

## J. Aller (\*).—UNA HIPÓTESIS SOBRE LA ESTRUCTURA GEOLOGICA PROFUNDA CAUSANTE DE LA ANOMALIA MAGNETICA REGIONAL DE UNA PARTE DEL AREA DEL MANTO DE MONDOÑEDO.

En los últimos años, el conocimiento sobre la estructura del área del Manto de Mondoñedo se ha incrementado notablemente merced a las aportaciones de varios autores (MARCOS 1973, BASTIDA y PULGAR 1978, MARTÍNEZ-CATALÁN 1981, BASTIDA, MARTÍNEZ-CATALÁN y PULGAR en prensa). A la luz de estos nuevos datos (ver Fig. 1), resulta interesante buscar alguna interpretación, que desde un punto de vista geológico resulte coherente, de la anomalía magnética regional existente en este sector, para la que hasta este momento no se había sugerido una explicación de ningún tipo. En este trabajo se realizará, en primer lugar, una descripción de las características de esta anomalía con base en todos los datos disponibles. A continuación, se discutirán las diversas causas que pueden buscarse para ella, a fin de escoger la que presenta una mayor coherencia con los datos geológicos existentes en la actualidad. Partiendo de esta estructura geológicamente más probable, se hará, para terminar, un ensayo de interpretación cuantitativa de la anomalía en su parte Norte, a partir de un modelo geofísico coherente con la interpretación geológica propuesta.

### DESCRIPCION DE LA ANOMALIA

Una primera aproximación a la magnitud y morfología de la anomalía que pretendemos estudiar nos la proporciona el mapa de isodinámicas totales de España a escala 1 : 1.000.000 (Instituto Geográfico Nacional 1975). De todos modos, debe decirse que este mapa forma parte de una serie de ellos elaborados y editados por este Instituto, y que se realizaron a partir de levantamientos sobre el terreno y con una densidad de medidas no muy grande (en los mapas de esta serie presentados por MIGUEL 1974, cada estación cubría una superficie media de 247 Km<sup>2</sup>). En estas condiciones, y para un trabajo a la escala del que nos planteamos aquí, estos datos deben ser manejados con mucha precaución y sirven sólo para darnos una primera idea de las características de la anomalía.

En el mapa que indicamos (I.G.N. *op. cit.*), se observa un máximo de intensidad del campo total sobre el área del Domo de Lugo y su prolongación hacia el Sur, que se superpone al gradiente general Norte-Sur de la zona. En la Fig. 2 se observa la anomalía residual que se obtiene en este sector aplicando un filtrado por el método de suavizado de curvas a fin de restar el gradiente general. Como puede verse, esta anomalía residual alcanza un valor máximo de 60 nT en su parte Norte, y en la parte Sur llega hasta los 120 nT. Como se observa también comparando las Figs. 1 y 2, el trazado de la anomalía es groseramente paralelo al

---

(\*) Departamento de Geotectónica, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo. Manuscrito recibido el 21 de enero de 1986; revisado el 15 de junio de 1986.

