

## FACIES VULCANO-SEDIMENTARIAS EN EL GUADARRAMA CENTRAL (SISTEMA CENTRAL ESPAÑOL)

M. NAVIDAD\*

M. PEINADO\*

RESUMEN.—En el presente trabajo se estudian unas facies constituidas por neises máficos esquistosos y glandulares, que afloran en conexión con rocas carbonatadas dentro de los afloramientos metamórficos de “El Escorial” y “El Caloco”. Mediante su caracterización petrológica y química, se establece un posible origen vulcano-sedimentario para estas facies.

SUMMARY.—This paper deals with some mafic gneissic facies associated with carbonatic rocks in the metamorphic outcrops of “El Escorial” and “El Caloco”. On petrological and chemical grounds, a volcano-sedimentary origin for these rocks is put forward.

### INTRODUCCION

El objeto de este trabajo lo constituye una serie neísica con gran variedad estructural que se encuentra en relación con ciertas formaciones carbonatadas, a muro de las mismas, en el Sector Central de la Sierra de Guadarrama.

De los diferentes afloramientos de tales características se han seleccionado los que aparecen en los macroenclaves de El Escorial (M. T. N. 1:50.000, nn.º 532 y 533) y de El Caloco (M. T. N. 1:50.000, n.º 507) separados entre sí por los granitoides tardi a post-hercínicos intrusivos en ellas (Fig. 1).

Desde el punto de vista metamórfico están incluidos en zona de alto grado, con coexistencia de sillimanita y feldespato potásico.

Ya CARANDELL (1914) hace notar la peculiaridad de estas facies así como su estrecha relación con calizas. Con más detalle las tratan SAN MIGUEL, GARCÍA DE FIGUEROLA y DE PEDRO (1960) en la Memoria de la Hoja 532 dándoles el nombre de neises féficos y micaesquistos.

En este mismo sector los estudia PEINADO (1973). HERNÁN REGUERA (1970) reconoce asimismo estas facies en El Caloco.

\* Departamento de Petrología. Facultad de Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

