

ANALISIS ESTRUCTURAL DE LOS ENCLAVES NEGROS EN EL BURGUILLO
(SIERRA DE GREDOS)

V.Santos (*); C. Martín Escorza (**) & A. Aparicio (**)

(*) Departamento de Geología y Geoquímica. Universidad Autónoma, Madrid

(**) Instituto de Geología, C.S.I.C. c/ José Gutiérrez Abascal, 2, Madrid -6

Resumen

En este punto se encuentran numerosos enclaves en los que es posible, por su erosión diferencial, medir tanto las dimensiones de sus tres ejes como de sus orientaciones. Asimilables a formas elipsoidales la muestra analizada de 101 individuos pone de manifiesto la existencia de dos grupos con respecto a las orientaciones de sus ejes. No existen sin embargo diferencias respecto a la relación en sus dimensiones.

Abstract

Has been analyzed the special arrangement of 101 black microgranular enclaves in the granodiorite-adamellite rock of Burguillo dam.

We have determined the existence of two fabric which vary in the orientation and symmetry of the elipsoid axes. This evidence can be made to correspond to two paleogeological conditions where the two fabric are indicators to their corresponding stages during the pluton evolution.

ENCUADRE GEOLOGICO

El estudio se ha realizado en un área de contorno circular de unos 300 metros de diámetro, y es por tanto considerado como un estudio puntual. Dicha área está situada en el borde septentrional del Embalse del Burguillo (provincia de Avila), a unos 500 metros del contacto occidental de la masa plutónica que contiene a estos enclaves con el macizo metamórfico de La Cañada-Cebreros (FUSTER y MORA, 1970). La localización precisa del punto es: entre los paralelos $46^{\circ}25'52''$ y $40^{\circ}26'3''$ y los meridianos $4^{\circ}32'25''$ y $4^{\circ}32'37''$ W.

La roca granítica en la que se hallan los enclaves es la mayoritaria en esta zona de entronque de las sierras de Gredos y Guadarrama (APARICIO et al., 1975). Su grano es de tamaño medio a grueso; porfídica, con variación tanto de la cantidad de fenocristales como de su tamaño; con diferentes frecuencia de enclaves según áreas; y también con diversos grados de intensidad en la orientación de sus elementos micro y macroscópicos. Esta orientación, que no está definida en el punto estudiado, es de tipo planar y suele tener la dirección submeridiana con una vergenza hacia el E. (SANTOS, 1978).

La mineralogía primaria fundamental de la roca descrita suele consistir en oligoclasa, microclina, cuarzo y biotita. Localmente contiene hornblenda. Los accesorios habituales son el apatito, el zircón y opacos.

Seis muestras de este granito tomadas en las proximidades del punto estudiado resultaron ser: cuarzomonzodiorita, cuarzomonzonita, granodioritas y adamellititas.

En este sector el contacto entre los materiales plutónicos y los metamórficos del macizo de La Cañada-Cebreros es de dirección submeridiana y según una superficie subvertical ligeramente inclinada al E.

Para este sector, la estructura del macizo metamórfico tiene también directrices submeridianas, y está constituido por gneises de filiación pelítica con algunos lechos de cuarcita intercalados; con una intensidad de metamorfismo de grado alto (FUSTER y MORA, 1970).

LOS ENCLAVES MICROGRANULARES NEGROS

a) Parámetros geométricos y orientación

Estos enclaves, denominados ya desde antiguo "gabarros" (PRADO, 1864), para la Cordillera Carpetana son, en su mayoría, cuarzo-dioritas biotíticas (APARICIO et al., 1975), y se pueden considerar como cuerpos de forma elipsoidal con tres ejes perpendiculares. Siguiendo el método ya iniciado en el análisis estructural de estos enclaves en otra área de esta misma Cordillera (MARTIN ESCORZA, 1978), se han medido "in situ" las dimensiones de dichos ejes geométricos principales y su orientación en el espacio; puesto que es asimismo el único punto en donde se han realizado este tipo de análisis, incluimos también las más destacadas diferencias con sus resultados en cada caso. Las dimensiones de los ejes principales X,Y,Z (X Y Z), para la muestra estudiada compuesta de 101 individuos resultaron ser: para el eje X, entre 5 y 65 cms; para el eje Y, entre 25 y 30 cms; para el eje Z, entre 2 y 13 cms, con unos valores medios de:

$$\bar{X} = 170.74 \text{ mm} \quad \text{con s.d.} = 117.11 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} = 98.16 \text{ mm} \quad \text{con s.d.} = 59.88 \text{ mm}$$

$$\bar{Z} = 40.59 \text{ mm} \quad \text{con s.d.} = 22.92 \text{ mm}$$

que son comparables con las que presentan los "gabarros" del Alto de Los Leones en Guadarrama (MARTIN ESCORZA, 1978).

Las relaciones entre los ejes (Fig. 1) presentan también un aspecto semejante al de los ya citados del Guadarrama, y para este punto del Burguillo el ajuste por regresión lineal $Y = a_1 x + a_0$ nos da los siguientes resultados:

Ejes X-Y : $a_1 = 1.67$; $a_0 = 6.18$; coeficiente de correlación $R=0.85$

Ejes X-Z : $a_1 = 3.75$; $a_0 = 18.26$; coeficiente de correlación $R=0.73$

Ejes Y-Z : $a_1 = 2.03$; $a_0 = 15.74$; coeficiente de correlación $R=0.77$

Alguna sensible diferencia con los resultados del Alto de Los Leones pueden ser anotados en cuanto que en el Burguillo las longitudes máximas del eje X son mayores.

El diagrama X/Y - Y/Z (Fig. 2), muestra una acumulación de puntos por debajo de la bisectriz $X/Y = Y/Z$, recta que representa una forma esférica. El valor medio obtenido para estas relaciones son:

$$\bar{X}/\bar{Y} = 1.74 \quad \text{con s.d.} = 0.50$$

$$\bar{Y}/\bar{Z} = 2.51 \quad \text{con s.d.} = 0.98$$

$$\bar{X}/\bar{Z} = 4.33 \quad \text{con s.d.} = 1.78$$

y sitúan a la muestra en una forma oblata, estando en efecto la mayoría situadas "por debajo" de la línea bisectriz. La analogía de esta figura 3 con la homóloga del Alto de Los Leones es considerable, aunque se pueden señalar dos sensibles diferencias: a) los valores máximos en la abcisa (Y/Z) son mayores en este punto del Burguillo ; b) el valor, por tanto, en la relación Y/Z es también algo superior en este punto que en aquel del Guadarrama.