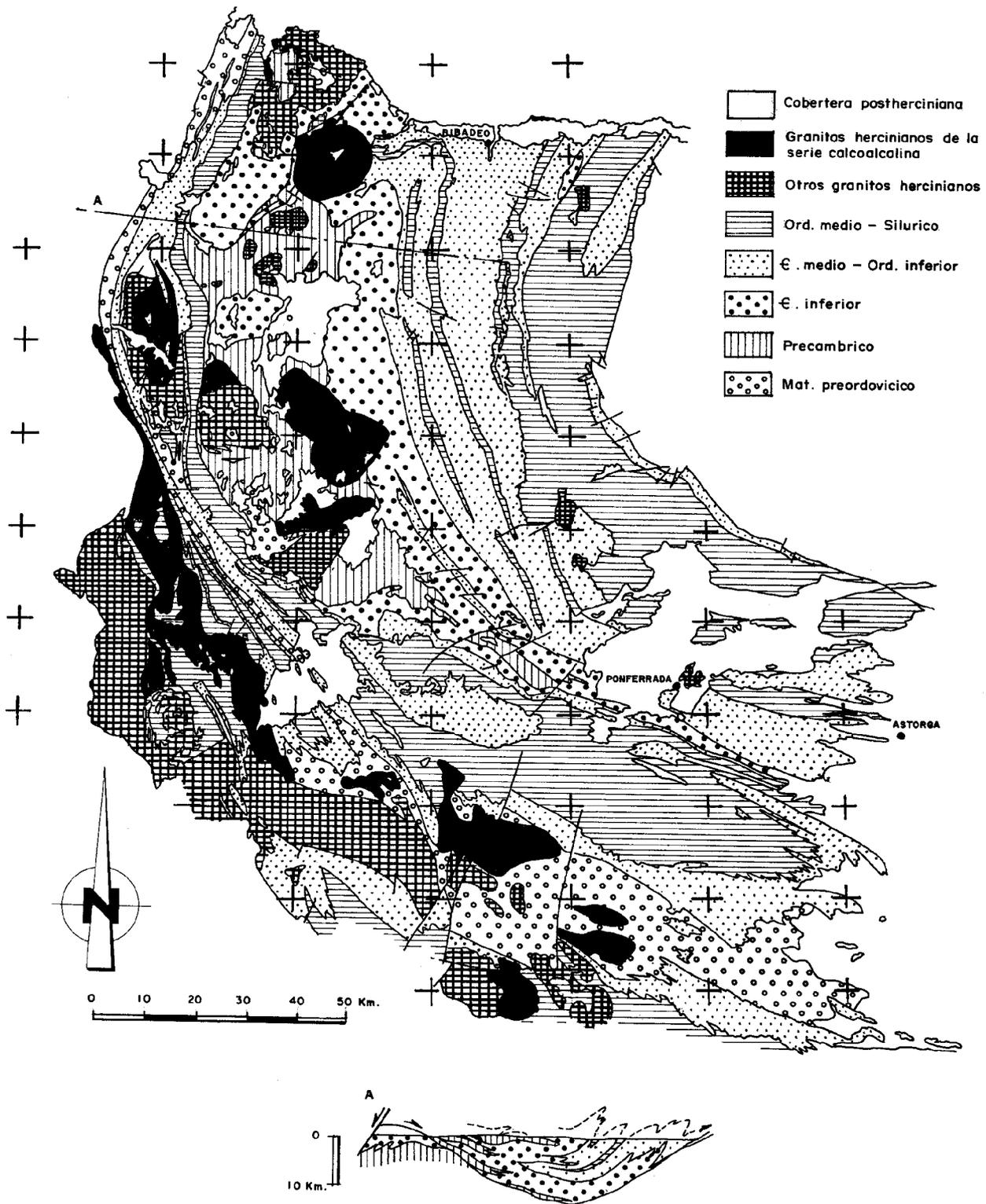


Fig. 1.- Síntesis catográfica de la zona estudiada y corte geológico, basados en el mapa geológico del Macizo Herciniano Ibérico (PARGA-PONDAL 1982) y en MARTÍNEZ-CATALÁN (1981), respectivamente. Como referencia, se indica en el mapa, al igual que en las figuras siguientes, el retículo de las hojas del Mapa de España a escala 1 : 50.000.

de las estructuras hercinianas en la parte Norte, mientras que hacia el Sur éstas se inflexionan dibujando un arco y la anomalía continúa con trazado Norte-Sur. No obstante, y como se ha indicado ya, todos estos datos deben manejarse con mucha precaución por las características de este mapa.

