

RELEVAMIENTO MAGNETICO DE DETALLE EN EL EXTREMO SUR DE LA
CUENCA DEL SALADO Y EXTREMO CONTINENTAL SE DEL SISTEMA DE
TANDILIA, PROV. DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

CABASSI, I.R.¹, GIANIBELLI J.C.¹, L. PETCOFF² Y J. MARTINEZ²

1 Departamento de Magnetismo Terrestre y Electricidad Atmosférica
Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas
Universidad Nacional de la Plata
Paseo del Bosque S/N
1900 la Plata, Argentina
TE: 54-21-217308
Fax: 54-21-211761
E-mail: rosy@fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar
jcg@fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar

2 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Mar del Plata
E-mail: lpetcoff@unmdp.edu.ar

KEYWORDS: MAGNETISM, ANOMALIES, SALADO BASIN, TANDILIAN SYSTEM

Abstract

The magnetic characterists in the South border at the Salado Basin and continental SE end of the Tandilian System are studied. The main magnetic trend is NE-SW along the coast of the Atlantic Ocean and two important magnetic anomalies with NW-SE trend, normal to coastline, between (57.3°W, -57.7°W) longitude and (37.6°S, -37.2°S) latitude are defined. These anomalies show features of relatively shallow basement but as a distinctive block in the region north, and rocks of the very important magnetic susceptibility constrast southwestward, but relatively low, increasing award NE. The magnetic method allow define two important thrusts: at the boundary of the Salado and Interserrana Basins and the one in the oriental end of the Tandilian System.

Introducción

La zona costera entre Mar del Plata-Necochea-Miramar (Provincia de Buenos Aires, Argentina) ocupa el extremo continental SE del sistema de Tandilia (fig. 1). Representa un típico sistema de bloques, separados por fracturas agrupadas

según tres dominios tectónicos principales: E-W, NE-SE y NW-SE (Teruggi y Kilmurray, 1975). En este estudio se abarca desde el borde sur de la cuenca del Salado, el borde SE del sistema de Tandilia y el extremo continental SE de la cuenca Interserrana, entre (37°S, 56.8°W) y (38.7°S, 59°W).

El sistema de Tandilia y su prolongación en la plataforma submarina tendría una transición brusca hacia el norte (Cuenca del Salado) y suave hacia el sur (Cuenca del Colorado), pues de estudios anteriores efectuados por el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) de Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires, el cuadro magnético es muy perturbado al norte del eje de Tandilia, con grandes anomalías, mientras que al sur del mismo las anomalías son más suaves, salvo las positivas cerca de Miramar pero menores que al norte, relacionadas a cambios litológicos en el basamento.

La Cuenca del Salado es una de las más conocidas debido a que se han realizado más de 2700 km de líneas sísmicas en tierra y unos 8300 km hacia la plataforma continental. Se considera un aulacógeno. A medida que la tendencia N-S de la apertura del Atlántico fue más predominante se desarrollaron zonas de debilitamiento, reconocidas como "triple junction", sobre las que se puede desarrollar zonas de rift. El brazo occidental de la juntura, hacia el continente, dejó de ser activo y este brazo "abortado" determinó regiones de subsidencia, con su eje orientado normal al margen continental.

La etapa inicial de la cuenca del Salado tuvo control tectónico, iniciándose como graben angosto. Luego hubo una etapa solamente de subsidencia sedimentaria debido a la carga sedimentaria (Yrigoyen, 1975).

Por exploración geofísica se sabe que el área de la cuenca es de 44000 km² en tierra y 26000 km² en la plataforma continental. Su extensión es de unos 70000 km y el basamento es Precámbrico-Paleozoico. Sus márgenes lo determinan zonas de fracturas tensionales escalonadas, a veces de gran rechazo vertical. El basamento desciende hacia el eje de la cuenca hasta una profundidad de casi 7 km en su centro.

Es una cuenca elongada de rumbo NW-SE y posee un volumen sedimentario de 260000 km³ incluyendo la cubierta Cenozoica, de los cuales 160000 km³ pertenecen al continente y el resto en la plataforma continental, con relleno sedimentario del Cretácico medio-superior, Terciario y Cuaternario (Zambrano, 1974). Este autor señaló para la Cuenca del Salado masas basálticas ascendidas hasta niveles de fondo de corteza. Hacia el norte, sur y este se han registrado fallas directas con importantes rechazos verticales de varios kilómetros. El límite NW no es muy conocido. El basamento tiene fallas directas de rumbo ESE-WNW casi paralelas al río Salado, que delinea el eje de la cuenca, y pequeñas fallas normales a éstas (Kostadinoff et al., 1986).

Aunque hasta el momento se considere una cuenca improductiva desde el punto de vista petrolero, no se puede afirmar esto

puesto que ninguna perforación ha llegado hasta el basamento técnico.

Señalamos que el extremo sur del relevamiento abarca el límite inferior de la Cuenca Interserrana, la cual se encuentra entre las Sierras Septentrionales y las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires, dentro del llamado "Positivo Bonaerense" por Yrigoyen (1975) o "Llanura Interserrana Bonaerense" por Rolleri (1975). Consta de un substrato Precámbrico y una cubierta sedimentaria Paleozoica, muy compactada y con un reciente metamorfismo (Zambrano, 1971). Es por ello que la velocidad de las ondas sísmicas alcanzan valores superiores a los 5.5 km/s, velocidades similares a las del basamento cristalino (Ewing et al., 1963; Zambrano, 1972), el cual es difícil diferenciar salvo con algunos métodos, como ser el magnético.

Kostadinoff y Font en 1982 obtuvieron el mayor máximo gravimétrico en Claromecó en un relevamiento realizado entre Bahía Blanca y Necochea, y el eje de la anomalía gravimétrica con rumbo NW-SE, alineado con el arroyo Claromecó, no influyendo en sus valores la delgada cubierta Cenozoica. Por otra parte, Introcaso (1982) obtuvo una anomalía de Bouguer negativa y de larga longitud de onda, sugiriendo un espesor sedimentario Paleozoico de 10.5 km en el centro de la Cuenca Interserrana.

Más recientemente, Kostadinoff (1993) define los límites de la cuenca: hacia NE con el arco de Tandilia, al SW el alto

Trenque Lauquén y al SE continúa la cuenca debajo de la pila sedimentaria de la cuenca del Colorado, de origen Cretácico. Obtiene un espesor sedimentario medio de 8 km.

En la **fig. 1** se muestra la ubicación de la Cuenca del Salado bordeando el margen continental del Atlántico Sur. En realidad, las cuencas que observamos (Salado, Colorado, del Plata Este) tienen un origen común y están vinculadas genéticamente a la apertura del Atlántico Sur (Urieu, 1981). En la **fig. 2** observamos el esquema tectónico y la extensión areal en superficie y subsuelo, notando que la Cuenca del Salado pertenece al Cretácico inferior y/o medio y en su borde NE, hacia la plataforma continental, está formada por rocas básicas cretácicas inferiores y/o suprajurásicas.

Con un total de 421 puntos se midió la intensidad del campo magnético total F con un magnetómetro de precesión protónica en un área que abarcó entre (37°S , 56.8°W) y (38.7°S , 59°W), mostrados en la **figura 3**. Luego de las correspondientes correcciones a los datos de medición se obtuvieron anomalías magnéticas corticales entre -100 a $+200$ nT, resaltando importantes picos aislados de -180 nT en (38.7°S , 57.1°W) y $+350$ nT en (37.2°S , 57.6°W). En la **figura 4** se muestra la carta de elevaciones en la región, con alturas de hasta 160 m, teniendo el eje de máximas altitudes un rumbo casi horizontal, normal a la línea de costa. En la **figura 5** podemos observar la carta de anomalías magnéticas corticales en la región estudiada (Necochea, Miramar y Mar del Plata) con la ubicación de los puntos medidos.

Vemos que la tendencia magnética presenta rumbo NE-SW, con un notable máximo de +200 nT hacia el norte.

Análisis de los datos

Los 421 puntos se midieron con una equidistancia media de 4 km, obteniéndose la intensidad del campo magnético total F con un magnetómetro de precesión protónica marca Geometrics modelo G856, cuya precisión es de 0.1 nT (fig. 3).

Se sabe que la interpretación magnética tiene sólo un carácter cualitativo debido al carácter complejo y errático de los mapas, pero en general existe fuerte correlación entre las anomalías magnéticas, la topografía y las estructuras geológicas ferrimagnéticas en profundidad.

Los datos magnéticos obtenidos en el relevamiento se deben corregir por efecto de la variación diaria del campo magnético terrestre (figs. 6a,b), en el período en el cual éste se llevo a cabo. Esto se realiza en base a la determinación del denominado Nivel de Referencia Nocturno (NRN) calculado en base a los registros (magnetogramas) del Observatorio Magnético de "Las Acacias" perteneciente a la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata, Provincia de Buenos Aires ($\varphi = 35^{\circ} 00' 5S$, $\lambda = 57^{\circ} 41' 65W$), por ser éste el único observatorio existente cerca de la zona de medición (Gianibelli et al., 1985).

Posteriormente, para poder determinar la Anomalía Cortical Magnética, debemos corregir por el Campo de Referencia Geomagnético Internacional o IGRF (Cabassi et al., 1988; Gianibelli et al., 1989).

Se considera como efecto regional a aquellas anomalías de gran longitud de onda, con gradiente horizontal constante o que varía en dirección y magnitud pero con cambios suaves y graduales, originadas por una estructura de fondo, profunda. Por el contrario, la anomalía local o residual es originada por estructuras pequeñas o someras, de reducida extensión superficial, con carácter local y gradientes horizontales más abruptos.

Se utilizan métodos de separación de anomalías o filtrado para distinguir los efectos magnéticos causados por fuentes geológicas profundas (regional) o fuentes superficiales (residual). Entre los mismos podemos destacar los métodos de superficie de tendencia, de prolongación ascendente y técnicas de análisis espectral, siendo los dos últimos mejores que el primero (Introcaso e Introcaso, 1995). El método de superficie de tendencia es de ajuste polinómico y consiste en hallar un polinomio de tal grado que represente una adecuada anomalía regional, obteniéndose las residuales por diferencia entre los datos observados y las regionales calculadas. Por otra parte, el método de prolongación ascendente se basa en que al aumentar la distancia a las fuentes que originan las anomalías, éstas disminuyen de distinta manera, según la profundidad y dimensiones

de las fuentes origen: anomalías de objetos pequeños a poca profundidad decrecen más rápido que la de objetos grandes a mayor profundidad. Al continuar un campo potencial hacia arriba se remarca la influencia de anomalías regionales y se debilita la influencia de las locales, pero este método no es en sí mismo un método de filtrado sino que se suavizan las curvas de las anomalías, facilitando la localización de anomalías de las locales. En cuanto a la técnica de análisis espectral se analiza en cada perfil el espectro de potencia, es decir el cuadrado del módulo de su transformada de Fourier. Al graficar el logaritmo del espectro de potencia se obtiene una recta cuya pendiente se relaciona con la profundidad, mientras que la ordenada al origen depende de la magnitud de la masa causante.