Bajo la hipótesis, no confirmada, de que los encalves microgranulares del Burguillo tuvieran inicialmente una forma esférica que podemos suponer de radio $R = (X.Y.Z.)^{1/3}$, los resultados antes mencionados indican, según se deduce del diagrama de FLINN (1956), que tal esfera ideal habría experimentado, hasta llegar al valor medio calculado \bar{X}/\bar{Y} , \bar{Y}/\bar{Z} , una transformación geométrica tal que; el radio primitivo se alargó en el doble de su longitud, para alcanzar el valor \bar{X} ; el eje \bar{Y} supone un aumento de R en aproximadamente 1.15 veces el valor de R; y el \bar{Z} se origi-

naria por un acortamiento de R en un factor de valor aproximado 0.45. En esta consideración los valores de $\overline{X/Y}$ y $\overline{Y/Z}$ dan una idea bastante aproximada de las relaciones que según estos mismos ejes tuvieron las del elipsoide de deformación que les afectó (RAMSAY, 1967).

Adoptando el supuesto de que las formas originales de estos enclaves eran elípticas, un método rápido para conocer la relación de ejes del elipsoide de deformación es el que utiliza la media armónica (LISLE, 1977). Según ello:

$$H(X/Y) = 1.63$$

$$H(Y/Z) = 2.24$$

$$(H(X/Z) = 3.73)$$

que como se observa no son muy diferentes (excepto para el caso X/Z) de los obtenidos por la media aritmética.

Una observación de interés con relación al valor de la deformación es presentar la variación de un parámetro estimativo de la misma en función de la orientación real en el espacio de los elementos de la muestra. Para el caso del Burguillo, y siguiendo el método ya iniciado en los enclaves del Alto de Los Leones (MARTIN ESCORZA, 1978), hemos representado la variación del parámetro de deformación K sugerido por FLINN (1962), definido por: $K = \frac{X/Y-1}{Y/Z-1}$ en función de la orientación de los ejes mayor y menor, X y Z respectivamente, sobre el círculo de proyección estereográfica en el que se han representado las orientaciones de dichos ejes. El resultado de dichas variaciones se representan en las figuras 3A y 3B respectivamente. El máximo valor de K se alcanza en los ejes X en la dirección W-SE, pero conviene anotar

que está representado por un solo punto aislado; este mismo máximo tiene en el eje Z una mayor inclinación y hacia el NE está rodeado de otros puntos pero con valores siempre muy inferiores a él, así que podemos deducir que este valor extremo máximo no es lo suficientemente indicativo. Sin embargo los otros valores y áreas que representan a varios puntos con una densidad aceptable pueden ser considerados como indicativos de la probabilidad de encontrar según determinadas orientaciones determinados valores del parámetro de deformación K en la población de enclaves del punto indicado.

Para el eje X los valores de máximos se encuentran con mucha mayor frecuencia en la dirección NNW-SSE, según líneas horizontales; para los ejes Z la mayor frecuencia en valores altos de K se da en torno a la posición vertical.

La disposición espacial de los ejes principales de los enclaves, que por sus formas pueden ser considerados como elipsoides de tres ejes, queda determinada por la orientación de dos de dichos ejes (el tercero será el perpendicular a ellos). Por ser más significativos hemos representado en la figura 4 la orientación correspondiente a los ejes X y Z, cuya distribución como se vé, tiene sus máximos: en la dirección NNW-SSE según líneas horizontales para el eje X; y en torno a la vertical, con tendencia hacia el norte para el eje Z. Para ambos, no obstante, se pueden anotar dos orientaciones preferentes con carácter secundario: la WSW-ENE para el eje X, con posición media próxima a la horizontal; y la también WSW-ENE, asimismo subhorizontal para los ejes Z (Figuras 5A y 5B).

A su vez, del total de la muestra compuesta por 101 individuos, es posible discernir, en cuanto a sus orientaciones, dos conjuntos: uno de ellos constituido por el 75% de los individuos y que es por tanto el "mayoritario" (my) y cuyas orientaciones de los ejes X y Z están representadas en la figura 6; y otro conjunto compuesto por el 25% de individuos y que denominaremos "minoritario" (mn), cuyas orientaciones de ejes X y Z se representa en la figura 7.

Los valores medios de los ejes de estos conjuntos son:

Conjunto mayoritario, my: (n = 77)

$$\bar{X} \text{ my.} = 17.25 \text{ cms} \quad \text{s.d.} = 12.39$$

$$\bar{Y} \text{ my.} = 9.71 \text{ cms} \quad \text{s.d.} = 6.22$$

$$\bar{Z} \text{ my.} = 4.01 \text{ cms} \quad \text{s.d.} = 2.30$$

Conjunto minoritario mn: (n = 24)

$$\bar{X} \text{ mn.} = 16.53 \text{ cms} \quad \text{s.d.} = 8.69$$

$$\bar{Y} \text{ mn.} = 10.72 \text{ cms} \quad \text{s.d.} = 6.02$$

$$\bar{Z} \text{ mn.} = 4.20 \text{ cms} \quad \text{s.d.} = 2.16$$

INTERPRETACION

Aunque no hay unos antecedentes sobre el tema que dejen las cuestiones indiscutibles, debemos suponer que la forma geométrica y la orientación de un enclave de este tipo, en sí mismo con una fuerte homogeneidad interna, son un efecto de la acción de un campo tensional dado que produjo una deformación según su distribución de tensiones.

Sobre el resultado de las orientaciones del total de la muestra, se ha podido en su proyección estereográfica discernir dos

conjuntos (my y mn), pero en el terreno los hechos reales muestran que los enclaves de uno cualquiera de estos grupos se encuentran a escasos centímetros de uno o varios del otro conjunto. De tal forma que los problemas de interpretación deben tener en cuenta ambos hechos.

En primer lugar nos referiremos a los conjuntos my y mn por separado, debido a que en principio es lógico suponer que cada uno de ellos es efecto de campos tensionales diferentes que los parámetros estudiados nos pondrán de manifiesto.

INTERPRETACION PARA EL CONJUNTO MAYORITARIO (my)

a) Supuestas una conservación de volumen entre la forma pre-deformacional y la actual, una deformación homogénea, así como una forma inicial esférica (supuestos no demostrables), es posible inferir un aumento del radio hacia el eje X, una disminución hacia el eje Z, y una prácticamente permanencia del valor en el eje Y. Ello hace posible, bajo las anteriores hipótesis, inferir un mecanismo de deformación por cizalla perpendicular al eje Y (FLINN, 1962). En tal caso, una dirección de cizalla norte-sur sería el campo de tensiones que, atendiendo a la distribución del eje Z inclinado hacia el norte, cabe perfilar como dirigido de sur a norte por arriba y de norte a sur por abajo, es decir *destroxum* mirando hacia el norte.

