de horizontes reflectores muy bien definidos, inclinando 15° al SE y cuya estratificación es claramente identificable hasta los 500 milisegundos. Esta secuencia presenta su base a 1450 m en la zona NO y a 2800 m en la zona SE de la sección. Estos espesores se han calculado desde la superficie hasta la base de R1.

En los primeros 500 milisegundos se mantiene la tendencia de los reflectores a inclinar hacia el SE con una disminución gradual de la inclinación hacia los horizontes superiores.

Las velocidades de procesamiento para el paquete R3, abarcan un rango entre 4500 y 5000 m/s, para el paquete R2 estas velocidades varían entre 4000 y 4500 m/s y entre 3700 y 4000 m/s, para R1; los primeros 600 m/s, se optimizaron entre 2600 y 3400 m/s. En la Fig. 4 se ha graficado las velocidades intervállicas correspondientes a los sectores NO y SE de la sección sísmica.

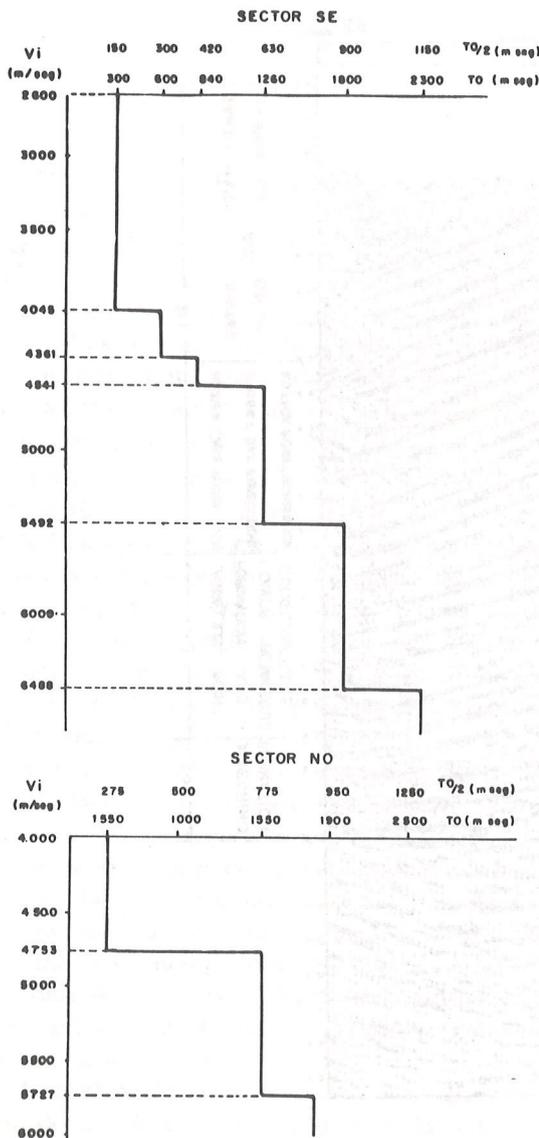


Figura 4. Cuadro de velocidades sísmicas intervállicas.

## CORRELACION ESTRATIGRAFICA Y ESTRUCTURAS TECTONICAS

Por las observaciones geológicas de superficie, se infiere que el basamento de esta cuenca de Marambio o Larsen está integrado por las rocas que pertenecen al Complejo Metamórfico Península Trinidad y que afloran en la península Antártica y en la isla Larga, a aproximadamente 11 km al NO de la isla James Ross.

Dentro del paquete R3 (Fig. 3), los horizontes que se observan presentan un buen contraste de impedancia acústica que se pueden relacionar con interfases de distintas granulometrías; geológicamente, sería asimilable a la Formación Ameghino, de edad jurásica superior a cretácica inferior (Medina et al., 1980; Medina & Ramos, 1981, 1983) integrada por lutitas, arcillitas, fangolitas y limolitas rítmicamente estratificadas con radiolaritas y con sistemáticas intercalaciones de areniscas tobáceas, con más de 600 m de espesor (del Valle y Fourcade, 1986). Este paquete sedimentario aparece perturbado por la presencia de una falla que no afecta a los paquetes superiores, y que ha desplazado las capas hacia niveles inferiores, con un rechazo de aproximadamente 500 m, en el sector SE.

R2 presenta carácter homogéneo por lo que se le atribuye una litología completamente diferente de la anterior y apoya en discordancia angular sobre R1. Geológicamente por encima del Jurásico se ubica la Fm. Lagrelius, perteneciente al Cretácico inferior (probablemente ?Barremiano-?Aptiano), que es una facies clástica constituida por conglomerados gruesos con escasas intercalaciones de limolitas y areniscas, sin base visible. Dicha formación en consecuencia, podría asimilarse en parte, al paquete antes mencionado. Dado que los espesores medidos para Lagrelius (incompletos) son del orden de 500 m (Ineson et al., 1986 y Medina et al., 1987) y el espesor calculado a partir de la sección sísmica es sensiblemente mayor, se puede suponer la probable existencia de otra secuencia clástica subyacente, de edad cretácica inferior, no aflorante.

