

ESTUDIO DE AVANCE DE LA INTEGRACIÓN DE LEVANTAMIENTOS MAGNÉTICOS MARINOS Y CONTINENTALES EN LA FRANJA LITORAL ENTRE LAS LATITUDES 35 Y 47 S, ARGENTINA

M. E. Ghidella¹, C. J. Chernicoff^{2,3,4}, C.M. Paterlini⁵, J. C. Gianibelli⁶, E. Suárez⁶, I.R. Cabassi⁶ y J. Kostadinoff^{2,7}

RESUMEN

Existen cinco conjuntos de datos magnetométricos adquiridos con diferentes propósitos y en diferentes épocas en la zona del mar argentino y parte continental adyacente. Los datos marinos corresponden a un levantamiento aeromagnético sobre la plataforma continental que va desde el Río de La Plata hasta el Sur del Golfo de San Jorge. Los datos "sobre tierra" cubren buena parte de la zona continental adyacente a la costa, y algunos fueron adquiridos desde avión y otros en superficie.

En el marco de un proyecto conjunto entre las instituciones que han participado en la adquisición de los datos, se está trabajando en una compilación de los mismos, llevándolos a una altura común con el objetivo de generar un mapa único que sirva para futuros estudios. La compilación implica una revisión, adaptación e implementación de las técnicas existentes para este tipo de tarea.

Se propone además trabajar en una interpretación conjunta del mapa resultante, con la intención de aclarar algunos problemas abiertos, como por ejemplo: la variación del grado de actividad magmática en la formación del margen; la vinculación entre las estructuras continentales, las de plataforma, y la historia geológica anterior a la apertura del Océano Atlántico; la caracterización de discontinuidades mayores (sutura, sistema de fallas Gastre) a través de su representación magnética; el significado de una baja magnética regional centrada en las Sierras de Tandil.

INTRODUCCIÓN

Con motivo de la existencia de cinco conjuntos de datos magnetométricos adquiridos con diferentes propósitos y en diferentes épocas en la zona del mar argentino y área continental adyacente (figura 1) por parte de instituciones oficiales de la Argentina, los responsables de la adquisición, procesamiento e interpretación de estos conjuntos de datos han considerado oportuno realizar una integración de los mismos.

Así es que se elaboró un proyecto que ha resultado subsidiado por la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica de la Argentina (PICT N° 07-04161/98), que ha dado comienzo en el segundo semestre del año 1999. Consideramos que esta compilación servirá como marco de referencia para otras investigaciones, para hacer más efectiva la planificación de futuros levantamientos y para contribuir a mejorar el conocimiento de la geología regional, constituyendo un paso importante hacia la producción de una carta magnética nacional.

Un proyecto conjunto entre el Instituto Antártico Argentino (IAA) y el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ha trabajado en la adquisición, reducción e interpretación de los datos aeromagnéticos sobre el mar (Programa ARGUS). En el grupo de Geomagnetismo de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) se ha trabajado en levantamientos terrestres que cubren una buena parte de la provincia de Buenos Aires. Por otra parte, en el Área Geofísica del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) se han llevado a cabo levantamientos aeromagnéticos de alta resolución en áreas especialmente elegidas, algunas de las cuales corresponden a zonas adyacentes al litoral argentino, y se están recuperando conjuntos de datos antiguos existentes como así también desarrollando trabajos de interpretación geológica de las anomalías magnéticas.

DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS MAGNETOMÉTRICOS

Programa ARGUS^(1,2): Fue un programa conjunto entre el Naval Research Laboratory (USA) y el Servicio de Hidro-

¹ Instituto Antártico Argentino. Cerrito 1248. 1010 Buenos Aires. Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³ Universidad de Buenos Aires

⁴ Servicio Geológico Minero. Julio A. Roca 651. Piso 8. 1322 Buenos Aires. Argentina.

⁵ Servicio de Hidrografía Naval. Montes de Oca 2124. 1272 Buenos Aires. Argentina.

⁶ Universidad Nacional de La Plata. Paseo del Bosque s/n. 1900 La Plata. Argentina.

