

## PERFIL GRAVIMETRICO Y ESPESOR DE LA CORTEZA TERRESTRE EN EL SENO SKYRING, CANALES PATAGONICOS.

por

Cedomir Marangunić D. \*

### RESUMEN

En la costa del Seno Skyring, Canales Patagónicos, se midió un perfil gravimétrico en el cual se observa un incremento de la anomalía de Bouguer desde Este a Oeste, hacia el eje de la Cordillera Andina. Esto se interpreta como provocado por rocas corticales densas y por la ausencia de raíz bajo la cordillera, junto con un solevantamiento del Moho. Se propone un modelo de contacto entre las placas corticales Americana y Antártica entre los 48° y 56° Lat. Sur, determinado actualmente por una zona de cizalle sinistral en el contacto, sin subducción, y un borde continental con montañas sin raíces en el margen continental. La subducción que originaba la fosa frente a este margen continental, habría dejado de ser activa aproximadamente 10 millones de años atrás.

### ABSTRACT

A gravity profile was measured along the coast of the Skyring Sound in the patagonian fiords. In it, the Bouguer anomaly increases from East to West, towards the axis of the Andean Cordillera. This is interpreted as caused by denser crustal rocks, as well as the absence of roots under the Cordillera and a rise of the Moho. In a proposed model, the contact between the American and Antarctic crustal plates from lat. 48° to 56° South, is a left-handed shear zone, without subduction and no roots under the mountain chain of the continental margin. The subduction causing the trench ceased about 10 million year ago.

### INTRODUCCION

El Seno Skyring se ubica a unos 90 km al NW de la ciudad de

---

\* Departamento de Geología, Universidad de Chile, Casilla 13518, Correo 21, Santiago.

Punta Arenas, en la XII Región, extendiéndose aproximadamente desde los 71°30' a los 72°55' Long. Oeste y desde los 52°30' a los 52°50' Lat. Sur (Fig. 1).

En Enero de 1974 se llevaron a cabo estudios glaciológicos en el casquete de hielo de la Península Muñoz Gamero, al occidente del Seno Skyring, como parte de las investigaciones auspiciadas esa temporada por el Instituto Antártico Chileno. En esa oportunidad se midió un perfil gravimétrico desde la Ensenada Moreno en la costa nororiental del Seno Skyring, hasta el interior del Fiordo Ventisqueros (Fig. 1). Las lecturas gravimétricas fueron realizadas los días 29 a 31 de Enero de 1974.

Todas las estaciones gravimétricas se ubican en la costa del Seno Skyring y a una altura uniforme de un metro sobre el nivel del mar. Para fijar el punto de la estación a la cota de un metro se consideró el estado de las mareas. Al establecer la posición de las estaciones, se trató de mantener una línea lo menos sinuosapossible entre los extremos del perfil, pero hubo que adaptarse a las condiciones impuestas por la difícil topografía. Siendo las costas escarpadas, usualmente acantilados abruptos, en el terreno se seleccionaron puntos con el relieve menos abrupto en las lecturas gravimétricas y simplificar así las correcciones de terreno.

El instrumento usado fue un gravímetro Worden Prospector, número 816, modelo 122 del Instituto Antártico Chileno. La constante del dial del instrumento es de 0,0951 (9) miligal por división de la escala.

#### MEDICIONES DE GRAVEDAD Y CORRECCIONES

El día 29 de Enero se midieron las estaciones 1 a 9. El día 30 de Enero las estaciones 9 a 14 y el día 31 las estaciones 14 a 16. Los desplazamientos se efectuaron en un bote inflable, sin retorno al punto inicial del perfil en cada día. Para minimizar el error causado en las lecturas a diferentes horas, se efectuó durante el día 1 de Febrero en el punto terminal del perfil (la estación número 16) una comprobación de la deriva del instrumento con cuyo valor (0,23 mgal / día ) se corrigieron las lecturas, obteniéndose así las diferencias relativas de gravedad observada que se muestran en la Tabla 1.

