

## Petrología y estructura del plutón de Campanario-La Haba y del stock de Los Berrocales (Badajoz): datos preliminares.

### Petrology and structure of Campanario-La Haba pluton and Los Berrocales stock (Badajoz): preliminary dates.

ALONSO OLAZABAL, A.; ARANGUREN, A.; CARRACEDO, M.; LARREA, F. J.

The Campanario-La Haba pluton and Los Berrocales stock are situated in the southern part of the Central-Iberian zone. They form part of the late-Hercynian alignment named Cáceres-Linares or Pedroches-Alburquerque. During the last years these two granitoids have been related, based on spatial and/or genetic criteria, with Los Pedroches Batholith.

These igneous bodies are different. Campanario-La Haba pluton is a coarse grained peraluminous granite with large megaphenocrysts of cordierite. Three facies are differentiated based on petrographic criteria: coarse grained porphyritic granite with megaphenocryst of cordierite, fine grained porphyritic granite with megaphenocryst of cordierite and fine-medium granite. Los Berrocales is a zoned stock formed by granodiorites graded to granites in the center.

Structure-studies indicates that the Campanario-La Haba pluton has been structured in magmatic state. The magmatic foliation and lineation direction show the orientation of N120E, parallel to the pluton lengthening.

The magnetic susceptibility values show that the magnetic behaviour of the granites is dominated by paramagnetic minerals, fine for apply the Anisotropy of the Magnetic Susceptibility. The magnetic structure is rather homogeneous and the magnetic lineation and foliation show the N120E direction.

This paper shows premier dates and conclusions of the work that Mineralogy

and Petrology department (University of Basque Country) has been done in conjunction with the Geodynamic department (University of Basque Country) on the western end of the Los Pedroches Batholith.

**Key words:** orogenic granites, porphyric granites, granodiorite, anisotropy of the magnetic susceptibility.

ALONSO OLAZABAL, A.; LARREA, F. J. (Departamento de Mineralogía y Petrología. Univ. del País Vasco. Apto 644, 48080 Bilbao).

ARANGUREN, A. (Departamento de Geodinámica. Univ. del País Vasco. Apto 644, 48080 Bilbao).

## INTRODUCCION

El plutón de Campanario-La Haba y el stock de Los Berrocales están situados en la comarca extremeña de La Serena (Badajoz, España), entre las localidades pacenses de Don Benito, La Haba, Magacela, Campanario y La Guarda. Ocupan una superficie aproximada de unos 190 Km<sup>2</sup>, incluida en las hojas escala 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional números 778 (Don Benito), 779 (Villanueva de la Serena) y 805 (Castuera) (Fig. 1).

A pesar de que el área en cuestión posee una dilatada tradición minera (rocas ornamentales, explotación de uranio,...) y ha sido considerada por numerosos autores como parte del Batolito de Los Pedroches, alineación magmática tardihercínica de primer orden, los trabajos publicados son escasos y tienen además un enfoque minero más que geológico.

Con objeto de profundizar en el conocimiento geológico de la terminación occidental del Batolito de Los Pedroches los laboratorios de Petrología y Geodinámica de la Universidad del País Vasco abordan, a partir del año 1993, su estudio petrológico-estructural.

En este trabajo se presentan los primeros datos y conclusiones que se han obtenido a

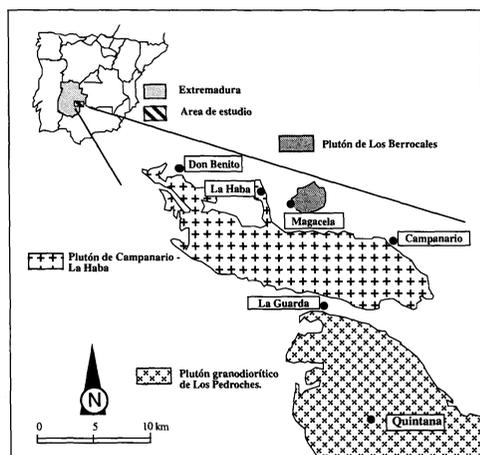


Fig. 1. Situación geográfica del plutón de Campanario - La Haba, del stock de Los Berrocales y de la terminación occidental del Batolito de Los Pedroches.

lo largo del primer año y medio de investigación, fruto básicamente de los trabajos de campo (cartografía y estructurología clásica), petrográficos y de A.S.M. (Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética).