Tal campo cizallante, tiene el eje mayor del objeto deformado casi horizontal, por lo que habría que suponer una deformación superior a la que en realidad se manifiesta en la relación de longitudes en los ejes geométricos. Por ello no la seguiremos teniendo en cuenta en este trabajo.

b) Sin tener en cuenta una forma inicial determinada, y atendiendo solo a los hechos tal como se nos muestra, se puede considerar que el campo tensional necesario para deformar este conjunto mayoritario de enclaves debió tener sus componentes principales de tal modo que: la tensión principal mayor, σ_1 , fué prácticamente vertical (coincidiendo con el eje menor Z); la intermedia σ_2 , horizontal y orientada WSW-ENE (\approx eje Y); y la menor σ_3 , también horizontal y orientada NNW-SSE (\approx eje X).

INTERPRETACION PARA EL CONJUNTO MINORITARIO (mn)

De los 101 enclaves de la muestra es posible diferenciar 24 (casi un 25%) cuyos ejes X tienen una orientación que no se puede integrar con la anteriormente señalada como media mayoritaria. Este conjunto minoritario se representa en la figura 7, y puede hacerse incluir en el espacio de un haz cónico como el dibujado en la citada figura 7, con eje inclinado 50° al norte en dirección NNW.

La coincidencia en la orientación del eje de este caso y del máximo en la orientación también de los ejes X del conjunto mayoritario, introduce un elemento de correspondencia que puede hacer posible el intentar establecer una relación entre ambos conjuntos.

Como se observa de la comparación entre las figuras 6 y 7, el conjunto mayoritario presenta las orientaciones de sus ejes mucho más concentradas que los del conjunto minoritario, el cual prácticamente tiene sus ejes X dispersos en el sector cónico señalado (Fig. 7).

Siguiendo los principios lógicos ya establecidos por SANDER (1948-50) podemos suponer que el conjunto minoritario con menor grado de simetría representa una fábrica pre-existente deformada para el campo tensional definido por el conjunto mayoritario, el cual posee un mayor grado de simetría y concentración. Además la coincidencia de uno de los elementos de simetría (el plano NNW-SSE) refuerza tal deducción, aunque desde luego no la hace indiscutible.

Un intento de determinación de la fábrica pre-existente del conjunto minoritario, antes de la aparición del campo tensional que debió dar lugar a la fábrica del mayoritario, puede ser el que se representa en la figura 8.

DISCUSION

Podemos suponer como muy probable que el conjunto minoritario mn tuviera una fábrica propia anterior a la que hoy muestra. Con idéntica posibilidad es deducible que la fábrica que presenta el conjunto mayoritario (my), fuera motivada por un campo tensional que imprimió la fábrica actual al mn. Con lo cual se evidencia la existencia desde la formación de la fábrica 1 del conjunto mn; sin embargo una primera cuestión es si también desde entonces estuvo asimismo presente el conjunto my. Los datos de que disponemos no nos permiten pronunciarnos al respecto.

Si el conjunto my hubiera estado desde los tiempos pre-fábrica 1, es presumible que alguno de sus elementos, considerando su natural dispersión, habría experimentado un detectable aumento en sus longitudes por sobreimposición de dos campos tensionales.

Sin embargo esto no es lo que se refleja en las figuras 3A y 3B, sino que, por el contrario, esa expresada mayor coincidencia se obtiene, aunque no sea más que para un elemento, en las orientaciones propias del conjunto mn.

Por otra parte admitiendo que el conjunto my no habría estado durante la formación de la fábrica 1, y se hubiera "constituido" u "originado" post-fábrica 1 y pre-fábrica 2, resulta una evolución que desde el punto de vista deformativo es más sencilla. ¿Supone ello también una mayor simplicidad desde el punto de vista petrológico?

Ello depende de la hipótesis que se tome como origen de estos enclaves, por tanto dada la variedad de ellas (ver DIDIER, 1973; MARTIN ESCORZA, 1978), solo vamos a considerar aquí aquella que según los datos actuales nos parece de encaje más sencillo con nuestros resultados, sin que ello suponga una solución ni general ni indiscutible.

Esto sí: si consideramos que, independientemente de su origen, los enclaves se encuentran en diferentes estados en función por ejemplo de la evolución propia del plutón, podemos establecer en función del tiempo una secuencia esquemática en la cual se vean involucradas las condiciones reológicas necesarias (C.R. N.) bajo solo las cuales el "enclave" es susceptible de deformarse bajo un campo tensional (C.T.). Este esquema se presenta en la figura 9.

CONCLUSIONES

Los parámetros geométricos, principalmente las orientaciones de los ejes, en una muestra de 101 enclaves de un punto de la Cor-

dillera Carpetovetónica, denuncian que durante la secuencia Her_cínica dichos cuerpos pudieron deformarse dando lugar a cuerpos elipsoidales, bajo la acción de los necesarios campos tensionales. En este caso se detecta la existencia de una fábrica dominante, y otra anterior, representada por enclaves que se distribuyen en un haz cónico.

Suponemos como causa más sencilla, según los datos que hasta ahora disponemos, que la variación en las condiciones reológicas en ciertos puntos, que luego serán los enclaves, en el plutón motivan la coexistencia en un entorno métrico de fábricas diferentes. Estas condiciones diferentes deben suponerse como situadas en tiempos diferentes a lo largo de la secuencia evolutiva de la roca ígnea.

AGRADECIMIENTOS.

A J.L. Casaseca por la mecanografía y a J.Arroyo por la delimitación de los dibujos.