Una posible explicación para estratificación que se observa en el sector SE de la sección, puede ser la disminución del tamaño de grano hacia el interior de la cuenca donde la estratificación de areniscas y limolitas mejora el contraste de impedancias acústicas.

Las restantes formaciones del Grupo Gustav (Kotick Point, Whisky Bay y Hidden Lake) y la Formación Santa Marta se han asimilado al paquete R1. Se trata de una secuencia sedimentaria aparentemente continua cuyos estratos inferiores inclina 15° al SE y esta inclinación va disminuyendo gradualmente hacia la parte superior de la secuencia hasta alcanzar los valores medidos en superficie. Malagnino et al. (1978) describen estos afloramientos cretácicos como un paquete homoclinal de rumbo N 10-20° E e inclinación de 7 a 10° al E.

Por los datos de superficie, Santa Marta está aflorando a 3,3 km del extremo NO de la línea sísmica, por lo tanto, siguiendo la inclinación de las capas, se ha calculado un espesor parcial de aproximadamente 700 m. De este modo R1 estaría integrada por los 700 m de la Fm. Santa Marta y 2100 m de las entidades superiores del Grupo Gustav. Este último valor, tomado sobre el lado SE de la sección, se aproxima a los valores medidos en superficie donde la Fm. Kottick Point tiene 1000 m de espesor, Whisky Bay está entre 720 y 950 m y Hidden Lake entre 400 y 300 m (Ineson et al., 1986) (Fig. 7).

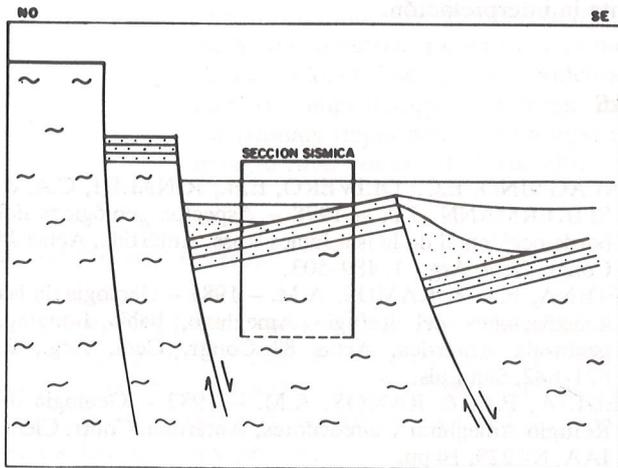


Figura 5. Probable aspecto estructural de la zona de estudio después del primer evento de deformación y ubicación de la sección sísmica.

La estructura general que muestran los estratos dentro de esta sección sísmica sugiere dos episodios de deformación que tuvieron lugar dentro del Cretácico Inferior, relacionados con el fallamiento del canal Principe Gustavo. Aunque en el extremo NO de la sección sísmica no se observa perturbación de la sedimentación, han sido reiteradamente descritos por varios autores, afloramientos con inclinaciones de origen tectónico en el borde noroccidental de la isla James Ross (Fig. 5).

Con la información aportada por la sísmica y la hipótesis de MacDonald et al. (1988) en cuanto al fallamiento durante la etapa inicial de distensión de la cuenca y posterior reactivación de las fallas basales como fallas inversas de alto ángulo, se ha podido establecer un esquema de evolución tectónica en este sector marginal, que comprende dos episodios de deformación.

El primer episodio ocurrió cuando ya se había depositado la mayor parte de la Formación Ameghino y dio como resultado la fracturación en bloques del basamento provocando la inclinación de los mismos hacia el NO (inversión de cuenca), afectando también a la citada entidad (Fig. 6).

El segundo episodio tuvo lugar con posterioridad

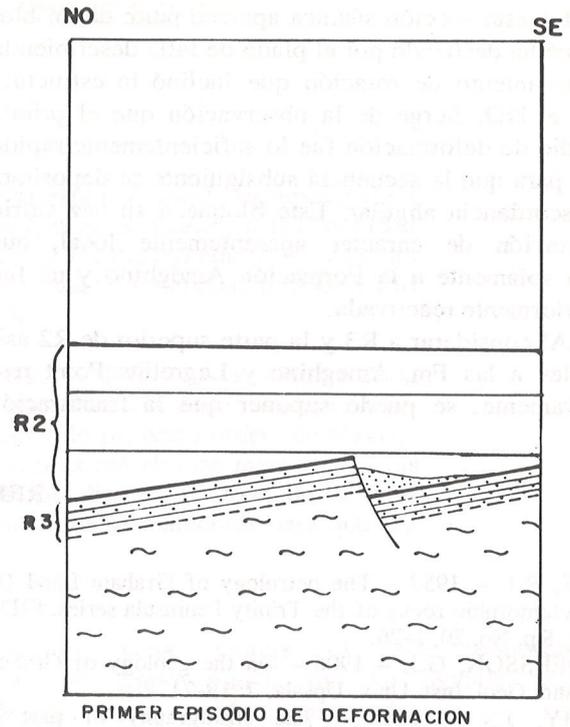


Figura 6. Aspecto de la zona abarcada por la sección sísmica luego del primer evento de deformación.