## CONTEXTO GEOLOGICO

El plutón granítico de Campanario-La Haba y el pequeño stock de Los Berrocales, se ubican en el sector meridional de la zona Centro-Ibérica (ROBARDET, 1976). For-

man parte de una alineación granítica-granodiorítica tardihercínica, de dirección NW-SE, que ha sido denominada alineación Cáceres-Linares (BARD, 1971) o alineación Pedroches-Albuquerque (APARICIO et al, 1977) y en los últimos años han sido relacionados, en base a criterios espaciales y/o genéticos, con el Batolito de Los Pedroches (IGME, 1980; GARCIA CASCO y PAS-CUAL, 1987; DONAIRE, 1995).

Ambos plutones intruyen en un conjunto de materiales metasedimentarios anquiepizonales, de edad comprendida entre el Proterozoico terminal (Complejo Flyschoides o Complejo Esquisto-Grauváquico) y el Devónico, con excepción del Cámbrico no representado en la zona (QUESADA et al, 1987). Los afloramientos del plutón de Campanario-La Haba están recubiertos en su terminación occidental por depósitos discordantes neógenos.

La estructura de la zona es el resultado de la superposición de varias fases de deformación ocurridas durante el Cadomiense y Hercínico. La fase I hercínica, de carácter transpresivo, es la responsable de las estructuras cartográficas mayores: grandes pliegues de plano axial subvertical con dirección NO-SE. Deformaciones posteriores, de escasa entidad cartográfica afectan de forma local a las estructuras anteriores.

Los cuerpos graníticos intruyen durante las últimas etapas de la orogenia hercínica, con posterioridad a la fase principal de deformación (Namuriense). Producen una aureola de metamorfismo de contacto, de anchura variable entre 300 m y 1,5 km donde se alcanzan las condiciones de corneanas piroxénicas.

Dataciones K-Ar realizadas por PENHA y ARRIBAS (1974) sobre muestras del plutón de Campanario-La Haba apuntan

edades del orden de los  $305 \pm 10$  m.a y ratifican el carácter tardihercínico de la intrusión.

## CARACTERISTICAS PETROGRÁFICAS

### Plutón de Campanario-La Haba.

Es un cuerpo de morfología subelipsoidal con su eje máximo orientado en dirección N120E, subconcordante con las estructuras regionales hercínicas. Los ejes máximo y mínimo tienen una longitud aproximada de 30 y 6 km, respectivamente (Fig.2).

Se han distinguido en cartografía tres facies principales que, por orden relativo de intrusión, son:

- 1) Granito porfídico de grano grueso con cordierita (GPG).
- 2) Granito porfídico de grano fino con cordierita (GPF).
- 3) Granito de grano fino-medio (GFM).

### Granito porfídico de grano grueso con cordierita (GPG)

Ocupa la parte externa del plutón y es la facies espacialmente dominante. Se caracteriza por presentar una matriz granítica biotítica, de grano medio-grueso, sobre la que destacan megacrístales idiomorfos de feldespatos potásicos de hasta 13 cm de longitud y 5-8 cm de anchura en las caras (010), prismas idiomorfos de cordierita de hasta 3 cm de longitud y 4 mm de lado en las secciones basales y cristales bipiramidales, redondeados y globulosos, de cuarzo de hasta 2 cm de diámetro. La composición de las plagioclasas varía entre  $An_{15-25}$ . Presentan como minerales accesorios apatito, zircón y/o monacita e ilmenita. La moscovita es

