

NUEVOS ASPECTOS TECTONICOS DEL BORDE NORTE DE LA CUENCA DEL SALADO (PROVINCIA DE BUENOS AIRES-ARGENTINA) A PARTIR DE RESULTADOS MAGNETICOS

Iris R. Cabassi¹, Julio C. Gianibelli¹, Silvia Miranda^{2,4} y Bibiana Castiglione^{3,4}

¹ Dep. Magnetismo Terrestre y Electricidad Atmosférica-Fac. Cien. Astronómicas y Geofísicas- Universidad Nacional de La Plata - Buenos Aires - Argentina

² Dep. de Geofísica y Astronomía-Instituto Sismológico "Ing. F. Volponi", Universidad Nacional de San Juan - Argentina

³ Centro Regional Inv. Cient. y Tecnol.(CRICYT) - Mendoza - Argentina

⁴ CONICET

Abstract: Geomagnetic profiles using 2-D models by magnetic inversion are analyzed. The profiles cross three important magnetic anomalies: SW Magdalena-NW Vieytes-SW La Plata cities; Veronica area and Pipinas city. The anomalies amplitude is about 200 nT from Veronica to Pipinas cities. The economic basement is about 1,5 km deep. The Veronica's anomaly is associated to marginal faults reactivation, basin's subsidence and local seismic activity.

INTRODUCCION

La Cuenca del Salado (Fig. 1) es una de las más conocidas cuencas sedimentarias debido a que se realizaron unos 2.700 km de líneas sísmicas en la superficie y 8.300 km en el mar. Abarca un área de unos 70.000 km² (44.000 km² en superficie y el resto sobre la plataforma continental). Su volumen sedimentario es de unos 260.000 km³ (de los cuales 160.000 km³ corresponden a la superficie continental y el resto costa afuera), incluyendo la cubierta cenozoica (Zambrano, 1974).

El espesor sedimentario de la Cuenca del Salado sobrepasa los 6 km a lo largo de su eje, de rumbo NO-SE. Hacia el N, S y E existen fallas directas con importantes rechazos verticales de varios kilómetros. El basamento presenta fallas directas de rumbo ESE-ONO casi paralelas al río Salado, existiendo también fallas transversales a las primeras.

Diversos investigadores han señalado que la Cuenca del Salado sólo formaba parte de un área intracrátónica profunda (Braccacini, 1972), pero finalmente se llegó a la conclusión de que la cuenca constituye un verdadero rift, marginado por zonas de fracturas extensionales escalonadas, que hacen descender el basamento a profundidades mayores a los 6 km en el centro de la misma (Yrigoyen, 1975).

Zambrano (1974) detalló la secuencia estratigráfica de la Cuenca del Salado. Su relleno sedimentario lo conforman sedimentos continentales, marinos y efusivos en menor proporción, siendo quizá estas últimas las más antiguas.

Yrigoyen (1975) vinculó la creación y apertura de la Cuenca del Salado con el proceso de apertura del Atlántico Sur, pero sin lograr precisar las causas. Introcaso y Ramos (1985) determinaron que la Cuenca del Salado correspondía a un verdadero aulacógeno, y que efectivamente su inicio se podía asociar a la apertura del Atlántico Sur. Estos autores propusieron un modelo litosférico de corteza de dos capas, una superior frágil y otra inferior dúctil. Su modelo gravimétrico bidimensional era representado mediante una corteza atenuada por intrusión de material desde el manto superior y desde la corteza inferior hasta la superior.

La subsidencia del aulacógeno del Salado, que disminuye hacia el continente, implica dos etapas: la termotectónica (de expansión inicial y posterior enfriamiento) y la de carga sedimentaria, que es la de mayor incidencia (Introcaso y Ramos, 1985). Se reconocieron ingresiones *Maestrichtiana-Daniana* y *Oligocénica*, como aceleradoras del proceso de subsidencia y reactivadoras de fracturas geológicas en las áreas marginales de la Cuenca del Salado. Existen fracturas tensionales escalonadas, que hacen descender el basamento metamórfico de edad Precámbrica hasta una profundidad de más de 6 km, con una cubierta sedimentaria Cretácica y Cenozoica.

Las formaciones Pliocénicas más modernas fueron afectadas por movimientos verticales, reflejados en las fallas principales que bordean el aulacógeno. Los rumbos de fracturación recientes son predominantemente OSO-ENE y SO-NE, casi transversales a los fallamientos del borde.

Las anomalías magnéticas en los bordes del aulacógeno fueron asociados a bloques basamentales fallados, de poca profundidad (Ríos *et al.*, 1988).

Movimientos tectónicos relativamente recientes, que debieron incidir en la tectónica del borde norte de la Cuenca del Salado, tuvieron como epicentros a las ciudades de Alvarez Jonte, Vieytes y Magdalena (Jaschek, 1972).