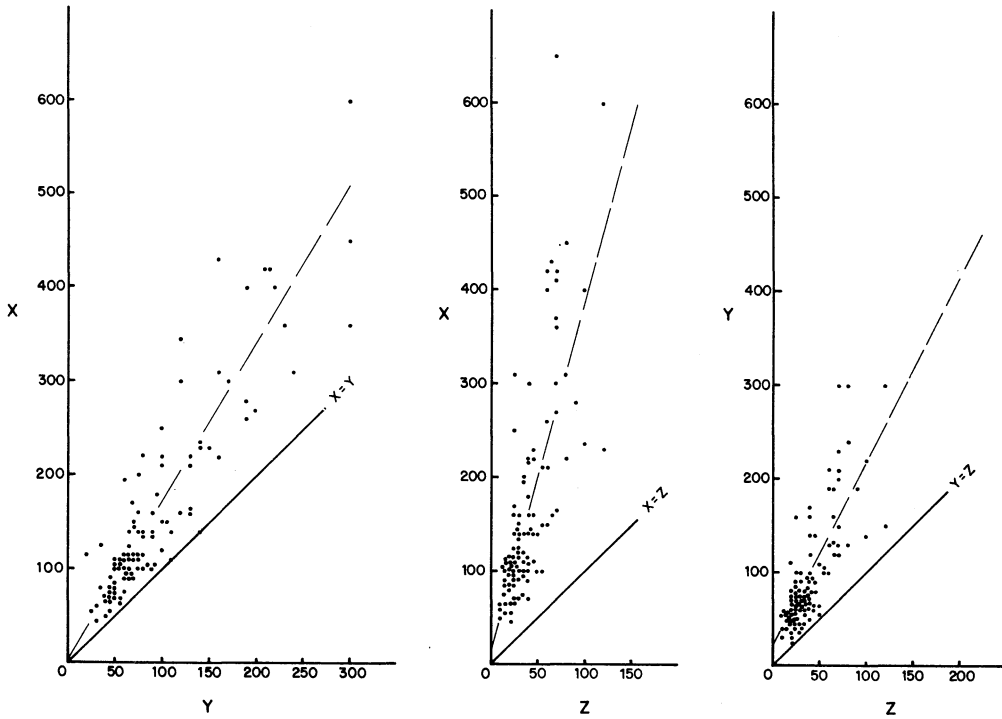


Fig. 1.- Relación entre los pares de ejes geométricos principales X,Y,Z de los enclaves microgranulares. Dimensiones en milímetros. El ajuste lineal se ha realizado por regresión lineal (n = 101).

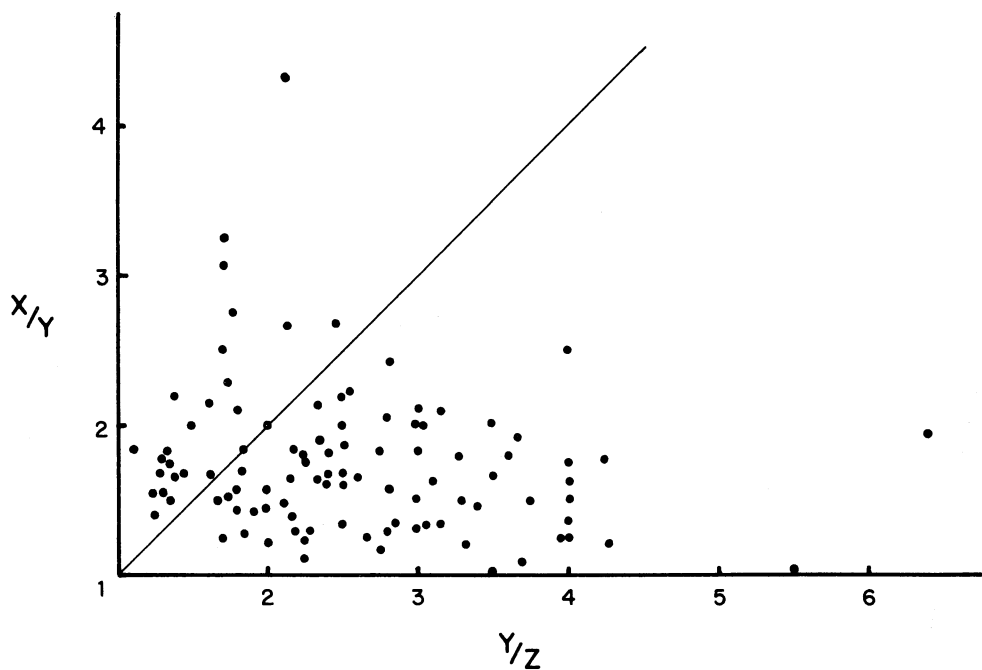


Fig. 2.- Diagrama de las relaciones $X/Y-Y/Z$, de las dimensiones de los ejes geométricos principales de los enclaves. Se ha trazado la bisectriz $X/Y/Y/Z = 1$. La mayoría de los puntos están "por debajo" de dicha bisectriz, dando una configuración dominante de tipo oblató ($n = 101$).

