

**ESTUDIO ESTRUCTURAL DE LA ALINEACION
PLUTONICA GRANITICA MORA-GALVEZ**

658 656

Sánchez Carretero, R. (INGEMISA)
Madrid, Julio de 1990

**DATOS ESTRUCTURALES DE LA ALINEACION PLUTONICA GRANITICA
MORA-GALVEZ**

1.- INTRODUCCION

Como ya hemos indicado en el estudio petrológico, la ZCI del macizo Ibérico está caracterizada por un amplio desarrollo de rocas graníticas que contrasta con la zonas vecinas, donde estas rocas tienen una presencia más limitada, tanto en volumen como en extensión de afloramientos. La génesis de estos granitos hay que relacionarlos con los diferentes "momentos" de la evolución tectónica y térmica por los que ha pasado la corteza Ibérica como consecuencia de la colisión continental que tuvo lugar durante la Orogenia Hercínica.

El análisis estructural de los distintos granitoides, es sin duda de gran importancia para precisar la historia de los acontecimientos tectónicos de esa zona y, por otra parte, proporciona un criterio adicional que puede contribuir a perfeccionar las clasificaciones actuales de estos granitoides, que como ya ha sido discutido (BELLIDO MULAS et al., 1987), se prestan, en ocasiones, a diferenciaciones de validez limitada, cuando no dudosa.

El estudio sistemático de las estructuras magmáticas, desarrolladas durante las etapas de emplazamiento de los magmas, cuando éstos, aún en estado viscoso, son susceptibles de registrar superficies de flujo materializadas por la orientación de los primeros cristales formados (feldespatos, biotitas, enclaves, etc.), ayudan a inferir la forma, el volumen, así como la estructura interna del plutón. Estos datos, junto con los suministrados por el análisis estructural de los materiales encajantes, serán de gran valor a la hora de esta-

blecer el modo de "mise en place" de un plutón y las relaciones entre la deformación regional y la ligada a la propia cinemática de emplazamiento del magma. Así pues, el análisis estructural del interior del plutón y del encajante nos permitirá precisar la interferencia entre la deformación regional y la ligada al emplazamiento del plutón (p. ej. granitos pre-, sin- o post-cinemáticos).

Sin embargo, estas observaciones geológicas, obtenidas en superficie, no son, en modo alguno, cuantitativas (sólo la deformación puede ser medida), por lo que la extensión en profundidad del macizo no puede ser cuantificable.

Para precisar el desarrollo en profundidad de un macizo granítico, hay que recurrir a métodos geofísicos (magnetismo, gravimetría, sísmica de reflexión, etc.). El más apropiado es la gravimetría, ya que ayuda a definir mejor la geometría tridimensional de un cuerpo granítico. La utilización conjunta de datos petrográficos, geoquímicos, estructurales y gravimétricos, concernientes a un determinado macizo, permitirá interpretar la cinemática de emplazamiento en un contexto tectónico regional y la geometría en profundidad del mismo.

Los datos actualmente disponibles sobre la estructurología pormenorizada de los distintos cuerpos graníticos del Macizo Ibérico son aún muy limitados, si bien en estos últimos años se han realizado algunos estudios en este sentido (BRUN y PONS, 1981; SANTA TERRESA et al., 1983; COURRIOUX et al., 1986; BERGAMIN y GONZALEZ CASADO, 1987; ARANGUREN y TUBIA, 1989; CORRETGE et al., 1989, etc.). Un resumen de las características estructurales de los granitos hercínicos del Macizo Ibérico puede verse en el trabajo de síntesis realizado por LOPEZ-PLAZA y MARTINEZ CATALAN (1987). (Figs. 2 y 3).

Los datos disponibles sobre los granitoides que constituyen la Alineación Plutónica Mora-Gálvez son escasos y parciales. Se tiene información gravimétrica de la terminación oriental de la Alineación, en la zona de Orgaz (SANTA TERESA et al., 1983) (Fig. 1), LOPEZ-PLAZA y MARTINEZ CATALAN (1987) en base a datos de APARICIO YAGUE (1971) describen este macizo granítico como sin-cinemático respecto de la fase III (Fig. 2), con polaridad magmática longitudinal y afectado por una foliación de trayectoria E-W, en su borde septentrional (Fig. 3). Para CASQUET et al. (1988) estos granitos, junto con el grupo de adamellitas del Sistema Central, se habrían emplazado en un ambiente de tectónica extensional (Fallas de Toledo, Nieva, etc.).

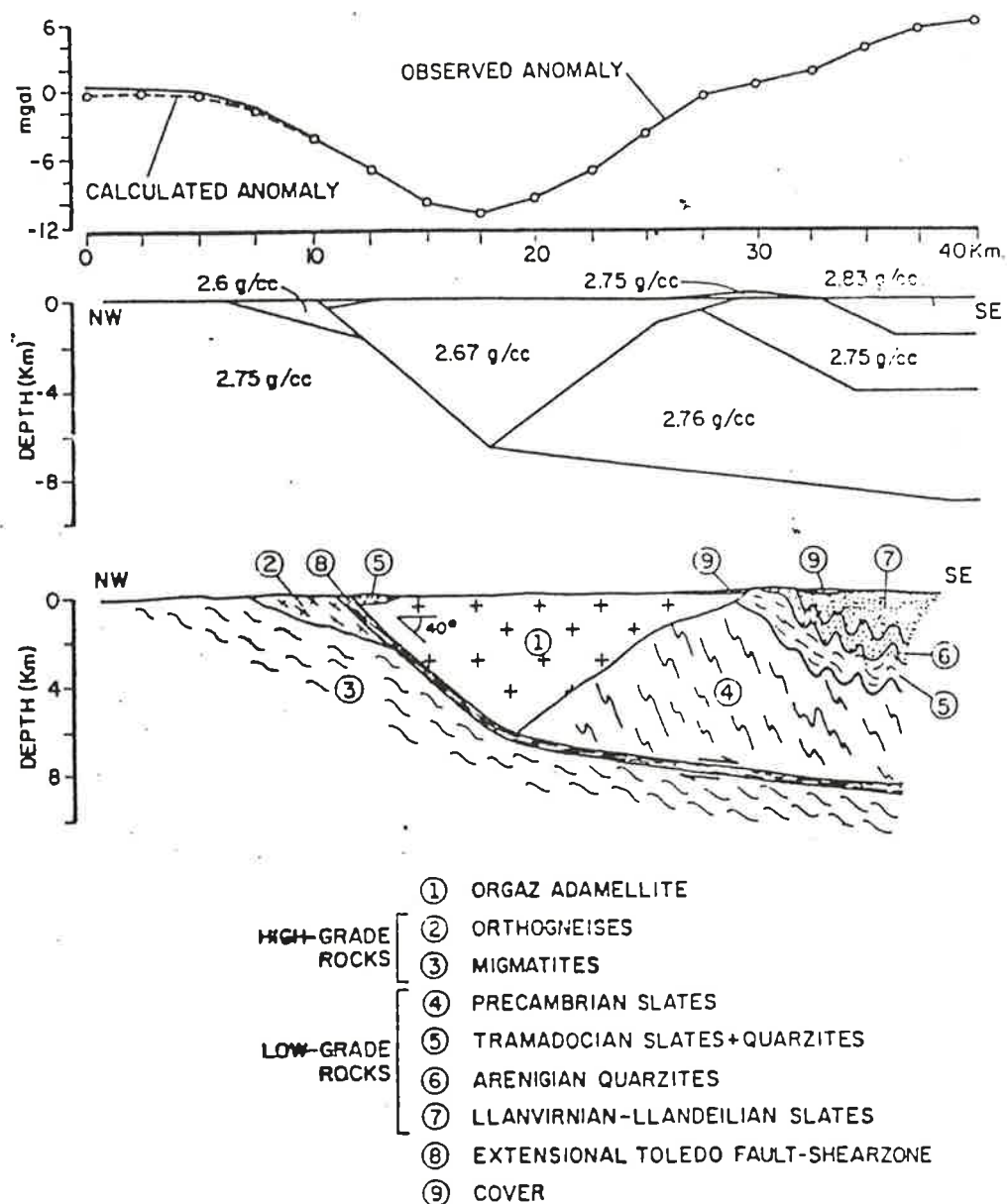


FIGURA 1.— Corte geológico interpretativo del Granito de Orgaz (parte oriental de la alineación Plutónica Mora-Gálvez) a partir de datos gravimétricos (según CASQUET et al., 1988; basado en SANTA TERESA et al., 1983).