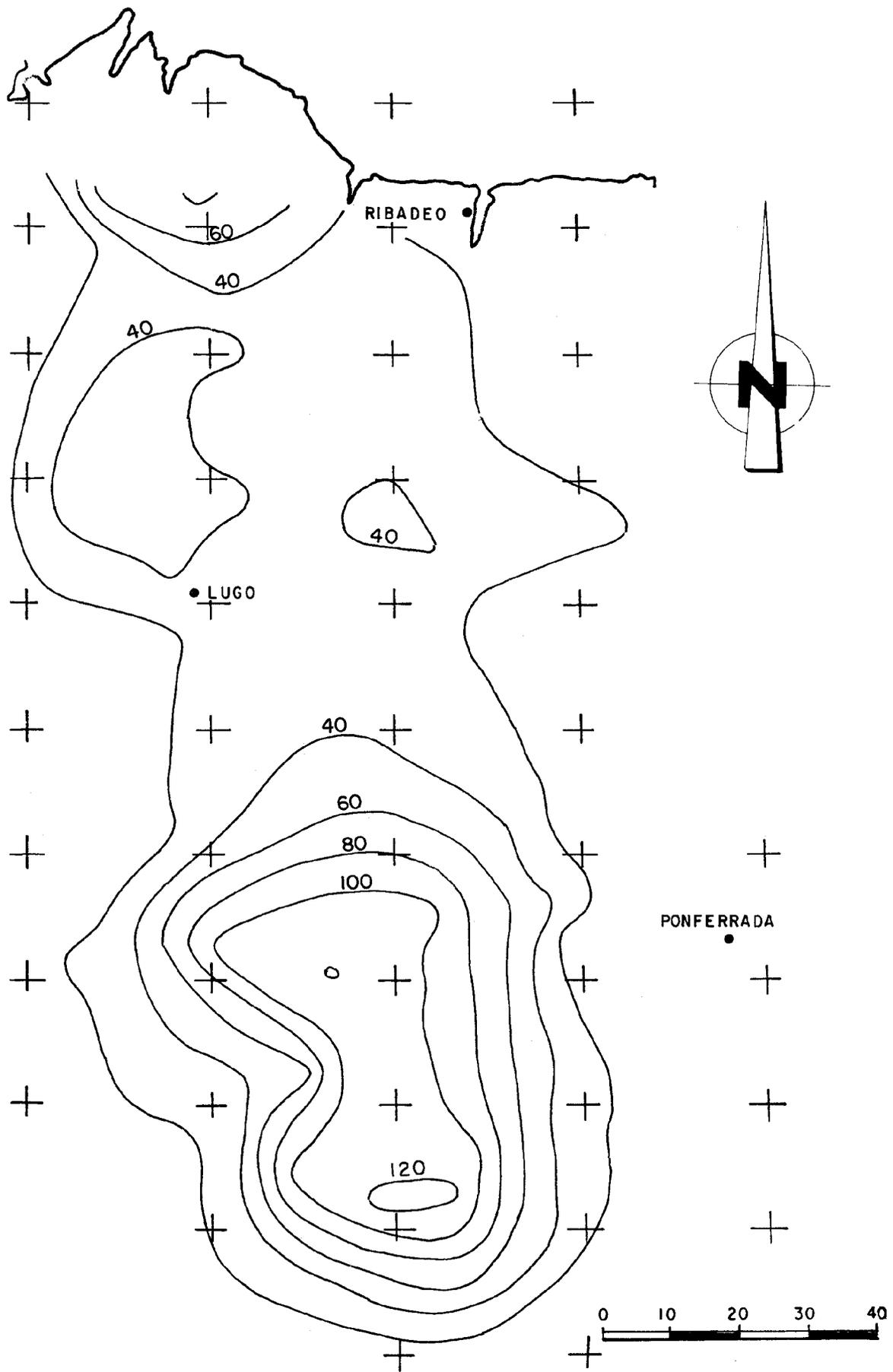


Fig. 2.-Mapa de la anomalía magnética residual de campo total obtenida por suavizado de curvas sobre el Mapa de Isodinámicas totales de España (INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL 1975) para el área del Manto de Mondoñedo. La intensidad de la anomalía está expresada en nanoteslas.