Se ha observado que los máximos de la anomalía de Bouguer y la sismicidad del borde norte sustentan la hipótesis de que la Cuenca del Salado aún estaría en actividad geotectónica (Introcaso y Ramos, 1985), con implicancias geomorfológicas de superficie y cambios en los cursos de los ríos Salado, Samborombón y sus respectivos afluentes (Gianibelli *et al.*, 1994).

OBJETIVOS

En base a los datos obtenidos de recientes campañas magnéticas realizadas en el borde norte de la Cuenca del Salado, desde La Plata hasta Pipinas, atravesando las ciudades de Magdalena, Vieytes y Verónica, se ha realizado el modelado 2D de un perfil magnético representativo, longitudinal al eje de la Cuenca.

El objetivo fundamental del presente trabajo es detectar e interpretar las anomalías magnéticas, comparando con investigaciones anteriores.

AREA ESTUDIADA

Se analiza el borde costero norte del aulacógeno del Salado, que limita al NE con la costa del Río de La Plata y al SO con el Río Samborombón (Fig. 1). El área se caracteriza por una geología superficial que pasa por la *Formación Las Escobas* (depósitos de la única ingresión marina del Holoceno) que se extiende desde Punta Piedras hasta la ciudad de La Plata; *Formación La Postrera* (sedimentos eólicos y lomadas) y sedimentos pampeanos de edad Pliocena a Pleistocena Superior.

MÉTODOS EMPLEADOS

Se midió la intensidad del campo magnético total F con un magnetómetro de precesión protónica marca Geometrics modelo G-856, cuya precisión es de ± 0.1 nT. El área abarca un corredor de 80 km de largo por 90 km de ancho. En esta zona de 7.200 km² se midieron 260 puntos, siendo la distancia media entre estaciones de unos 3 km.

Los datos obtenidos fueron corregidos por la variación diaria del campo magnético terrestre durante los días en que se realizó el perfil, en base a la determinación de un Nivel de Referencia Nocturno, hallado a partir de los registros (magnetogramas) del Observatorio Magnético Las Acacias ($\varphi = 35^\circ 0'5''$ S; $\lambda = 57^\circ 41'65''$ O). Para determinar la anomalía cortical magnética propiamente dicha, los datos se reducen mediante el *Campo Geomagnético Internacional de Referencia (IGRF)* (Cabassi *et al.*, 1988; Gianibelli *et al.*, 1989).

Con los valores corregidos se graficaron las isolíneas de la anomalía magnética cortical mediante el *Método de Kriging* (véase Fig. 2 con los perfiles realizados). Luego se emplearon métodos de separación de anomalías.

En la Fig. 3 y 4 se muestran los perfiles magnéticos (dibujados en la Fig. 2), observándose una fuerte componente regional en los perfiles B y C con tendencia ascendente, y en mucho menor grado en el perfil F; en cambio en los perfiles D, E y G la tendencia es marcadamente descendente. Los perfiles H e I, paralelos a la costa a la altura de Pipinas, no presentan tendencia regional. Los máximos valores de anomalías registradas se presentan en los perfiles B e I con casi 330 nT y un rango (amplitud pico a pico) de 200 nT. El perfil H también presenta valores importantes de anomalía de 270 nT con un rango de casi 160 nT. Se debe notar que el perfil B abarca las tres anomalías más importantes en la región estudiada, y que los perfiles H e I cruzan las anomalías de Pipinas y Verónica respectivamente.

Finalmente, la interpretación se realizó con métodos 2D directo-inverso en base a software realizado por Guspí (1995) (Grupo de Geofísica-Instituto de Física de Rosario y Dep. de Geofísica-Fac. de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura-Universidad Nacional de Rosario (Prov. de Santa Fe)).