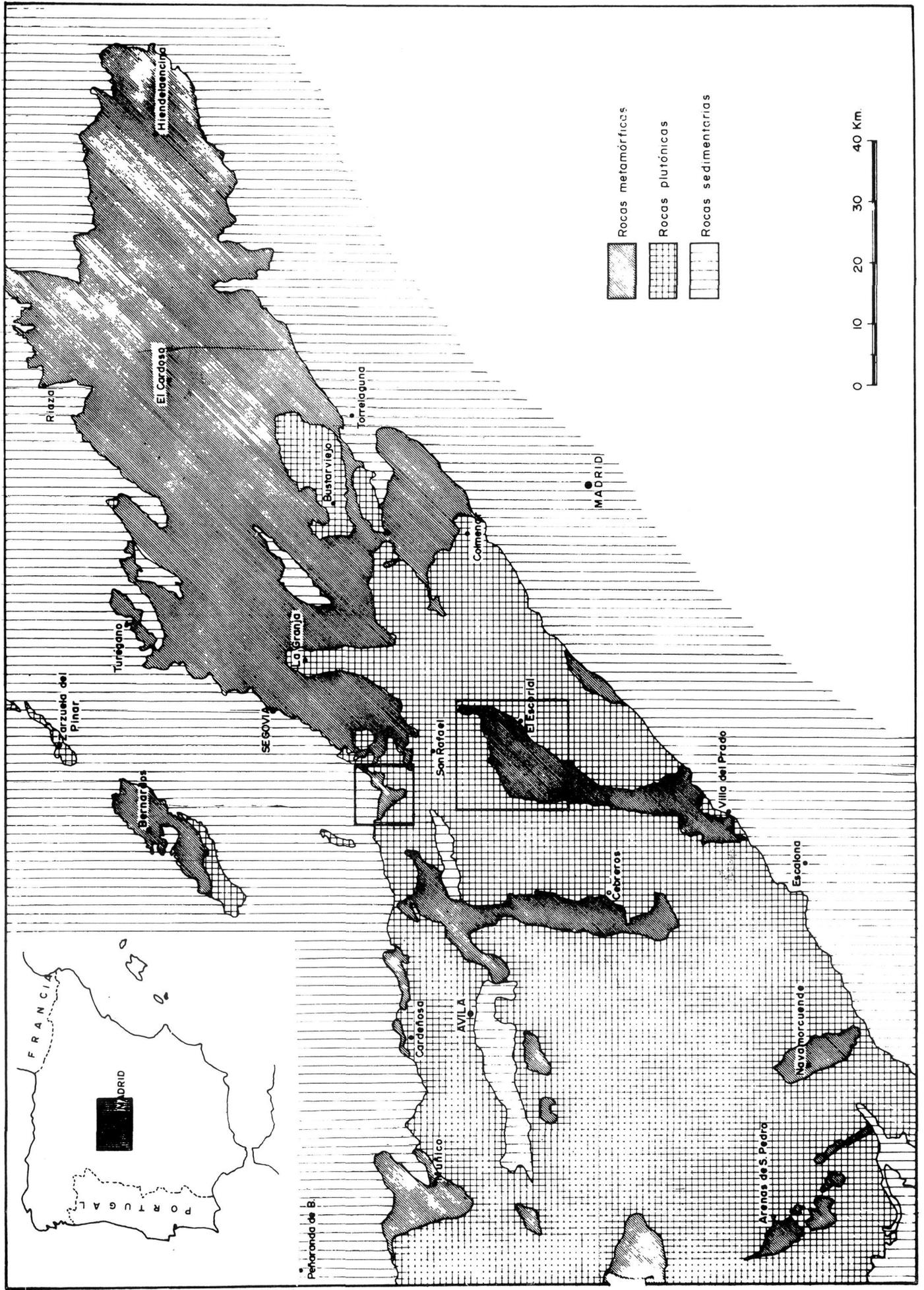


FIG. 1.—Situación regional de las zonas estudiadas

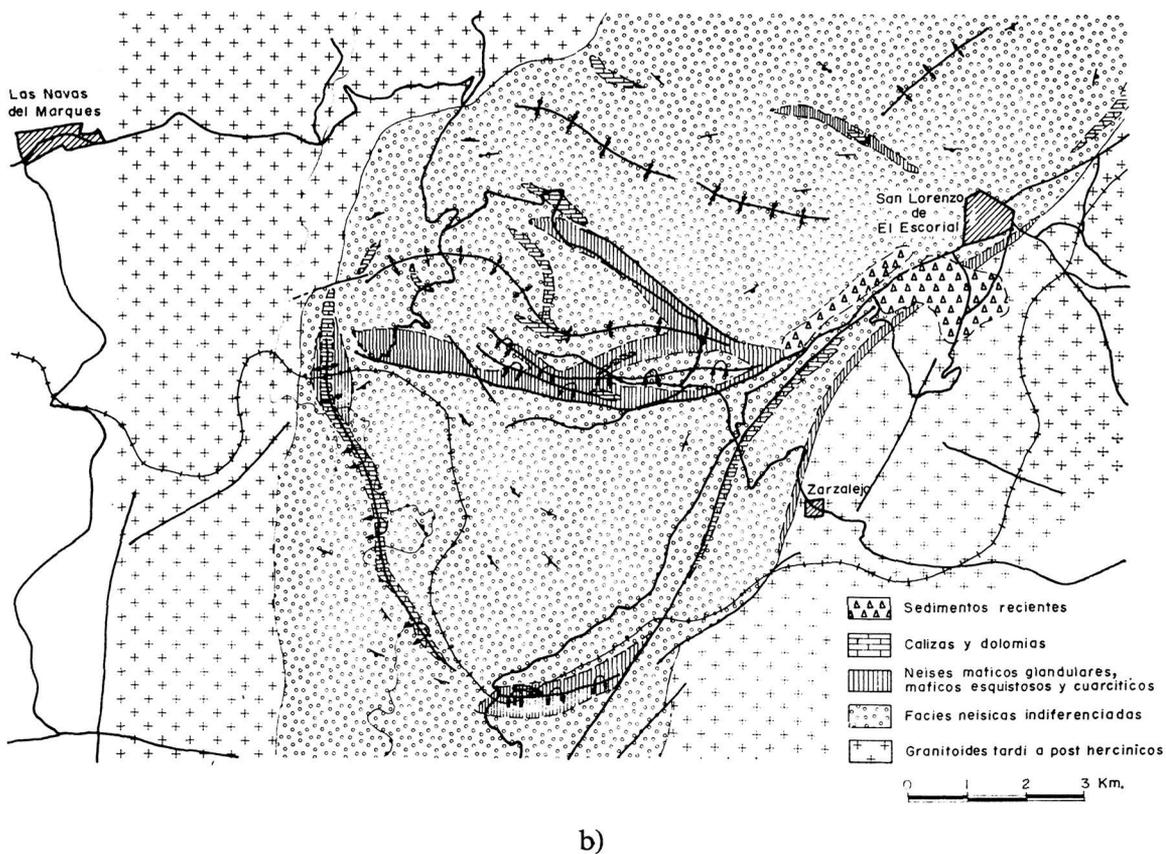
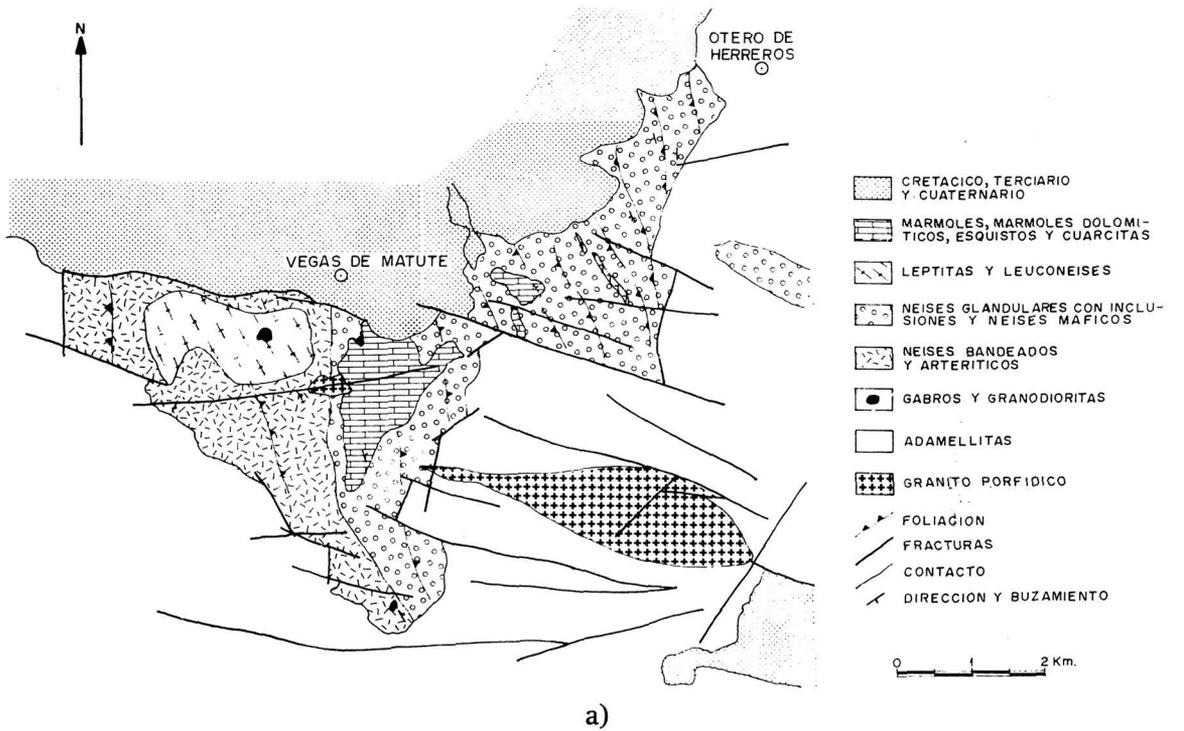


FIG. 2

Localización de afloramientos

- a) Afloramiento metamórfico de El Caloco (según NAVIDAD, 1976).
- b) Afloramiento metamórfico de El Escorial (esquema simplificado según PEINADO, 1973).