Se ha realizado una prolongación ascendente a distintas alturas ($H = 5, 10$ y 15 km) (fig. 7a,b). Los valores resultantes son las anomalías que se obtendrían si el campo hubiera sido medido desde esa altura. Luego, a partir de la curva suavizada por este método se determinan las anomalías regionales y residuales. Para ello se han elegido las curvas prolongadas a 10 km pues ha minimizado los efectos locales sin pérdida de información regional. Desde esa altura se invierte la curva suavizada para obtener la estructura regional que la justifique y luego se calcula la respuesta magnética que produce esta estructura sobre el nivel topográfico, que es la verdadera regional, obteniéndose la residual por diferencia entre la observada y la calculada (Pacino e Introcaso, 1985).

Se han analizado dos perfiles principales en base a las tendencias magnéticas observadas de la carta de isoanómala cortical (fig. 8). Un perfil con rumbo SW-NE (I-I'), paralelo a la línea de costa, y otro con rumbo NW-SE, normal al anterior (IV-IV'). El primero abarca el borde sur de la cuenca Interserrana; el segundo el límite inferior de la Cuenca del Salado. También se han delineado dos perfiles paralelos a I-I' para analizar la tendencia que se presenta (fig. 8)

Se han utilizado programas de interpretación 2-D directa-inversa desarrollados principalmente por Guspí (1997).

Interpretación de los perfiles y Conclusiones

Podemos observar en la figura 9a,b los perfiles I a III con tendencia SW-NE y el perfil IV con dirección NW-SE mostrados en la figura 8, con las anomalías obtenidas y las altitudes. Las alturas alcanzan los 140 m salvo en el perfil IV (fig. 9b) donde se tienen alturas menores a 16 m. Por otra parte, los valores de anomalías alcanzan unos 250 nT en los perfiles III y IV, 200 nT en el perfil I y sólo unos 80 nT en el perfil II. En los perfiles I a III se observa una tendencia escalonada creciente hacia el NE, que abarca un rango de anomalías pequeñas negativas en el extremo SW, señalando importantes contrastes y aumento de susceptibilidad magnética de las rocas hacia el NE, y quizá roca intrusiva en el basamento. Hacia el NE se tienen anomalías corticales magnéticas de más de 200 nT (fig. 8). Se señala la probable existencia de una importante falla de gran rechazo

vertical entre los 150 a 180 km de distancia a lo largo de las secciones, quizá dos fallas importantes en el perfil II a los 90 y 150 km, o un probable cambio litológico en rocas del basamento en el límite inferior de la Cuenca del Salado y sistema de Tandilia. Kostadinoff et al. (1995) halló baja susceptibilidad magnética en rocas del basamento (menores de 200×10^{-4} uem/g) en el sistema de Tandilia, por lo cual sería necesario una falla con rechazo de más de 5 km para poder obtener anomalías magnéticas del orden de 300 nT. Por lo tanto es más plausible que existan rocas de alta susceptibilidad magnética dentro del basamento.

Del perfil con tendencia NW-SE (fig. 9b), normal a los anteriores, se observan dos máximos magnéticos importantes de casi 260 nT, con una probable falla entre ellos. Estas grandes anomalías señalan en mayor grado importantes contrastes de susceptibilidad magnética más que el relieve basamental.

Del mapa de isoanómalas (figs. 5 y 8) se pueden observar dos regiones de muy distintas características magnéticas en dirección NE-SW: Al SW las anomalías son muy irregulares, de baja frecuencia y de amplitudes muy pequeñas; al N y NE hay dos grandes anomalías del orden de 250-300 nT de poca extensión areal, pero las anomalías son de mayor frecuencia que al sur, aunque más hacia el NE se refleja una región de anomalías más suaves, de relativamente mayor longitud de onda. En esta zona, la anomalía mayor presenta una pendiente más empinada, profundizándose quizá el basamento. Por lo tanto, se podría especificar que la irregularidad magnética sea producida por

rocas metasedimentarias de relativa baja susceptibilidad magnética, intrusivas y volcánicas del basamento, mientras que la mayor "quietud" hacia el NE se podría corresponder con un basamento más profundo, de SW a NE, cubierto con mayor espesor sedimentario, quizá en depresiones localizadas, del estilo de la región subsidente de la Cuenca del Salado. Quizá un rasgo tectónico mayor profundo debe controlar la división entre ambas regiones.

En la fig. 10 podemos observar el modelo de inversión del principal perfil analizado I-I', encontrando susceptibilidades magnéticas del orden de los $300-350 \times 10^{-4}$ uem/g y las grandes profundidades de los bloques que progradan hacia el eje de la cuenca del Salado. Un mejor ajuste hacia el lado este del perfil podría obtenerse con un mayor contraste de rocas de alta susceptibilidad magnética o mayores profundidades, inclinándonos más hacia la primera opción por lo especificado anteriormente.

Este trabajo ha sido financiado por el Programa del Proyecto de Incentivos sobre "Geomagnetismo: Observatorios Permanentes y relevamientos", Universidad Nacional de La Plata.

BIBLIOGRAFIA

- Cabassi, I.R., L. Petcoff, L. Barrio, S.G. Weisz, J.C. Gianibelli, O. Sidoti, and F.F. Ríos, (1988): Reajuste interpretativo de las observaciones geomagnéticas en el borde costero norte del aulacógeno del Salado, Parte I: Campañas 1949-1951. 15a. Reunión Cient. Asoc. Arg. Geof. y Geodestas (AAGG), Catamarca, 24-28 oct. 1988.
- Ewing, M., J.W. Ludwing, and J. Ewing, (1963): Geophysical investigations in the submerged Argentine Coastal Plain. *Bull. Geol. Soc. Am.*, N.Y., 74(3), 275-292.
- Gianibelli, J.C., M.L. Motta, C. Ferri, F.F. Ríos, e I.R. Cabassi, (1985): Determinación y predicción del Nivel Nocturno para relevamientos geomagnéticos en la Provincia de Buenos Aires. *Jas. Jorn. Geol. Bonaer.*, 11-15 nov. 1985, 74-75, Tandil, Argentina.
- Gianibelli, J.C., I.R. Cabassi, E.A. Suárez, L. Barrio, S.G. Weisz, L. Petcoff, C. Cingolani, O. Sidoti, and F.F. Ríos, (1989): La anomalía del borde NE de la Cuenca del Salado: Transecta III. *South Am. Geotraverses, Workshop, Mar del Plata. Pub. Esp. Dep. Geomagn., Fac. Cs. Astr. Geof.*, La Plata, 1-7. 19a. Reunión Geotrans. Am. Sur, Actas, Montevideo, Uruguay, 112-118.
- Guspi, F., (1997): Desarrollo de software. *Fac. Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Univ. Nac. Rosario, Prov. Santa Fe, Argentina.*
- Introcaso, A., (1982): Resultados gravimétricos sobre las cuencas de la Provincia de Buenos Aires y zonas vecinas. *Rev. Inst. Fis. Rosario (IFIR)*, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Introcaso, B., and A. Introcaso, (1995): Separación de anomalías de Bouguer sobre la Cuenca del Salado. *IV Jorn. Geol. Geof. Bonaerenses, Junín, Actas*, 2, 125-132.
- Kostadinoff, J., and G. Font, (1982): Cuenca Interserrana Bonaerense, Argentina. *V Cong. Latinoam. Geol.*, Actas, IV, 105-121, Buenos Aires.
- Kostadinoff, J., E. Fernández, and F.F. Ríos, (1986): Modelos gravimagnéticos tridimensionales de la zona costera entre Tandilia y la Cuenca del Salado. *Inst. Arg. Oceanog. (IADO)*, Bahía Blanca.
- Kostadinoff, J., (1993): Geophysical evidence of a Paleozoic basin in the Interhilly Area of Buenos Aires Province, Argentina. *Comptes Rendue*, XII, ICC-P, I, 397-404, Buenos Aires.

- Kostadinoff, J., G. Alvarez, and L.A. Raniolo, (1995):
Prospección geofísica del extremo occidental del Sistema de
Tandilia. IV Jorn. Geol. Geof. Bonaerenses, Junín, Actas, 2,
169-177, Argentina.
- Pacino, M.C., and A. Introcaso, (1985): Prolongación ascendente
de campos potenciales en el dominio espacial. GEOACTA, 13(1),
253-265.
- Rolleri, E.O., (1975): Provincias Geológicas Bonaerenses.
Relatorio, 6to. Cong. Geol. Arg., 29-53, Buenos Aires.
- Teruggi, M.E., and J. Kilmurray, (1975): Tandilia. Relatorio,
6to. Cong. Arg. Geol., 79-108.
- Urien, C.M., (1981): The basins of southeastern South America
(Southern Brazil, Uruguay and Eastern Argentina including the
Malvinas Plateau and Southern South Atlantic Paleogeographic
Evolution. In: *Cuencas sedimentarias del Jurásico-Cretácico de
América del Sur*, 45-126.
- Yrigoyen, M.B., (1975): Geología del subsuelo y plataforma
continental. Relatorio, 6to. Cong. Geol. Arg., Bahía Blanca,
138-169.
- Zambrano, J.J., (1971): Las cuencas sedimentarias en la
plataforma continental argentina. *Petrotecnia*, Inst. Arg.
Petr., 21(4), 26-37, Buenos Aires.
- Zambrano, J.J., (1972): La Cuenca del Colorado. *Geol. Reg. Arg.*,
Acad. Nac. Ciencias, Córdoba, Argentina, 419-438.
- Zambrano, J.J., (1974): Cuencas sedimentarias en el subsuelo de
la Provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Rev. Asoc.*
Geol. Arg., XXIX(4), Buenos Aires, 443-469.