a la depositación de la secuencia conglomerádica del Cretácico Inferior, por reactivación de la falla del canal Principe Gustavo, que inclinó toda la secuencia hacia el SE, en sentido contrario al movimiento previo. Este movimiento de acomodación fue sincrónico con la depositación, según lo demuestra la progresiva disminución de la inclinación hacia los niveles superiores, corroborada por las observaciones de superficie (Fig. 7).

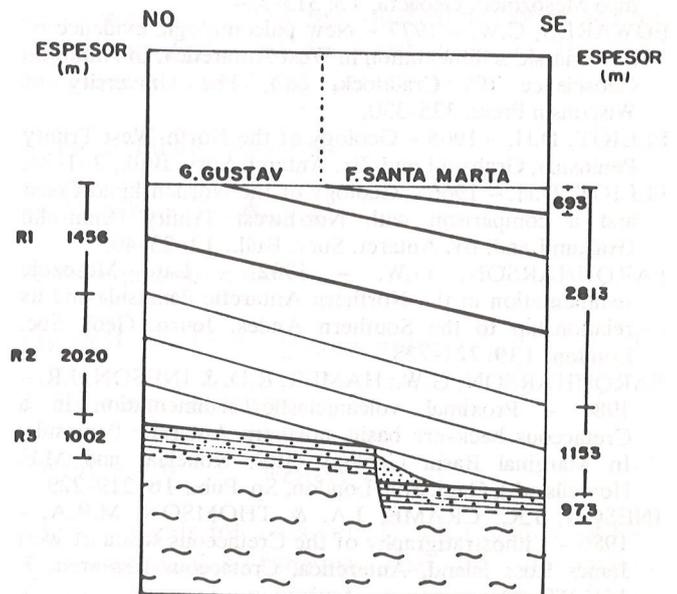


Figura 7. Aspecto de la zona abarcada por la sección sísmica luego del segundo evento de deformación, mostrando los espesores correspondientes a los distintos paquetes de reflectores diferenciados.

En esta sección sísmica aparece parte de un bloque que ha deslizado por el plano de falla describiendo un movimiento de rotación que inclinó la estructura hacia el NO. Surge de la observación que el primer episodio de deformación fue lo suficientemente rápido como para que la secuencia subsiguiente se depositara en discordancia angular. Este bloque a su vez sufrió fracturación de carácter aparentemente local, que afecta solamente a la Formación Ameghino y no fue posteriormente reactivada.

Al considerar a R3 y la parte superior de R2 asimilables a las Fm. Ameghino y Lagrelius Point respectivamente, se puede suponer que la fracturación

inicial y rotación habrían tenido lugar dentro del Cretácico inferior, ?Valanginiano.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su reconocimiento a Yacimientos Petrolíferos Fiscales, por haber facilitado el equipamiento sísmico, la operación del mismo y el procesamiento de los datos, como así también el asesoramiento a lo largo del trabajo. El reconocimiento se hace extensivo al Lic. Rodolfo del Valle, del Instituto Antártico Argentino, por las sugerencias aportadas durante la interpretación.