⁷ Instituto Argentino de Oceanografía. C.C. 107. 8000 Bahía Blanca. Argentina.

grafía Naval (Argentina), que tuvo como objetivo realizar una exploración aeromagnética regional de la plataforma continental argentina. La primera etapa de este proyecto fue llevada a cabo en 1991, y cubrió el área entre los 35 y 45° S. La segunda etapa tuvo lugar en 1993, y extendió la cobertura hasta los 47° S. La orientación de las líneas de vuelo es NO - SE para la primera etapa, y N - S para la segunda. La separación entre líneas de vuelo es de 20 km. Las líneas de control se volaron en dirección perpendicular a las principales, y se extendieron alrededor de 300 km costa afuera, hasta alcanzar la zona oceánica, y poder así obtener un solapamiento mayor con los datos existentes de cruceros.

Programa Chubut Central⁽³⁾: Se trata de un levantamiento aéreo magnético y radimétrico. Fue realizado por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) para la prospección de uranio; de manera auxiliar incorporó un magnetómetro al avión utilizado, por iniciativa del gobierno de Chubut (que contribuyó económicamente para ello). El levantamiento, de 100.000 km lineales, fue llevado a cabo en 1978. Finalmente, por acuerdo SEGEMAR/CNEA/Provincia de Chubut en 1997, el SEGEMAR se encargó de generar mapas de anomalías magnéticas. Las características generales de este levantamiento son las siguientes: orientación de las líneas: E - O, separación entre líneas de vuelo: 1 km, separación entre líneas de control: 10 km, altura de vuelo sobre el terreno: 120 m, superficie cubierta: 91000 km².

Programa Sierra Grande⁽⁴⁾: En 1975, Fabricaciones Militares encargó al Servicio de Hidrografía Naval la realización de un levantamiento aeromagnético de 20,000 km² en el área de Sierra Grande (Prov. de Río Negro). Este levantamiento fue el primero ejecutado en la Argentina aplicado a la minería (prospección de hierro) y siguiendo las pautas de estos estudios, es decir baja altura (120 m) y líneas principales de vuelo separadas 1 km. Actualmente toda la información está en el SEGEMAR, Área Geofísica, donde los datos originales analógicos fueron digitalizados, generándose una base de datos que todavía requiere correcciones. Estos datos aún deben ser reprocesados con técnicas modernas lo que permitirá mejorar la interpretación. Las características generales de este levantamiento son: orientación de las líneas: E - O, separación entre líneas de vuelo: 1 km, separación entre líneas de control: 10 km, altura de vuelo sobre el terreno: 150 m, Superficie cubierta: 12000 km².

Programa Sierras Australes⁽⁵⁾ (Provincia de Buenos Aires): Es un levantamiento aéreo magnético y radimétrico. Este proyecto ha sido realizado en el año 1999 por el SEGEMAR. Las características generales de este levantamiento son: orientación de las líneas: N - S, separación entre líneas de vuelo: 1 km, separación entre líneas de control: 7.5 km, altura de vuelo sobre el terreno: 120 m, superficie cubierta: 34000 km².

Programa Provincia de Buenos Aires⁽⁶⁾: Esta base de datos es el resultado de campañas terrestres desarrolladas en el transcurso de varios años por investigadores del Grupo de Geomagnetismo de la Universidad de La Plata. En la figura 1 se han graficado los 1470 puntos de medición, que en este caso incluyen parte de una transecta que llega hasta la provincia de Mendoza. Existen más datos adquiridos sobre tierra en la Provincia de Buenos Aires, obtenidos por el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO)⁽⁷⁾, que no aparecen en la figura 1 y que corresponden al área de las sierras de Tandil, incluyendo su prolongación en el mar; en este caso las estaciones están separadas 4 a 6 km, formando una malla regular.

Programa Macizo del Deseado⁽⁸⁾ (Provincia de Santa Cruz): Es un levantamiento aéreo de magnetometría y espectrometría de rayos gamma, con las siguientes características: orientación de las líneas: N - S, separación entre líneas de vuelo: 1 km, separación entre líneas de control: 7.5 km, altura de vuelo sobre el terreno: 120 m, superficie cubierta: 32000 km².