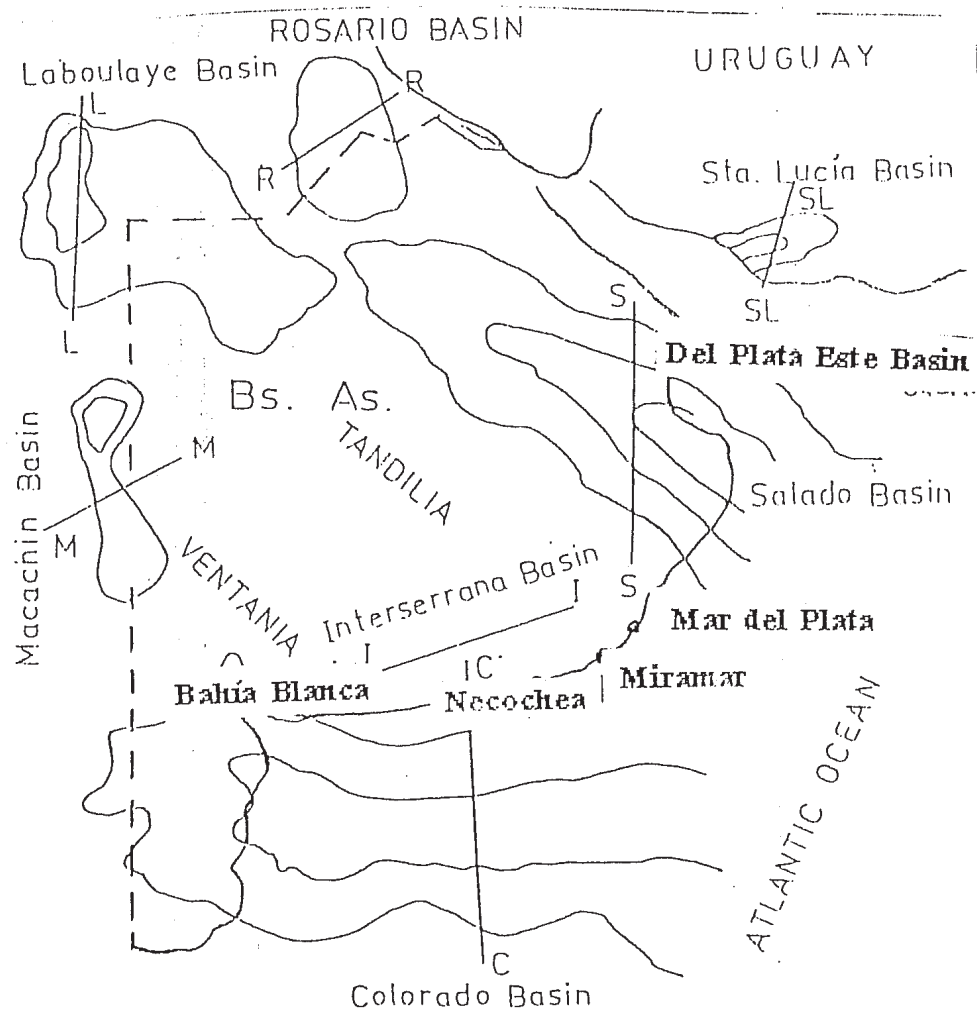


Figura 1: Ubicación de la zona estudiada

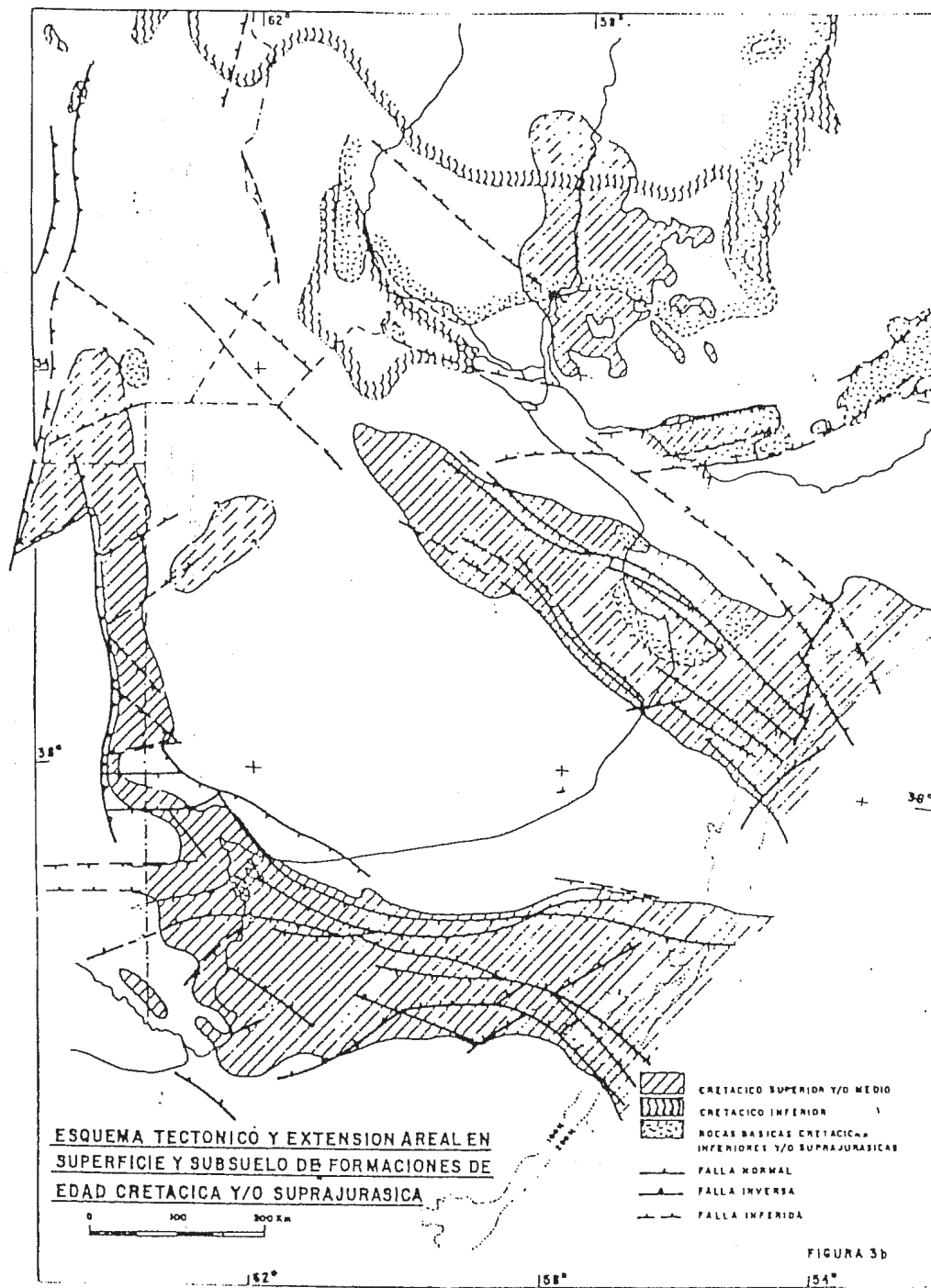


Figura 2: Esquema tectónico y Extensión areal en superficie y en el subsuelo



CARTA DE ELEVACIONES

Eq.: 10 m

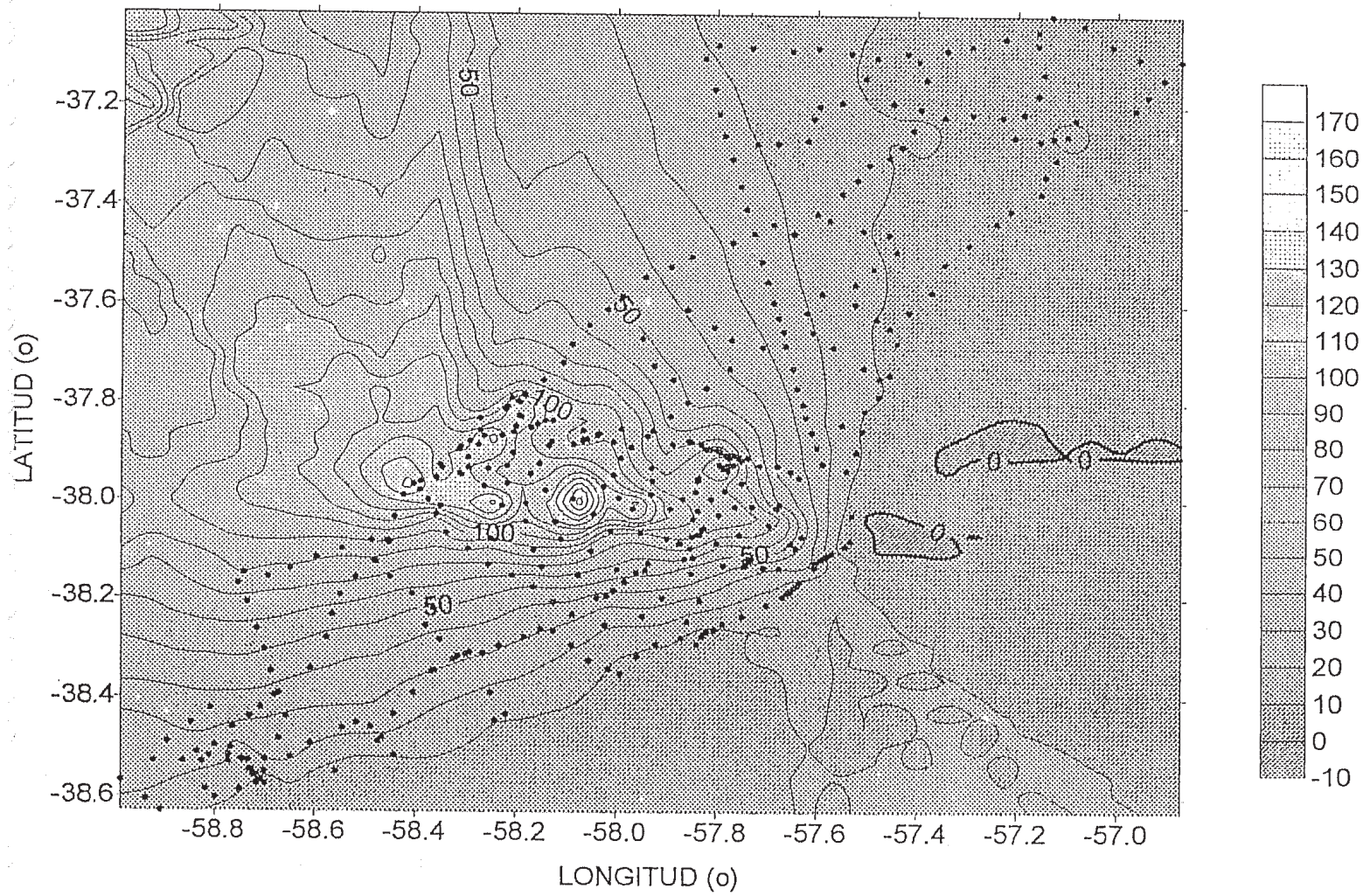


Figura 3: Ubicación de los puntos de medición



CARTA DE ELEVACIONES (m)