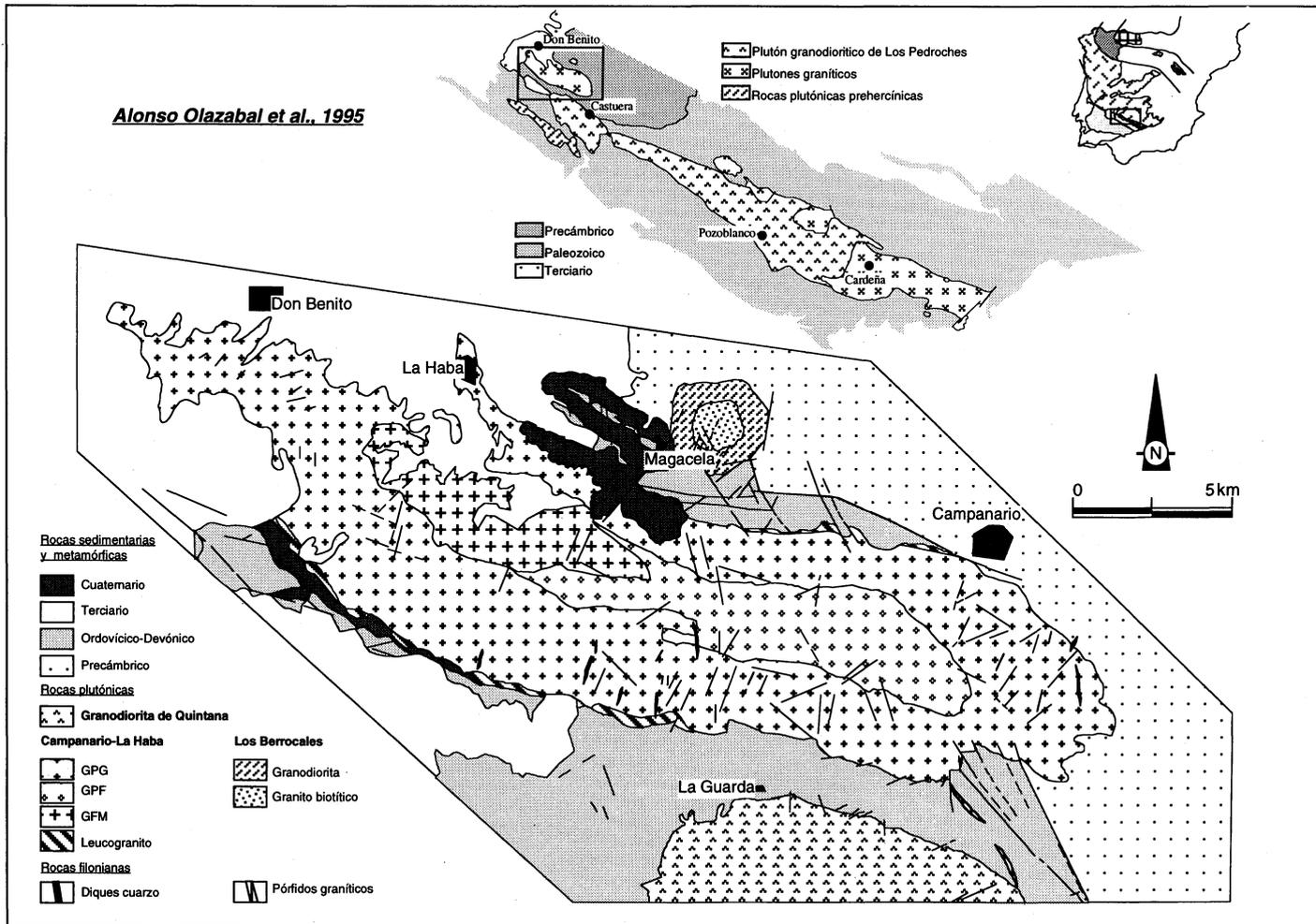


Fig. 2. Localización y cartografía del plutón de Campanario-La Haba y de los Berrocales.

secundaria, producto de la alteración de la biotita, feldespato potásico y cordierita. La cordierita es idiomorfa y en aquellos casos en que no está alterada, presenta maclado polisintético.

Aunque no son muy frecuentes, se observan enclaves microgranulares félsicos graníticos a tonalíticos y ricos en biotita, que en ocasiones presentan megacrístales idiomorfos de feldespato potásico (hasta 6 cm de largo) y de cordierita (hasta 3 cm de largo). Los xenolitos del encajante disminuyen hacia el centro de la intrusión.