Fig. 3. A

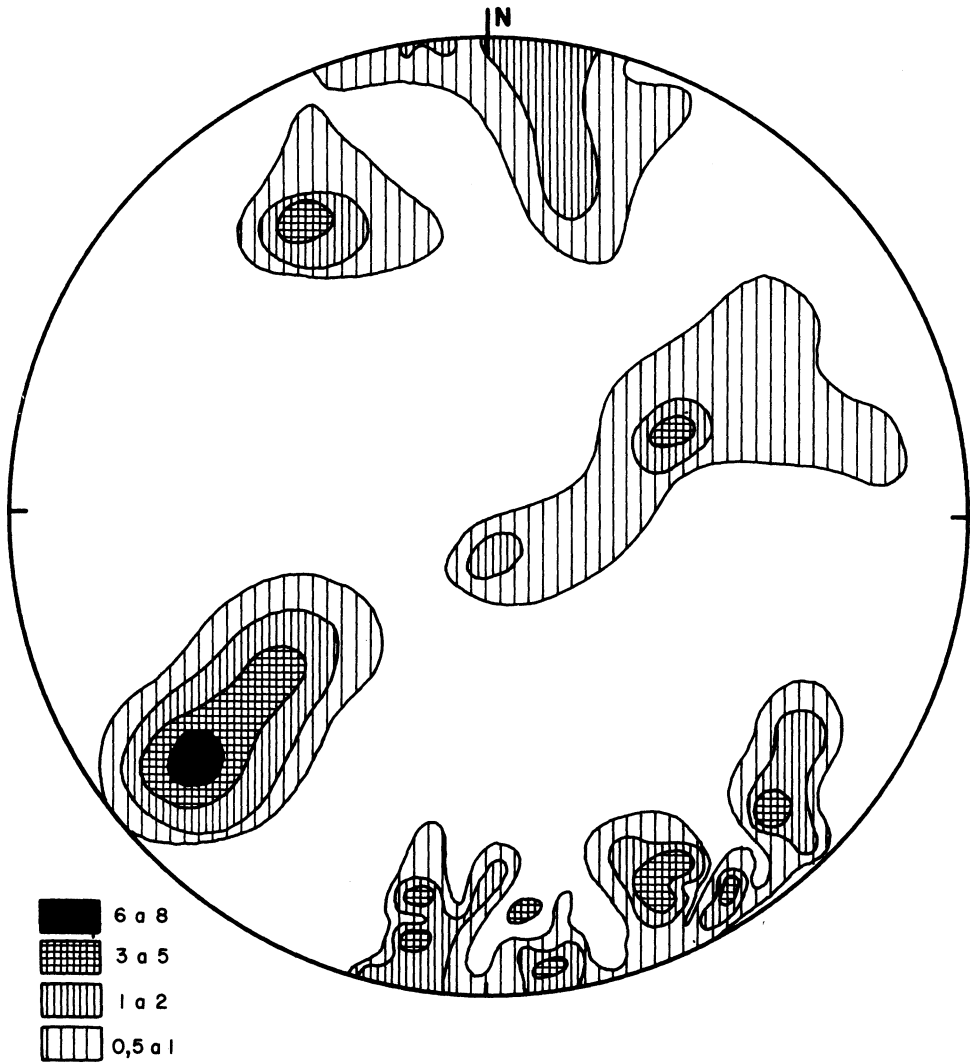
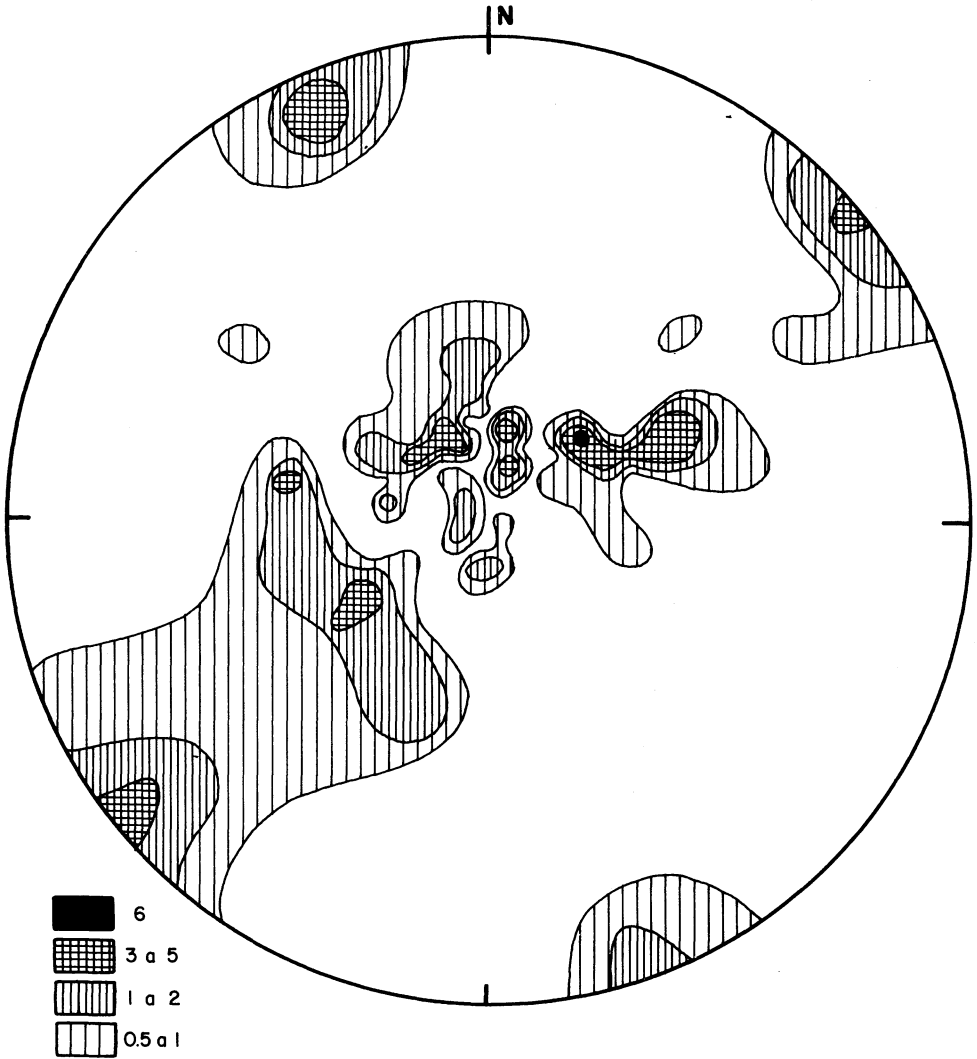


Fig. 3.- Representación del valor de $K = \frac{X/Y - 1}{Y/Z - 1}$, sobre la posición de la proyección equiareal de los ejes principales del correspondiente enclave. A.- Para la posición de los ejes X, (n = 101). B.- Para la posición del eje Z (n = 101).

Fig. 3. B



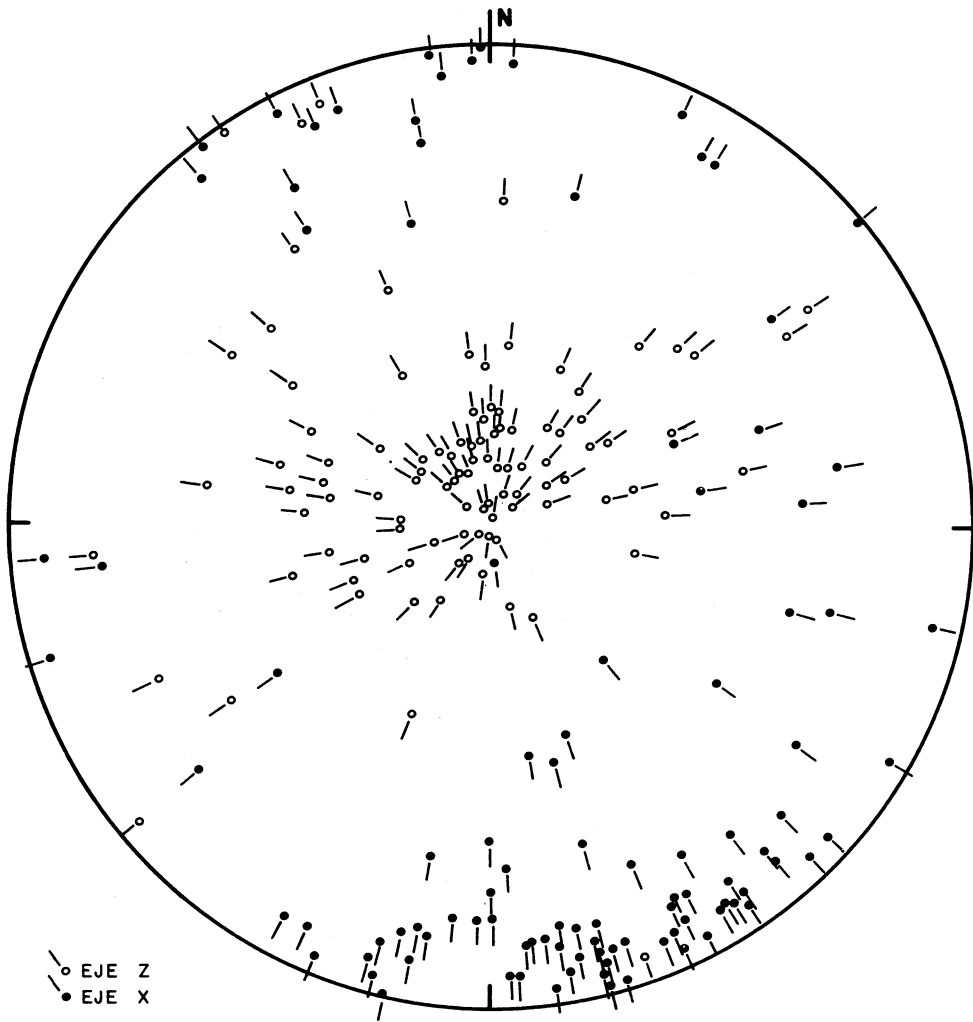


Fig. 4.- Posición espacial de los ejes X y Z de los enclaves estudiados. Proyección equi-areal, hemisf. inf.