La posibilidad de un análisis más detallado de esta anomalía la ofrece un mapa aeromagnético elaborado por la Compañía General de Geofísica, S. A. (C.G.G.) para el I.G.M.E., y que ha podido ser consultado en el fondo documental de esta institución. Este mapa cubre una gran parte de la Unidad del Manto de Mondoñedo, y muestra la existencia de un gradiente regional suave en esta zona cuyo trazado y magnitud se han representado en la Fig. 3. En esta figura puede verse el trazado de las isolíneas con un espaciado de 50 en 50 nT, siendo la altura de vuelo para las cuatro zonas señaladas A, B, C y D en la figura, y separadas por líneas gruesas discontinuas, de 900 m, 200 m sobre el suelo (en helicóptero), 1.700 m y 2.400 m, respectivamente. Como puede verse, las características del gradiente regional que muestra la figura no hace sino perfilar el flanco oriental de la anomalía que se acaba de describir anteriormente (Fig. 2). En el mapa aeromagnético, la máxima amplitud es de unos 65 nT en la parte Norte y llega a alcanzar los 150 nT en la parte Sur. El trazado de las curvas isoanómalas es ligeramente oblicuo a la dirección de las estructuras hercinianas en la parte Norte; mientras que hacia el Sur, donde éstas giran para disponerse WNW-ESE, presenta también una cierta oblicuidad, disponiéndose la anomalía básicamente NW-SE.

#### DISCUSION SOBRE LA CAUSA GEOLOGICA MAS PROBABLE PARA LA ANOMALIA

El gradiente anómalo que se acaba de describir indica la existencia en profundidad de un contraste lateral entre materiales de diversa susceptibilidad magnética, y, más concretamente, la aparición en profundidad hacia el Oeste de algún cuerpo de susceptibilidad mayor que la que tienen los materiales que se sitúan más al Este a la misma profundidad. Utilizando los datos existentes sobre la geología de la zona (ver referencias al principio del trabajo y Fig. 1), intentaremos evaluar a continuación las diversas hipótesis que en principio podrían plantearse sobre la estructura geológica profunda causante de la anomalía, para ver cuál de ellas resulta más probable a la luz de estos datos. Para esta discusión, es necesario utilizar un argumento que no será justificado hasta el apartado siguiente, y es que en el perfil que se analizó en la parte Norte de la zona la profundidad del cuerpo causante de la anomalía debe estar en torno a los 7 Km.

##### *Zócalo preherciniano*

Interpretar la anomalía como resultado de la existencia de un zócalo preherciniano con lineamientos estructurales propios y en el que haya materiales de alta susceptibilidad magnética tropieza con algunas dificultades. En primer lugar, la profundidad a la que se deduce la existencia del cuerpo causante de la anomalía no es suficiente, al menos en el perfil que se analizó en la parte Norte, para que pueda suponerse la existencia a esa profundidad de un zócalo preherciniano. En segundo lugar, debe decirse que este supuesto zócalo nunca es visible aflorando en superficie en el ámbito de todo el segmento ibérico de la Cordillera Herciniana.

### *Materiales involucrados en la deformación herciniana*

También esta hipótesis plantea, en este momento, algunos problemas. Por un lado, los materiales precámbrico-paleozoicos que se encuentran en este área, y en base a los cuales es posible reconstruir la estructura hasta grandes profundidades (MARTÍNEZ-CATALÁN, *op. cit.*), nunca presentan litologías a las que quepa atribuir, en principio, susceptibilidades magnéticas altas y el volumen necesario para ser responsables de la anomalía. Por otro lado, la morfología del gradiente, con la oblicuidad que presentan en algunos casos respecto al trazado de las estructuras hercinianas y sus terminaciones bruscas respecto a este trazado, tampoco favorece una interpretación de este tipo.