### **El granito porfídico de grano fino con cordierita (GPF)**

Aflora fundamentalmente en la parte central de la mitad oriental del plutón y rodeando a los afloramientos del GFM por el Este. Son rocas granudas porfídicas con una matriz granítica, de grano fino-medio, sobre la que destacan los megacrístales de feldespato potásico de tamaño de grano variable entre 3-8 cm, feno-megacrístales prismáticos de cordierita que varían entre 1,5-3 cm y fenocrístales globulosos de cuarzo que pueden alcanzar hasta 1 cm de diámetro. La composición en anortita de la plagioclasa es similar a la facies GPG. Como minerales accesorios aparecen apatito, zircón y/o monacita, así como la ilmenita. La moscovita es secundaria y procede de la transformación de biotita, feldespato potásico y cordierita. También presentan enclaves microgranulares.

### **El granito fino-medio (GFM)**

Aflora en la parte noroccidental del plutón. Es una roca homogénea de grano fino-medio, compuesta de cuarzo, feldespato

potásico, plagioclasa (albita-oligoclasa), biotita y moscovita. Presenta como fases accesorias cordierita, zircón, turmalina, apatito e ilmenita. La moscovita, en ocasiones en agregados policristalinos junto con la biotita, es también secundaria (producto de la alteración de biotita, feldespato potásico y cordierita). De forma ocasional presenta feno-megacrístales de feldespato potásico de hasta 3-4 cm de longitud.

Completan el conjunto ígneo pequeños afloramientos de leucogranitos y un complejo filoniano representado por diques aplíticos, pegmatíticos y aplopegmatíticos y, pequeñas masas granítico-biotíticas y filones de cuarzo hidrotermal (Fig.2).

### **El Stock de los Berrocales.**

Aflora inmediatamente al norte del plutón de Campanario-La Haba y «tradicionalmente» se le ha considerado como una apófisis del mismo (Fig.2).

Es un pequeño plutón (7 km<sup>2</sup>) zonado, de forma circular, en el que se han reconocido dos facies, relacionadas por un contacto gradual. La facies externa está formada por granodioritas-monzogranitos biotíticos, de grano fino-medio, con abundantes enclaves microgranulares biotíticos de composición tonalítica a granodiorítica. Hacia la parte interna, pasa gradualmente a granitos biotíticos de grano fino-medio sin enclaves microgranulares con ocasionales fenocrístales de feldespato potásico (hasta 2 cm) y de cuarzo (hasta 1,5 cm).

### **Granodioritas-monzogranitos biotíticos**

Son rocas granudas homogéneas, de mineralogía granodiorítica - monzogranítica banal, con biotita como único máfico y

plagioclasas zonadas con contenidos en anortita variables entre  $An_{40-15}$ . Como minerales accesorios presentan zircón, apatito y esfena. Los afloramientos son abundantes, en forma de canchales y berrocales, que dan nombre al paraje en el que afloran (inmediaciones de Magacela).

Las estructuras magmáticas reconocidas en el campo, fundamentalmente en base a la orientación de enclaves y medidas de ASM, dibujan una geometría circular con buzamientos medianos a fuertes ( $50^{\circ}$ - $80^{\circ}$ ) hacia el encajante (Fig.6).

### Granitos biotíticos

Son rocas granudas de grano fino-medio, homogéneas, de composición granítica biotítica de grano fino-medio, con plagioclasas zonadas y/o macladas de composición variable entre  $An_{25-10}$  y en la que ocasionalmente destacan fenocristales de feldespato potásico (hasta 2 cm) y de cuarzo (hasta 1,5 cm). Presenta como accesorios apatito y zircón. La moscovita procedente fundamentalmente de la transformación del feldespato potásico, es frecuente. Prácticamente no se observan enclaves.

### ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural de campo muestra que el plutón de Campanario-La Haba ha sido estructurado totalmente en estado magmático. Las medidas realizadas sobre afloramiento, fundamentalmente en las facies porfídicas, señalan que tanto la foliación como la lineación magmática del plutón de Campanario-La Haba se distribuyen preferentemente en dirección N120E, paralelamente al eje máximo de alargamiento del

plutón. La lineación magmática presenta mayoritariamente buzamientos suaves y la foliación magmática se dispone, con buzamientos variables, en eje de zona alrededor de la lineación como sucede en numerosos plutones de carácter sincinemático (PATERSON et al, 1988). Desviaciones de la traza de la foliación con respecto a la medida general, N120E, indican la presencia de domos en el interior del plutón en relación con las facies de GPF y GFM.