Eq.: 10 m

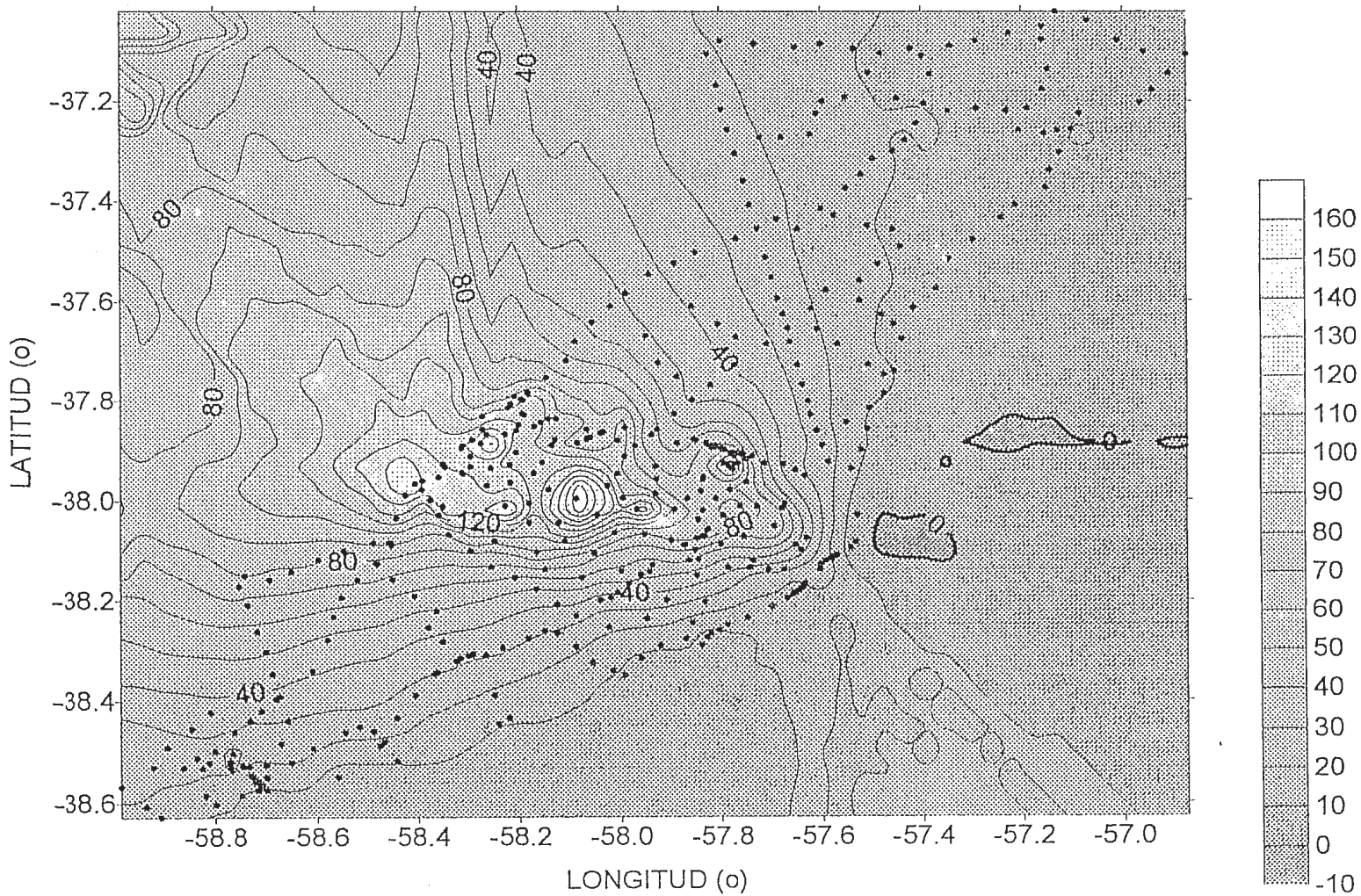
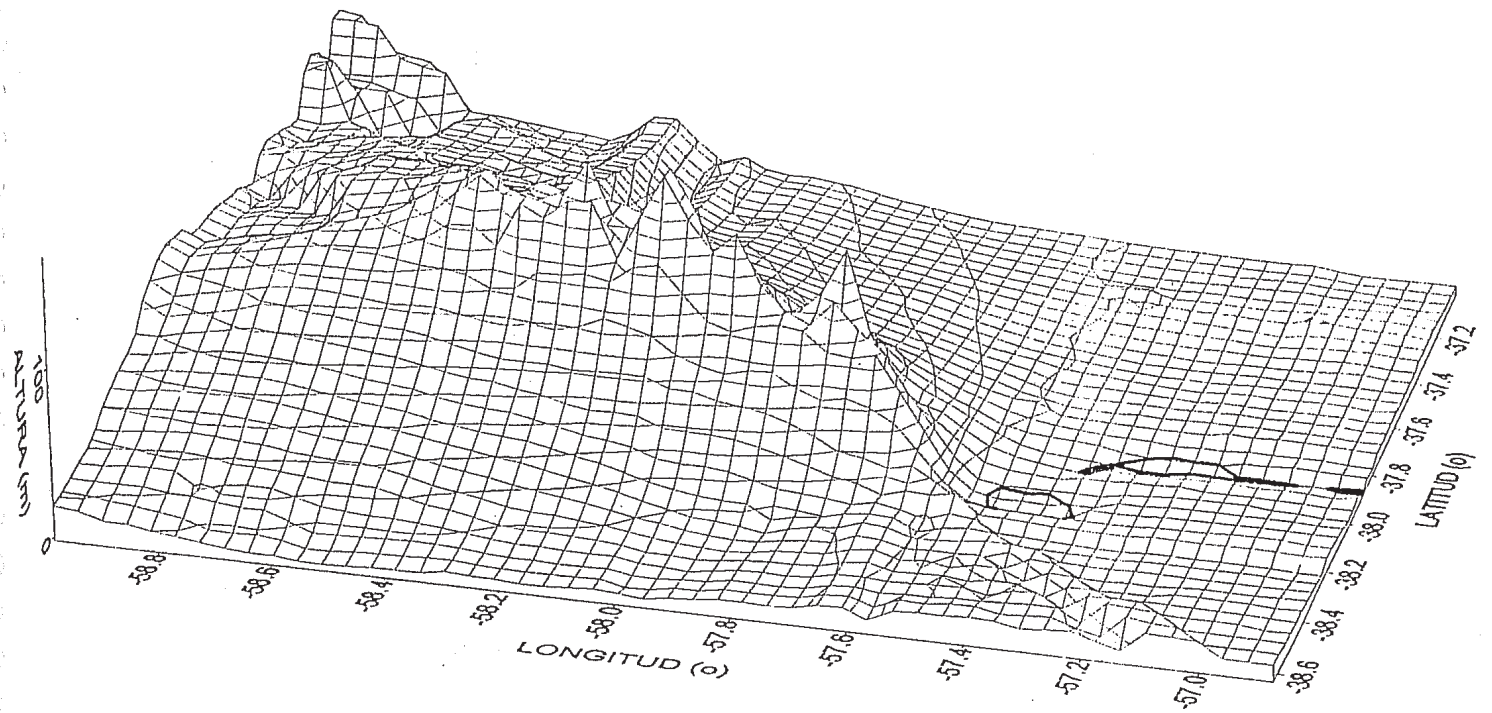


Figura 4: Carta de elevaciones



RELEVAMIENTO NECOCHEA-MIRAMAR-MAR DEL PLATA
ANOMALIA CORTICAL MAGNETICA
Eq.: 30 nT

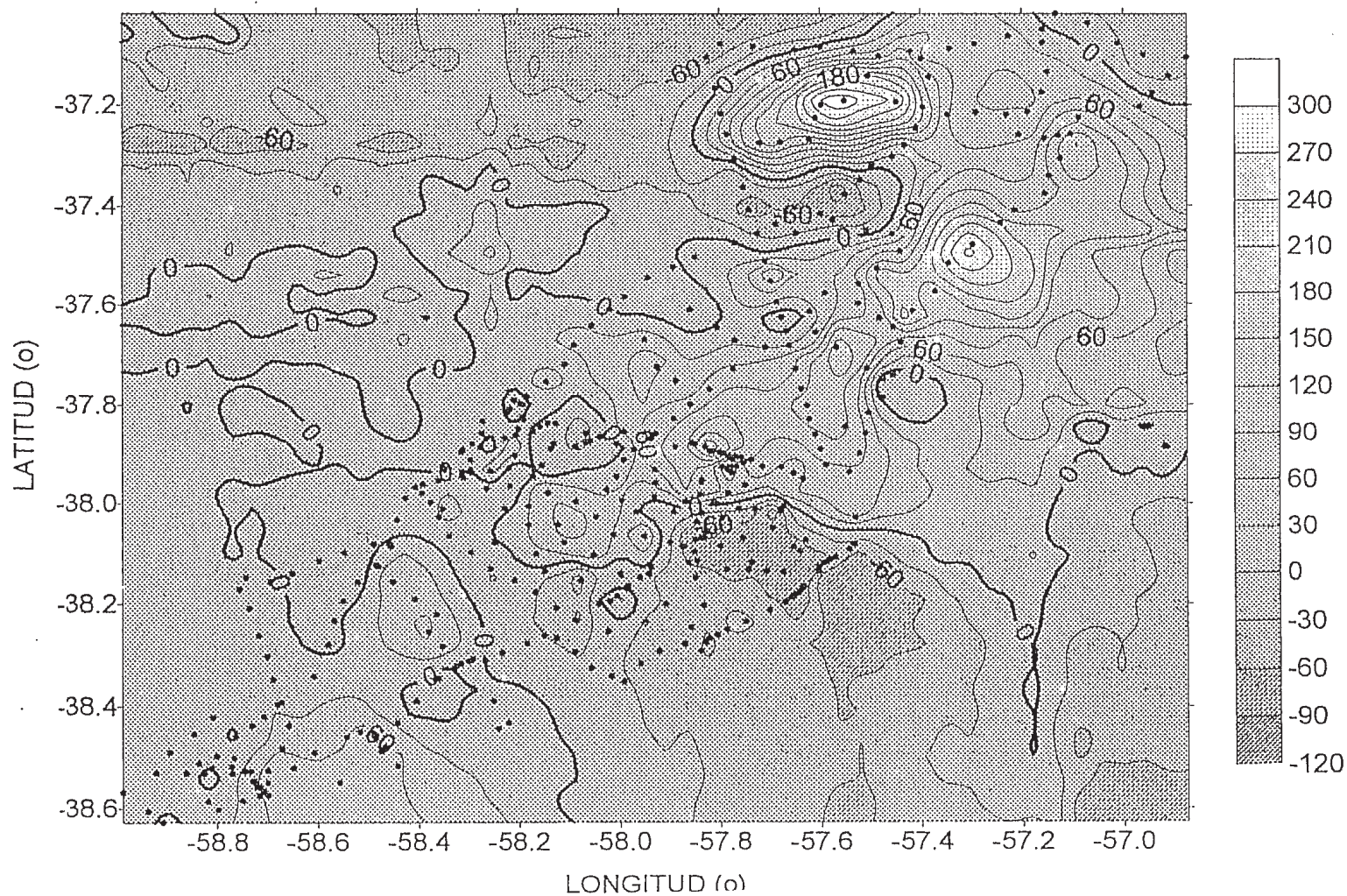
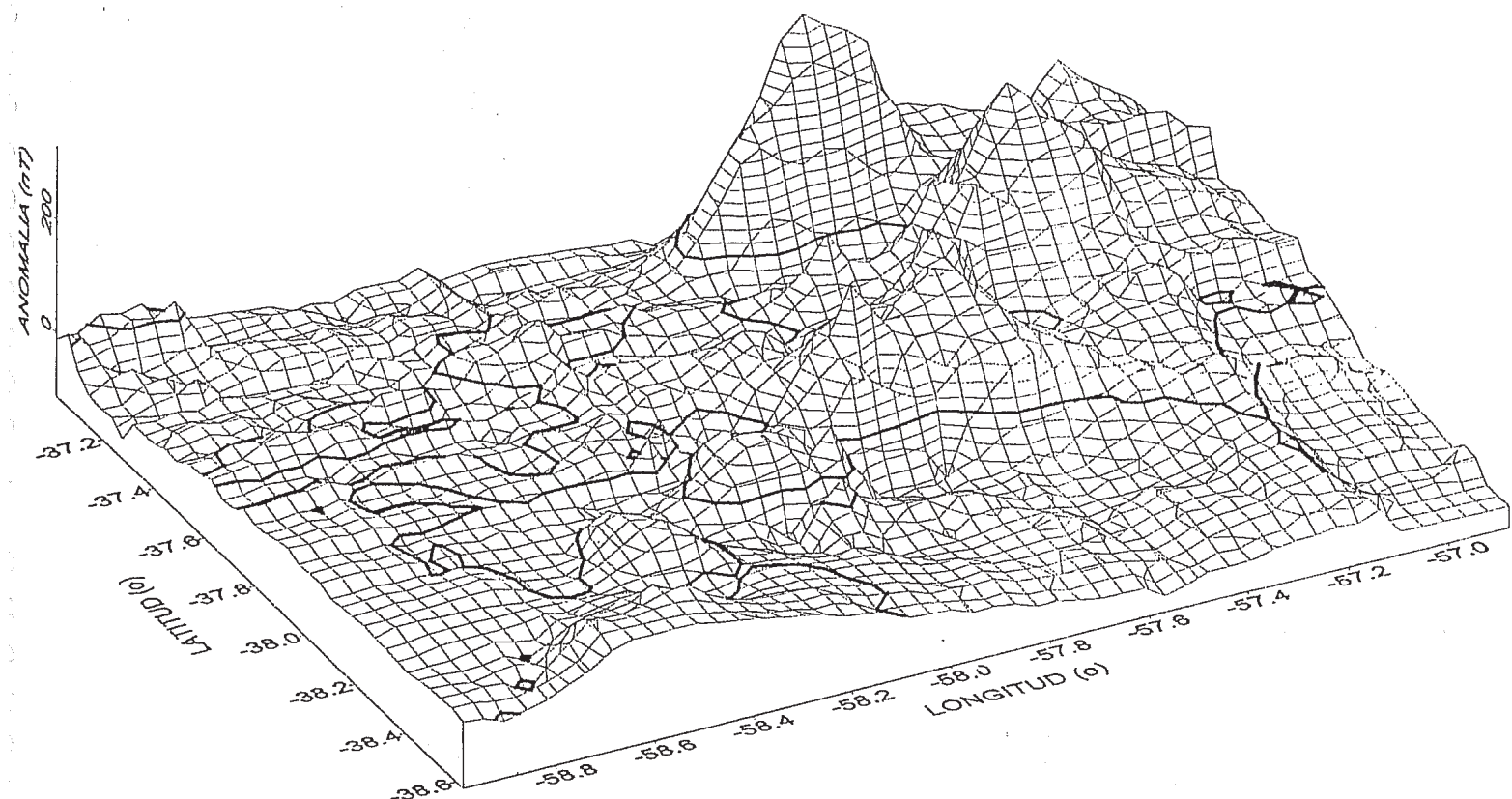