## LITOLOGIA

Dentro de la gran variedad de facies neísicas que afloran en el Sistema Central Español, las que tratamos aquí presentan unas peculiaridades propias y bien definidas que las constituyen en una formación independiente (Figs. 2a y 2b).

Se encuentran en ambos macroenclaves una serie de tramos no constantes, de manera que pueden faltar o acuñarse alguno de ellos, que de techo a muro son los siguientes:

Metadolomías y metacalizas

Neises máficos, esquistosos y cuarcíticos.

Neises máficos microglandulares.

Neises máficos macroglandulares.

En los dos últimos grupos son frecuentes, intercalaciones más o menos potentes (desde escasos milímetros hasta unos 10 metros) de rocas de composición felsítica, es decir, leptitas, así como de niveles silíceos, probables "cherts".

## DESCRIPCION DE LOS TIPOS LITOLOGICOS ESTABLECIDOS

*Neises máficos esquistosos y cuarcíticos*

En aquellos lugares donde afloran las series del modo más completo, sin apreciarse ningún tipo de discontinuidad, es el material que contacta inmediatamente con los niveles carbonatados, pudiendo incluso englobar bancos constituidos por rocas de silicatos cálcicos, previamente margas, o niveles delgados de carbonatos, así sucede por ejemplo en la alineación del Puerto de Malagón (El Escorial) donde el tránsito se verifica mediante neises anfibólicos-piroxénicos, y en el embalse de los Angeles de San Rafael (El Caloco).

Desde el punto de vista petrográfico existen los tipos fundamentales únicamente diferenciados por la proporción de cuarzo, si bien ambos son ricos en alúmina.

La facies más frecuente, corresponde a un neis de textura esquistosa en la que a veces se observan tránsitos hacia pequeños nivelillos discontinuos constituidos por neises glandulares de grano fino (Fig. 3), otras veces parecen representar pequeños cambios laterales y verticales de unas facies a otras, siempre de manera brusca y discontinua, o bien aparecen con forma de enclaves aboudinados dentro de las facies glandulares (El Caloco). Estas



FIG. 3

*Relaciones entre neises máficos esquistosos y neises máficos microglandulares*

facies esquistosas se componen de cuarzo, plagioclasa maclada con ley de Ab (An 22-28), abundante biotita, sillimanita, a veces en sección rómbica, orientada según la esquistosidad dominante y en proporción muy abundante, granate esquelético de carácter residual, generalmente estirado y poiquiloblástico de cuarzo. Es en todos los casos precinemático observándose su transformación a cordierita, dicha transformación es tan intensa que puede llegar a desaparecer el granate. También aparece aunque muy escasamente feldespato potásico en forma de microclina. No se encuentra moscovita primaria siendo frecuente la sericita tardía.

Las facies cuarcíticas son menos abundantes y constituyen escasos niveles intercalados entre los anteriores. Petrográficamente presentan cualitativamente la misma mineralogía que aquellos. Son también ricas en granate, igualmente de carácter residual, y en proceso de inversión asimismo a cordierita.

Geoquímicamente (Tabla I, 1, 2, 3, 6, 7) son materiales caracterizados por contenidos elevados de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{K}_2\text{O}$  sobre  $\text{Na}_2\text{O}$ , los porcentajes en  $\text{SiO}_2$  son bajos excepto para las facies más cuarcíticas (4 y 5) donde las relaciones sílice-alúmina se invierten.