Reprocesamiento realizado

Como surge de la descripción de los conjuntos de datos magnetométricos, estos presentan una gran disparidad, tanto por las distintas épocas de adquisición (con la consecuente diferencia de calidad de los datos, aparte de la diferencia en el campo geomagnético internacional de referencia IGRF), como por el espaciamiento entre líneas de vuelo, altura de vuelo e intervalo de muestreo. Por esta razón, el reprocesamiento de los datos tiene las siguientes características unificadas:

- altura de vuelo constante a 300 m (que en la mayoría de los casos implica una continuación ascendente de los datos).
- tamaño de celda unitaria de la grilla de interpolación de 2000 m.
- tratamiento del IGRF: se utilizan los datos del campo total y se le substraen los DGRF (Definitive Geomagnetic Reference Field) de la época de adquisición.

Para ello se cuenta con los programas Geosoft™, Intrepid™, GMT (Generic Mapping Tools), amén de trabajar con programación propia en los lenguajes Fortran y C.

MAPA PRELIMINAR

Hemos llevado a cabo la primera versión de la integración de los datos, generando el mapa preliminar que se muestra en la figura 2. A las grillas de datos de alta resolución, B, C, D y F en la figura 1, se les practicó una continuación ascendente para llevarlas a 300 m de altura. Estas versiones fueron regrilladas con un intervalo de malla de 3000 metros. La zona de superposición entre los datos ARGUS y la grilla D presenta diferencias que siguen una tendencia lineal. Falta aun analizar la propagación de esa tendencia a las zonas en que no hay superposición. Por el momento lo que se ha hecho es un promedio pesado de los valores en razón 10 a 1 entre la grilla D y las líneas AR-

GUS. Los datos de la Provincia de Buenos Aires (E en la figura 1) se superponen en parte con los datos ARGUS y en parte con los de la grilla D. Fueron grillados y continuados a 300 m de altura. No se ha efectuado ninguna nivelación cuidadosa en esta fase preliminar.

En la zona marina del mapa (figura 2) cabe destacar una abrupta discontinuidad, llamada discontinuidad del Colorado⁽¹⁾ en la intensidad y morfología de las anomalías que tiene dirección aproximadamente NO-SE entre los puntos de latitud y longitud (-39.5°, -62.9°) y (-46.5°, -56.0°). Al Norte de esta línea las anomalías son mucho más intensas y se destacan tres lineaciones paralelas al margen; la más occidental tuerce hacia el Oeste y se hace muy intensa llegando a la discontinuidad, ubicada al sur del borde de la cuenca del Colorado. Al sur de la discontinuidad el relieve magnético es mucho más suave aún en la zona de océano profundo. Allí hay además un desplazamiento de las anomalías mesozoicas.

Hacia el Oeste, empalmando con la zona de Sierra Grande (C), las anomalías son de frecuencia mucho más alta. En la zona C se distingue el alto magnético correspondiente al basamento precámbrico del Gneis Mina Gonzalito y el bajo magnético correspondiente a las sedimentitas silúrico-devónicas de la Formación Sierra Grande.

En la zona de Chubut central (B) se distinguen los principales rasgos estructurales correspondientes a la tectónica del basamento del Macizo Nordpatagónico, como por ejemplo el mínimo magnético de orientación submeridional, donde se ubica una cuenca sedimentaria cretácica y, en forma oblicua, la denominada falla de Gastre y su juego de estructuras paralelas.

La morfología de alta frecuencia se presenta también en la zona del Macizo del Deseado (F), aunque su parte central está dominada por un pronunciado alto magnético de escala regional cuyo correlato con la geología regional aflorante aún está en etapa de investigación; los sectores con alto gradiente magnético corresponden a volcanitas de variada composición y edad.

Volviendo hacia el Norte, en la provincia de Buenos Aires se distinguen el bajo magnético con alta frecuencia superpuesta correspondiente al basamento precámbrico de Tandil, y las anomalías de relieve suave la cuenca de Cloromecó y gran parte de la estructuración de la cuenca paleozoica de la Sierra de la Ventana.