La corrección de altura para las lecturas gravimétricas, que combina la " corrección de aire libre" y la "corrección de Bouguer", tiene como principal variable la cota de la estación. Como en nuestro caso todas las estaciones se encuentran a la cota de 1 m, la corrección es uniforme para todos los puntos y no altera las diferencias relativas

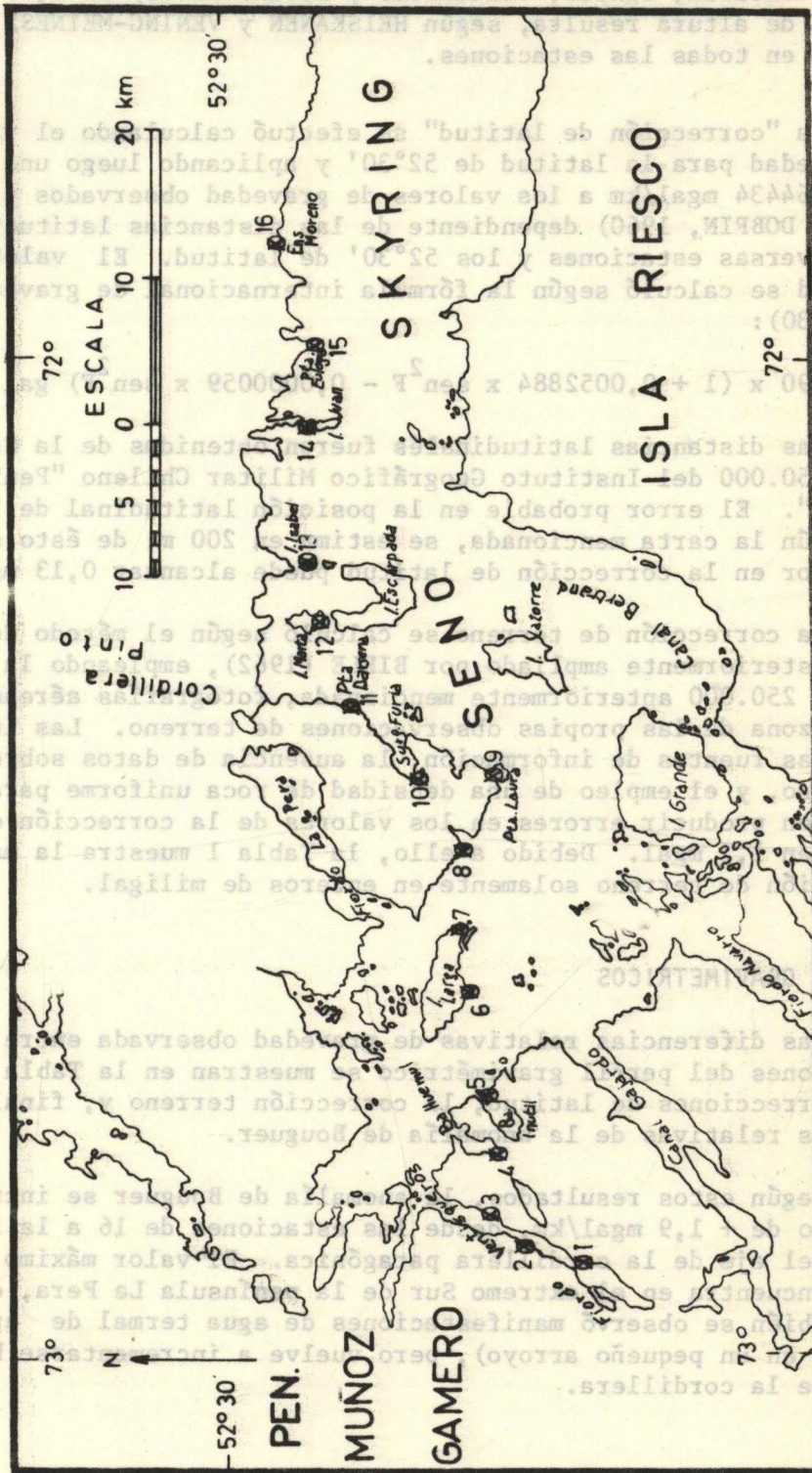


Fig. Mapa de ubicación de las estaciones gravimétricas en el Seno Skyring

de gravedad observada. Estimando las densidades media de las rocas del área (sedimentaria, ígneas, volcánicas y metamórficas) en  $2,75 \text{ g/cm}^3$ , la corrección de altura resulta, según HEISKANEN y VENING-MEINESZ ( 1958 ),  $0,2 \text{ mgal/m}$  en todas las estaciones.