### *Materiales intrusivos asociados a la deformación herciniana*

Existen algunos datos que indican como más probable una causa de este tipo. En efecto, comparando las figuras 1 y 3 puede verse que la posición del gradiente anómalo coincide con un área donde se hacen muy frecuentes los afloramientos en superficie de materiales graníticos pertenecientes al grupo de los granitoides de tendencia calcoalcalina de Galicia (CAPDEVILA 1969) y, sobre todo, de los que presentan una edad más tardía (granodioritas en macizos circunscritos de CAPDEVILA *op. cit.*). Para estos granitoides, el origen que se ha propuesto hasta ahora se basa en el calentamiento y fusión de la base de la corteza por la inyección de un magma básico. Esto produce el ascenso inicial hasta niveles superficiales de unos precursores básicos (habitualmente tonalitas), que son seguidos por los cuerpos granodioríticos (CAPDEVILA *op. cit.*, CAPDEVILA *et al.* 1973, GALÁN 1984). Según estos datos, resulta razonable la existencia en profundidad de cuerpos de naturaleza intermedia o básica que puedan originar la anomalía estudiada. Por otro lado, la distribución de estos cuerpos graníticos muestra también una relación con la posición de la anomalía, ya que los afloramientos de granodioritas no parecen girar describiendo el arco de las estructuras hercinianas, sino que continúan más bien hacia el Sur al igual que ocurre con ésta (ver Figs. 1 y 3).

Según estos datos, lo más razonable es atribuir la anomalía a la existencia de un cierto volumen de rocas ígneas en profundidad con una susceptibilidad magnética superior a la de su encajante. El significado del borde occidental de la anomalía podría explicarse, según esto, teniendo en cuenta que coincide en su parte Norte con el trazado de la Falla de Vivero, que es una falla directa (MARTÍNEZ-CATALÁN 1981) que puede hundir en el bloque occidental los materiales intrusivos que originan la anomalía en el bloque oriental (área del Manto de Mondoñedo).

### ENSAYO DE CUANTIFICACION DEL MODELO

El objeto de este apartado es tratar de dar una primera aproximación a la forma, profundidad y rango de susceptibilidades del cuerpo causante de la ano-