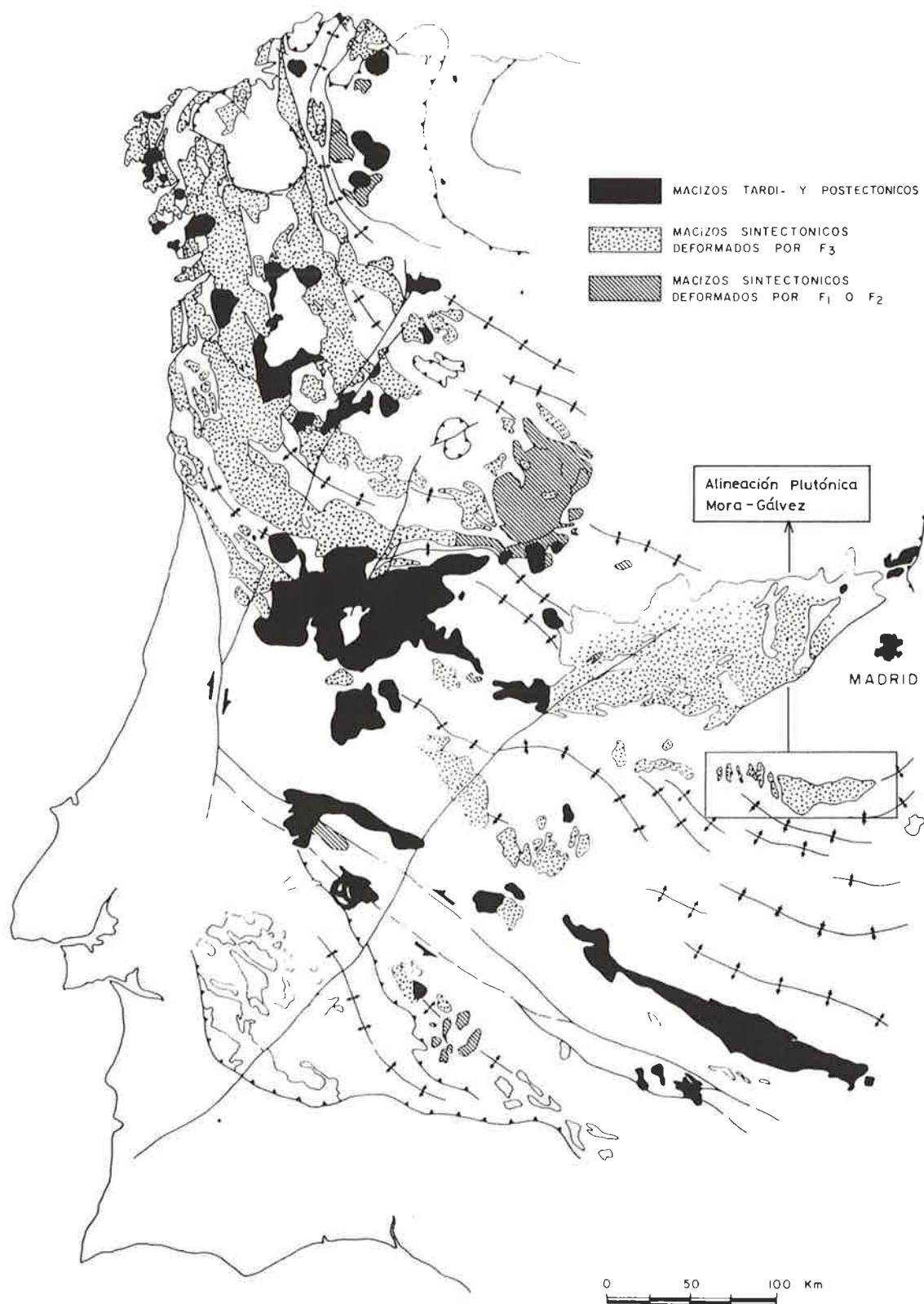


FIGURA 2.- Caracterización de los afloramientos graníticos en relación con las fases de deformación hercínica (según LOPEZ-PLAZA y MARTINEZ CATALAN, 1987)

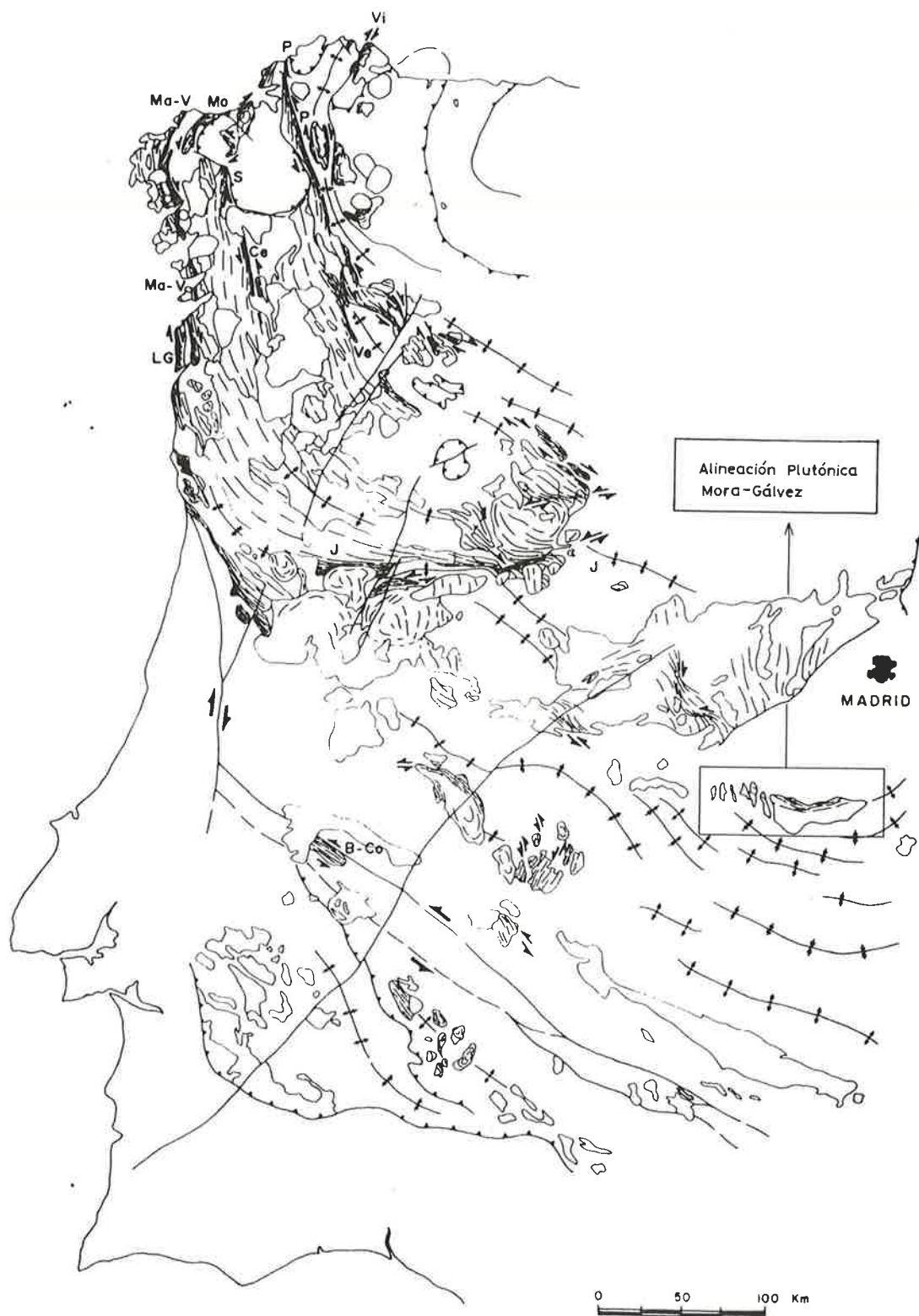


FIGURA 3.- Trayectoria de la fábrica en las rocas graníticas. La mayor intensidad de la deformación se expresa con líneas más apretadas. Es frecuente su relación con zonas de cizalla, cuyo sentido de movimiento relativo se indica. Principales zonas de cizalla de Fase 3: B-Co: Badajoz-Córdoba, Ce: Cerdedo, J: Juzbado-Penalba, LG: La Guardia, Ma-V: Malpica-Vigo, Mo: Monteneme, P: Puente deume, S: Santiago de Compostela, Ve: Verin, Vi: Vivero (según LOPEZ PLAZA y MARTINEZ CATALAN, 1987).

2.- ANALISIS ESTRUCTURAL

2.1.- METODOLOGIA ESTRUCTURAL: GENERALIDADES

Los elementos estructurales o estructuras magmáticas que permiten inferir la arquitectura interna de una masa granítica son (Fig. 4).

- Plano de flujo magmático (PFM), definido por la disposición planar preferencial de cristales planos o tabulares, como las micas, feldespatos K y plagioclasas.
- Dirección de flujo magmático (DFM), definido, en los planos de flujo, por el alargamiento o disposición lineal de cristales elongados o por la disposición de eje de zona de éstos (feldespatos K, micas, etc.).

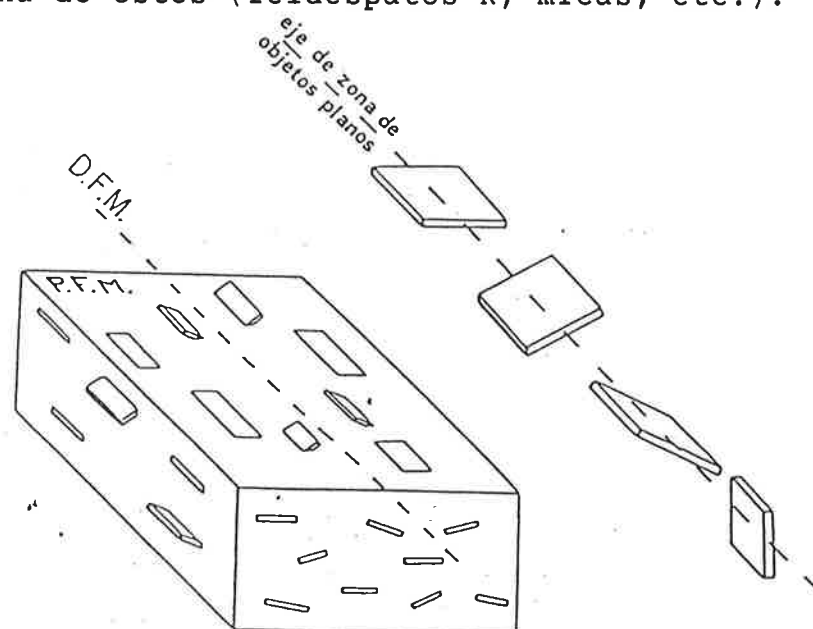


FIGURA 4.- Esquema representando el plano de flujo magmático (PFM) y la dirección del flujo magmático (DFM)

El carácter magmático de la estructura se diagnostica sobre el terreno, por la ausencia de deformación plástica en el cuarzo, es decir, cuando éste se presenta en granos equidimensionales o lobulares, y es entonces, cuando se considera que la roca no ha sido afectada por deformaciones al estado sólido (BOUCHEZ et al., 1981).