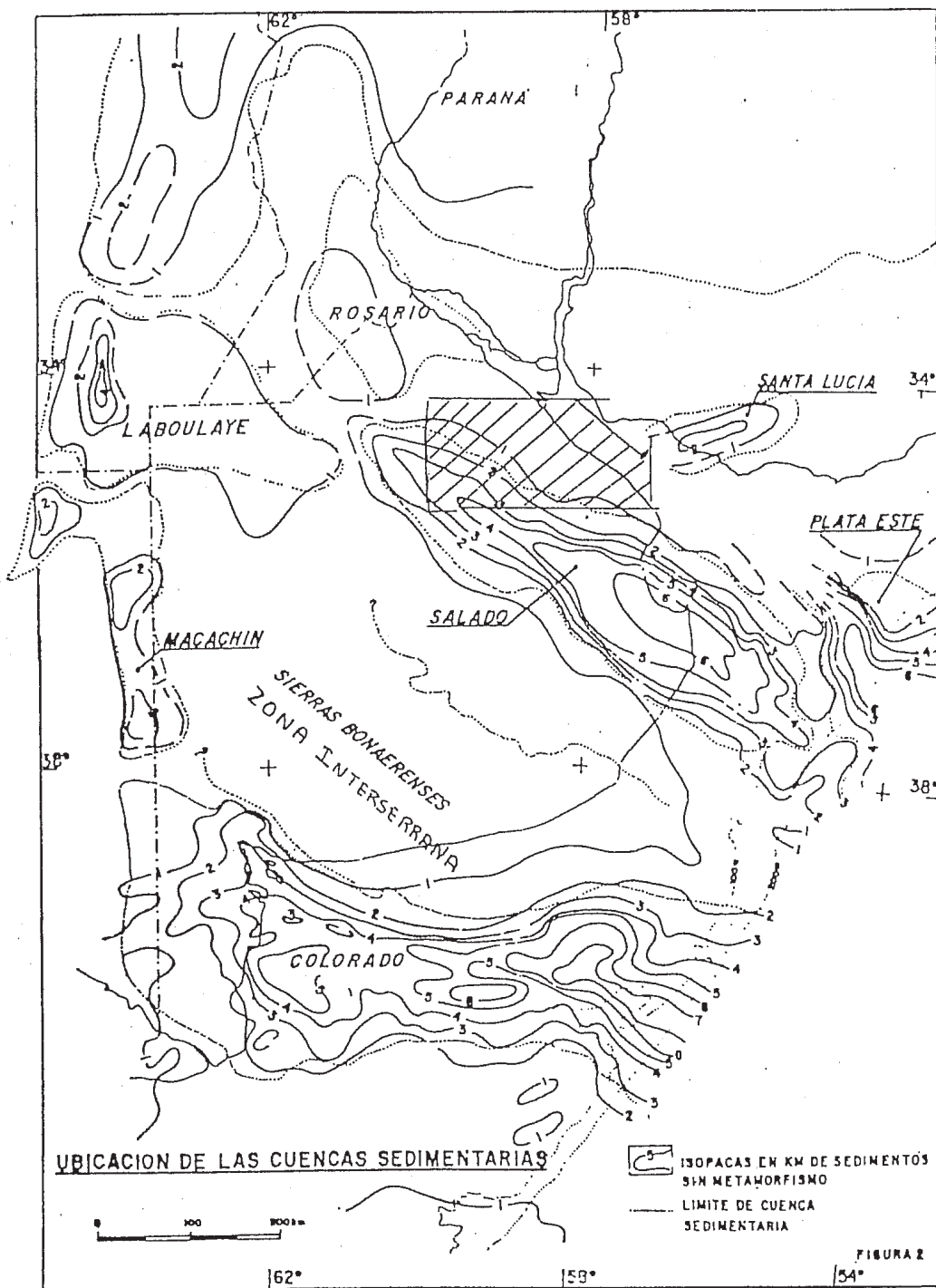


FIG. 1: UBICACION DE LA CUENCA DEL SALADO Y DEL AREA ESTUDIADA (RAYADA)

BORDE NORTE - CUENCA DEL SALADO
ANOMALIA CORTICAL MAGNETICA (CAMPO TOTAL)