La "corrección de latitud" se efectuó calculando el valor teórico de gravedad para la latitud de  $52^\circ 30'$  y aplicando luego una corrección de  $0,64434 \text{ mgal/km}$  a los valores de gravedad observados ( según la fórmula de DOBRIN, 1960) dependiente de las distancias latitudinales entre las diversas estaciones y los  $52^\circ 30'$  de latitud. El valor teórico de gravedad se calculó según la fórmula internacional de gravedad de CASSINIS (1930):

$$g_0 = 978,0490 \times (1 + 0,0052884 \times \text{sen}^2 F - 0,0000059 \times \text{sen}^2 F) \text{ gal}$$

Las distancias latitudinales fueron obtenidas de la Carta Preliminar 1: 250.000 del Instituto Geográfico Militar Chileno "Península Muñoz Gamero". El error probable en la posición latitudinal de las estaciones según la carta mencionada, se estima en 200 m; de esto se deduce que el error en la corrección de latitud puede alcanzar  $0,13 \text{ mgal}$ .

La corrección de terreno se calculó según el método de HAMMER (1939), posteriormente ampliado por BIBLE (1962), empleando la Carta Preliminar 1: 250.000 anteriormente mencionada, fotografías aéreas trimetrogon de la zona de las propias observaciones de terreno. Las inexactitudes de estas fuentes de información, la ausencia de datos sobre el relieve submarino, y el empleo de una densidad de roca uniforme para toda el área, pueden producir errores en los valores de la corrección de terreno estimados en  $1,7 \text{ mgal}$ . Debido a ello, la Tabla 1 muestra la magnitud de la corrección de terreno solamente en enteros de miligal.

## RESULTADOS GRAVIMETRICOS

Las diferencias relativas de gravedad observada entre las diversas estaciones del perfil gravimétrico se muestran en la Tabla 1, junto con las correcciones de latitud, la corrección terreno y, finalmente, las diferencias relativas de la anomalía de Bouguer.

Según estos resultados, la anomalía de Bouguer se incrementa en un promedio de  $+ 1,9 \text{ mgal/km}$ , desde las estaciones de 16 a la 1, vale decir hacia el eje de la cordillera patagónica. El valor máximo de la anomalía se encuentra en el extremo Sur de la península La Pera, estación 9, (donde también se observó manifestaciones de agua termal de aproximadamente  $35^\circ\text{C}$  en un pequeño arroyo), pero vuelve a incrementarse hacia el interior de la cordillera.

## Perfil Gravimétrico y ...

TABLA 1 VALORES GRAVIMETRICOS

Estación	Diferencias relativas de gravedad observada	Latitud al Sur de 52°30'S	Corrección de Latitud	Corrección de terreno	Diferencias relativas de las ano- malías de Bouguer
	mgal	km	mgal	mgal	mgal
1	0,0	22,0	14,2	6	20,2
2	-0,6	19,4	12,5	5	16,9
3	-9,0	16,0	10,3	5	6,3
4	-8,3	15,0	9,7	4	5,4
5	-8,3	14,3	9,2	4	4,9
6	-4,2	14,4	9,3	3	8,1
7	-4,2	14,1	9,1	3	7,9
8	-2,1	15,8	10,2	5	13,1
9	6,0	18,4	11,9	3	20,9
10	-1,2	14,0	9,0	5	12,8
11	-0,6	10,1	6,5	6	11,9
12	4,2	7,6	4,9	2	11,1
13	4,2	6,4	4,1	2	10,3
14	7,7	6,1	3,9	2	13,6
15	7,3	6,7	4,3	2	13,6
16	-4,5	4,4	2,8	2	0,3

Un resultado similar al aquí expuesto, vale decir un incremento de la anomalía de Bouguer hacia el eje de la cordillera, fue recientemente (1978) obtenido por la Western Geophysical Co. en un perfil ejecutado por la Empresa Nacional del Petróleo (Línea D11-D4), en el Estrecho de Magallanes desde la latitud de Bahía Inútil por el norte, hasta el extremo norte del Canal Magdalena por el sur (información proporcionada por el Sr. Eduardo González, Jefe de la División de Geología de ENAP).

## INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

En una región cordillerana con cumbres de cierta altura y relativamente equilibrada isostáticamente, la anomalía de Bouguer debiera disminuir en valor desde las márgenes hacia el eje de la cordillera, evidenciando así la existencia de una depresión en el plano de Mohorovičić, correspondiente a la raíz de las montañas, con rocas de densidad inferiores a los valores del manto. El incremento de las anomalías hacia el eje de la cordillera que aquí se señala, puede explicarse por un aumento de densidad de las rocas de la corteza, una disminución del espesor de la corteza, o bien una combinación de estos efectos.