TABLA I

## COMPOSICION QUIMICA DE NEISES FEMICOS ESQUISTOSOS Y CUARCITICOS

	1	2	3	4	5	6	7	Media
SiO <sub>2</sub> .....	56,20	58,90	57,10	69,35	60,50	52,60	55,00	58,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	20,54	19,51	20,19	14,56	15,77	23,56	21,32	19,35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2,60	1,88	2,18	1,22	1,36	1,30	1,97	1,79
FeO .....	6,68	4,98	5,37	2,97	8,47	7,50	6,41	6,05
MnO .....	0,03	0,11	0,06	0,05	0,01	0,07	0,10	0,06
MgO .....	3,26	2,93	3,22	1,41	3,65	3,73	3,05	3,03
CaO .....	0,85	1,13	1,40	1,26	0,42	0,70	1,42	1,02
Na <sub>2</sub> O .....	1,08	1,83	2,37	2,28	1,00	0,83	0,86	1,46
K <sub>2</sub> O .....	3,41	3,61	4,00	2,55	3,20	4,24	3,85	3,55
TiO <sub>2</sub> .....	1,25	0,81	0,98	0,89	1,30	1,04	1,35	1,09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,02	0,16	0,15	0,12	0,07	0,09	0,06	0,09
H <sub>2</sub> O .....	3,88	4,09	3,00	2,87	4,02	3,87	4,54	3,75
	99,80	99,94	100,02	99,53	99,75	99,53	99,93	99,76
Ba .....	1216	1017	750	602	339	—	993	
Ce .....	—	74	65	65	62	—	—	
Ga .....	—	24	21	26	23	—	—	
Ni .....	59	37	61	22	46	—	61	
Rb .....	92	103	124	117	101	—	164	
Sr .....	143	58	196	191	90	—	93	
Zr .....	275	218	186	422	274	—	275	
Ca .....	—	5	2	2	3	—	—	
K/Rb .....	307	289	266	176	261	—	194	
NORMAS C.I.P.W.								
Q .....	26,6	25,2	17,6	40,5	30,7	19,7	24,2	26,4
Or .....	20,2	21,3	23,6	15,1	18,9	25,0	22,8	21,0
Ab .....	9,1	15,5	20,1	19,3	8,5	7,0	7,3	12,4
An .....	4,1	4,5	6,0	5,5	1,6	2,9	6,7	4,5
C .....	13,6	10,9	9,8	6,1	10,1	16,5	13,3	11,5
Hy .....	16,2	13,8	14,6	6,6	21,3	20,4	15,7	15,5
Ap .....	0,1	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Ilm .....	2,4	1,5	1,9	1,7	2,5	2,0	2,6	2,1
Mt .....	3,8	2,7	3,2	1,8	2,0	1,9	2,9	2,6

- 1.—Neis máfico (42.388, ILM). En LÓPEZ RUIZ et al., 1975.
- 2.—Neis máfico (55.802, ILM). Anal. M. VALLEJO.
- 3.—Neis máfico esquistoso. Anal. M. NAVIDAD.
- 4.—Neis cuarcítico (57.072, ILM). M. NAVIDAD.
- 5.—Neis cuarcítico (57.083, ILM). M. NAVIDAD.
- 6.—Neis máfico esquistoso (55.751, ILM). M. NAVIDAD.
- 7.—Neis máfico esquistoso (32.785, ILM). En APARICIO et al., 1976.

Con respecto a los elementos menores tanto el Ni como Sr y Zr arrojan valores muy similares a los que caracterizan las facies grauváquicas (WEDEPOHL, 1969; PETTIJOHN et al., 1972; TAYLOR, 1955; TARNEY, 1975) y son inferiores a los contenidos detectados en pelitas (PETTIJOHN et al., 1972; CHAMLEY, 1971; WEDEPOHL, 1969). Estos valores con excepción del  $K_2O$  y Ba modificados y enriquecidos por procesos de hidrotermalización posterior, concuerdan mejor con un origen grauváquico con elevado contenido en matriz pelítica o limosa.

#### *Neises máficos microglandulares*

Se incluyen dentro de este grupo aquellas facies glandulares en las que el tamaño de las glándulas es generalmente inferior a un centímetro, si bien se encuentran esporádicamente tamaños mayores (Fig. 4).