Figura 5: Carta de anomalías corticales magnéticas



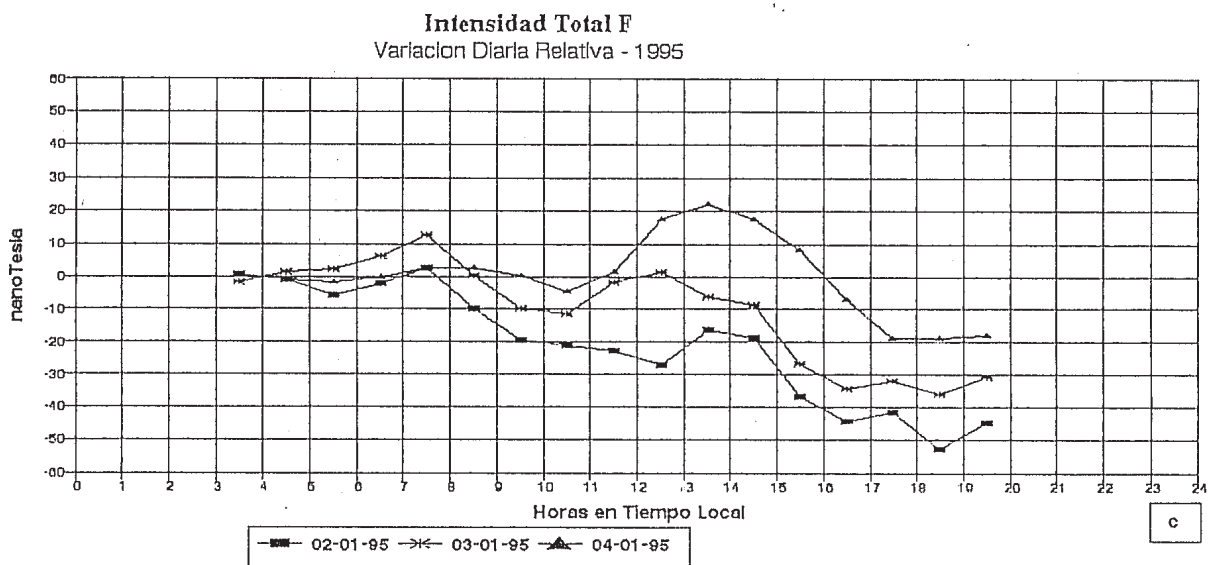
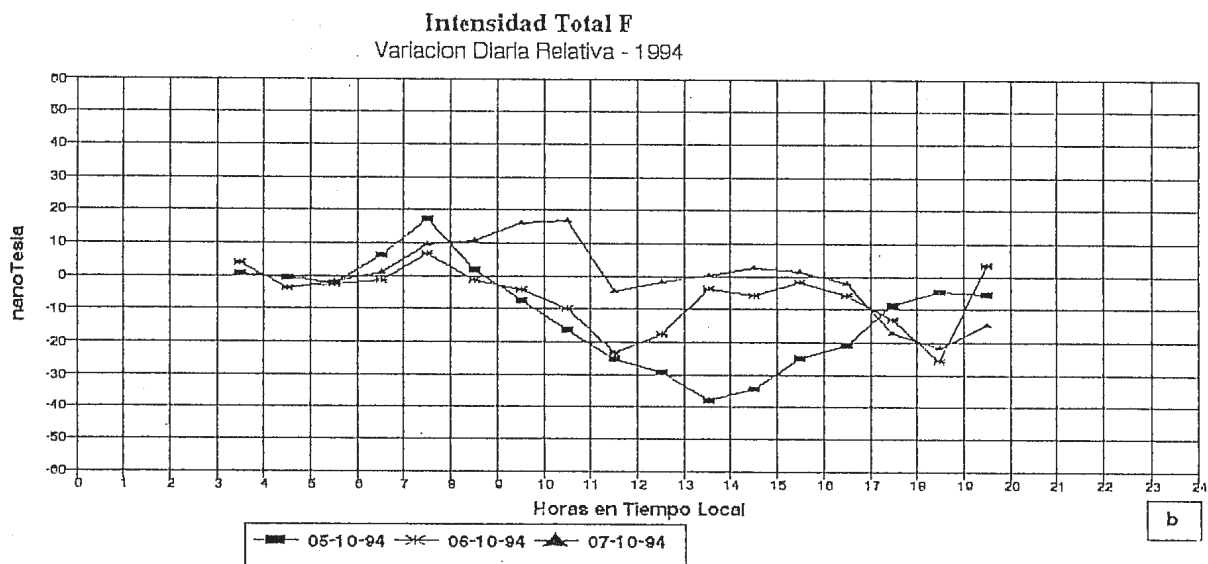
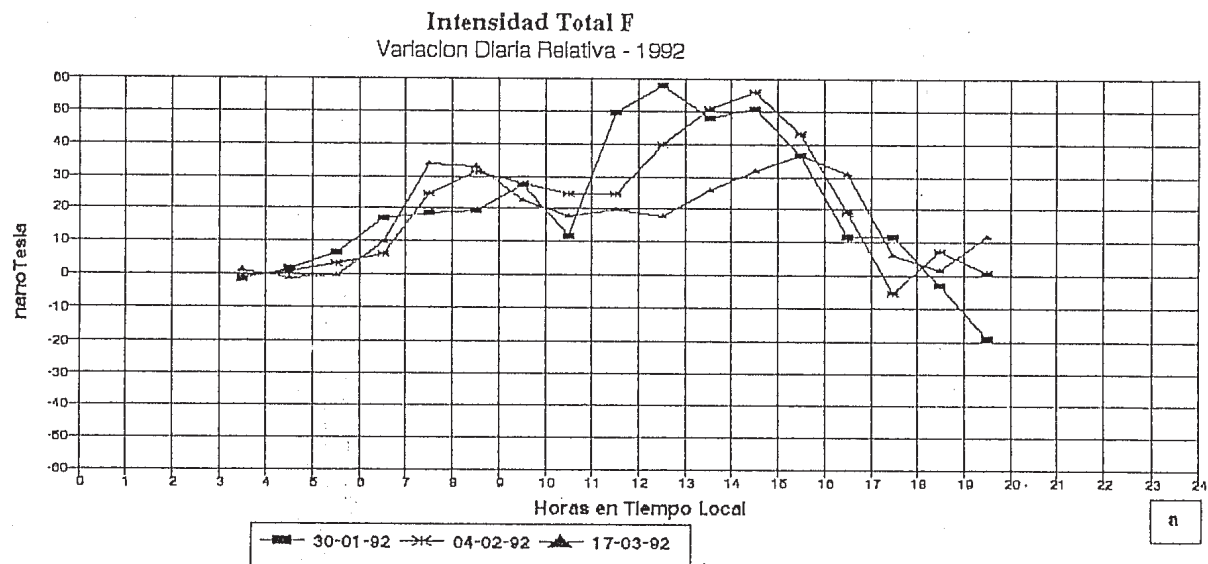


Figura 6a. Gráfica de la Variación Diaria Relativa, registrada en el Observatorio Magnético