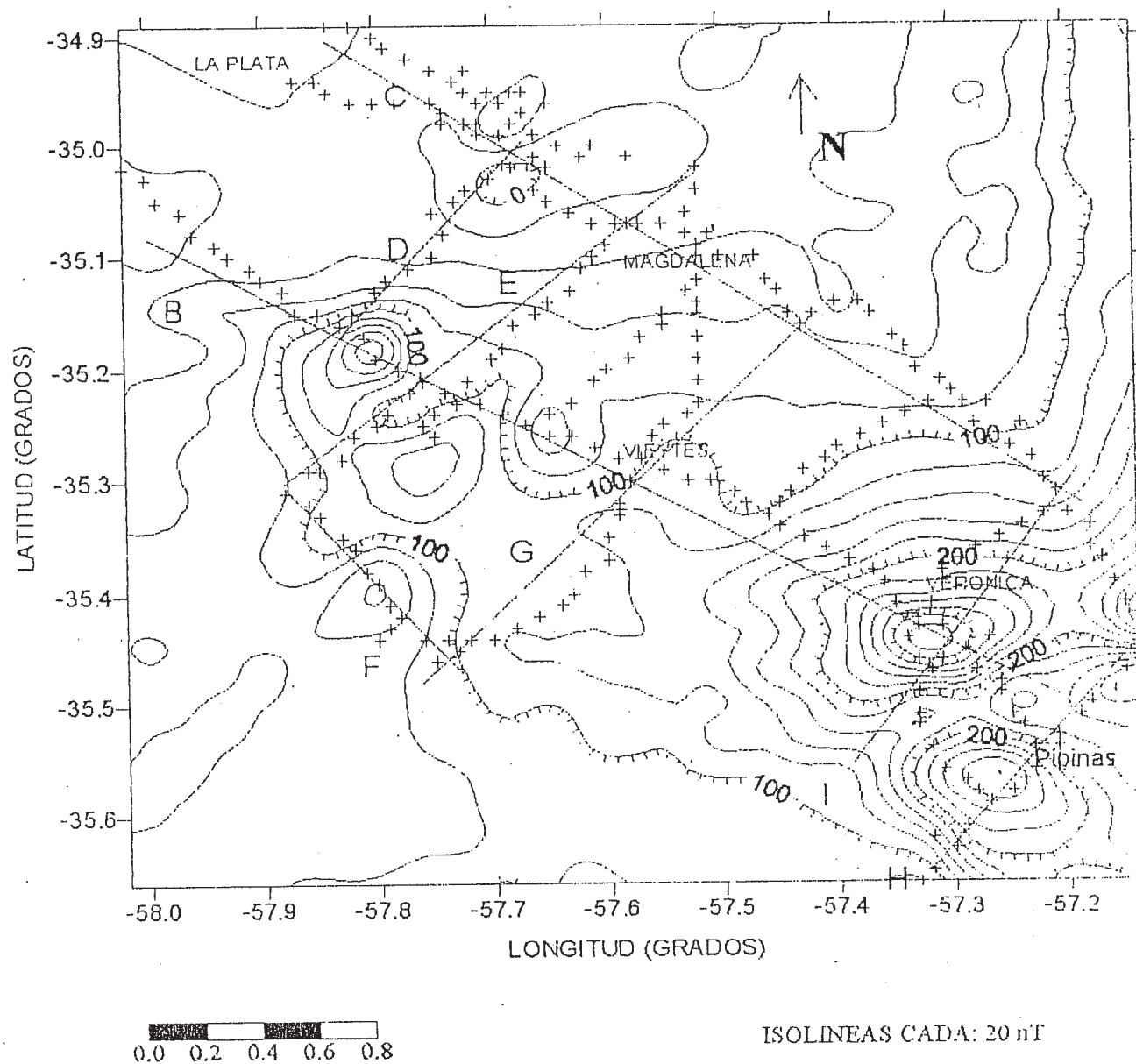


FIG. 2: ISOLINEAS MAGNETICAS DE ANOMALIA CORTICAL
ESTACIONES MEDIDAS Y PERFILES

RESULTADOS

De las figuras 3 y 4 se pueden apreciar rasgos distintivos entre los distintos perfiles. Los perfiles longitudinales B, C y F presentan una tendencia estrictamente ascendente, aunque en F la tendencia es casi imperceptible. Cabe destacar que el perfil F, paralelo al B y C pero más al sur, presenta una anomalía consistente con ellos (Fig. 3). Por otra parte, podemos observar que en los perfiles transversales o la tendencia es descendente (perfiles D, E y G) o no presentan ningún tipo de tendencia regional (perfiles H e I). La tendencia NO-SE ascendente nos está indicando la forma en que los bloques basamentales tienden a profundizarse hacia el SE, pero en general la profundidad no supera 1.3 km. La misma explicación es válida para la tendencia descendente SO-NE, cuando el basamento tiende en este caso a las menores profundidades.

El perfil B se analizó por un método iterativo directo-inverso (Fig. 5), realizándose una inversión poligonal. Los parámetros del modelo fueron: Campo Total $F = 24.000$ nT, Inclinación $I = -36^\circ$, Dirección de Magnetización = Dirección del Campo Total, Susceptibilidad Magnética $k = 9,5 \times 10^{-4}$ uem. Se ha elegido este valor de susceptibilidad magnética media en base al rango determinado para el tipo de rocas de la zona y los valores que mejor ajustaban el modelo propuesto. Se comprueba que el basamento descende hacia el SE, alcanzando una profundidad de hasta 1 km en la parte media del perfil.

Es lógico suponer que la falta de tendencia regional en los perfiles H e I nos está indicando rasgos residuales o locales; ambos atraviesan las dos anomalías más importantes en Pipinas (perfil H: rango máximo de 270 nT) y Verónica (perfil I: rango máximo de 330 nT), paralelos a la costa. Estos perfiles siguen lineamientos similares.

DISCUSION

Frecuentemente existe una correlación entre magnetismo, topografía y estructuras geológicas profundas con predominancia de materiales básicos. La tendencia de las anomalías magnéticas corticales refleja un modelo de rocas de alta susceptibilidad magnética.

En regiones sedimentarias, sobre todo si la profundidad del basamento es algo mayor a 1 km, los contornos magnéticos se encuentran más suavizados y los rangos de las anomalías son mucho más pequeños. Esto nos brinda una mejor información de las rocas del basamento, más que de los rasgos superficiales, como sucede hacia el NO de Verónica. En contraste, las anomalías de mayores amplitudes nos dan un mejor indicio de las variaciones de susceptibilidad magnética, más que del relieve del basamento (Verónica-Pipinas).

Por otra parte, se considera como *efecto regional* a aquella anomalía de gran longitud de onda, con gradiente horizontal que permanece constante o que puede variar de dirección y magnitud pero en forma más suave y gradual, originada por una estructura profunda. Por el contrario, la *anomalía local o residual* será aquella originada por estructuras pequeñas y someras, de reducida extensión superficial, de carácter local y gradiente horizontal más abrupto. La suma de ambos efectos constituirá la anomalía observada, que luego será sometida a distintos métodos de filtrado (Guspi, 1995).