Fig. 5. A

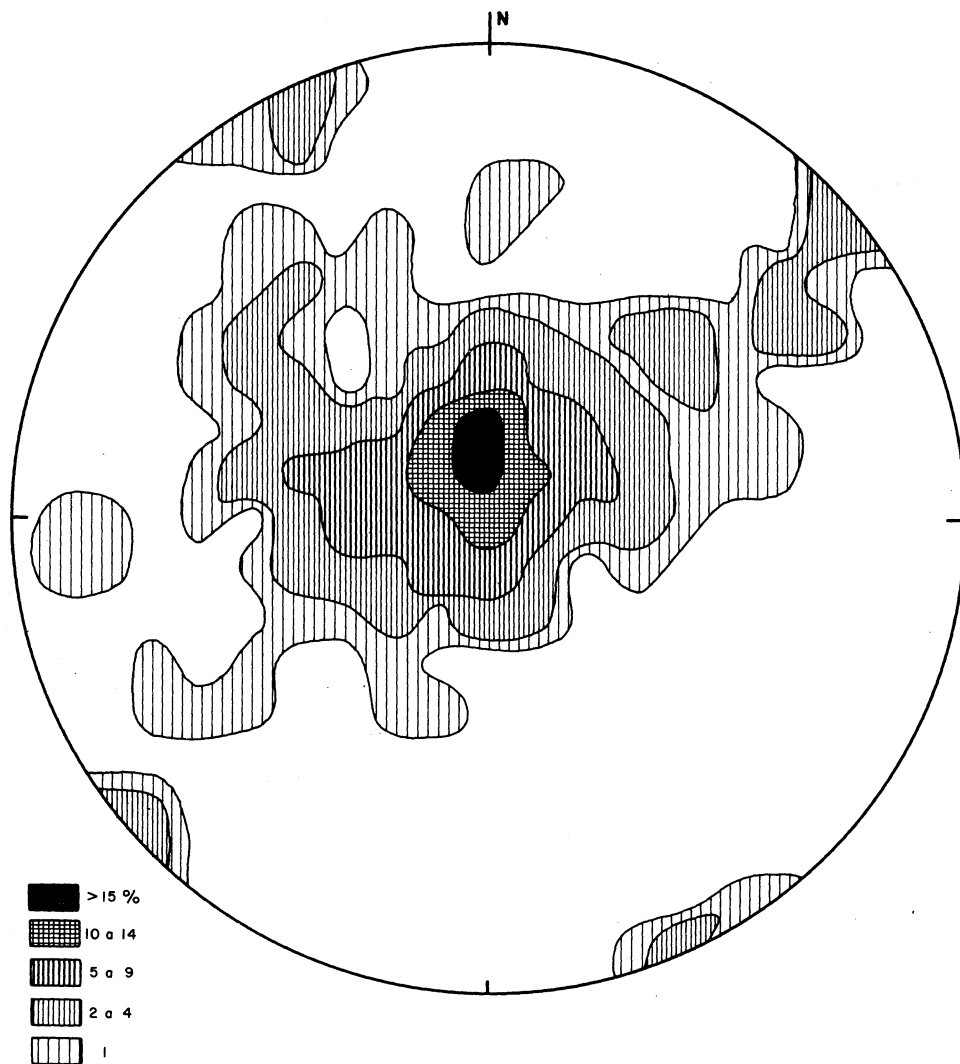
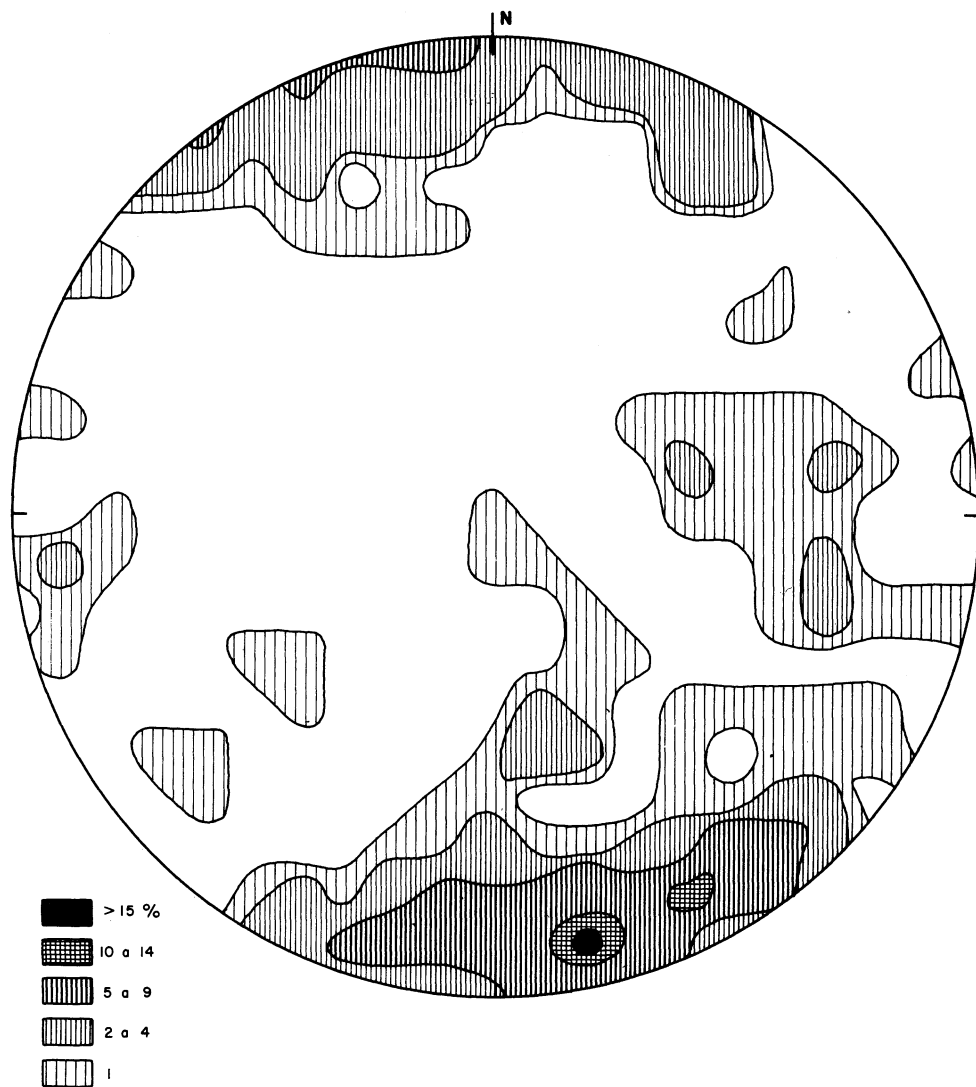


Fig. 5.- Distribución porcentual de la densidad en la posición espacial de los ejes en los enclaves (n = 101) estudiados.
A.- Ejes X. B.- Ejes Z. Proyección equi-areal, hemis.inf.