En efecto, el cuarzo es el mineral más dúctil del granito y, en consecuencia, es el primero en registrar una deformación post-consolidación, a alta o moderada temperatura. El cuarzo no deformado se caracteriza, al microscopio, por presentarse en grandes granos o placas sin signos estructurales importantes de deformación, como subjuntas, nuevos granos, etc.

En los granitos no deformados al estado sólido, se pueden distinguir dos casos:

- Que los minerales frágiles (especialmente feldespato K y plagioclasa) no muestren deformación. Se trata entonces de una estructura magmática en sentido estricto.
- Cuando los feldespatos están microplegados, fracturados y rotos se diagnostica una microestructura de deformación al estado intermedio (BOUCHEZ y GUINEBERTAU, 1984). Este estado se da cuando la carga cristalizada forma un esqueleto rígido en el líquido residual (20-40% del total), próximo a la composición eutéctica, ocupando los intersticios.

En cambio, cuando la deformación tiene lugar al estado sólido, los granos de cuarzo se caracterizan por presentar una forma elipsoidal alargada según la dirección de estiramiento, definiendo una foliación. Se desarrollan entonces

nuevos granos, subjuntas, etc. Si la deformación es intensa tiene lugar el desarrollo de las estructuras características de los ortogneises (cuarzos muy alargados, estructuras C-S, micas rotas y microplegadas, sombras de presión, feldespatos rotos y recrystalizados en los bordes, etc.)

2.2.- ESTRUCTURAS DE FLUJO MAGMATICO

Aunque aparentemente la mesostasis de la mayor parte de las variedades graníticas que configuran el plutón de Mora-Gálvez muestran una fábrica isótropa, son varios los puntos, especialmente en las facies de monzogranitos tipo Mora-Menasalbas y porfídicos tipo Gálvez, donde es posible poner de manifiesto la presencia de groseros planos de flujo magmático marcados por la orientación de micas y feldespatos. Estas estructuras son más manifiestas en las variedades porfídicas, donde quedan marcadas, a veces, por la orientación bidimensional de los megacristales de feldespato K.

Entre las localidades de Pulgar y Mazarambroz (Hoja 657, Sonseca), y en los monzogranitos tipo Mora-Menasalbas, se han medido una serie de superficies de flujo (ver mapa de síntesis) groseramente paralelas a los contactos con el encajante norte. Es decir, entre N 20°-100°E, aunque las más frecuentes están comprendidas entre N 60°-100°E; el buzamiento varia entre 60° al N-NW y casi la horizontal. Esta variación muestra una polaridad clara desde el borde al interior de la masa granítica, en sentido N-S. En efecto, los buzamientos de 60° a 40° en las proximidades del contacto pasan a 25°-15° a unos 2 Km del borde, para ir disminuyendo hasta hacerse prácticamente subhorizontales (6°-2°) al S de Mazarambroz (parte interna-media de la masa granítica). En algunos puntos al SE de Mazarambroz se han medido superficies horizontales.

Esta variación de los planos de flujo, desde el borde hacia el interior de la masa, sugiere una estructura en domo "tipo champiñón" para esta transversal de la alineación granítica.

Otro sector, donde ha sido posible realizar algunas medidas de superficies magmáticas, corresponde a los afloramientos del monzogranito porfídico tipo Gálvez (Hoja 656, Gálvez). A lo largo del borde N del granito se han medido algunas superficies de flujo groseramente subparalelas a los contactos (N 100°-145° E) con buzamientos suaves, en torno a 7-20° al N-NE. En los alrededores de Cuerva la superficie de flujo magmático queda marcada por la orientación de biotitas ("schlieren biotíticos") de dirección N 110°E con buzamiento de 25° al N-NE. En el interior de la masa, SE de Gálvez, las direcciones de los planos de flujo aparecen, en general, norteados con buzamiento < 30° al W. Al S de San Martín de Montalbán las superficies varían de N 160° E a N 80° E y buzamientos al NE y N y/o S, respectivamente.

Otro tipo de elementos estructurales, susceptibles de medición, vienen dados por los megacristales de feldespato K. Estos varían desde algunos centímetros hasta valores de 15-20 centímetros localmente. Su abundancia y distribución es un tanto irregular; si bien, están presentes en la mayor parte de las variedades graníticas de la zona a excepción de los leucogranitos, adquieren un mayor desarrollo y uniformidad en el macizo de Gálvez (monzogranitos porfídicos) dentro de las Hojas de Gálvez y Navahermosa. En la variedad más común (monzogranitos tipo Mora-Menasalbas), los megacristales de feldespato K muestran una distribución un tanto anárquica (zonas donde prácticamente no existe frente a otras donde son abundantes), este es el caso de los afloramientos comprendidos entre Mora y el meridiano de Cuerva.

Entre Pulgar y Mazarambroz, las medidas realiadas sobre la orientación de la máxima longitud de los megacristales, son variables, aunque se aprecia una tendencia mayoritaria media de N 150° E y otra menos frecuente N 20°-77° E. Los valores extremos en el caso de la primera son entre N 105° E y N 175° E. En algún punto se ha podido observar cómo los megacristales cortan a las superficies de flujo magmático de la mesostasis, mientras que en otros son subparalelas a ellas. Las direcciones de flujo magmático (DFM) no han podido precisarse ya que la mayor parte de las medidas de megacristales se han realizado sobre superficies horizontales.

En el granito porfídico de Chueca la mayoría de los megacristales se orientan groseramente subparalelos a la forma del afloramiento, es decir N 100°-125° E; sólo en la proximidad del contacto oriental se han medido orientaciones norteadas (N 15° E).

Dentro de la variedad porfídica tipo Gálvez existe una tendencia mayoritaria a que los megacristales se orienten según direcciones norteadas que van de N-S a N 60° E y en menor medida según N 80°-100° E.

De cualquier manera, queremos dejar constancia de que las direcciones apuntadas son estadísticas y que, por supuesto, en cualquier afloramiento se pueden medir orientaciones de megacristales diversas e incluso perpendiculares entre sí.

2.3.- ESTRUCTURAS DE DEFORMACION AL ESTADO SOLIDO

Este tipo de estructuras están asociadas a aquellas partes del macizo granítico que ha sido afectado por la Falla Normal de Toledo ("Banda milonítica", APARICIO YAGUE, 1971).

Por consiguiente, tal como muestra la cartografía esquemática de granitos (ver mapa), se localizan en la parte oriental del macizo, según una banda NW-SE entre las localidades de Mora y Mascaraque; y a lo largo del borde N del granito porfídico de Gálvez, hacia el W de la falla N 35°-40° E (Falla de Gálvez). De forma local y en los bordes intrusivos de las masas graníticas se pueden presentar síntomas de deformación postcristalina relacionadas con el emplazamiento del granito.

En las proximidades de la Falla Normal de Toledo los granitos muestran una fábrica cataclástica ± dúctil, que da lugar a la rotura y estiramiento de los constituyentes minerales, especialmente del cuarzo. Este muestra trituración, recristalización y estiramiento dando lugar a bandas de acintadas que definen una foliación. Los feldespatos aparecen microfracturados y localmente rotos (bandas de mayor deformación) juntos con la rotura, microplegado y/o estiramiento de las biotitas, siempre cloritizadas. En general se trata de una deformación frágil, aunque no exenta de una cierta ductilidad reflejada en la deformación plástica del cuarzo (subgranos, ribbons, orientaciones de subgranos, etc.). Para más información sobre las texturas asociadas a la "Banda milonítica" ver informe de geología estructural.

La anchura de la zona afectada por esta deformación llega a alcanzar unos 2 Km al N de Mora y 3,5 a 4 al N de Gálvez. Sin embargo, la intensidad de la misma no es homogénea a lo ancho de ella; ésta se concentra en bandas discretas tanto a escala cartográfica como de lámina delgada. En ningún caso se llega a borrar del todo la textura original del granito, salvo en algunas bandas estrechas donde la fracturación es muy apretada. En general, el granito muestra una serie de fracturas anastomosadas, más o menos densas, paralelas a la falla que están rellenas de productos cloríticos, cuarzo y ±

epidota. Esto le confiere a la roca una grosera foliación medible en el campo de N 100°-140° E con buzamientos de 30°-40° al S.

En definitiva, el granito situado al S del accidente se ha desplazado en sentido N-S como se pone de manifiesto a partir de las estrias que muestran direcciones entre N-S y N 220° E con inclinaciones al S entre 20-30°. Otros criterios que indican movimientos del bloque de techo (granito) hacia el S vienen dadas por: crenulaciones asimétricas, estructuras s-c, ECC ("extensional crenulacion cleavage"), etc.

Otro tipo de texturas post-consolidación, son las relacionadas con las fallas tardías, que cortan a la masa granítica. Las más importantes son las de dirección NE-SW que se localizan entre Cuerva y Gálvez. En sus proximidades se desarrollan texturas brechoides-cataclásticas con inyección de venillas y/o diques de cuarzo y procesos de episiemⁿitización. El mejor afloramiento, en este sentido, se localiza en las proximidades de la Ermita de Jumea (SW de Gálvez), en relación con la Falla de Gálvez.

2.4.- FALLAS TARDÍAS

Con posterioridad al emplazamiento de este macizo granítico, y una vez estructurado, tiene lugar el desarrollo de una serie de accidentes (Fallas) que afectan tanto al granito como a los materiales encajantes.