TAREAS EN DESARROLLO

Las tareas en desarrollo, que sólo podrán completarse cuando los resultados del reprocesamiento resulten de entera satisfacción para los participantes del proyecto, incluyen:

- 1) Producción de un mapa digital de las anomalías magnéticas de la zona de estudio y su publicación:
 - en la página web del proyecto: <http://www.conae.gov.ar/~iaa/marta/mararg/Index.html>
 - como mapa de la cartografía oficial por parte del SEGEMAR.
 - en una revista científica periódica.
- 2) Aplicaciones científicas en conjunción con otros datos.
- 3) Desarrollo y adaptación de software de interpretación magnética y publicación de un manual sobre métodos de interpretación magnética, con software incorporado.

La propuesta del ítem 2 consiste en trabajar en una interpretación conjunta del mapa resultante, con la intención de aclarar algunos problemas geológicos no resueltos, como por ejemplo: la variación del grado de actividad magmática en la formación del margen continental; la vinculación entre las estructuras continentales, las de plataforma y la historia geológica anterior a la apertura del Océano Atlántico; la caracterización de discontinuidades mayores (sutura, sistema de fallas Gastre y su posible continuidad en la plataforma marina); elaboración de modelos para el origen de las lineaciones magnéticas en plataforma y océano.

DATOS MARINOS DE CRUCEROS

Existen datos marinos de cruceros llevados a cabo a lo largo de varias décadas, almacenados en centros mundiales de datos, como el Centro Nacional de Datos Geofísicos de los Estados Unidos. Es nuestra intención incorporarlos a la compilación.

CONCLUSIONES

El examen de los datos en las áreas de superposición de levantamientos indica que la zona más difícil para analizar está en el centro de la provincia de Buenos Aires, sobre las Sierras de Tandil. La alta frecuencia de las anomalías magnéticas en la zona hace necesario un análisis especialmente cuidadoso de los datos disponibles.

La discontinuidad del Colorado y las anomalías intensas al Norte de la misma constituyen el rasgo más notable en la zona marina. El trabajo ya hecho de reducción de los datos en esta zona alcanza como para adelantar que en versiones futuras del mapa estas anomalías no cambiarán.

Si bien ya se ha trabajado en la interpretación de las anomalías en los trabajos citados, existen temas pendientes que están siendo analizados y que prometen arrojar interesantes aportes al conocimiento de la evolución tectónica del litoral argentino.

REFERENCIAS

1. Ghidella, M.E., M. Paterlini, L.C. Kovacs, G. Rodríguez, 1995. Magnetic Anomalies on the Argentine Continental Shelf. Actas del 4^º Congreso Internacional de la Sociedad Brasileña de Geofísica / 1^a Conferencia Latinoamericana SEG/ULG realizado en Río de Janeiro del 20 al 24 de agosto, 8 pp.
2. Max, M.D., Ghidella, M.E., Kovacs, L., Paterlini, M. Valladares, J.A., 1999. Geology of the mainland Argentine continental shelf and margin from aeromagnetic survey. *Marine Petroleum Geology*, 16, p. 41-64.
3. Segemar, 1997. Levantamiento geofísico aéreo (magnetometría y espectrometría de rayos gamma) Chubut central, provincia de Chubut. Datos digitales. Servicio Geológico-Minero Argentino.
4. Segemar, 1998. Levantamiento geofísico aéreo (magnetometría) Sierra Grande, provincia de Río Negro. Datos digitales. Servicio Geológico-Minero Argentino.
5. Segemar, 1999. Levantamiento geofísico aéreo (magnetometría y espectrometría de rayos gamma) Sierras Australes, provincia de Buenos Aires. Datos digitales. Servicio Geológico-Minero Argentino.
6. Barrio, L.; Gianibelli, J.C.; Suárez, E. y Ríos, F.F., 1989: *Modelado directo - inverso de anomalías magnéticas: análisis comparativo*. 19^a Reunión sobre Geotransectas de América del Sur, Actas, Publicadas por la Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay, p. 119-125.
7. Kostadinoff, J., 1995. Delimitación de Estructuras, Litología y Espesor de Corteza Terrestre en Areas Continentales y Marinas del Sistema de Sierras de Tandilia. Tesis de doctorado en Geofísica, Universidad Nacional de La Plata.
8. Segemar, 1999. Levantamiento geofísico aéreo (magnetometría y espectrometría de rayos gamma) Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Datos digitales. Servicio Geológico-Minero Argentino.