Fig. 5. B



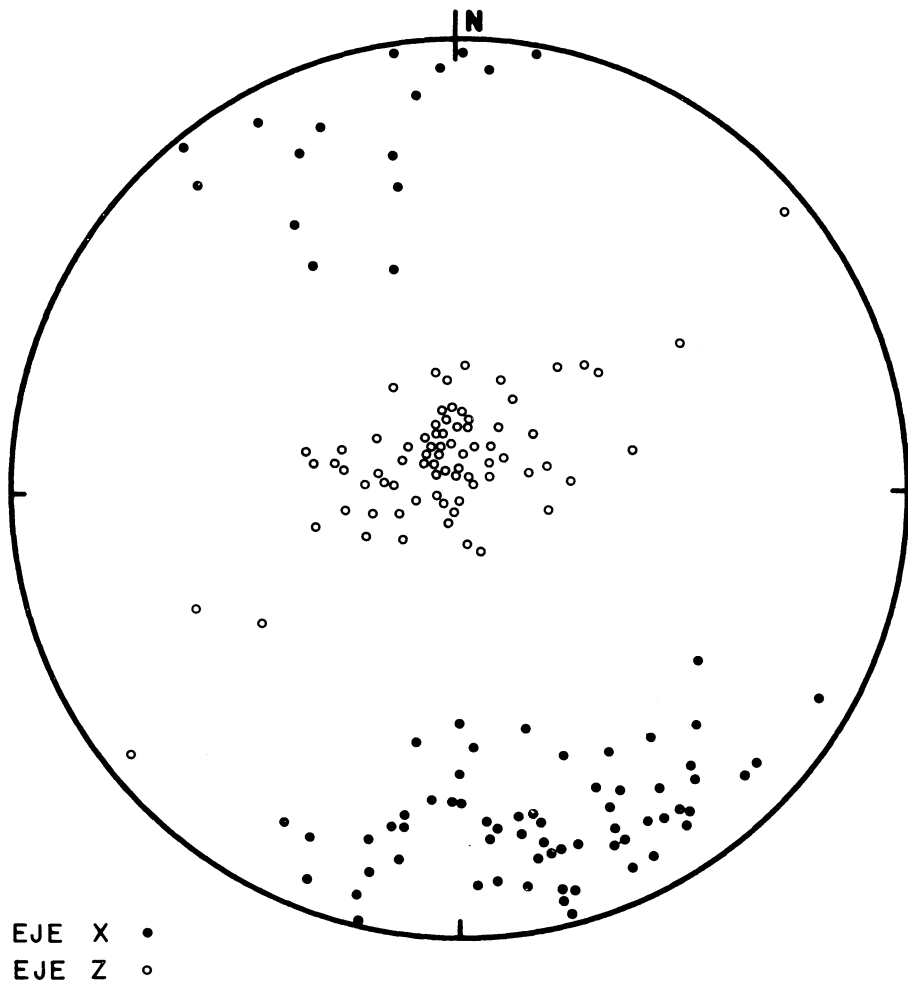
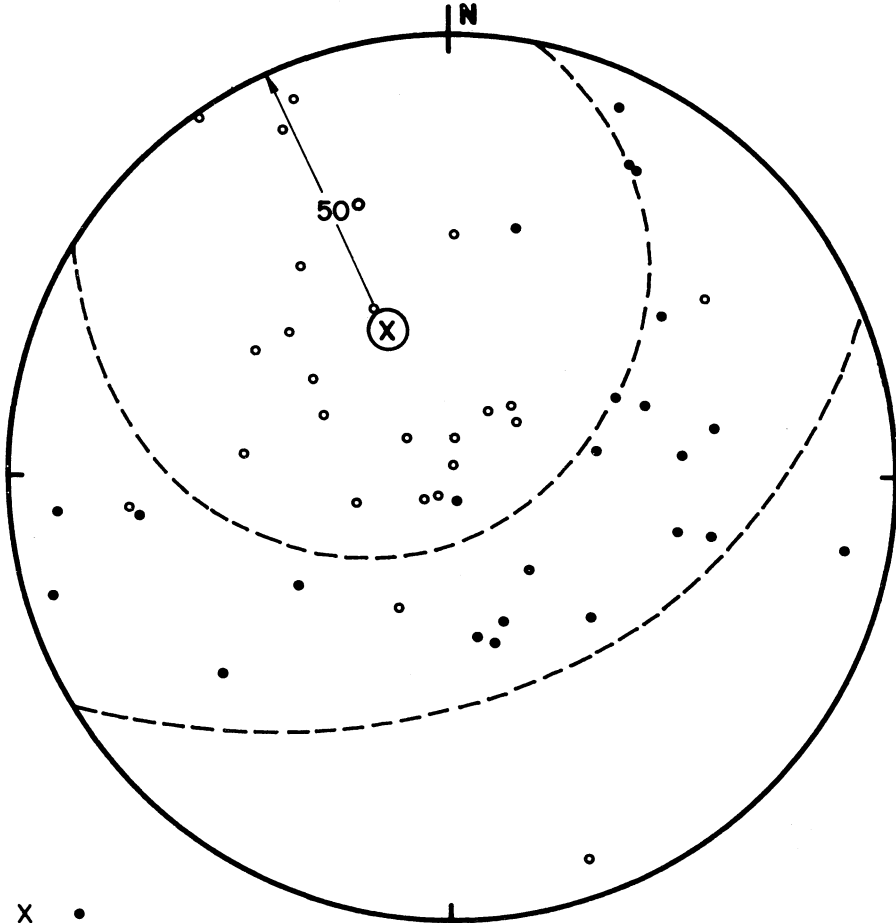


Fig. 6.- Posición espacial de los ejes X y Z de los enclaves del conjunto diferenciado como mayoritario (my). Proy. Wulff, hemisf. inf. (n = 77).



EJE X •
 EJE Z ○

Fig. 7.- Posición espacial de los ejes X y Z de los enclaves del conjunto diferenciado como minoritario (mn). Proyec. Wulff hemisf. inf. (n = 24).