Por su importancia, tanto local como regional, destaca la denominada Falla Normal de Toldeo ("Banda Milonítica", APARICIO YAGUE; 1978). Este accidente, al que nos hemos referido anteriormente, y en el estudio estructural del conjunto de las hojas, no se representa un hecho aislado en el conjun-

to del Sistema Central. En efecto, se trata de un accidente enmarcado en un marco distensivo que tiene lugar en un período tardi-hercínico una vez que cesan los esfuerzos compresivos que dan lugar a engrosamiento cortical como consecuencia de la colisión continental hercínica.

Estructuras extensionales de este tipo han sido descritas en otros puntos del Sistema Central: fallas normales de Nieva y Carbonero (BERGAMIN et al., 1988; ALVAREZ et al., 1988), Berzosa (GONZALEZ-LODEIRO et al., 1988), etc.

Otro tipo de fallas que afectan a los granitos, tal como se muestra en el mapa adjunto, están representados por un sistema de dirección NE-SW. Los más representativos por el salto que producen son las situadas entre las localidades de Cuerva y Gálvez.

Ambas deben de tener un importante salto en la vertical, ya que en el caso de la de Gálvez (N 35-40 E, subvertical) delimita la variedad granítica tipo Mora-Menasalbas (al E) de la porfídica tipo Gálvez (al W). Por otra parte, tal como se indica en el mapa, afectan a la propia "Banda milonítica", que queda desplazada cartográficamente hacia el N entre ambas fallas.

La falla de Gálvez, puesta de manifiesto en este estudio, produce una elevación relativa del bloque occidental (granito porfídico de Gálvez), lo que indicaría un menor enraizamiento de la masa granítica al W de la misma. Los datos geofísicos disponibles también parecen apuntar un menor espesor del granito al W de la transversal Gálvez-San Pablo de los Montes.

Esta interpretación podría ser también válida para el resto de los granitos de la Hoja de Los Navalmorales que muestran un nivel de afloramiento más profundo. La presencia de mayor cantidad de xenolitos restíticos, enclaves corneáticos mas evolucionados, frecuente presencia de sillimanita, foliaciones locales en los granitos, encajantes con fábricas de metamorfismo regional mas penetrativas, etc., serían también argumentos para el nivel de exposición más profundo de este sector.

Fracturas de la misma dirección, aunque de menor desarrollo, aparecen a lo largo de toda la alineación granítica. En resumen, podemos decir, que este tipo de fracturación ha producido una compartimentación con distintos niveles de exposición de la masa granítica, cuyo nivel de enraizamiento podría disminuir de E a W.

3.- CONCLUSIONES Y DISCUSION

El plutón o alineación granítica Mora-Gálvez presenta una disposición elongada E-W acorde con el resto de estructuras de la zona a lo largo del núcleo del antiformal de Sonseca.

Se trata de un macizo heterogéneo compuesto por diversas facies graníticas de composición mayoritariamente monzogranítica o adamellítica y en menor medida granítica s.s. Los contactos entre ellos son transicionales dispersos, excepto los leucogranitos (tipo Cerro Torcón) que presentan contactos netos cartografiables, aunque localmente se aprecia una zona de interacción centimétrica.

Los contactos externos con el encajante son intrusivos netos, desarrollándose una aureola térmica de contacto a lo largo de los mismos, excepto donde está "cepillado" por la Falla Normal de Toledo. El amplio desarrollo de la aureola de contacto, que puede superar los 4 Km de afloramiento, sugiere un contacto poco buzante, por lo que buena parte de los materiales paleozoicos del contacto N ("Montes Islas") con metamorfismo de contacto, representen "roof pendants". Los datos gravimétricos (SANTA TERESA et al., 1983) también son indicativos en este sentido. Algo parecido, aunque en menor extensión, podría pensarse en el contacto meridional (Montes de Toledo).

Todo parece indicar que en sentido E-W el macizo muestra niveles, más profundos de exposición, lo que se traduce en una disminución del espesor del mismo. Por otra parte, y

de acuerdo con los datos geofísicos sobre el desarrollo de la Falla Normal de Toledo en profundidad, que pasaría a ser un accidente lístrico (SANTA TERESA, 1982; SANTA TERESA et al., 1983; BERGAMIN et al., 1988), cortaría al granito en profundidad siendo, por consiguiente, el espesor del mismo mayor en la parte meridional del macizo. En este sentido, en los alrededores de San Pablo se darían los mayores espesores de granito.

Por otra parte, la modelización en profundidad a partir de las escasas estructuras de flujo magmático disponibles resulta un tanto arriesgada. No obstante se puede pensar en una intrusión epizonal, alóctona, tardicinemática (posterior al accidente extensional: Falla de Toledo), con una geometría en domo elongado y con superficies de flujo de 30-45° N (contacto N, W de Mazarambroz) que pasan a ser suhorizontales en la parte central (se desconoce la presencia de posibles superficies de flujo en la parte sur de esta transversal).

El núcleo Gálvez-Ventas con Peña Aguilera-San Pablo podría representar un domo con estructura propia subcircular, a juzgar por la disposición de los planos de flujo magmático (ver mapa estructural).

Por último indicar que puesto que este granito está cortado en su raíz por la Falla Normal de Toledo y desplazado de su posición original por ella, los únicos datos fiables sobre su geometría y desarrollo en profundidad son los apuntados por la Geofísica (especialmente gravimetría). Como muestra la figura 1 la geometría, en la parte oriental de la alineación plutónica (zona de Mora-Orgaz), es la de un "triángulo invertido con base en la superficie del terreno, alcanzando una profundidad de unos 6,5 Km" (SANTA TERESA et al., 1983).

El espesor de la masa granítica podría ser muy superior a éste en los afloramientos meridionales de los alrededores de San Pablo, dada la mayor profundidad a la que pasaría la Falla Normal de Toledo.

En definitiva se trata de un cuerpo tabular, tal como se muestra en los cortes adjuntos del mapa, cuya potencia aumenta hacia el Sur.

4.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVAREZ, F., GONZALEZ-LODEIRO, F. y MARTIN-PARRA, L.M. (1988).- "Las deformaciones hercínicas tardías de la región de Santa María La Real de Nievas, Sistema Central Español". Geogaceta, 5: 34-36.
- APARICIO YAGUE, A. (1971).- "Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo". Estudios geológicos, 27: 369-414.
- ARANGUREN, A. y TUBIA, J.M. (1989).- "Análisis estructural de los macizos graníticos de Puebla de Parga y Friol". Stvdia Geol. Salmanticensia, 4: 17-26.
- BERGAMIN, J.F. y GONZALEZ CASADO, J.M. (1987).- "Geometría interna del plutón granítico de Madrilejos (Toledo), basado en determinaciones gravimétricas". Bol. Geol. Min., XCVIII-II: 217-225.
- BERGAMIN, J.F., CASQUET, C., FUSTER, J.M., GONZALEZ CASADO, J.M. y PEINADO, M. (1988).- "La falla de Santa María de La Alameda; un accidente extensional Hercínico en el S.C.E. Interpretación geofísica y geológica". X Reun. Geol. Oeste Peninsular, Coimbra-Salamanca.
- BOUCHEZ, J.L., GUILLET, P. y CHEVALIER, F. (1981).- Structures d'écoulement liées à la mise en place du granite de Guérande (Loire-atlantique, France)". Bull. Soc. Géol. France, (7), 23 (4): 387-399.

- BOUCHEZ, J.L. y GUINEBERTEAU, B. (1984).- "Ecoulement dans les granitoides: de l'état visqueux á l'état solide". Réunion "Granitoides", C.R.E.G.U., Nancy, 19 p.

- BRUN, J.P. y PONS, J. (1981).- "Strain patterns of pluton emplacement in a crust undergoing non-coaxial deformation". J. Struct. Geol., 3: 219-229.

- CASQUET, C., FUSTER, J.M. GONZALEZ-CASADO, J.M., PEINADO, M. y VILLASECA, C. (1988).- "Extensional tectonics and granite emplacement in Spanish Central System. A Discussion". Revista European Geotraverse (in press).

- CORRETGE, L.G., FERNANDEZ SUAREZ, J., RODRIGUEZ PEVIDA, L. y SUAREZ, O. (1989).- "Aspectos estructurales del plutón tonalítico de Zarza la Mayor-Ceclavín (NO Cáceres, España)". Stvdia Geol. Salmanticensia, 4: 171-187.

- COURRIOUX, G., GAGNY, C. y GOUANVIC, Y. (1986).- "Analyse de structures cisailantes dans des granites syntectoniques de Galice (NW Espagne)". Bol. Geol. Min, XCVII-VI, 737-756.

- GONZALEZ-LODEIRO, F., MARTINEZ CATALAN, J.R., MACAYA, J. y ALVAREZ, R. (1988).- "Sobre la estructura del Antiforme de El Cardoso y el Sinforme de Mafaelrayo y su relación con la Falla de la Berzosa". Geogaceta, 4: 11-14.

- LOPEZ PLAZA, M. y MARTINEZ CATALAN, J.R. (1987).- "Síntesis estructural de los granitos hercínicos del macizo Hespérico". En "Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico". Libro homenaje a L.C. García de Figueroa. Ed. Rueda, 195-210. Madrid.

- PONS, J. (1982).- "Un modèle d'évolution de complexes plutoniques: gabros, et granitoïdes de la Sierra Morena occidentale (Espagne)". Thèse Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 425 p.
- SANTA TERESA, I. (1982).- "Geometría en profundidad del granito de Orgaz (Toledo), en base a datos gravimétricos". Tesis, Univ. Complutense. Madrid.
- SANTA TERESA, I., CARBO, A., CAPOTE, R. y CASQUET, C. (1983).- "Geometría en profundidad del granito de Orgaz en base a datos gravimétricos". Stvdia Geol. Salmnticensia, XVIII: 237-250.