Un aspecto importante a tener en cuenta en cualquier proceso de filtrado analítico es el adecuado manejo de los datos. Los algoritmos implementados para llevar a cabo estos procesos parten de la consideración teórica de suponer que la información consiste en una curva continua, muchas veces infinita. En la práctica, los datos están dados en forma digital en un intervalo finito. La primera consideración implica un error por digitalización, mientras que la segunda trae aparejado un error por truncamiento. Para que el error por digitalización sea mínimo se debe elegir correctamente el intervalo de muestreo de los datos y, para minimizar la influencia del error por truncamiento se debe "extender" lateralmente los datos (estos valores añadidos se descartan en la interpretación final).

Por otra parte, con el *método inverso* (Menke, 1987) se realiza un "ajuste" de la anomalía producida por un modelo propuesto con la anomalía observada, y variando distintos parámetros del modelo (magnitud e inclinación de la intensidad de magnetización, susceptibilidades, etc.) se obtiene una estructura razonable luego de varias iteraciones, que caracteriza a las fuentes que producen las anomalías detectadas.

Comparando con trabajos realizados anteriormente (Slaucitajs, 1965; Petcoff *et al.*, 1988; Ríos *et al.*, 1988; Gianibelli *et al.*, 1989), hemos profundizado el conocimiento del magnetismo de la corteza y la evolución de las anomalías a través del tiempo en la zona de estudio. Slaucitajs (1965) determinó la tendencia de los máximos magnéticos en la zona de Pipinas, Verónica y Punta Piedras, la cual hemos comprobado en este estudio. Por otra parte, en trabajos anteriores se determinó la variación secular al E de Verónica, entre Pipinas y Punta Piedras.

Fig.3: Perfiles B, C y F de Anomalías Magnéticas de Campo Total

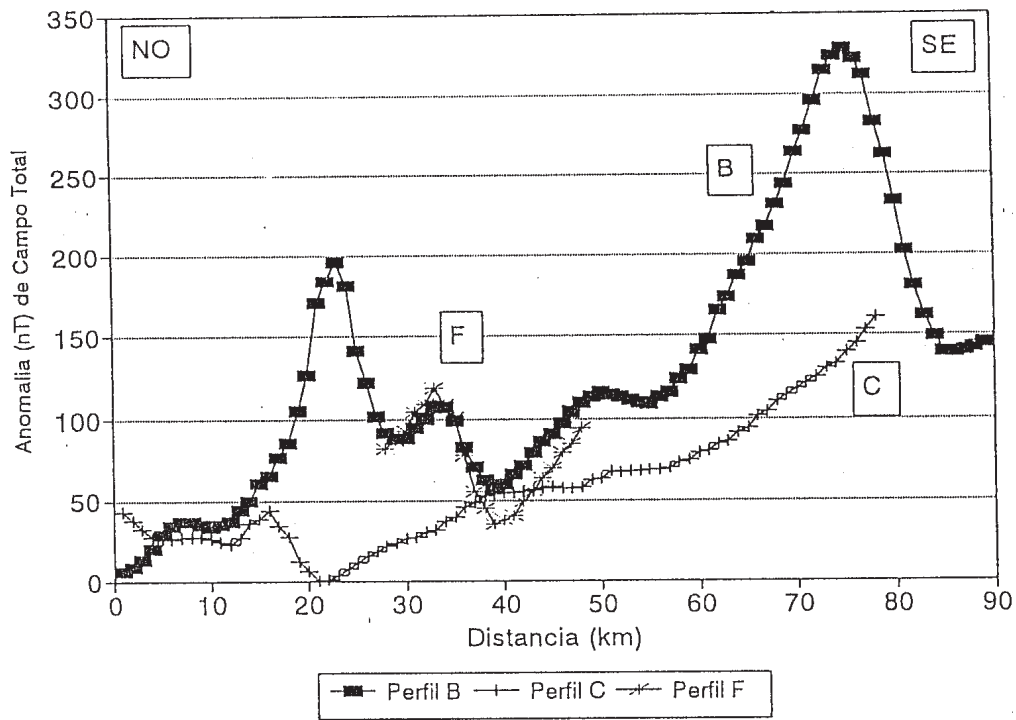
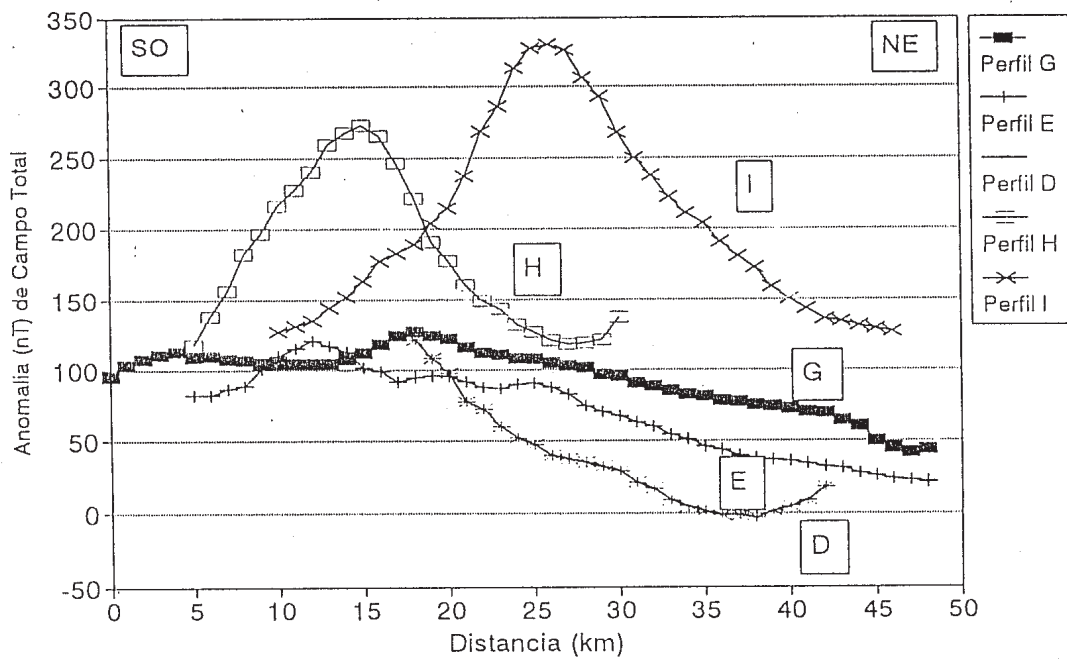