El stock de Los Berrocales presenta hacia la zona de borde medidas de la foliación, paralelas a los contactos con el encajante con buzamientos hacia el exterior del granito, que definen igualmente una estructura dómica.

### Estructura magnética

Se han realizado 71 estaciones de sondeo, repartidos tanto en el plutón de Campanario-La Haba (67) como en el de los Berrocales (4). Las medidas de la Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética (ASM) se han realizado en un susceptómetro Kappabridge KLY-2 que trabaja en campo alternante de baja intensidad con una sensibilidad de  $10^{-7}$  SI.

Las magnitudes de la susceptibilidad magnética (K) obtenidas varían entre  $1.8 \times 10^{-5}$  SI y  $17.4 \times 10^{-5}$  SI, con un valor medio  $K = 8.86 \times 10^{-5}$  (el 70% de valores entre 7 y  $11 \times 10^{-5}$  SI). Este estrecho rango de variación denota un alto grado de homogeneidad composicional. Los bajos valores de K señalan inequívocamente que el comportamiento magnético de este granito está dominado por minerales paramagnéticos (ROCHETTE, 1987; ROCHETTE et al, 1992),

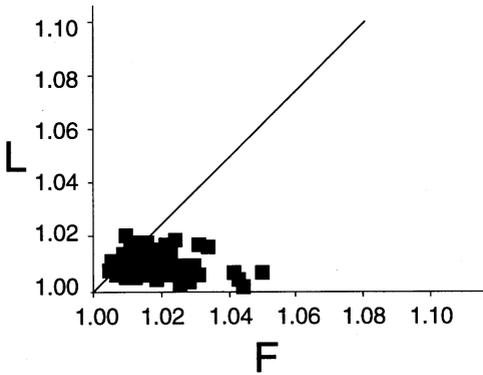


Fig. 3. Diagrama de Flinn.

condición ideal para la aplicación de la ASM en granitos. En base al estudio petrográfico, son la biotita y la cordierita los responsables del magnetismo de estas rocas. Esta última, debido a su fábrica magnética inversa, puede plantear problemas a la hora de definir la fábrica magnética de una estación, por lo que favorecidos por su carácter

porfídico, se han intentado evitar a la hora de tallar las muestras.

En el 90% de las estaciones  $F > L$ , es decir que la geometría del elipsoide magnético es predominantemente planar (probablemente por la anisotropía magnetocristalina marcadamente planar de la biotita), tal como se observa en el diagrama de Flinn (Fig.3). Aquellas estaciones que presentan un elipsoide magnético prolato ( $L > F$ ), se sitúan en los bordes del plutón.

Los valores del parámetro  $P\% = \frac{(K1-D)}{(K3-D)-1} \times 100$  calculado una vez sustraída la contribución diamagnética ( $D = -1.4 \times 10^{-5}$  SI) y que nos informa acerca del grado de anisotropía de la roca presenta valores que varían entre 1.3-5.9% con un 70% de valores comprendido entre 2-4% lo que indica un buen grado de orientación de la fábrica desarrollada en estado magmático.