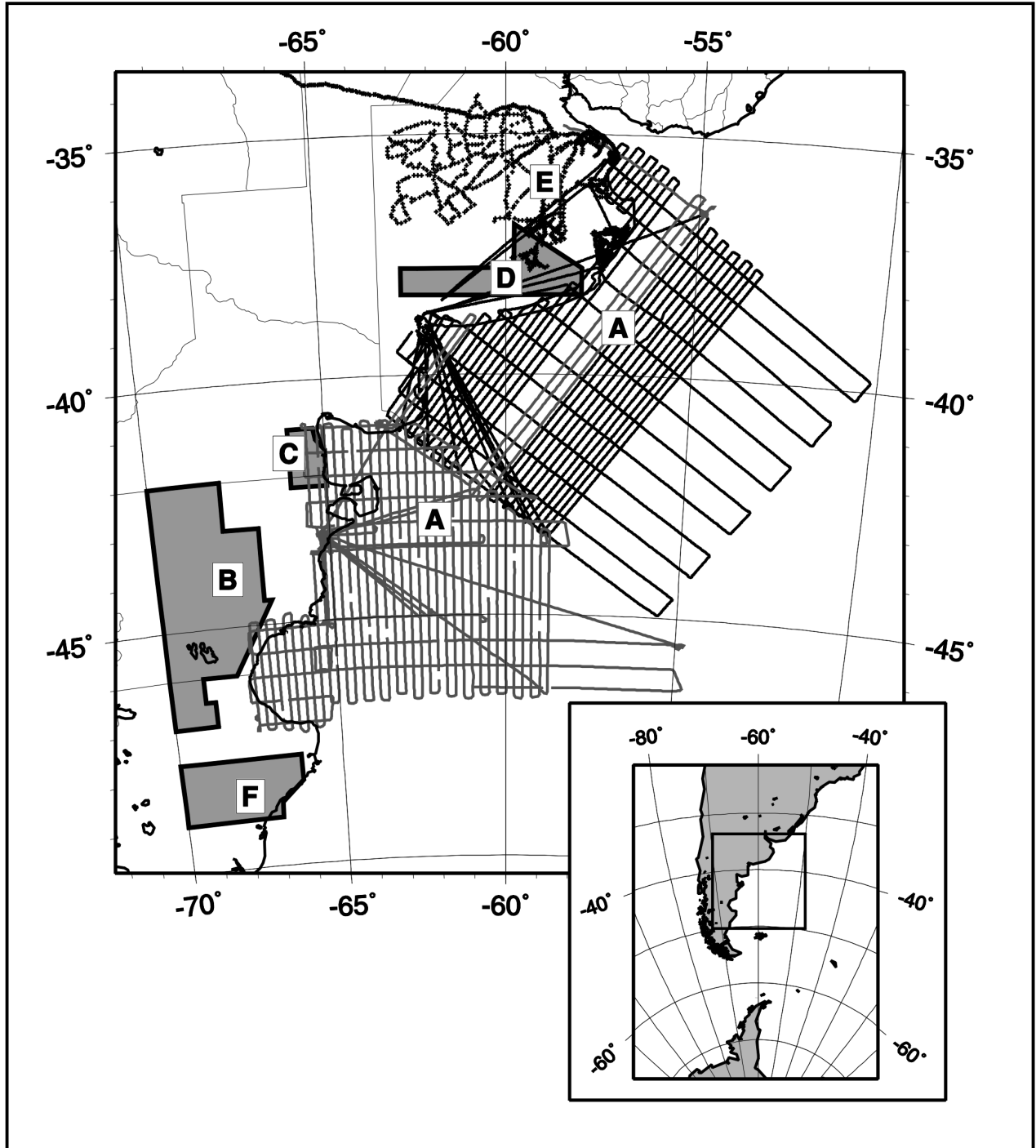


Fig. 1: Mapa de ubicación de los datos magnéticos. Referencias: A: Programa ARGUS; B: Programa Chubut Central; C: Programa Sierra Grande; D: Programa Sierras Australes; E: Programa Provincia de Buenos Aires; F: Programa Macizo del Deseado (Santa Cruz). El mapa pequeño muestra la región de estudio en una marco de referencia más amplio.