**ESTUDIO ESTRUCTURAL DE LA ALINEACION
PLUTONICA GRANITICA MORA-GALVEZ**

658 656

Sánchez Carretero, R. (INGEMISA)
Madrid, Julio de 1990

**DATOS ESTRUCTURALES DE LA ALINEACION PLUTONICA GRANITICA
MORA-GALVEZ**

1.- INTRODUCCION

Como ya hemos indicado en el estudio petrológico, la ZCI del macizo Ibérico está caracterizada por un amplio desarrollo de rocas graníticas que contrasta con la zonas vecinas, donde estas rocas tienen una presencia más limitada, tanto en volumen como en extensión de afloramientos. La génesis de estos granitos hay que relacionarlos con los diferentes "momentos" de la evolución tectónica y térmica por los que ha pasado la corteza Ibérica como consecuencia de la colisión continental que tuvo lugar durante la Orogenia Hercínica.

El análisis estructural de los distintos granitoides, es sin duda de gran importancia para precisar la historia de los acontecimientos tectónicos de esa zona y, por otra parte, proporciona un criterio adicional que puede contribuir a perfeccionar las clasificaciones actuales de estos granitoides, que como ya ha sido discutido (BELLIDO MULAS et al., 1987), se prestan, en ocasiones, a diferenciaciones de validez limitada, cuando no dudosa.

El estudio sistemático de las estructuras magmáticas, desarrolladas durante las etapas de emplazamiento de los magmas, cuando éstos, aún en estado viscoso, son susceptibles de registrar superficies de flujo materializadas por la orientación de los primeros cristales formados (feldespatos, biotitas, enclaves, etc.), ayudan a inferir la forma, el volumen, así como la estructura interna del plutón. Estos datos, junto con los suministrados por el análisis estructural de los materiales encajantes, serán de gran valor a la hora de esta-

blecer el modo de "mise en place" de un plutón y las relaciones entre la deformación regional y la ligada a la propia cinemática de emplazamiento del magma. Así pues, el análisis estructural del interior del plutón y del encajante nos permitirá precisar la interferencia entre la deformación regional y la ligada al emplazamiento del plutón (p. ej. granitos pre-, sin- o post-cinemáticos).

Sin embargo, estas observaciones geológicas, obtenidas en superficie, no son, en modo alguno, cuantitativas (sólo la deformación puede ser medida), por lo que la extensión en profundidad del macizo no puede ser cuantificable.

Para precisar el desarrollo en profundidad de un macizo granítico, hay que recurrir a métodos geofísicos (magnetismo, gravimetría, sísmica de reflexión, etc.). El más apropiado es la gravimetría, ya que ayuda a definir mejor la geometría tridimensional de un cuerpo granítico. La utilización conjunta de datos petrográficos, geoquímicos, estructurales y gravimétricos, concernientes a un determinado macizo, permitirá interpretar la cinemática de emplazamiento en un contexto tectónico regional y la geometría en profundidad del mismo.

Los datos actualmente disponibles sobre la estructurología pormenorizada de los distintos cuerpos graníticos del Macizo Ibérico son aún muy limitados, si bien en estos últimos años se han realizado algunos estudios en este sentido (BRUN y PONS, 1981; SANTA TERRESA et al., 1983; COURRIOUX et al., 1986; BERGAMIN y GONZALEZ CASADO, 1987; ARANGUREN y TUBIA, 1989; CORRETGE et al., 1989, etc.). Un resumen de las características estructurales de los granitos hercínicos del Macizo Ibérico puede verse en el trabajo de síntesis realizado por LOPEZ-PLAZA y MARTINEZ CATALAN (1987). (Figs. 2 y 3).

Los datos disponibles sobre los granitoides que constituyen la Alineación Plutónica Mora-Gálvez son escasos y parciales. Se tiene información gravimétrica de la terminación oriental de la Alineación, en la zona de Orgaz (SANTA TERESA et al., 1983) (Fig. 1), LOPEZ-PLAZA y MARTINEZ CATALAN (1987) en base a datos de APARICIO YAGUE (1971) describen este macizo granítico como sin-cinemático respecto de la fase III (Fig. 2), con polaridad magmática longitudinal y afectado por una foliación de trayectoria E-W, en su borde septentrional (Fig. 3). Para CASQUET et al. (1988) estos granitos, junto con el grupo de adamellitas del Sistema Central, se habrían emplazado en un ambiente de tectónica extensional (Fallas de Toledo, Nieva, etc.).

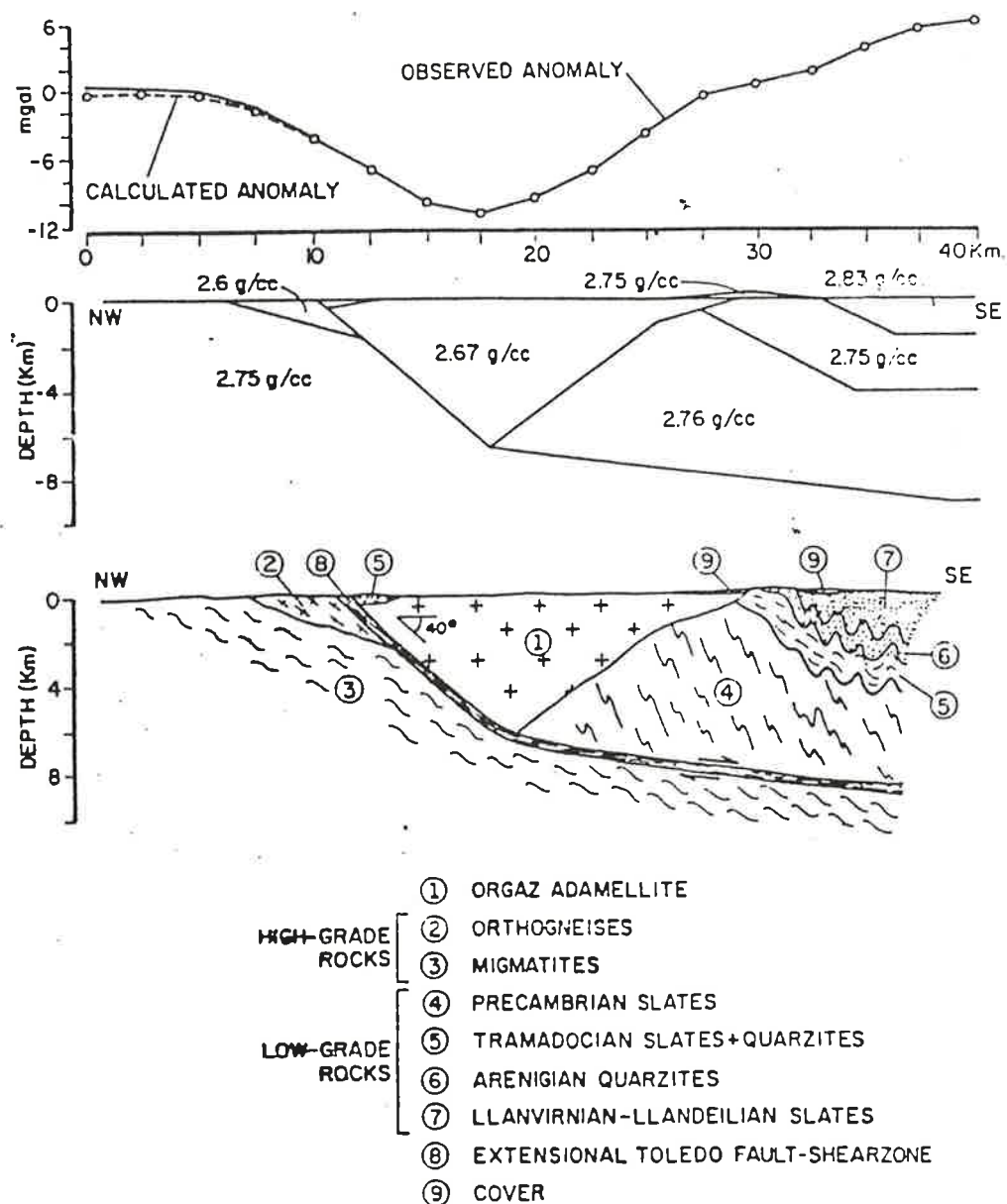


FIGURA 1.— Corte geológico interpretativo del Granito de Orgaz (parte oriental de la alineación Plutónica Mora-Gálvez) a partir de datos gravimétricos (según CASQUET et al., 1988; basado en SANTA TERESA et al., 1983).