## REFERENCIAS

- ADIE, R.J. - 1957 - The petrology of Graham Land III: Metamorphic rocks of the Trinity Peninsula series. FIDS, Sc. Rp. No. 20, 1-26.
- ANDERSSON, G.J. - 1906 - On the geology of Graham Land. Geol. Inst. Univ. Upsala, 7: 19-71.
- BIBBY, J.S. - 1966 - The stratigraphy of part of North-East Graham Land and the James Ross Island Group. Br. Antarct. Surv. Sci. Rep., 53: 1-37, pls. 1-5.
- DEL VALLE, R.A. - 1984 - Facies sedimentarias basales de la cuenca del extremo nordeste de la península Antártica. Actas 9º Congr. Geol. Arg., 5: 158-171, Bariloche, Rio Negro.
- DEL VALLE, R.A. & FOURCADE, N.H. - 1986 - La cuenca sedimentaria pos-triásica del extremo nororiental de la península Antártica. Contr. Cient. IAA Nº 323, 24 pp.
- DEL VALLE, R.A. & MEDINA, F.A. - 1984 - Geología del Cabo Marsh, isla Robertson, Antártida. Asoc. Geol. Arg. Rev., 39: 207-219.
- DEL VALLE, R.A. & NUÑEZ, H.J. - 1986 - Estructuras tectónicas en el borde de la península Antártica y su posible relación con el cinturón de compresión del arco volcánico Mesozoico. Geoacta, 13: 313-324.
- EDWARDS, C.W. - 1977 - New paleontologic evidence of the Triassic sedimentation in West Antarctica. In Antarctic Geoscience (C. Craddock, ed.), The University of Wisconsin Press, 325-330.
- ELLIOT, D.H. - 1965 - Geology of the North-West Trinity Peninsula, Graham Land. Br. Antarct. Surv. Bull., 7: 1-24.
- ELLIOT, D.H. - 1966 - Geology of the Nordenskjöld Coast and a comparison with Northwest Trinity Peninsula, Graham Land. Br. Antarct. Surv. Bull., 12: 23-40.
- FARQUHARSON, G.W. - 1982 - Late Mesozoic sedimentation in the Northern Antarctic Peninsula and its relationship to the Southern Andes. Journ. Geol. Soc. London, 139: 721-728.
- FARQUHARSON, G.W.; HAMER, R.D. & INESON, J.R. - 1984 - Proximal volcanoclastic sedimentation in a Cretaceous back-arc basin, northern Antarctic Peninsula. In Marginal Basin Geology (B.P. Kokelaar and M.F. Howells ed.), Geol. Soc. London, Sp. Pub., 16: 219-229.
- INESON, J.R.; CRAME, J.A. & THOMSON, M.R.A. - 1986 - Lithostratigraphy of the Cretaceous strata of west James Ross Island, Antarctica. Cretaceous Research, 7: 141-159.
- MACDONALD, D.I.M.; BARKER, P.F.; GARRETT, S.W.; INESON, J.R.; PIRRIE, D.; STOREY, B.S. & WHITMAN, A.G. - 1988 - A preliminary assessment of the hydrocarbon potential of the Larsen basin, Antarctica. (en prensa).
- MALAGNINO, E.C.; OLIVERO, E.B.; RINALDI, C.A. & SPIKERMANN, J.P. - 1978 - Aspectos geológicos del borde occidental de la isla James Ross, Antártida. Actas 7º Congr. Geol. Arg., 1: 489-503.
- MEDINA, F.A. & RAMOS, A.M. - 1981 - Geología de las inmediaciones del Refugio Ameghino, bahía Longing, península Antártica. Actas 8º Congr. Geol. Arg., 2: 871-882, San Luis.
- MEDINA, F.A. & RAMOS, A.M. - 1983 - Geología de Refugio Ameghino y alrededores, Antártida. Contr. Cient. IAA, Nº 229, 14 pp.
- MEDINA, F.A.; FOURCADE, N.H. & VALLE, R.A. del - 1980 - La fauna del Jurásico superior del Refugio Ameghino y el cerro El Manco, península Antártica. Contr. Cient. IAA, Nº 293, 18 pp.
- MEDINA, F.A.; OLIVERO, E.B. & RINALDI, C.A. - 1981 - Estratigrafía del Jurásico y Cretácico del Arco del Scotia y península Antártica. En: Cuenas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur, 1: 157-179.
- MEDINA, F.A.; SCASSO, R.A., VALLE, R.A. del; OLIVERO, E.B.; MALAGNINO, E.C. & RINALDI, C.A. - 1987 - Cuenca mesozoica del margen nororiental de la península Antártica. Actas X Congr. Geol. Arg., V: 27-28, Tucumán.
- OLIVERO, E.B.; SCASSO, R.A. & RINALDI, C.A. - 1986 - Revisión del Grupo Marambio en la isla James Ross, Antártida. Contr. Cient. IAA, Nº 331, 30 pp.
- ROWLEY, P.D. & WILLIAMS, P.L. - 1977 - Geology of the Northern Lassiter Coast and the Southern Black Coast, Antarctic Peninsula. In Antarctic Geoscience (C. Craddock ed.), The University of Wisconsin Press, 339-348.
- SMEILLIE, J.L. - 1981 - A complete arc-trench system recognized in Gondwana sequences of the Antarctic peninsula region. Geol. Mag., 118: 139-159.
- SUAREZ, M. - 1976 - Plate-tectonic model for southern Antarctic peninsula and its relations to southern Andes. Geology, 4: 211-214.
- THOMSON, M.R.A. - 1977 - Mesozoic paleogeography of west Antarctica. In Antarctic Geoscience (C. Craddock ed.), The University of Wisconsin Press, 331-337.
- THOMSON, M.R.A. - 1982 - Mesozoic paleogeography of west Antarctica. In Antarctic Geoscience (C. Craddock ed.), The University of Wisconsin Press, 331-337.