SCHNEIDER y colaboradores (1965) señalaron la existencia de un eje con valores mínimos de anomalía gravimétrica, ubicado al Este del Seno Skyring en la zona de Laguna Blanca, justificándolo como la zona con los mayores espesores sedimentarios de la Cuenca Terciaria de Magallanes, para los cuales DRAGUICEVIC (1970) calculó un espesor de aproximadamente 7 km. A ello habría que agregar que esa zona corresponde también a la ubicación de una gran lengua de hielo durante la última glaciación (MARANGUNIC, 1971) de manera que al menos parte del mínimo gravimétrico puede ser explicado como una depresión de la corteza (aún no totalmente recuperada) causada por el peso adicional de la cubierta de hielo.

Las rocas sedimentarias de la cuenca a la latitud considerada de 52°40' Sur, no se extienden más al Oeste de Isla Larga (GONZALEZ y colaboradores, 1965), de manera que el incremento de los valores de la anomalía hacia el Oeste no puede explicarse por atenuación de la cubierta sedimentaria Cretácico - Terciaria. Hasta el momento no se conocen evidencias de existencia de afloramientos significativos de rocas de alta densidad en la cordillera del Seno Skyring, como para justificar el incremento de la anomalía de Bouguer por sí misma.

En consecuencia, debe concluirse la ausencia de raíz en la corteza bajo la cordillera y, ya sea la existencia de rocas corticales

de una mayor densidad o bien una menor profundidad del Moho, siendo lo más probable el efecto combinado de ambas.

## DISCUSION

La conclusión anterior permite pensar que la región no constituye un margen convergente de placas, con subducción de corteza oceánica. KATZ (1971 y 1974) ha señalado la ausencia de evidencias de compresión actual en el margen continental patagónico. MARANGUNIC (1971) sugiere más bien la existencia actual de una zona de cizalle sinistral paralela al eje de la Cordillera.

La presencia de una fosa en el contacto entre las placas Americana y Antártica ha sido hasta ahora el principal argumento para suponer movimientos convergentes entre ambas placas. DALZIEL (1974), basando en la escasa sismicidad al sur de la dorsal de Chile y el escaso volcansismo andino al sur de la latitud 50°S, supone que la subducción de la placa Antártica bajo la Americana es muy lenta. HAYES (1974) indica que el relleno de la fosa por sedimentos y la leve sismicidad, sugieren ausencia de movimientos convergentes y un posible cambio muy reciente en los movimientos relativos de las placas, aún no detectado. PITMAN y HERRON (1976) señalan que la deformación de los sedimentos que rellenan la fosa y las estructuras de terrazas en el talud continental indican que el área estaría siendo deformada actualmente, a pesar de su aparente asismicidad, y sugieren que las paredes de las terrazas están constituidas por corteza oceánica solevantada o sedimentos rotados hacía arriba desde la fosa. Todo esto indicaría, según PITMAN y HERRON (1976) un cambio en el movimiento relativo de las placas, por ejemplo desde subducción oblicua a movimiento transcurrente paralelo a la cuenca.

No existen dudas sobre la presencia de una zona de convergencia de placas corticales frente a Chile Central hasta los 46°S, pero se ha señalado (STAUDER, 1973) que la placa oceánica disminuye su ángulo de subducción hacia el sur hasta ser éste muy pequeño, o bien inexistente, entre Puerto Montt y el Golfo de Penas ( hasta la dorsal de Chile), siendo la placa oceánica absorbida (sin precisar el mecanismo) bajó el continente. Al Este del Mar de Drake, también parece evidente la subducción de la placa Americana bajo el arco de las islas Sandwich del Sur (GRIFFITHS y BARKER 1972). FORSYTH (1975) piensa que existe subducción también al Sur de la dorsal de Chile, pero que la escasa sismicidad se debe a la baja velocidad de movimiento relativo entre las placas (2 cm/año) y a la presencia de material anormalmente cálido y dúctil cerca de la zona de subducción, emplazado mientras segmentos activos de la dorsal de Chile se hundían bajo el continente durante los últimos 15 millones de años. Inhomogeneidades en las densidades de la

litosfera y corteza oceánica, es decir altas densidades a poca profundidad en el material que constituye la placa que se hunde, explican mejor también los datos de refracción sísmica al Oeste de la fosa en Chile Central (CROW, J. A. y BONIN, C. O. 1975).