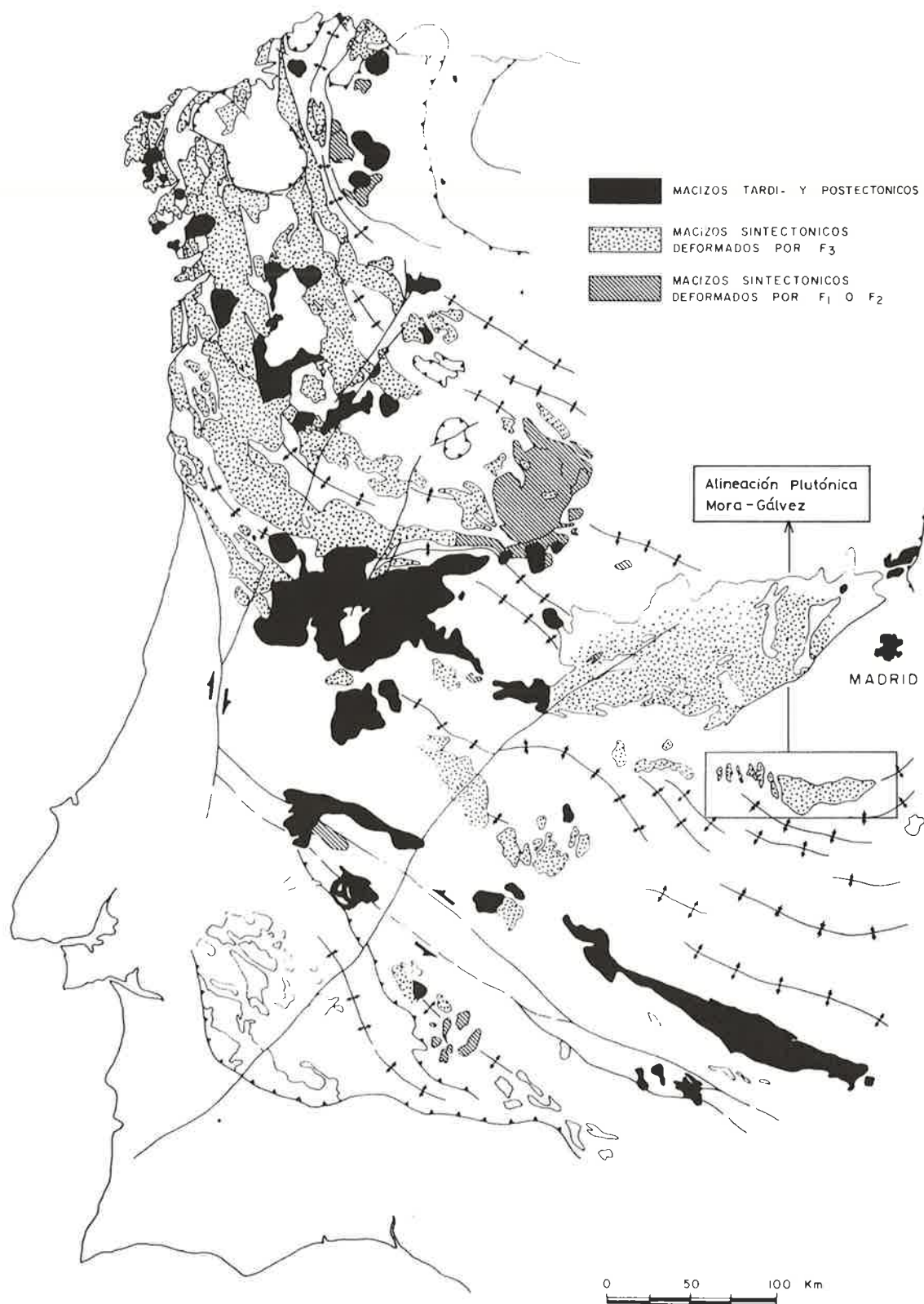


FIGURA 2.- Caracterización de los afloramientos graníticos en relación con las fases de deformación hercínica (según LOPEZ-PLAZA y MARTINEZ CATALAN, 1987)

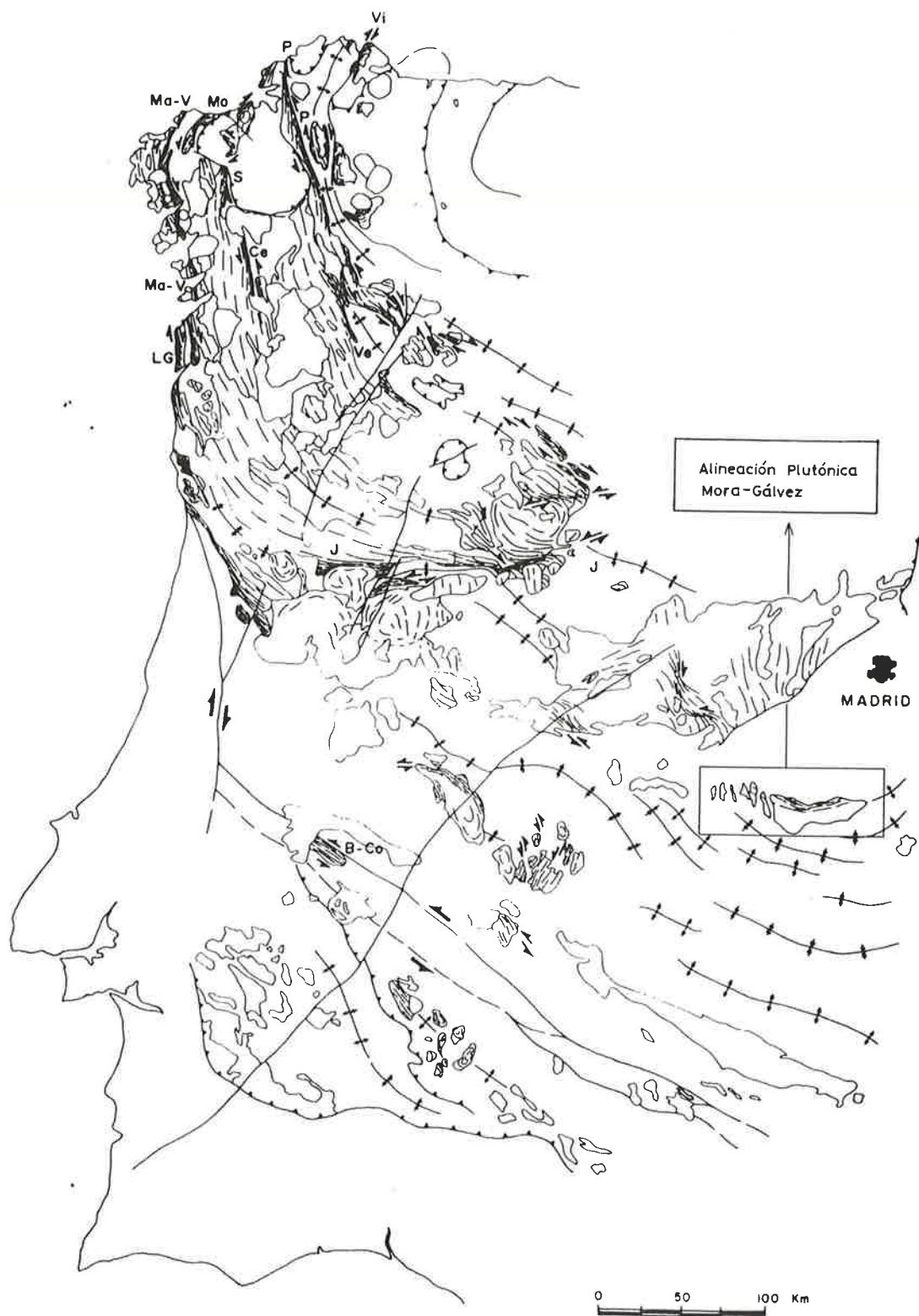


FIGURA 3.- Trayectoria de la fábrica en las rocas graníticas. La mayor intensidad de la deformación se expresa con líneas más apretadas. Es frecuente su relación con zonas de cizalla, cuyo sentido de movimiento relativo se indica. Principales zonas de cizalla de Fase 3: B-Co: Badajoz-Córdoba, Ce: Cerdedo, J: Juzbado-Penalba, LG: La Guardia, Ma-V: Malpica-Vigo, Mo: Monteneme, P: Puente deume, S: Santiago de Compostela, Ve: Verin, Vi: Vivero (según LOPEZ PLAZA y MARTINEZ CATALAN, 1987).

2.- ANALISIS ESTRUCTURAL

2.1.- METODOLOGIA ESTRUCTURAL: GENERALIDADES

Los elementos estructurales o estructuras magmáticas que permiten inferir la arquitectura interna de una masa granítica son (Fig. 4).

- Plano de flujo magmático (PFM), definido por la disposición planar preferencial de cristales planos o tabulares, como las micas, feldespatos K y plagioclasas.
- Dirección de flujo magmático (DFM), definido, en los planos de flujo, por el alargamiento o disposición lineal de cristales elongados o por la disposición de eje de zona de éstos (feldespatos K, micas, etc.).

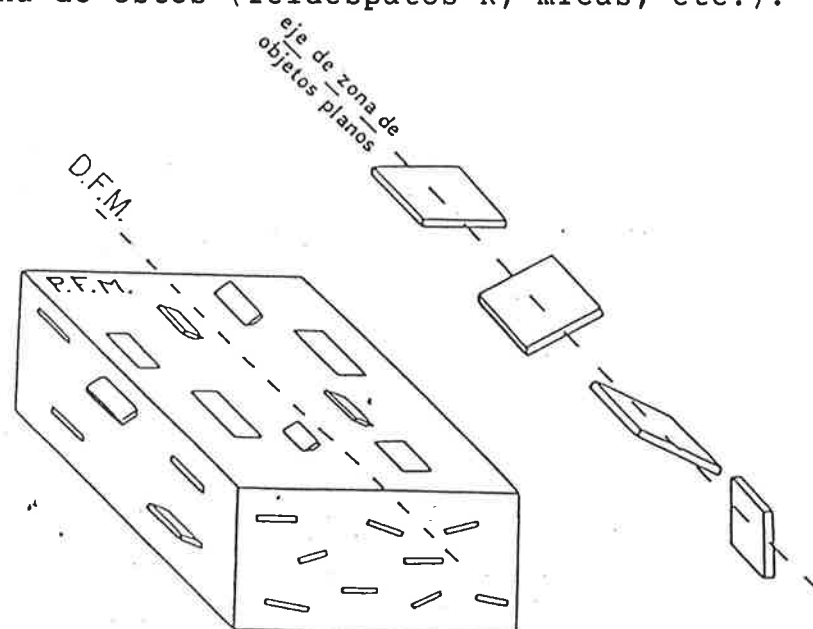


FIGURA 4.- Esquema representando el plano de flujo magmático (PFM) y la dirección del flujo magmático (DFM)

El carácter magmático de la estructura se diagnostica sobre el terreno, por la ausencia de deformación plástica en el cuarzo, es decir, cuando éste se presenta en granos equidimensionales o lobulares, y es entonces, cuando se considera que la roca no ha sido afectada por deformaciones al estado sólido (BOUCHEZ et al., 1981).