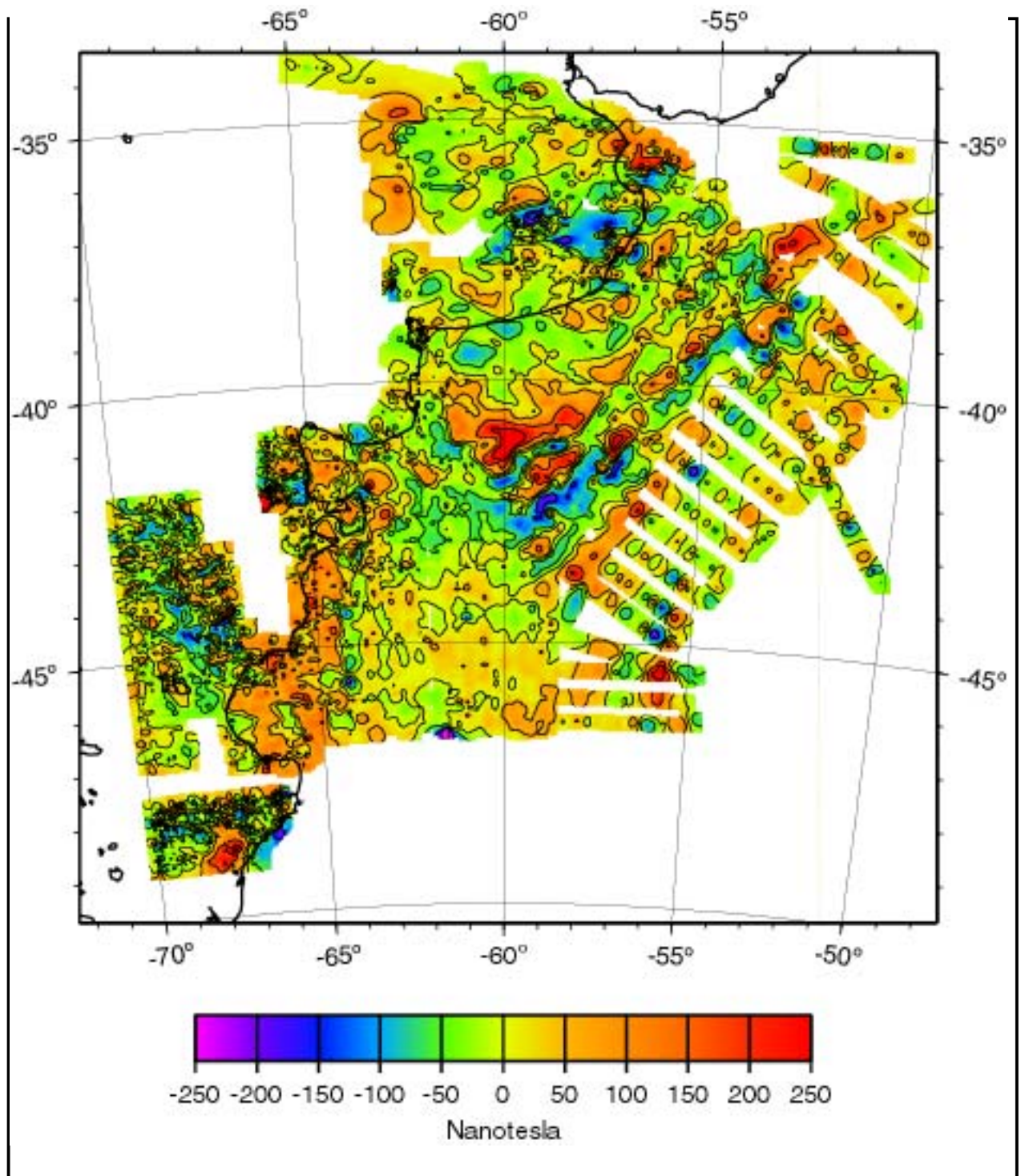


Fig. 2: Mapa preliminar de anomalías magnéticas resultante de la integración de los datos cuya ubicación se muestra en la figura 1. Se han agregado algunas porciones de datos de cruceros.