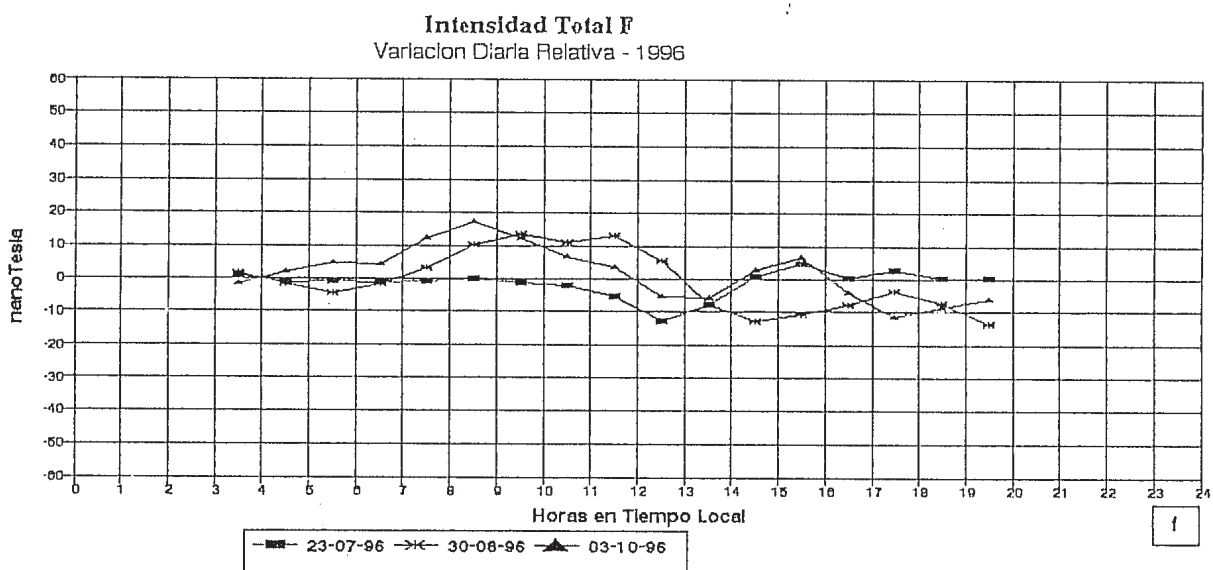
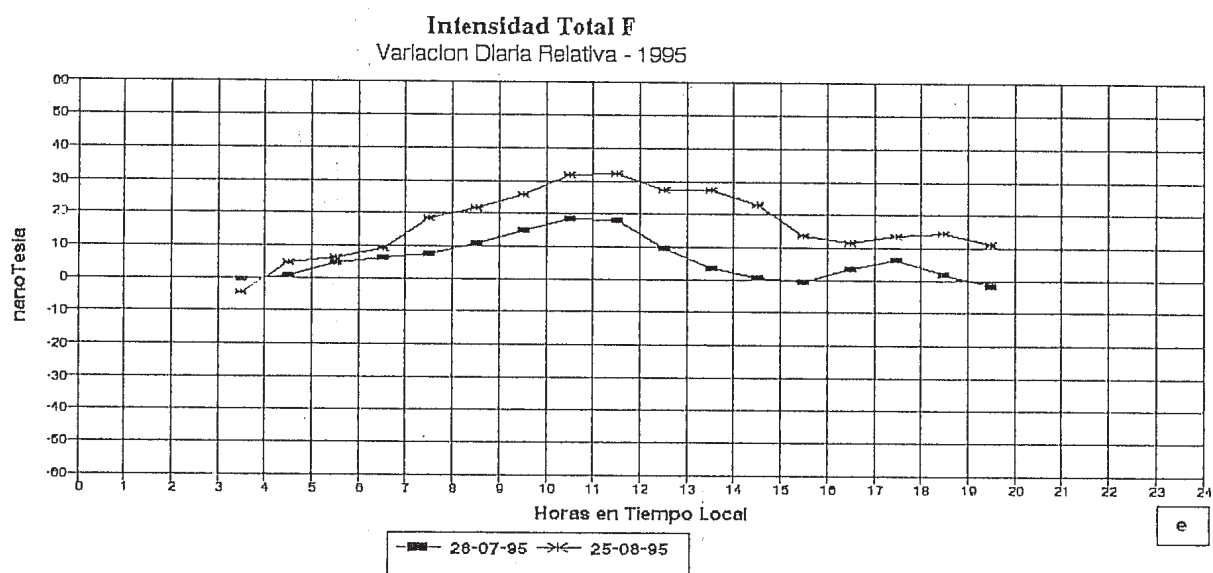
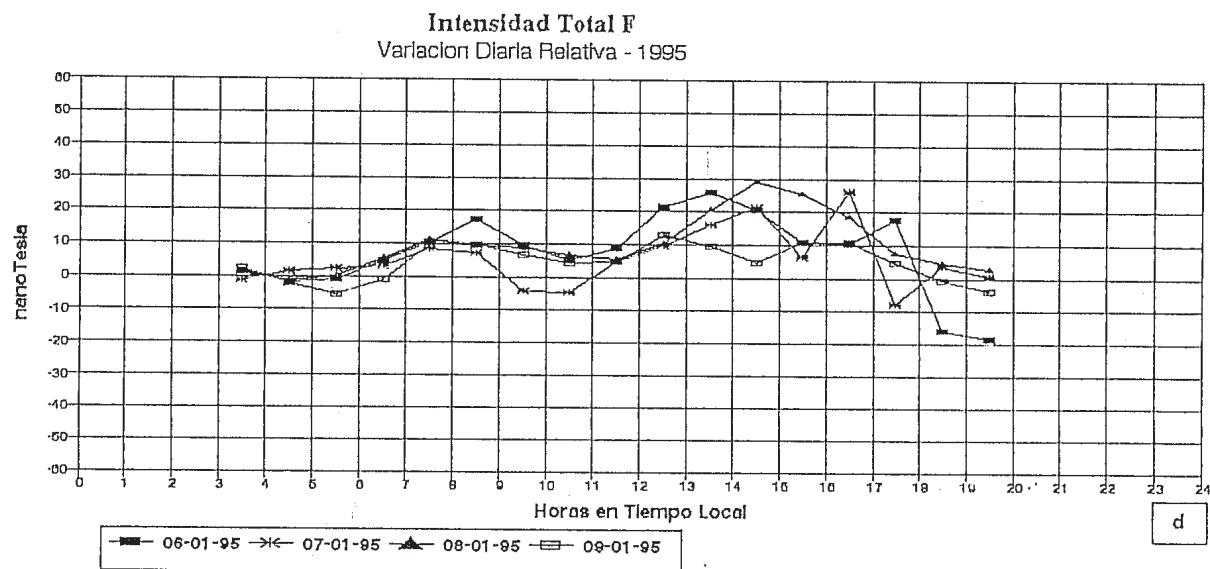


Figura 6b. Gráfica de la Variación Diaria Relativa, registrada en el Observatorio Magnético



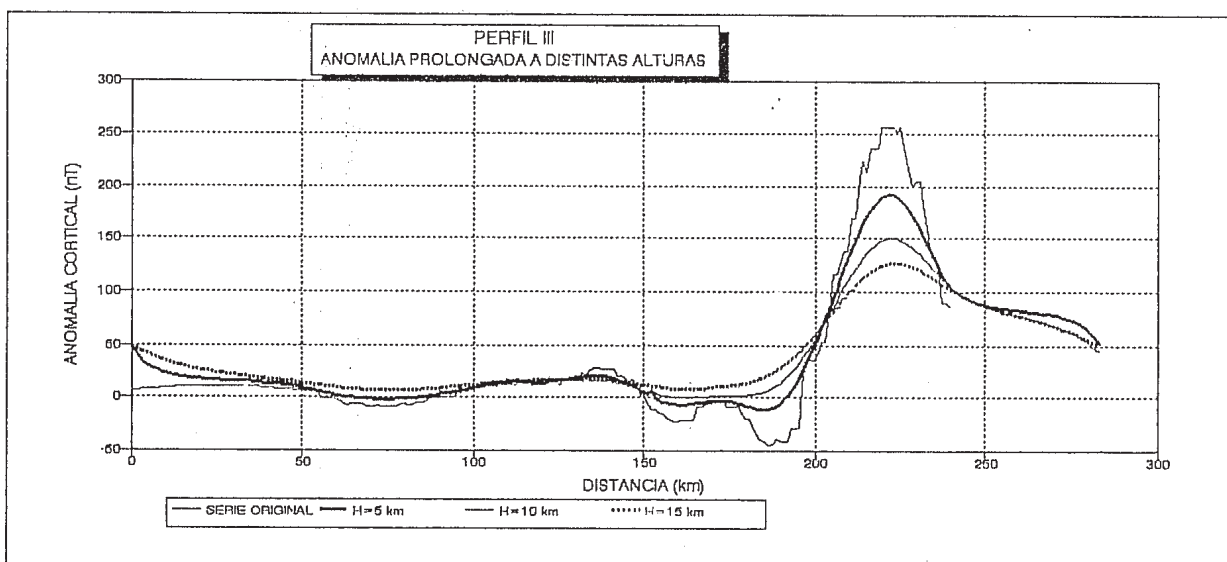
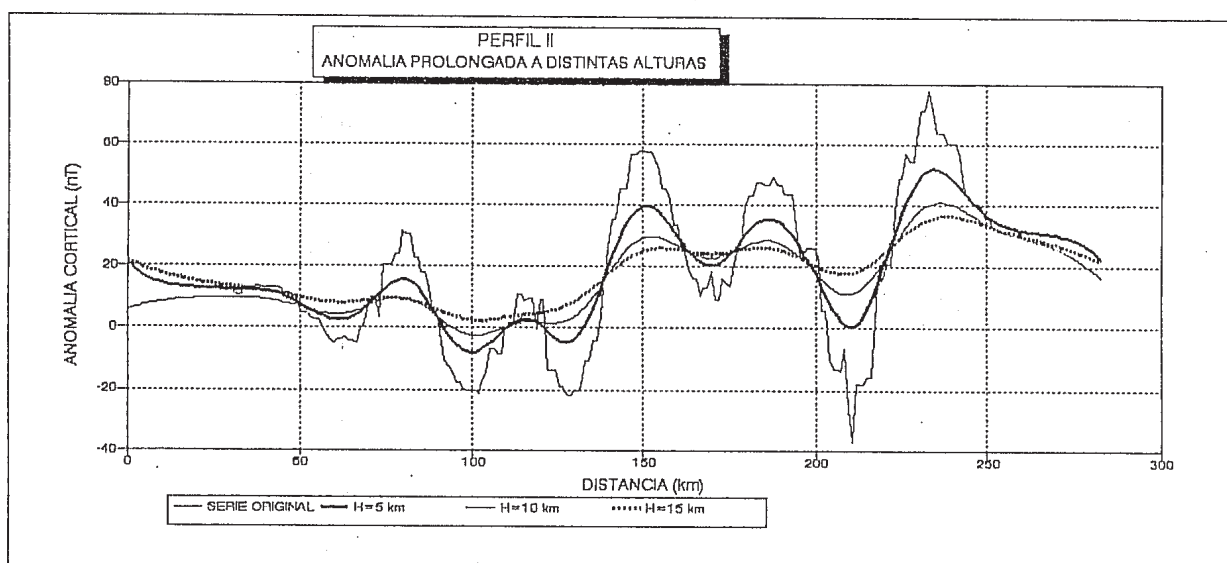
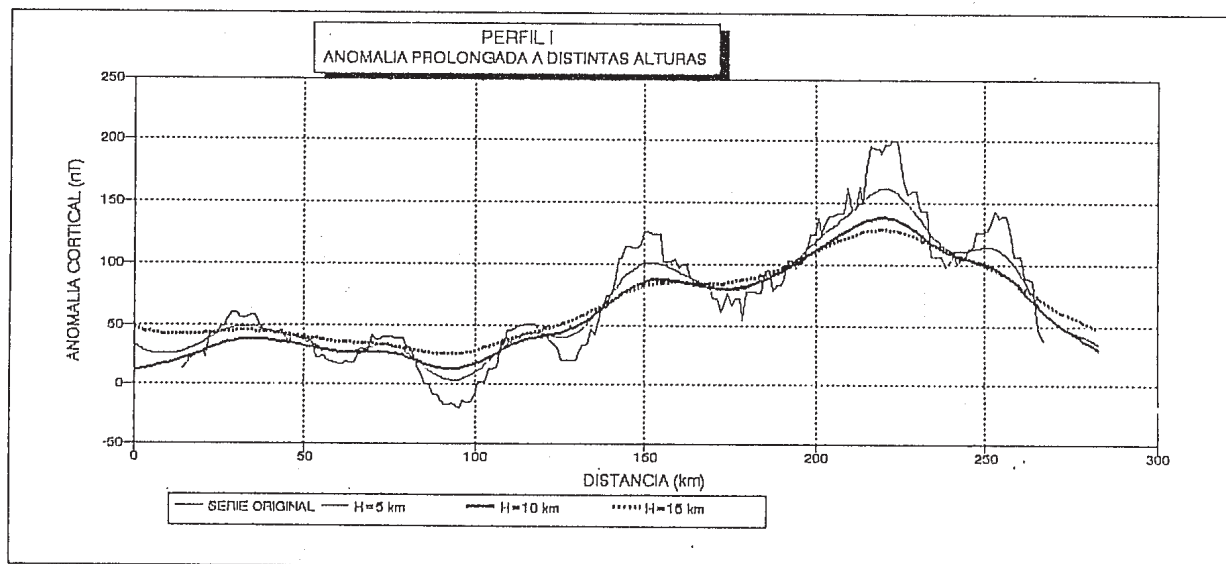