En efecto, el cuarzo es el mineral más dúctil del granito y, en consecuencia, es el primero en registrar una deformación post-consolidación, a alta o moderada temperatura. El cuarzo no deformado se caracteriza, al microscopio, por presentarse en grandes granos o placas sin signos estructurales importantes de deformación, como subjuntas, nuevos granos, etc.

En los granitos no deformados al estado sólido, se pueden distinguir dos casos:

- Que los minerales frágiles (especialmente feldespato K y plagioclasa) no muestren deformación. Se trata entonces de una estructura magmática en sentido estricto.
- Cuando los feldespatos están microplegados, fracturados y rotos se diagnostica una microestructura de deformación al estado intermedio (BOUCHEZ y GUINEBERTAU, 1984). Este estado se da cuando la carga cristalizada forma un esqueleto rígido en el líquido residual (20-40% del total), próximo a la composición eutéctica, ocupando los intersticios.

En cambio, cuando la deformación tiene lugar al estado sólido, los granos de cuarzo se caracterizan por presentar una forma elipsoidal alargada según la dirección de estiramiento, definiendo una foliación. Se desarrollan entonces

nuevos granos, subjuntas, etc. Si la deformación es intensa tiene lugar el desarrollo de las estructuras características de los ortogneises (cuarzos muy alargados, estructuras C-S, micas rotas y microplegadas, sombras de presión, feldespatos rotos y recrystalizados en los bordes, etc.)

2.2.- ESTRUCTURAS DE FLUJO MAGMATICO

Aunque aparentemente la mesostasis de la mayor parte de las variedades graníticas que configuran el plutón de Mora-Gálvez muestran una fábrica isótropa, son varios los puntos, especialmente en las facies de monzogranitos tipo Mora-Menasalbas y porfídicos tipo Gálvez, donde es posible poner de manifiesto la presencia de groseros planos de flujo magmático marcados por la orientación de micas y feldespatos. Estas estructuras son más manifiestas en las variedades porfídicas, donde quedan marcadas, a veces, por la orientación bidimensional de los megacristales de feldespato K.

Entre las localidades de Pulgar y Mazarambroz (Hoja 657, Sonseca), y en los monzogranitos tipo Mora-Menasalbas, se han medido una serie de superficies de flujo (ver mapa de síntesis) groseramente paralelas a los contactos con el encajante norte. Es decir, entre N 20°-100°E, aunque las más frecuentes están comprendidas entre N 60°-100°E; el buzamiento varia entre 60° al N-NW y casi la horizontal. Esta variación muestra una polaridad clara desde el borde al interior de la masa granítica, en sentido N-S. En efecto, los buzamientos de 60° a 40° en las proximidades del contacto pasan a 25°-15° a unos 2 Km del borde, para ir disminuyendo hasta hacerse prácticamente subhorizontales (6°-2°) al S de Mazarambroz (parte interna-media de la masa granítica). En algunos puntos al SE de Mazarambroz se han medido superficies horizontales.

Esta variación de los planos de flujo, desde el borde hacia el interior de la masa, sugiere una estructura en domo "tipo champiñón" para esta transversal de la alineación granítica.

Otro sector, donde ha sido posible realizar algunas medidas de superficies magmáticas, corresponde a los afloramientos del monzogranito porfídico tipo Gálvez (Hoja 656, Gálvez). A lo largo del borde N del granito se han medido algunas superficies de flujo groseramente subparalelas a los contactos (N 100°-145° E) con buzamientos suaves, en torno a 7-20° al N-NE. En los alrededores de Cuerva la superficie de flujo magmático queda marcada por la orientación de biotitas ("schlieren biotíticos") de dirección N 110°E con buzamiento de 25° al N-NE. En el interior de la masa, SE de Gálvez, las direcciones de los planos de flujo aparecen, en general, norteados con buzamiento < 30° al W. Al S de San Martín de Montalbán las superficies varían de N 160° E a N 80° E y buzamientos al NE y N y/o S, respectivamente.

Otro tipo de elementos estructurales, susceptibles de medición, vienen dados por los megacristales de feldespato K. Estos varían desde algunos centímetros hasta valores de 15-20 centímetros localmente. Su abundancia y distribución es un tanto irregular; si bien, están presentes en la mayor parte de las variedades graníticas de la zona a excepción de los leucogranitos, adquieren un mayor desarrollo y uniformidad en el macizo de Gálvez (monzogranitos porfídicos) dentro de las Hojas de Gálvez y Navahermosa. En la variedad más común (monzogranitos tipo Mora-Menasalbas), los megacristales de feldespato K muestran una distribución un tanto anárquica (zonas donde prácticamente no existe frente a otras donde son abundantes), este es el caso de los afloramientos comprendidos entre Mora y el meridiano de Cuerva.

Entre Pulgar y Mazarambroz, las medidas realiadas sobre la orientación de la máxima longitud de los megacristales, son variables, aunque se aprecia una tendencia mayoritaria media de N 150° E y otra menos frecuente N 20°-77° E. Los valores extremos en el caso de la primera son entre N 105° E y N 175° E. En algún punto se ha podido observar cómo los megacristales cortan a las superficies de flujo magmático de la mesostasis, mientras que en otros son subparalelas a ellas. Las direcciones de flujo magmático (DFM) no han podido precisarse ya que la mayor parte de las medidas de megacristales se han realizado sobre superficies horizontales.

En el granito porfídico de Chueca la mayoría de los megacristales se orientan groseramente subparalelos a la forma del afloramiento, es decir N 100°-125° E; sólo en la proximidad del contacto oriental se han medido orientaciones norteadas (N 15° E).

Dentro de la variedad porfídica tipo Gálvez existe una tendencia mayoritaria a que los megacristales se orienten según direcciones norteadas que van de N-S a N 60° E y en menor medida según N 80°-100° E.

De cualquier manera, queremos dejar constancia de que las direcciones apuntadas son estadísticas y que, por supuesto, en cualquier afloramiento se pueden medir orientaciones de megacristales diversas e incluso perpendiculares entre sí.

2.3.- ESTRUCTURAS DE DEFORMACION AL ESTADO SOLIDO

Este tipo de estructuras están asociadas a aquellas partes del macizo granítico que ha sido afectado por la Falla Normal de Toledo ("Banda milonítica", APARICIO YAGUE, 1971).

Por consiguiente, tal como muestra la cartografía esquemática de granitos (ver mapa), se localizan en la parte oriental del macizo, según una banda NW-SE entre las localidades de Mora y Mascaraque; y a lo largo del borde N del granito porfídico de Gálvez, hacia el W de la falla N 35°-40° E (Falla de Gálvez). De forma local y en los bordes intrusivos de las masas graníticas se pueden presentar síntomas de deformación postcristalina relacionadas con el emplazamiento del granito.

En las proximidades de la Falla Normal de Toledo los granitos muestran una fábrica cataclástica ± dúctil, que da lugar a la rotura y estiramiento de los constituyentes minerales, especialmente del cuarzo. Este muestra trituración, recristalización y estiramiento dando lugar a bandas de acintadas que definen una foliación. Los feldespatos aparecen microfracturados y localmente rotos (bandas de mayor deformación) juntos con la rotura, microplegado y/o estiramiento de las biotitas, siempre cloritizadas. En general se trata de una deformación frágil, aunque no exenta de una cierta ductilidad reflejada en la deformación plástica del cuarzo (subgranos, ribbons, orientaciones de subgranos, etc.). Para más información sobre las texturas asociadas a la "Banda milonítica" ver informe de geología estructural.

La anchura de la zona afectada por esta deformación llega a alcanzar unos 2 Km al N de Mora y 3,5 a 4 al N de Gálvez. Sin embargo, la intensidad de la misma no es homogénea a lo ancho de ella; ésta se concentra en bandas discretas tanto a escala cartográfica como de lámina delgada. En ningún caso se llega a borrar del todo la textura original del granito, salvo en algunas bandas estrechas donde la fracturación es muy apretada. En general, el granito muestra una serie de fracturas anastomosadas, más o menos densas, paralelas a la falla que están rellenas de productos cloríticos, cuarzo y ±

epidota. Esto le confiere a la roca una grosera foliación medible en el campo de N 100°-140° E con buzamientos de 30°-40° al S.

En definitiva, el granito situado al S del accidente se ha desplazado en sentido N-S como se pone de manifiesto a partir de las estrias que muestran direcciones entre N-S y N 220° E con inclinaciones al S entre 20-30°. Otros criterios que indican movimientos del bloque de techo (granito) hacia el S vienen dadas por: crenulaciones asimétricas, estructuras s-c, ECC ("extensional crenulacion cleavage"), etc.

Otro tipo de texturas post-consolidación, son las relacionadas con las fallas tardías, que cortan a la masa granítica. Las más importantes son las de dirección NE-SW que se localizan entre Cuerva y Gálvez. En sus proximidades se desarrollan texturas brechoides-cataclásticas con inyección de venillas y/o diques de cuarzo y procesos de episiemⁿitización. El mejor afloramiento, en este sentido, se localiza en las proximidades de la Ermita de Jumea (SW de Gálvez), en relación con la Falla de Gálvez.

2.4.- FALLAS TARDIAS

Con posterioridad al emplazamiento de este macizo granítico, y una vez estructurado, tiene lugar el desarrollo de una serie de accidentes (Fallas) que afectan tanto al granito como a los materiales encajantes.