Fig.4: Perfiles D, E, G, H e I de Anomalías Magnéticas de Campo Total



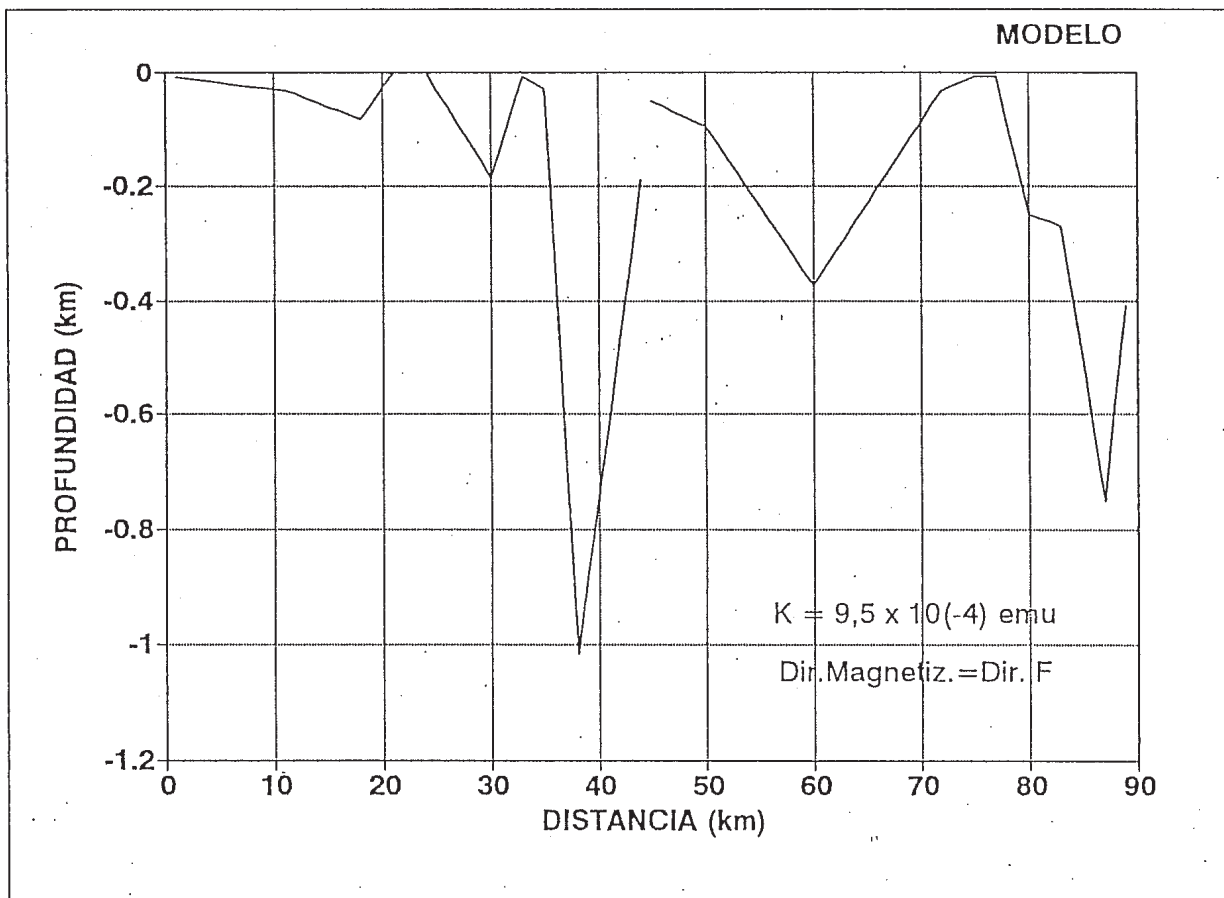
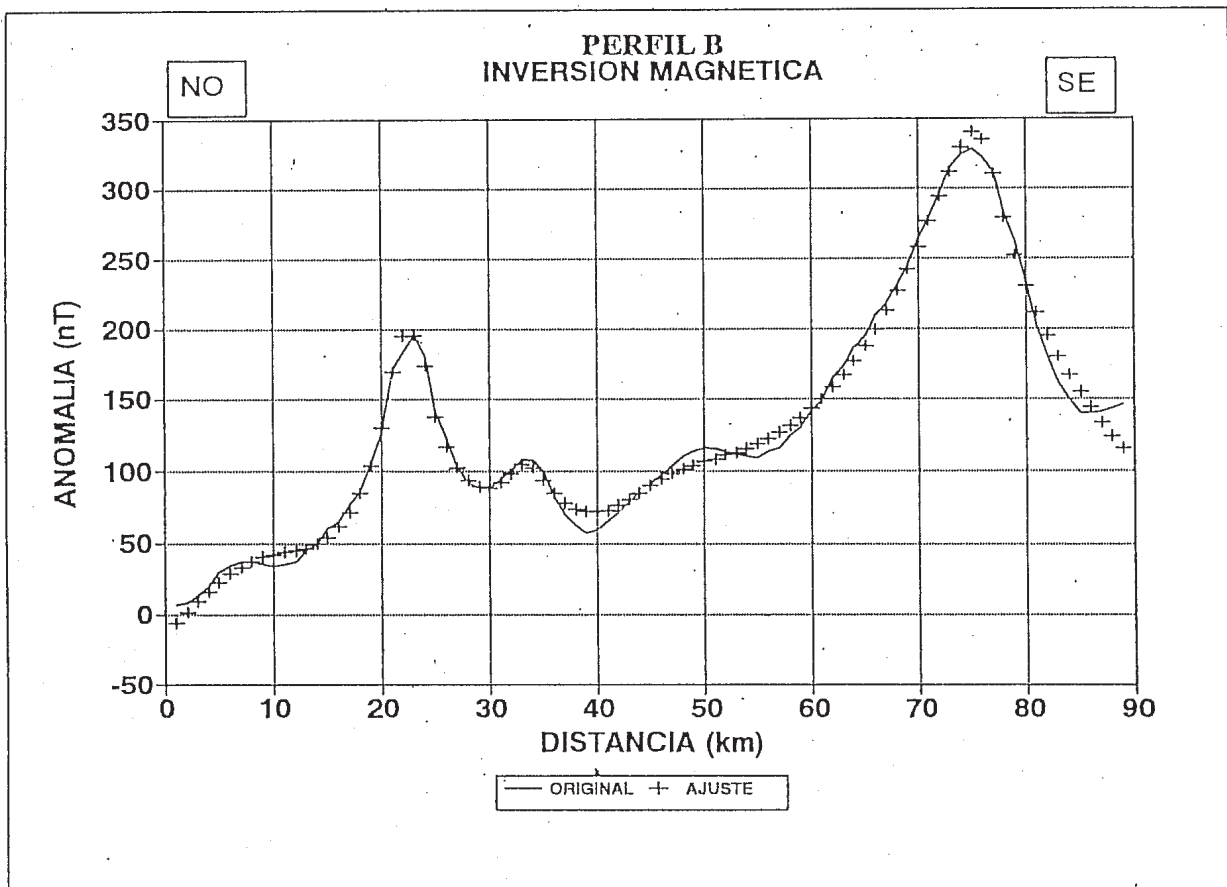


Fig. 5: Modelo del Perfil Magnetico B mediante Inversion 2-D

Los contornos uniformemente espaciados y suavizados (espectro de bajo número de onda) indican o ausencia de rocas magnéticas o que las mismas se pueden hallar a gran profundidad. Esta última posibilidad la hemos descartado en el centro de la zona de estudio, en base a los distintos perfiles geológicos realizados por diversos investigadores (Lámina I: Yrigoyen, 1975; Perfil La Plata - Monte Veloz: Yrigoyen, 1975; Perfil geológico de la Cuenca del Salado: Urien., 1981; Cortes transversal y longitudinal de la Cuenca del Salado: Zambrano, 1971). Por otra parte, los contornos irregulares, con gradientes que varían en forma brusca (números de onda altos) indican fuentes magnéticas superficiales, como observamos en la zona Verónica-Pipinas.

CONCLUSIONES

De los perfiles analizados se pueden deducir importantes rasgos geológicos y geomorfológicos del basamento económico. Se observan tres importantes centros anómalos: uno se ubica hacia el SO de Magdalena - NO de Vieytes - SE de La Plata; otro en la zona de Verónica y el tercero a la altura de Pipinas. Las anomalías cubren un rango máximo de 200 nT entre Verónica y Pipinas. La profundidad del basamento económico no supera 1.5 km.