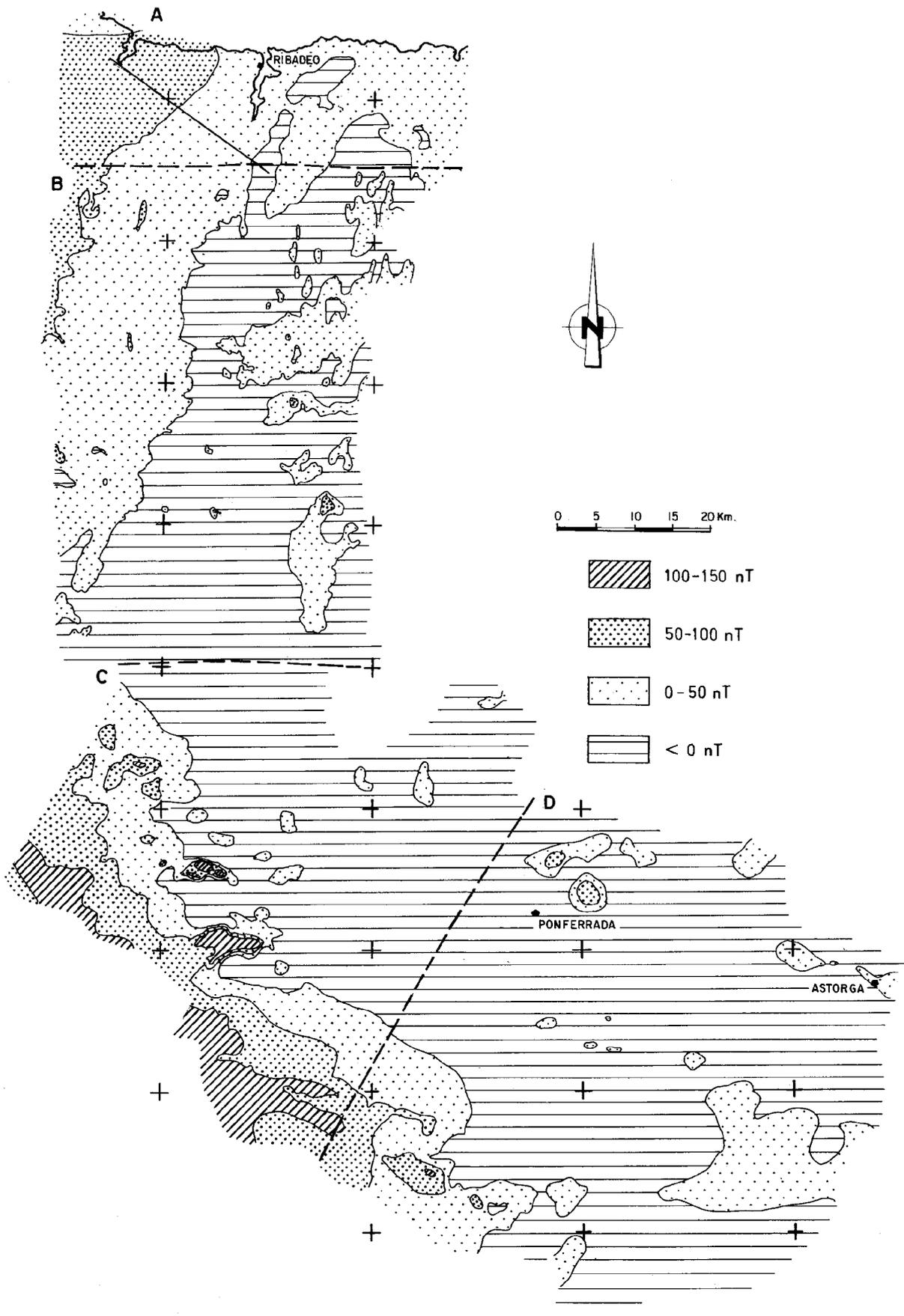


Fig. 3.-Mapa aeromagnético de la zona del Manto de Mondoñedo (según datos del I.G.M.E. elaborados por C.G.G.). Altura de vuelo A: 900 m. B: (en helicóptero) 200 m sobre el suelo. C: 1.700 m. D: 2.400 m.