Figura 7a: Prolongación ascendente a distintas alturas H: Perfiles I a III



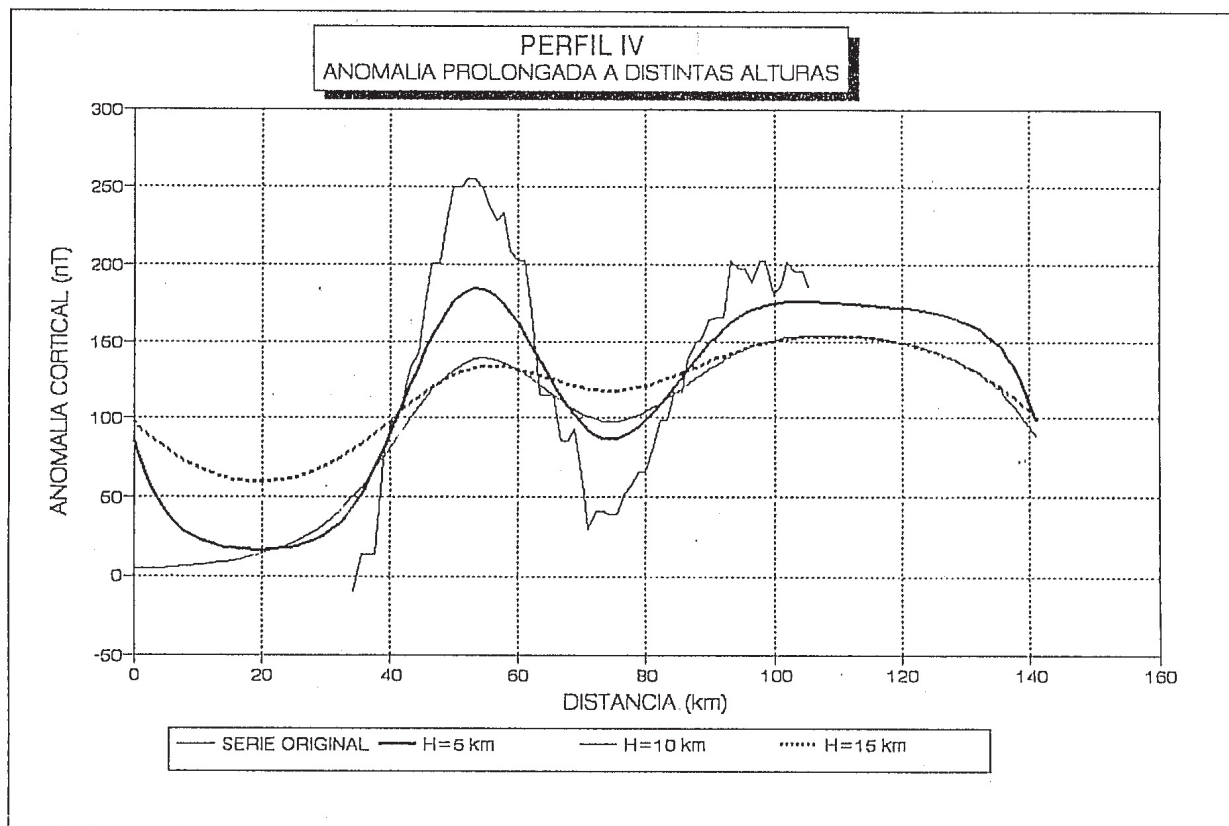


Figura 7b: Prolongación ascendente a distintas alturas H: Perfil IV



ANOMALIA CORTICAL MAGNETICA
Eq.: 40 nT

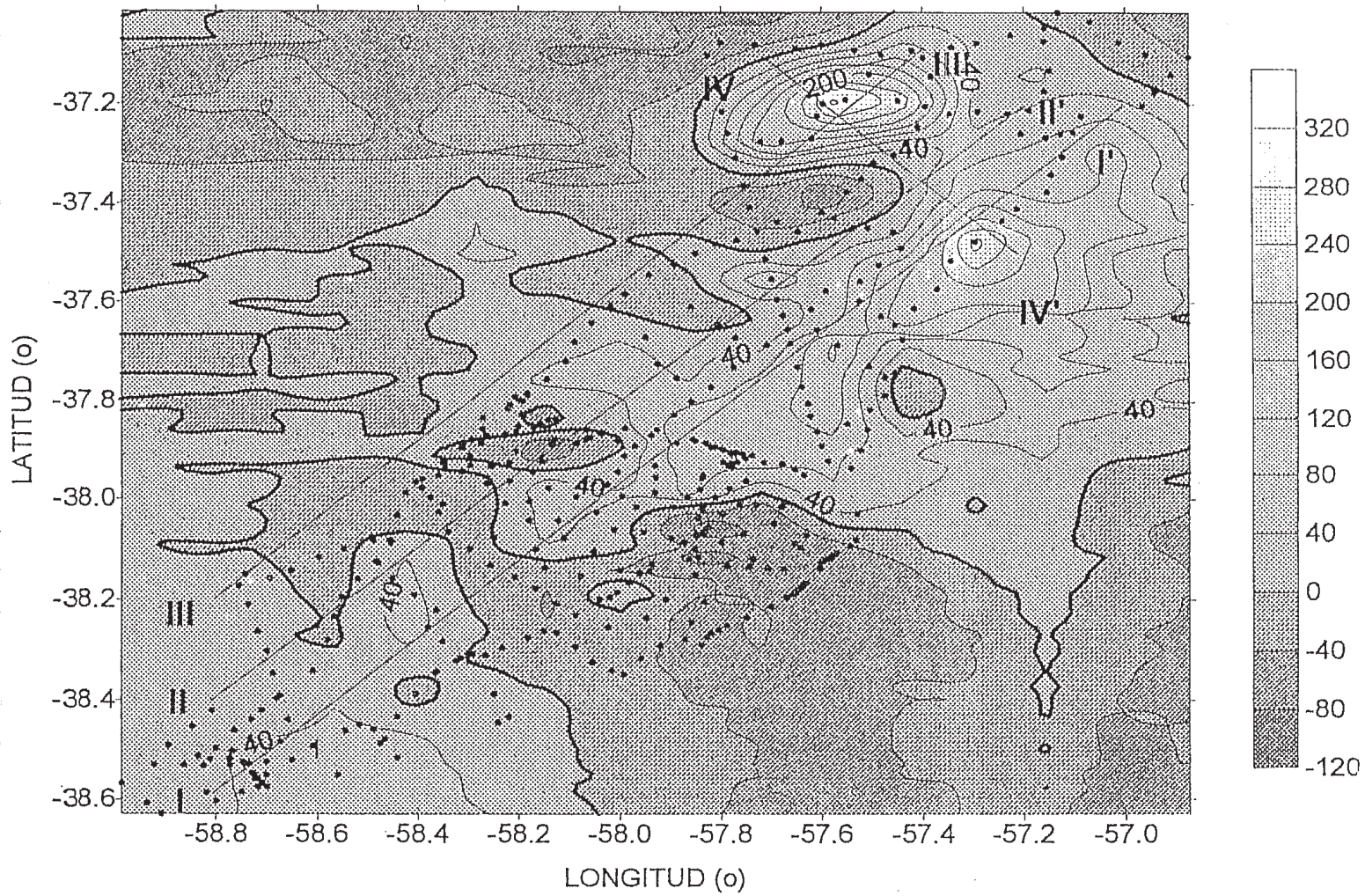


Figura 8: Carta de isonómalas magnéticas.
Ubicación de los perfiles



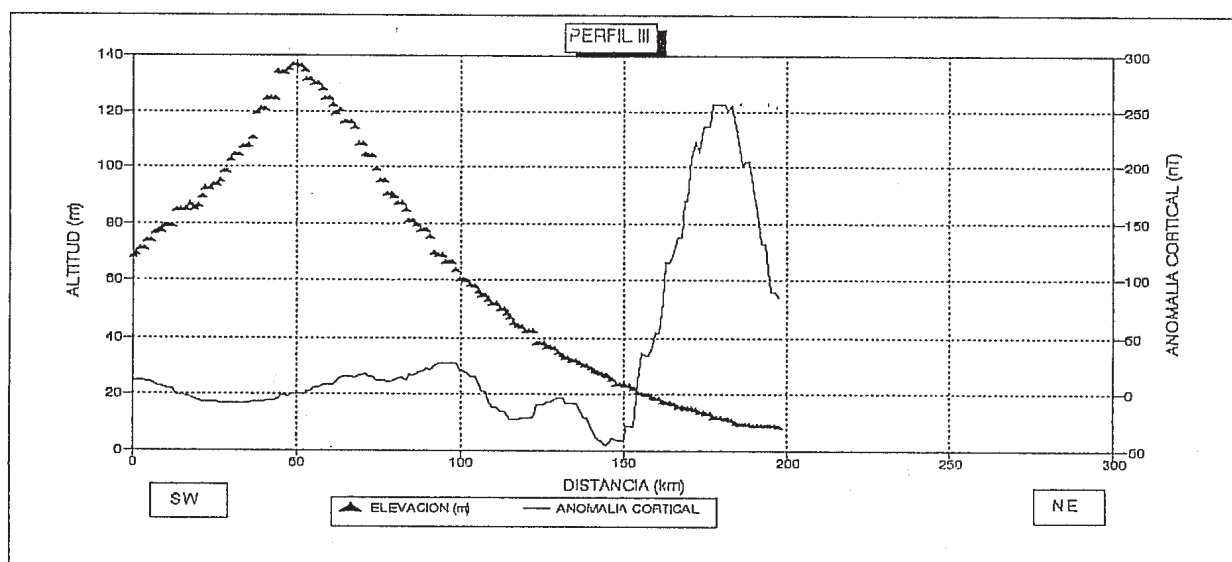