Considerando un modelo de basamento de bloques, las anomalías magnéticas positivas en las zonas de Verónica y Vieytes podrían asociarse a reacomodaciones de bloques de basamento cercanos a la superficie, de susceptibilidad magnética promedio de $9 \cdot 10^{-4}$ uem en, los bordes de la Cuenca del Salado,

De la amplitud de las anomalías en el centro de la zona estudiada se puede deducir intrusión de rocas básicas. El contraste magnético a lo largo de los perfiles señala rocas del basamento asociadas con fracturas. Asociamos las anomalías a la existencia de fallas traccionales, con bloques escalonados progradando hacia el borde SO y SE de la Cuenca del Salado, como así lo sugiere el modelo presentado. Del análisis de los resultados y de lo expuesto anteriormente se deduce la existencia de importante fallamiento en gradería.

Por otra parte, del análisis de las tendencias de las anomalías magnéticas observamos una dirección dominante dentro de las distintas áreas tecto-magnéticas NO-SE, lo cual da una información muy útil acerca de las características geológicas del lugar. Los relevamientos magnéticos en la zona constituyen un importante aporte al conocimiento estructural de borde de cuenca.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BRACACCINI O., 1972. Cuenca del Salado. *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias: 407-417, Córdoba, Argentina.
- CABASSI I. R., L. PETCOFF, L. BARRIO, S.G. WEISZ, J.C. GIANIBELLI, O. SIDOTI, y 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. Geod. (AAGG)*, Catamarca, 24-28 oct. 1988. Inédito.
- GIANIBELLI J.C., I.R. CABASSI, E. SUÁREZ, L. BARRIO, S.G. WEISZ, L. PETCOFF, C. CINGOLANI, O. SIDOTI, y F.F. RÍOS, 1989. La anomalía del borde NE de la cuenca del Salado: Transecta III. *South Amer. Geotraverses, Workshop*, Mar del Plata, jun. 1989. *Pub. Esp. del Dep. Geomagn. Fac. Cien. Astr. Geof. La Plata*: 1-7. *19a. Reunión Geotrans. Amer. Sur, Actas*: 112-118, Montevideo, Uruguay.
- GIANIBELLI J.C., L. BARRIO, y E.A. SUAREZ, 1994. Aspectos tectónicos de la Cuenca del Salado y su influencia en los cursos de los ríos Samborombón y Salado (Argentina). 7mo. Congreso Geológico Chileno, Vol. 1: 52-56, Concepción, Chile.
- GUSPÍ F., 1995. Software. *Curso Latinoamericano de Postgrado: "Magnetometría Aplicada"*, Dtor.: A. Introcaso, Fac. Cien. Ex., Ing. y Agrim., Dep. Postgrado, Univ. Nac. Rosario, Santa Fé, Argentina.
- INTROCASO A., y V.A. RAMOS, 1985. La Cuenca del Salado: Un modelo de evolución aulacogénica. *Comunicación YPF, IX Congreso Geológico Argentino*, Actas III: 27-46, Bariloche, Argentina.
- JASCHEK E., 1972. Hay sismos en la Provincia de Buenos Aires?. *Ciencia e Investigación*. Revista T. 28, Nos. 1 y 2: 26-29, Buenos Aires.
- MENKE W., 1987. *Geophysical Data Analysis*. Academic Press, N.Y..

- PETCOFF L., J.C. GIANIBELLI, y F.F. RIOS, 1988. Análisis comparativo de datos geomagnéticos observados en la Provincia de Buenos Aires en un intervalo de 38 años. *2as. Jornadas Geológicas Bonaerenses*, Actas: 507-514, Bahía Blanca, Argentina.
- RIOS F.F., J.C. GIANIBELLI, y L. BARRIO, 1988. Aspectos geonómicos de los bordes continentales costeros del aulacógeno del Salado, Prov. de Buenos Aires. *2as. Jornadas Geológicas Bonaerenses*, Actas: 489-498, Bahía Blanca, Argentina.
- SLAUCITAJS L., 1965. Estudio Geomagnético de la Provincia de Buenos Aires. Comunicación Cient. No. 3, Dep. Magnetismo Terrestre y Electricidad Atmosférica, Univ. Nac. La Plata, Argentina.
- URIEN C.M., 1981. The basins of Southeastern South America (Southern Brazil, Uruguay & Eastern Argentina including the Malvinas Plateau and Southern South Atlantic). *Paleogeographic Evolution*, En: *Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur* 1: 45-125.
- YRIGOYEN M.B., 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental. En: Relatorio, 6to. Congreso Geológico Argentino: 139-168, Bahía Blanca, Argentina.
- ZAMBRANO J.J., 1971. Las cuencas sedimentarias en la plataforma continental argentina. *Petrotécnica* Revista Año XXI (4), Revista del Instituto Argentino del Petróleo.
- ZAMBRANO J.J., 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la Provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Asociación Geológica Argentina Revista XXIX* (4): 443-469, Buenos Aires.