De todo lo anterior, parece evidente que en la medida que se han aportado nuevos antecedentes, se hace necesario revisar los modelos propuestos para la zona de contacto entre las placas Americana y Antártica. El modelo que aquí se propone para el margen occidental del continente sudamericano entre los 48°S y 56°S, incluye una zona de cizalle sinistral (como la propuesta por MARANGUNIC, 1971) en el contacto con la placa Antártica y una corteza continental de densidad algo mayor que el promedio normal de 2,67 g/cm<sup>3</sup>, probablemente de poco espesor, con una cordillera andina sin raíces y con solevantamiento del manto bajo ella. Subducción existe al Norte de la dorsal de Chile y también más allá de la flexura hacia el Este del extremo sudamericano, en el arco de las Islas Sandwich del Sur. La fosa existente frente a este margen continental no sería activa actualmente. El cese de la subducción que originaba la fosa, probablemente ocurrió cerca de 10 millones de años atrás, cuando según HERRON (1972) se modificó el contacto entre las placas corticales del Pacífico oriental. En ese momento deja de ser activa una antigua dorsal extendida hacia el norte de la dorsal de Chile y se formará la zona de fractura entre la dorsal de Chile y la dorsal del Pacífico oriental. El mecanismo de densificación de la corteza, o solevantamiento del manto, o ambos, en la región del Seno Skyring es explicable, dentro del esquema de tectónica de placas para la región aquí propuesto, por la proposición de BELOUSOV (1972) de formación de astenolitos de basalto (proveniente de fusión parcial del manto) que penetran en la corteza, haciéndola más pesada y ocasionando su subsidencia. Hundimiento de la corteza hacia el oeste, en el Seno Skyring, ha sido descrito por CECIONI (1957).

#### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Instituto Antártico Chileno el financiamiento del trabajo de investigación; sin el apoyo brindado por su Director Sr. Hernán Lorca, este estudio no se hubiera efectuado. El Profesor Sr. Giovanni Cecioni, del Departamento de Geología de la Universidad de Chile, discutió en numerosas oportunidades los resultados del trabajo, aportando valiosas sugerencias. Los Profesores Sres. Francisco Hervé y Reynaldo Charrier; del Departamento mencionado, revisaron críticamente el manuscrito. La Srta. Cecilia Alvarez transcribió el texto.



REFERENCIAS

- BELOUSOV, V. (1972). Basic trends in the evolution of continents. En: RITSEMA, A. R. (editor): The upper mantle. Development in Geotectonics, N°4, p. 95-117
- BIBLE, J. L. (1962). Terrain Correction Tables for Gravity. Geophysics, vol. 27, p. 715-718.
- CASSINIS, G. (1930). Sur l'Adoption d'une Formule Internationales pour le pesanteur normale. Bull. Géod., vol. 26, p. 40-49.
- CECIONI, G. (1957). I terrazi marini della Patagonia cilena. Atti Soc. Tosc. Sci. Naturali, Vol. 64, Ser. A, p. 33-39.
- DALZIEL,, I.W. (1974). Evolution of the Margins of the Scotia Sea. En: BURK, C. y DRAKE, C. (editores): The geology of continental margins. Springer-Verlargo, New York, p. 567-579.
- DOBRIN, M. B. (1960). Introduction to Geophysical Prospecting. Mc-Graw Hill, 446 p.
- DRAGICEVIC, M. (1970). Carta gravimétrica de los Andes Meridionales e interpretaciones de las anomalías de gravedad de Chile Central. Depto. Geofísica y Geodesia, Publ. N° 93, 42 p.
- GONZALEZ, E. y colaboradores (1965). La cuenca petrolífera de Magallanes. Minerales, N°91, p. 43-60.
- GRIFFITHS, D. H. y BARKER, P. F. (1972). Review of marine geophysical investigations in the Scotia Sea. En: ADIE, R. J. (editor) : Antarctic geology and geophysics. Universitetsforlaget, Oslo. p. 3-11
- GRAW, J. A. y BONIN, C.O. (1975). Evidence for high density mantle beneath the Chile trench due to the descending lithosphere. Jour. Geoph. Res., vol. 80, p. 1449-1458.
- HAMMER, S. (1939). Terrain Correction for Gravimeter Stations. Geophysics, vol. 4, p. 184-194.
- HAYES, D. E. (1974). Continental Margin of Western South America. En: BURK, C. y DRAKE, C. (editores): The geology of continental margins. Springer-Verlargo, New York, p. 581-590.
- HEISKANEN, W. A. y VENING-MEINESZ, F. A. (1958). The Earth and its Gravity Field. Mc-Graw-Hill, 470 p.
- HERRON, E. M. (1972). Sea floor spreading and the Cenozoic history of the East-Central Pacific. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 83.p. 1671-1692.