Las estructuras que se observan en el plutón, tal como corrobora el estudio

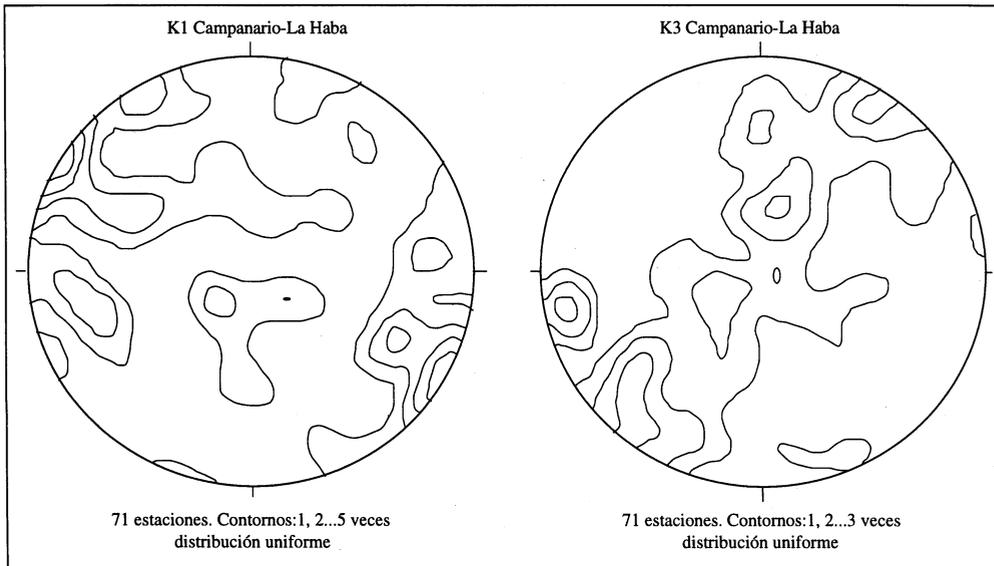


Fig. 4. Diagrama de polos de la lineación y de la foliación magnéticas.

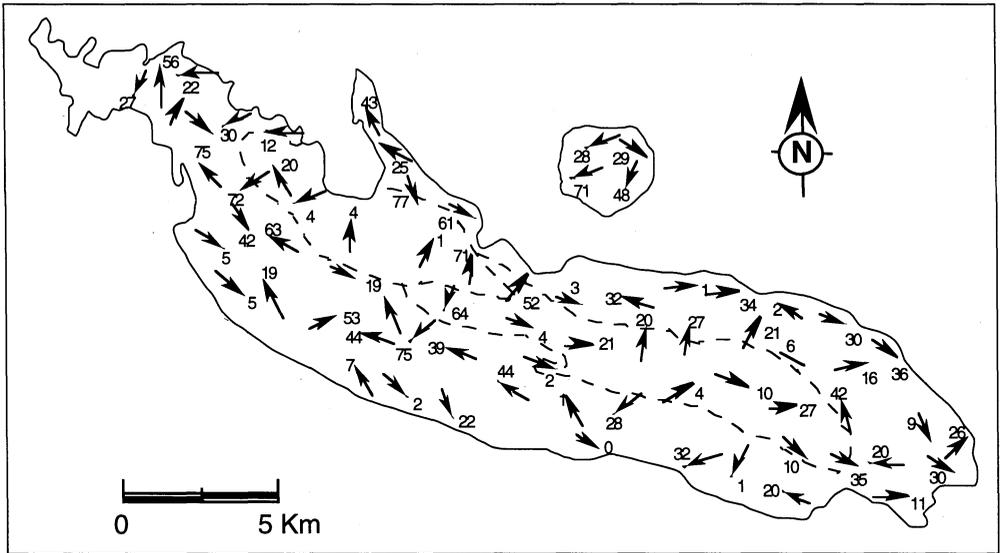


Fig. 5. Mapa de lineaciones magnéticas.

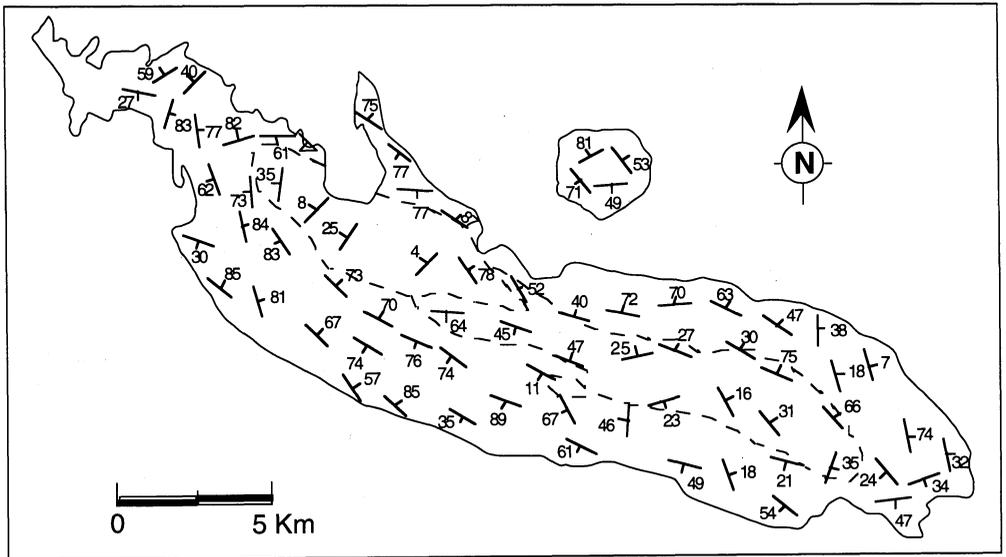


Fig. 6. Mapa de foliaciones magnéticas.

microestructural, se han desarrollado en estado magmático. Las estructuras de deformación en estado sólido se encuentran ausentes, por lo tanto la fábrica magnética representa la estructura magmática, es decir la foliación y lineación magmáticas.