Por su importancia, tanto local como regional, destaca la denominada Falla Normal de Toldeo ("Banda Milonítica", APARICIO YAGUE; 1978). Este accidente, al que nos hemos referido anteriormente, y en el estudio estructural del conjunto de las hojas, no se representa un hecho aislado en el conjun-

to del Sistema Central. En efecto, se trata de un accidente enmarcado en un marco distensivo que tiene lugar en un período tardi-hercínico una vez que cesan los esfuerzos compresivos que dan lugar a engrosamiento cortical como consecuencia de la colisión continental hercínica.

Estructuras extensionales de este tipo han sido descritas en otros puntos del Sistema Central: fallas normales de Nieva y Carbonero (BERGAMIN et al., 1988; ALVAREZ et al., 1988), Berzosa (GONZALEZ-LODEIRO et al., 1988), etc.

Otro tipo de fallas que afectan a los granitos, tal como se muestra en el mapa adjunto, están representados por un sistema de dirección NE-SW. Los más representativos por el salto que producen son las situadas entre las localidades de Cuerva y Gálvez.

Ambas deben de tener un importante salto en la vertical, ya que en el caso de la de Gálvez (N 35-40 E, subvertical) delimita la variedad granítica tipo Mora-Menasalbas (al E) de la porfídica tipo Gálvez (al W). Por otra parte, tal como se indica en el mapa, afectan a la propia "Banda milonítica", que queda desplazada cartográficamente hacia el N entre ambas fallas.

La falla de Gálvez, puesta de manifiesto en este estudio, produce una elevación relativa del bloque occidental (granito porfídico de Gálvez), lo que indicaría un menor enraizamiento de la masa granítica al W de la misma. Los datos geofísicos disponibles también parecen apuntar un menor espesor del granito al W de la transversal Gálvez-San Pablo de los Montes.

Esta interpretación podría ser también válida para el resto de los granitos de la Hoja de Los Navalmorales que muestran un nivel de afloramiento más profundo. La presencia de mayor cantidad de xenolitos restíticos, enclaves corneálicos mas evolucionados, frecuente presencia de sillimanita, foliaciones locales en los granitos, encajantes con fábricas de metamorfismo regional mas penetrativas, etc., serían también argumentos para el nivel de exposición más profundo de este sector.

Fracturas de la misma dirección, aunque de menor desarrollo, aparecen a lo largo de toda la alineación granítica. En resumen, podemos decir, que este tipo de fracturación ha producido una compartimentación con distintos niveles de exposición de la masa granítica, cuyo nivel de enraizamiento podría disminuir de E a W.

3.- CONCLUSIONES Y DISCUSION

El plutón o alineación granítica Mora-Gálvez presenta una disposición elongada E-W acorde con el resto de estructuras de la zona a lo largo del núcleo del antiformal de Sonseca.

Se trata de un macizo heterogéneo compuesto por diversas facies graníticas de composición mayoritariamente monzogranítica o adamellítica y en menor medida granítica s.s. Los contactos entre ellos son transicionales dispersos, excepto los leucogranitos (tipo Cerro Torcón) que presentan contactos netos cartografiables, aunque localmente se aprecia una zona de interacción centimétrica.

Los contactos externos con el encajante son intrusivos netos, desarrollándose una aureola térmica de contacto a lo largo de los mismos, excepto donde está "cepillado" por la Falla Normal de Toledo. El amplio desarrollo de la aureola de contacto, que puede superar los 4 Km de afloramiento, sugiere un contacto poco buzante, por lo que buena parte de los materiales paleozoicos del contacto N ("Montes Islas") con metamorfismo de contacto, representen "roof pendants". Los datos gravimétricos (SANTA TERESA et al., 1983) también son indicativos en este sentido. Algo parecido, aunque en menor extensión, podría pensarse en el contacto meridional (Montes de Toledo).

Todo parece indicar que en sentido E-W el macizo muestra niveles, más profundos de exposición, lo que se traduce en una disminución del espesor del mismo. Por otra parte, y

de acuerdo con los datos geofísicos sobre el desarrollo de la Falla Normal de Toledo en profundidad, que pasaría a ser un accidente lístrico (SANTA TERESA, 1982; SANTA TERESA et al., 1983; BERGAMIN et al., 1988), cortaría al granito en profundidad siendo, por consiguiente, el espesor del mismo mayor en la parte meridional del macizo. En este sentido, en los alrededores de San Pablo se darían los mayores espesores de granito.

Por otra parte, la modelización en profundidad a partir de las escasas estructuras de flujo magmático disponibles resulta un tanto arriesgada. No obstante se puede pensar en una intrusión epizonal, alóctona, tardicinemática (posterior al accidente extensional: Falla de Toledo), con una geometría en domo elongado y con superficies de flujo de 30-45° N (contacto N, W de Mazarambroz) que pasan a ser suhorizontales en la parte central (se desconoce la presencia de posibles superficies de flujo en la parte sur de esta transversal).

El núcleo Gálvez-Ventas con Peña Aguilera-San Pablo podría representar un domo con estructura propia subcircular, a juzgar por la disposición de los planos de flujo magmático (ver mapa estructural).

Por último indicar que puesto que este granito está cortado en su raíz por la Falla Normal de Toledo y desplazado de su posición original por ella, los únicos datos fiables sobre su geometría y desarrollo en profundidad son los apuntados por la Geofísica (especialmente gravimetría). Como muestra la figura 1 la geometría, en la parte oriental de la alineación plutónica (zona de Mora-Orgaz), es la de un "triángulo invertido con base en la superficie del terreno, alcanzando una profundidad de unos 6,5 Km" (SANTA TERESA et al., 1983).

El espesor de la masa granítica podría ser muy superior a éste en los afloramientos meridionales de los alrededores de San Pablo, dada la mayor profundidad a la que pasaría la Falla Normal de Toledo.

En definitiva se trata de un cuerpo tabular, tal como se muestra en los cortes adjuntos del mapa, cuya potencia aumenta hacia el Sur.

4.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVAREZ, F., GONZALEZ-LODEIRO, F. y MARTIN-PARRA, L.M. (1988).- "Las deformaciones hercínicas tardías de la región de Santa María La Real de Nievas, Sistema Central Español". Geogaceta, 5: 34-36.
- APARICIO YAGUE, A. (1971).- "Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo". Estudios geológicos, 27: 369-414.
- ARANGUREN, A. y TUBIA, J.M. (1989).- "Análisis estructural de los macizos graníticos de Puebla de Parga y Friol". Stvdia Geol. Salmanticensia, 4: 17-26.
- BERGAMIN, J.F. y GONZALEZ CASADO, J.M. (1987).- "Geometría interna del plutón granítico de Madrilejos (Toledo), basado en determinaciones gravimétricas". Bol. Geol. Min., XCVIII-II: 217-225.
- BERGAMIN, J.F., CASQUET, C., FUSTER, J.M., GONZALEZ CASADO, J.M. y PEINADO, M. (1988).- "La falla de Santa María de La Alameda; un accidente extensional Hercínico en el S.C.E. Interpretación geofísica y geológica". X Reun. Geol. Oeste Peninsular, Coimbra-Salamanca.
- BOUCHEZ, J.L., GUILLET, P. y CHEVALIER, F. (1981).- Structures d'écoulement liées à la mise en place du granite de Guérande (Loire-atlantique, France)". Bull. Soc. Géol. France, (7), 23 (4): 387-399.

- BOUCHEZ, J.L. y GUINEBERTEAU, B. (1984).- "Ecoulement dans les granitoides: de l'état visqueux á l'état solide". Réunion "Granitoides", C.R.E.G.U., Nancy, 19 p.
- BRUN, J.P. y PONS, J. (1981).- "Strain patterns of pluton emplacement in a crust undergoing non-coaxial deformation". J. Struct. Geol., 3: 219-229.
- CASQUET, C., FUSTER, J.M. GONZALEZ-CASADO, J.M., PEINADO, M. y VILLASECA, C. (1988).- "Extensional tectonics and granite emplacement in Spanish Central System. A Discussion". Revista European Geotraverse (in press).
- CORRETGE, L.G., FERNANDEZ SUAREZ, J., RODRIGUEZ PEVIDA, L. y SUAREZ, O. (1989).- "Aspectos estructurales del plutón tonalítico de Zarza la Mayor-Ceclavín (NO Cáceres, España)". Stvdia Geol. Salmanticensia, 4: 171-187.
- COURRIOUX, G., GAGNY, C. y GOUANVIC, Y. (1986).- "Analyse de structures cisailantes dans des granites syntectoniques de Galice (NW Espagne)". Bol. Geol. Min, XCVII-VI, 737-756.
- GONZALEZ-LODEIRO, F., MARTINEZ CATALAN, J.R., MACAYA, J. y ALVAREZ, R. (1988).- "Sobre la estructura del Antiforme de El Cardoso y el Sinforme de Mafaelrayo y su relación con la Falla de la Berzosa". Geogaceta, 4: 11-14.
- LOPEZ PLAZA, M. y MARTINEZ CATALAN, J.R. (1987).- "Síntesis estructural de los granitos hercínicos del macizo Hespérico". En "Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico". Libro homenaje a L.C. García de Figueroa. Ed. Rueda, 195-210. Madrid.

- PONS, J. (1982).- "Un modèle d'évolution de complexes plutoniques: gabros, et granitoïdes de la Sierra Morena occidentale (Espagne)". Thèse Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 425 p.
- SANTA TERESA, I. (1982).- "Geometría en profundidad del granito de Orgaz (Toledo), en base a datos gravimétricos". Tesis, Univ. Complutense. Madrid.
- SANTA TERESA, I., CARBO, A., CAPOTE, R. y CASQUET, C. (1983).- "Geometría en profundidad del granito de Orgaz en base a datos gravimétricos". Stvdia Geol. Salmnticensia, XVIII: 237-250.