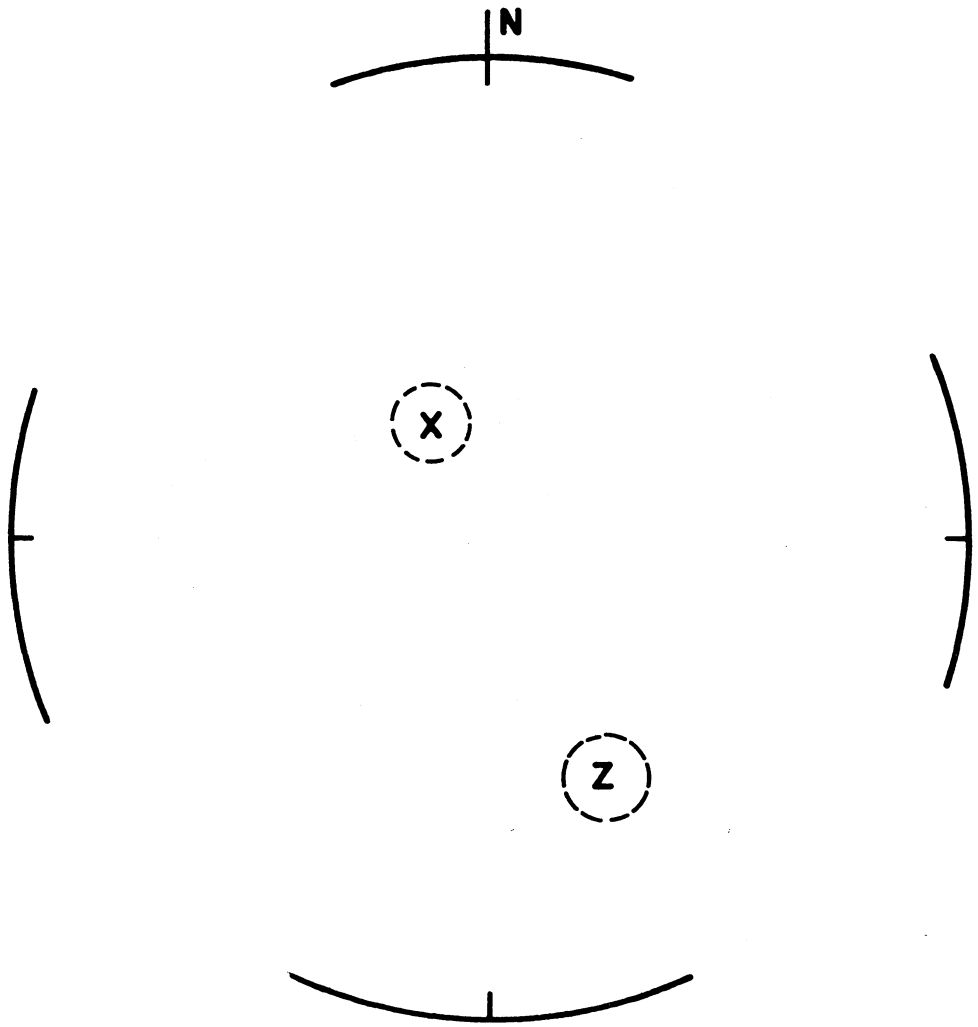


Fig. 8.- Tentativa de restitución de la posición inicial de los ejes X y Z del conjunto minoritario antes de adoptar la estructura conica impuesta por el campo tensional posterior (C.T.)₂.

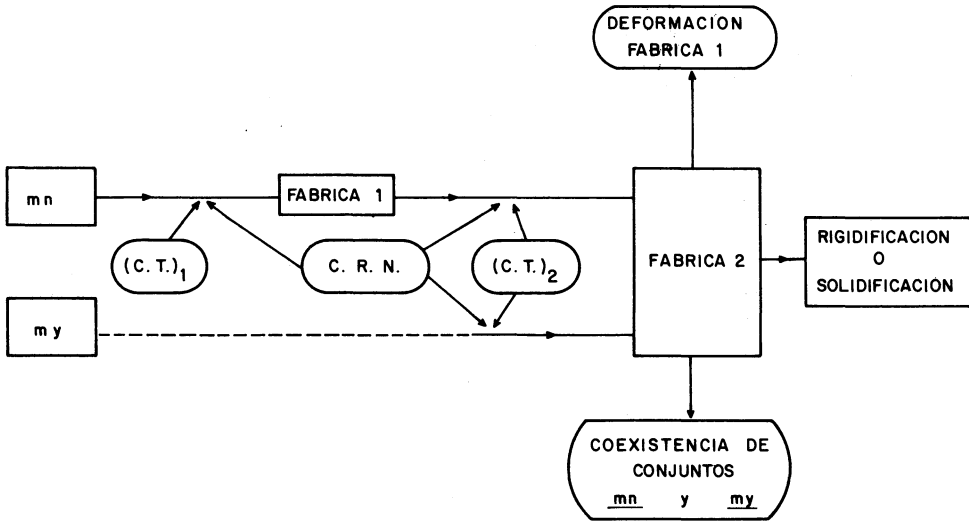


Fig. 9.- Esquema que intenta expresar la secuencia e influencia de los que consideramos principales factores que actuaron en la disposición estructural final que se evidencia en los enclaves estudiados. C.T.=Campo Tensional; C.R.N = condiciones reológicas necesarias.

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; BARRERA, J.L.; CARABALLO, J.M.; PEINADO, M. y TINAO, J.M. (1975). Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español. Mem. Inst. Geol. Min. España, 88, 145 pp.
- DIDIER, J. (1973). Granites and their enclaves. Dev. in Petrology, 3, 392 pp. Elsevier Pub. Co. Amsterdam.
- FLINN, D. (1962). On folding during three-dimensional progressive deformation. Quart. Journ. Geol. Soc. London, 118, p. 385-433.
- FLINN, D. (1965). On the deformation of the Funzie conglomerate, Fetlar, Shetland. Jour. Geology, 64, p. 480-505.
- FUSTER, J.M. y MORA, A. (1970). El carácter metamorfismo en el macizo de La Cañada (Sistema Central Español) Estudios Geol., 26, p. 317-321.
- LISLE, R.S. (1977). Estimation of the tectonic strain ratio from the mean shape of deformed elliptical markers. Geol. Mijnbouw, 56, p. 140-144.
- MARTIN ESCORZA, C. (1978). Estructura y deformación de los enclaves microgranulares negros (gabarros) del Alto de Los Leones, Guadarrama. Bol.R.Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 76, p. 57-87.
- RAMSAY, J.G. (1967). Folding and fracturing of rocks. McGraw-Hill Book Co. New York, 568 pp.
- SANTOS, V. (1978). Aspectos petroestructurales de las facies plutónicas orientadas circundantes al sector sur del macizo metamórfico de La Cañada (Sistema Central Español). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 36 pp.