La estructura magnética es bastante homogénea desde el punto de vista direccional. Los diagramas de polos de la foliación y lineación magnética (Fig.4) muestran que la foliación y lineación magnéticas son paralelas al alargamiento del plutón.

La lineación magnética (Fig.5) muestra en general buzamientos suaves en dirección N120E, siendo este hecho muy marcado por todo el borde del plutón. Por su parte, la foliación magnética (plano perpendicular a K3) (Fig.6), presenta también una orientación preferente en dirección N120E disponiéndose, con buzamientos medios a fuertes, en eje de zona alrededor de la lineación magnética.

Las trayectorias de la foliación magnética se adaptan perfectamente a los contactos interfacies y aquellas lineaciones magnéticas con orientaciones transversales a la estructuración general del plutón así como las de mayor buzamiento están en clara relación con las facies GPF y GFM (Fig.5 y 6).

## CONCLUSIONES

Los datos que se presentan en este trabajo han sido obtenidos fundamentalmente en base al trabajo de campo y a los estudios petrográficos. En la actualidad se está complementando el estudio petrológico con una geoquímica sobre roca total y minerales y, el estructural con medidas de ASM (Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética).

Con la prudencia que imponen los datos preliminares y con las oportunas reservas se puede concluir a nivel petrológico que el plutón de Campanario-La Haba es un plutón de tipo S caracterizado por la presencia de abundantes y espectaculares prismas de cordierita. A nivel tipológico y desde la óptica regional, se puede apuntar que el granito de Campanario-La Haba es mineralógica y petrográficamente más afín a los plutones graníticos del batolito de Extremadura Central tipo Cabeza de Araya (CORRETGE, 1972), con cordierita abundante, que a los plutones graníticos andaluces que forman parte del batolito de Los Pedroches (Sta. Eufemia, El Guijo, Cerro Mogabar, Cardeña-Virgen de la Cabeza, Linares y Arquillos), en donde la cordierita es un mineral raro, accesorio y difícilmente observable a simple vista (GARCIA CASCO y PASCUAL, 1987; CARRACEDO, 1991; LARREA et al, 1992).

El stock de Los Berrocales, es más difícil de caracterizar desde el punto de vista granitológico al no presentar minerales índice (e.g. cordierita, anfíbol, allanita, etc.), pero petrográficamente y a falta de los datos geoquímicos, no parece constituir una apófisis del plutón de Campanario-La Haba, como tradicionalmente se ha considerado.

La susceptibilidad magnética presenta un origen paramagnético dominante. Las tasas de anisotropía P% (2-4%) indican un buen grado de estructuración en estado magmático. La estructura magnética es desde el punto de vista direccional muy homogénea. La lineación y la foliación magnética presentan una orientación preferente en la dirección N120E, paralelamente al alargamiento del plutón.

Desde el punto de vista estructural, y con los datos disponibles, se puede por el mo-

mento concluir que el plutón de Campanario-La Haba de carácter sincinemático puede estar relacionado con un emplazamiento permitido asociado a la actividad de una zona de cizalla dúctil transcurrente de carácter dextro. Ello estaría de acuerdo con el modelo propuesto para los plutones graníticos de Extremadura (CASTRO, 1986) como con el propuesto para el Batolito de Los Pedroches (CARRACEDO et al. 1994; ARANGUREN et al, 1995).

## BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CASQUET, C.; PEINADO, M.; TINAO, J. M. (1977). Caracterización geodinámica del plutonismo postmetamórfico del SO del Macizo Hespérico. *Stud. Geol. Salmant.* Univ. Salamanca, 12, 9-39.
- ARANGUREN, A. CARRACEDO, M.; LARREA, F. J.; CUEVAS, J.; TUBIA, J.M. (1995). The Pedroches Batholith: an example of magma emplacement in a transensional setting. *European Union of Geosciences. EUG 8. Terra Abstracts, Abstract supplement.* Strasbourg (France), 1, 7, 138.
- BARD, J.P. (1971). Sur l'alternance des zones métamorphiques et granitiques dans le segment hercynien sud-ibérique; comparaison de la variabilité des caractères géotectoniques de ces zones avec les orogènes «orthotectoniques». *Bol. Geol. Min.* T LXXXII III-IV, 324-345.
- CARRACEDO, M.; LARREA, F.J.; ARANGUREN, A.; CUEVAS, J.; TUBIA, J.M. (1994). La falla de conquista: una zona de cizalla dúctil transtensiva asociada al emplazamiento del Batolito de Los Pedroches. *Resúmenes, XVI Reunión de Geología y Minería del N.O. Peninsular.* Lab. Xeol. Laxe, 51-54.
- CARRACEDO, M. (1991).- Contribución al estudio del Batolito de Los Pedroches (Córdoba-España). *Tesis Doctoral.* Univ. País Vasco, pp. 443.
- CASTRO, A. (1986).- Structural pattern and ascent model in the Central Extremadura batholith, Hercynian belt, Spain. *J. Struct. Geol.*, 8, 6, 633-645.
- CORRETGE, L.G. (1972). Contribución para el conocimiento del batolito de Cabeza de Araya (Caceres-España): el microgranito granatífero cordierítico con megacristales feldespáticos. *Studi. Geol. Salmant.*, Univ. Salamanca, 3, 43-65.
- DONAIRE, T. (1995). Petrología y Geoquímica de rocas: granitoides y enclaves asociados del batolito de Los Pedroches (Macizo Ibérico). *Tesis Doctoral.* Univ. Huelva, pp 232.
- GARCIA CASCO, A. y PASCUAL, E. (1987). La asociación magmática del Batolito de Los Pedroches (Córdoba-España). Ensayo de caracterización. *Geogaceta* 2, 56-59.
- IGME (1980). Mapa geológico de la península, Baleares y Canarias. Escala 1:1.000.000. *Serv. Publicaciones IGME.*
- LARREA, F. J.; CARRACEDO, M.; CUETO, L. A.; QUESADA, C.; GIL IBARGUCHI, J. I.; ORTEGA, L.A. y FERNANDEZ, F.J. (1992). Petrología y geoquímica del plutón Cardeña - Virgen de La Cabeza (Batolito de Los Pedroches). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 17, 209-222.
- PATERSON, S.R. & TOBISCH, O.T. (1988). Using pluton ages to date regional deformations: problems with commonly used criteria. *Geology*, 16, 1108-1111.
- PENHA, M.H. y ARRIBAS, A. (1974). Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles. *Bol. Geol. Min.* T. LXXXV-III, 271-273.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en el marco de los proyectos de investigación «001.310-EA 077/93» y «130.310-EB033/93» de la Universidad del País Vasco. Constituye expreso deseo del primer autor mostrar su agradecimiento a los colegas del departamento por sus comentarios y colaboración en la confección de este su primer trabajo.

- QUESADA, C.; LARREA, F.J.; FLORIDO, P.; GUMIEL, P.; BAEZA, L.; ORTEGA, C.; TORNOS, F.; SIGUENZA, J.M. (1987). *Mapa geológico-minero de Extremadura*. Junta de Extremadura, pp 131.
- ROBARDET, M. (1976). *L'originalité du segment hercynien sud-ibérique au Paléozoïque inférieur : Ordovicien, Silurien et Dévonien dans le nord de la province de Séville (Espagne)*. C.R.Ac.Sc. Paris (ser. D), 283, 999-1002.
- ROCHETTE, P.; VACKSON, M.; & AUBOURG, C. (1992). Rock magnetism and the interpretation of anisotropy of magnetic susceptibility. *Reviews of Geophysics*, 30, 3, 209-226.
- ROCHETTE, P. (1987). Magnetic susceptibility of the rock matrix related to magnetic fabric studies. *J. Struct. Geol.*, 9, 1015-1020.

*Recibido: 8/5/95*

*Acceptado: 29/8/95*