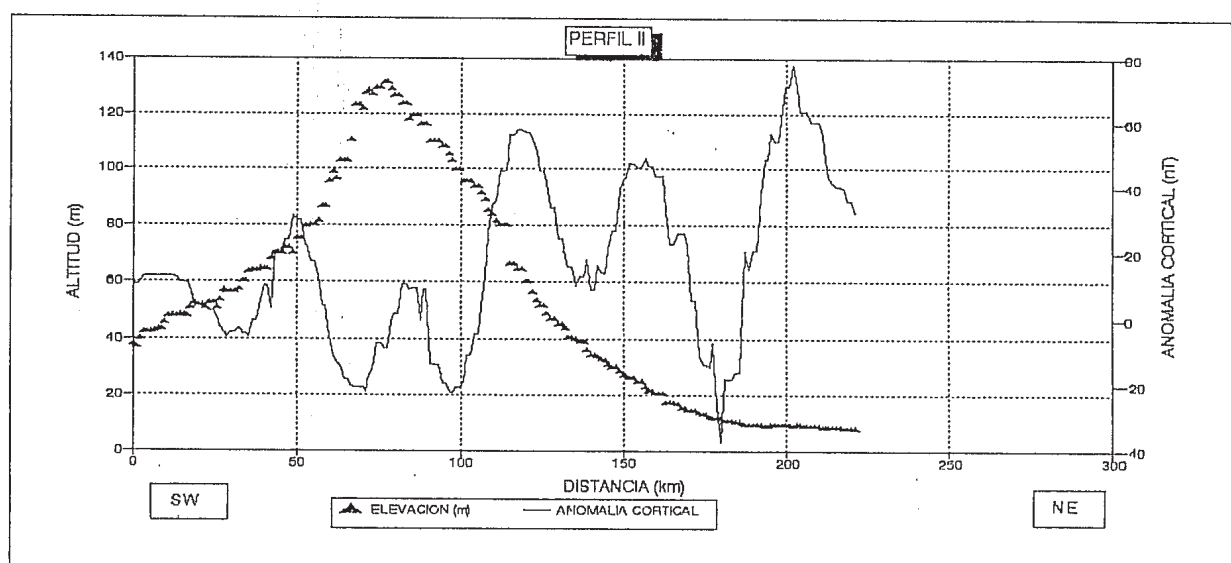
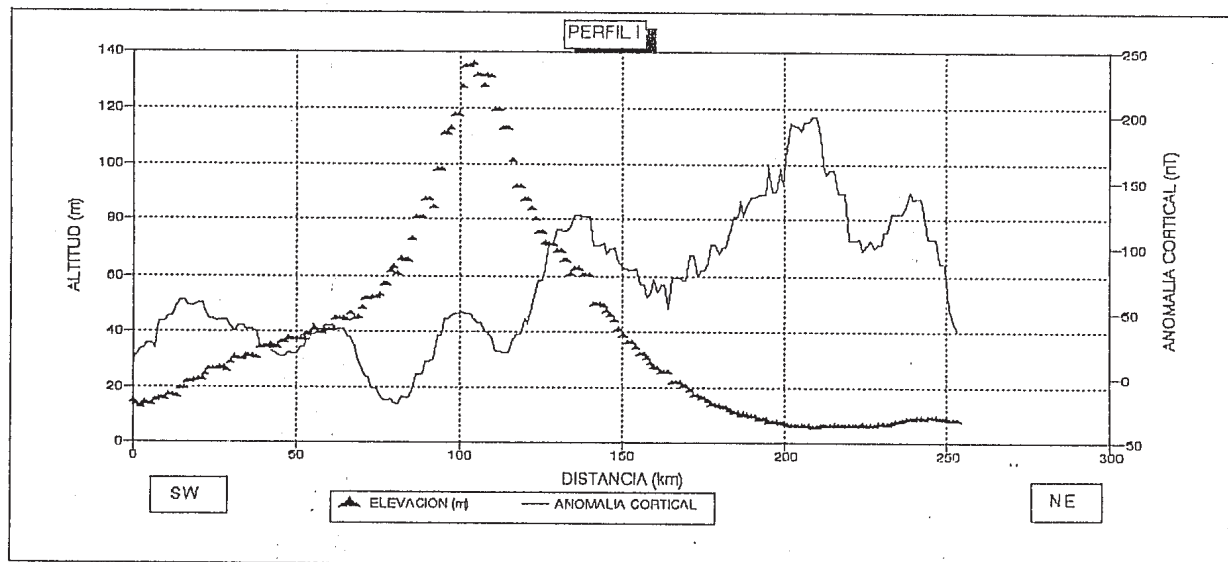


Figura 9a: Perfiles de altitud y anomalías magnéticas: I a III



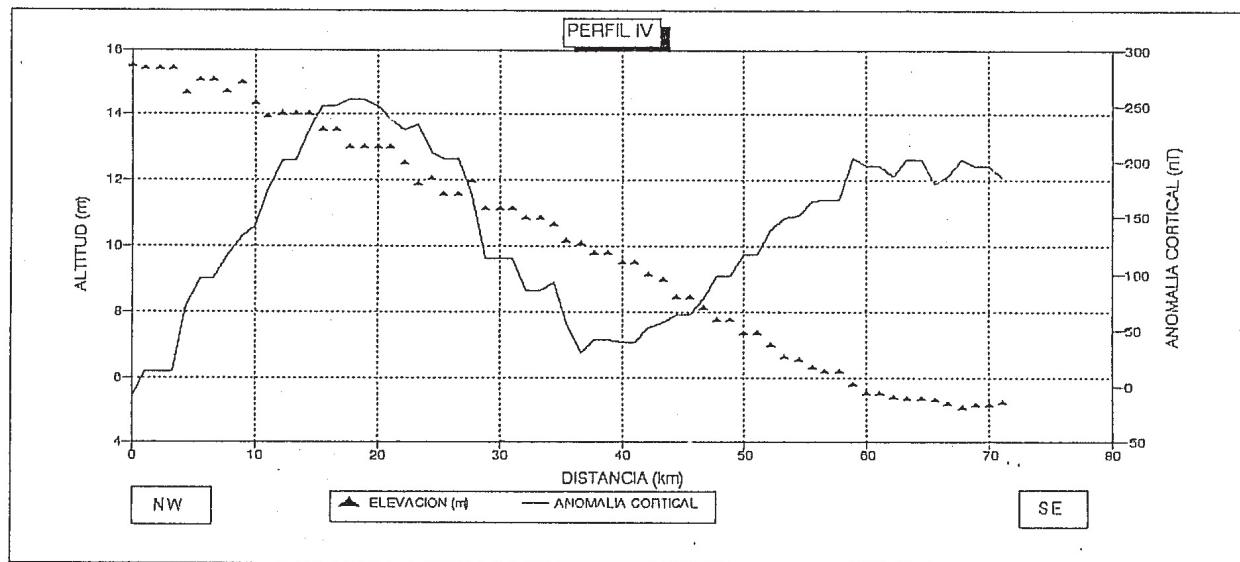


Figura 9b: Perfiles de altitud y anomalías magnéticas: IV



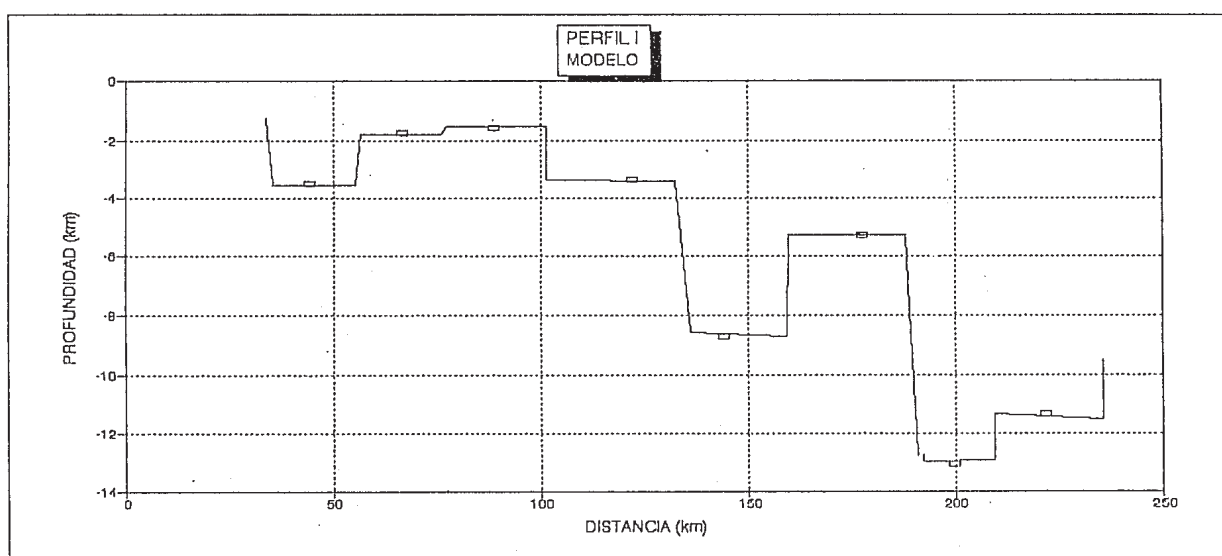
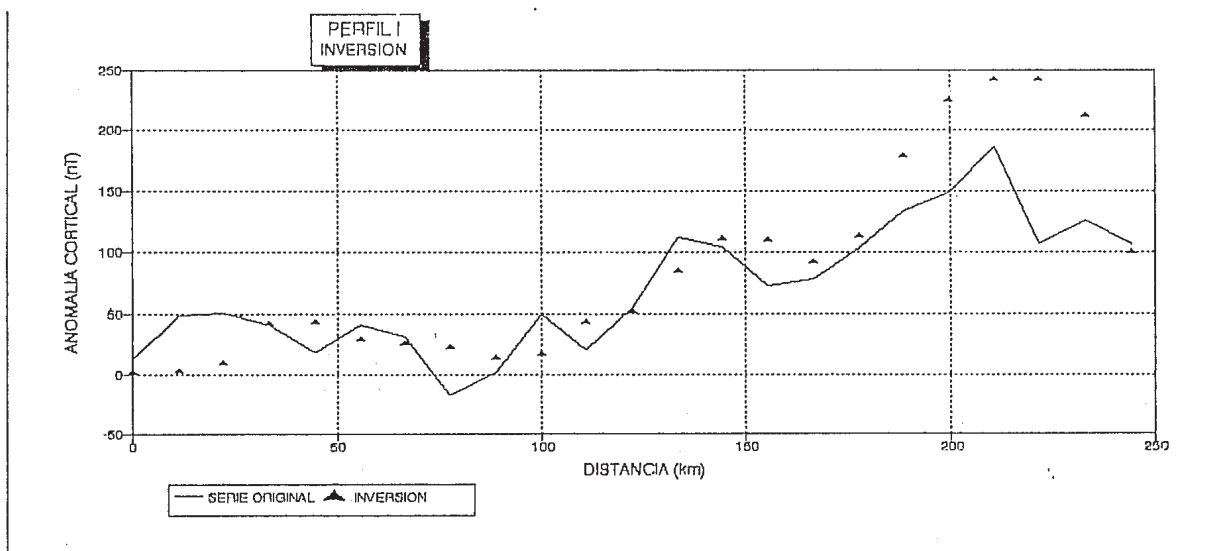


Figura 10: Modelo de inversión del perfil I-I'