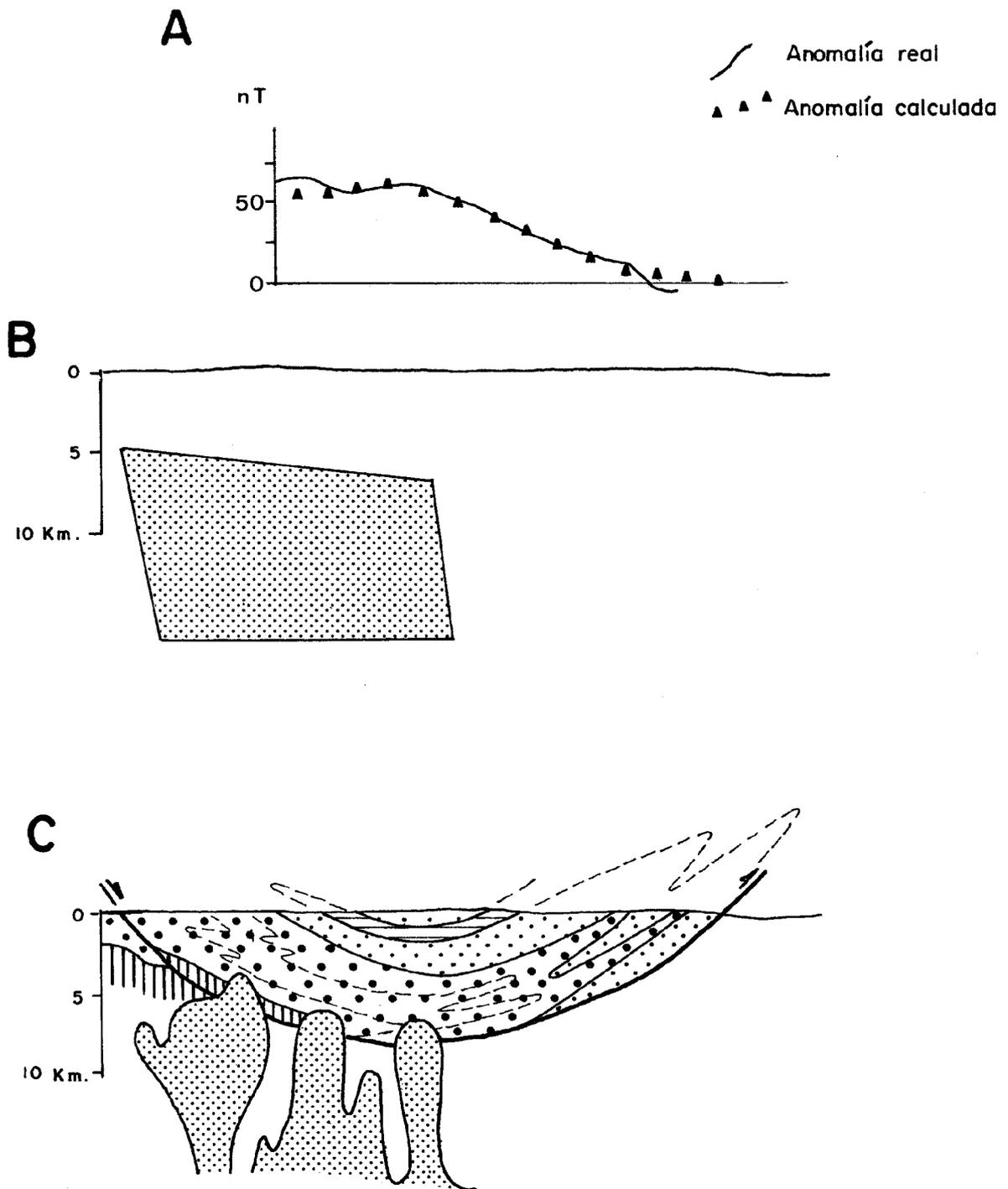


Fig. 4.—Interpretación de un perfil en la parte Norte de la zona estudiada (ver situación en la Fig. 3). A: perfil de la anomalía medida y de la calculada para el modelo en B. B: modelo propuesto con un contraste de susceptibilidad de  $1.000 \times 10^{-6}$  e.m.u. C: posible configuración geológica correspondiente al modelo propuesto. Las tramas de los materiales geológicos son las mismas utilizadas en la Fig. 1.

malía a partir de los datos existentes. Para este fin, se escogió un perfil perpendicular al trazado de las isolíneas en un sitio donde el gradiente presenta un aspecto regular al Norte de la zona estudiada (Fig. 4A, ver situación en la Fig. 3, sector A). A continuación, y utilizando una versión del programa de cálculo presentado por TALWANI y HEIRTZLER (1964) para el cálculo de anomalías magnéticas sobre

cuerpos bidimensionales de forma arbitraria, se buscaron las formas, profundidades y susceptibilidades capaces de producir la anomalía estudiada. En todos los casos se consideró que la magnetización del modelo era exclusivamente inducida. Un aspecto que debe tenerse en cuenta es que en este momento conocemos de una forma fiable únicamente uno de los flancos de la anomalía, y ésta es la causa por la que sólo podemos pretender dar una primera aproximación al problema. En estas condiciones, la morfología de la terminación occidental del cuerpo anómalo debe considerarse provisional.

De los modelos con los que se consiguió una anomalía similar a la real, el que mejor se adapta a la explicación geológica más probable de rocas ígneas intruidas, discutida en el apartado anterior, debido al contraste de susceptibilidad y a la morfología que supone para el cuerpo anómalo, es el que se ha representado en la Fig. 4B, correspondiente a un contraste de susceptibilidad magnética del cuerpo anómalo con el medio que le rodea de  $1.000 \times 10^{-6}$  e.m.u. (equivalente a  $12.566,4 \times 10^{-6}$  S.I.). En la Fig. 4A se puede ver la anomalía calculada sobre este modelo y su relación con la anomalía real. En la Fig. 4C se muestra una estructura geológica construida con base en estos datos y en la que pueden verse varios plutones intruidos con morfología irregular.

El resto de los modelos con los que se consiguió una anomalía comparable a la real corresponde a cuerpos con un límite superior similar al que muestra el de la Fig. 4B, situándose este límite superior a una profundidad también similar. La variación estriba, fundamentalmente, en el límite inferior del cuerpo anómalo, que se sitúa a una profundidad menor. Esta disminución de volumen del cuerpo anómalo se compensa con un aumento del contraste de susceptibilidad con los materiales adyacentes.

Respecto a la naturaleza petrológica de las rocas causantes de la anomalía según la hipótesis propuesta, no es posible en este momento dar una respuesta tajante, pudiendo tratarse, en principio, de rocas ígneas intermedias o básicas. En este sentido, sería interesante disponer en el futuro de valores reales de susceptibilidad de los diferentes tipos de rocas ígneas presentes en la zona.

## AGRADECIMIENTOS

El autor quiere expresar su agradecimiento a los Dres. A. Pérez-Estaún y J. Plata por la lectura y crítica de borradores previos de este trabajo y al Instituto Geológico y Minero de España por las facilidades dadas para la utilización de sus datos. También quiere agradecer a dos revisores anónimos de la revista sus numerosas sugerencias que estimularon la aclaración de algunos puntos oscuros del manuscrito original.

## BIBLIOGRAFIA

- BASTIDA, F. y PULGAR, J. A. (1978).—La estructura del Manto de Mondoñedo entre Burela y Tapia de Casariego (Costa Cantábrica, NW de España). *Trab. Geol. Univ. Oviedo*, 10, 75-124.

- BASTIDA, F., MARTÍNEZ-CATALÁN, J. R. y PULGAR, J. A. (en prensa).—Structural, Metamorphic and Magmatic History of the Mondoñedo Nappe (Hercynian Belt, NW Spain). *Jour. Struct. Geol.*
- CAPDEVILA, R. (1969).—Le métamorphisme régional progressif et les granites dans le segment hercynien de Galice Nord Orientale (NW de l'Espagne). Thèse Univ. Montpellier, 430 pp.
- , CORRETGE, F. y FLOOR, R. (1973).—Les granitoides varisques de la Meseta Iberique. *Bull. Soc. Geol. Fr.* (7.<sup>a</sup> Ser.), 15 (3-4), 209-228.
- GALÁN, G. (1984).—Las rocas graníticas del macizo de Vivero en el sector Norte (Lugo, N.O. de España). Tesis Doctoral, Univ. Oviedo (Inédita).
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (1975).—Mapa Geomagnético de España (España Peninsular y Baleares). Isodinámicas Totales, Escala 1 : 1.000.000. Madrid.
- MARCOS, A. (1973).—Las series del Paleozoico Inferior y la estructura herciniana del occidente de Asturias (NW de España). *Trab. Geol., Univ. Oviedo*, 6, 3-113.
- MARTÍNEZ-CATALÁN, J. R. (1981).—Estratigrafía y estructura del Domo de Lugo (Sector Oeste de la Zona Asturoccidental-leonesa). Tesis Doctoral. Univ. de Salamanca, 291 pp.
- MIGUEL, L. DE (1974).—*Geomagnetismo*. Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 160 pp.
- PARGA PONDAL, I. (1982).—*Mapa Geológico del Macizo Hespérico Escala 1 : 500.000*. Publ. da Area de Xeoloxia e Minería do Seminario de Estudos Galegos. Ediciós do Castro.
- TALWANI, M. y HEIRTZLER, J. R. (1964).—Computation of magnetic anomalies caused by two dimensional structures of arbitrary shape. *Stanford Univ. Publ. Geol. Sc.*, 9, 464-479.