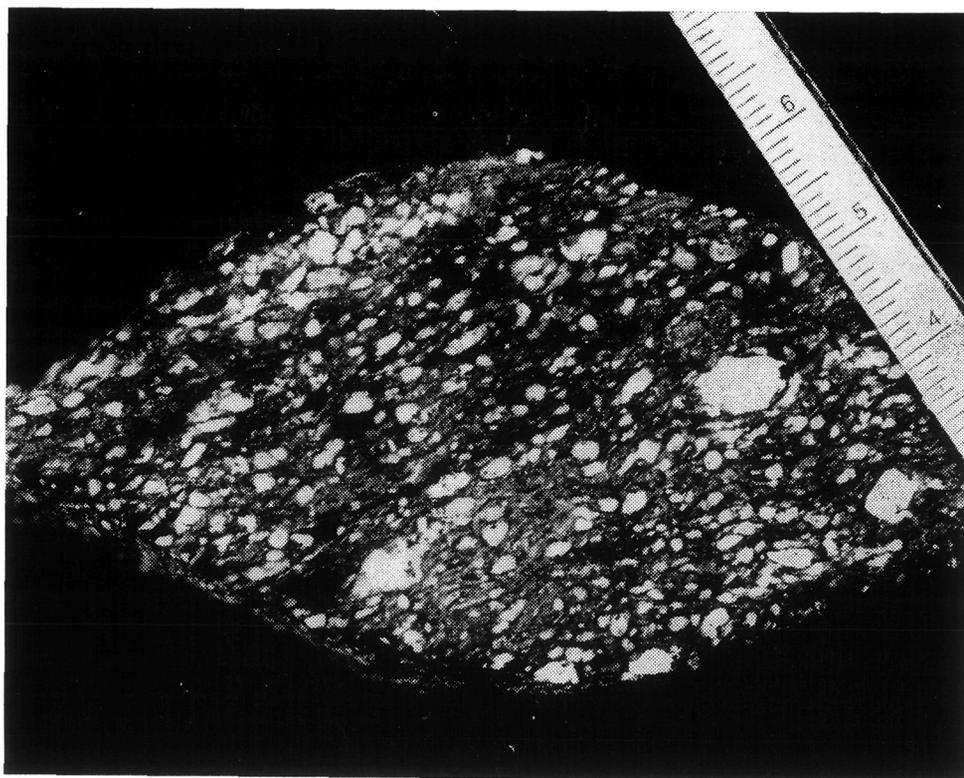


FIG. 4

*Aspecto macroscópico del neis máfico microglandular*

Dichas facies se encuentran situadas debajo de los neises máficos constituyendo pequeñas intercalaciones discontinuas con forma lentejonar.

Petrográficamente presentan una textura fuertemente deformada, varian-

do el grado de milonitización intensamente de unos lugares a otros encontrándose en determinadas zonas del afloramiento de El Escorial las facies más blastomiloníticas (PEINADO, 1973), como en la alineación E-W de La Cereda, sin embargo, el grado de milonitización es menos intenso en el resto, pudiéndose apreciar o reconocer los caracteres iniciales de estas facies. Están compuestas por cuarzo, estirado, elongado, aplastado, con fuerte extinción ondulante de tipo "Platten" en las facies más deformadas, plagioclasa polisintéticamente maclada según la ley Ab-K, Ab, Ala-b (An 26-28), el feldespato potásico se encuentra como fenocristal esporádico apareciendo en proporciones reducidas ( $2V\alpha = 54-60$ ;  $\gamma-\tau = 6-17$ ) y teniendo pertitas en "films". Es también muy frecuente en estas rocas el almandino en proceso de desestabilización a biotita, cordierita y cordierita + sillimanita (Fig. 5), proceso que aparece también fuera de esta formación, en El Escorial así como la presencia de distena relictas (Fig. 6) anterior al fuerte estiramiento del cuarzo que es concordante con la esquistosidad general de la roca o en agregados con granate (Fig. 7); la moscovita se encuentra asimismo desfleada, es de carácter tardío. Como accesorios figuran apatito de gran tamaño y circones fragmentados que a veces se incluyen en los anteriores. Hay que resaltar la presencia en esta formación de minerales tardíos a lo largo de

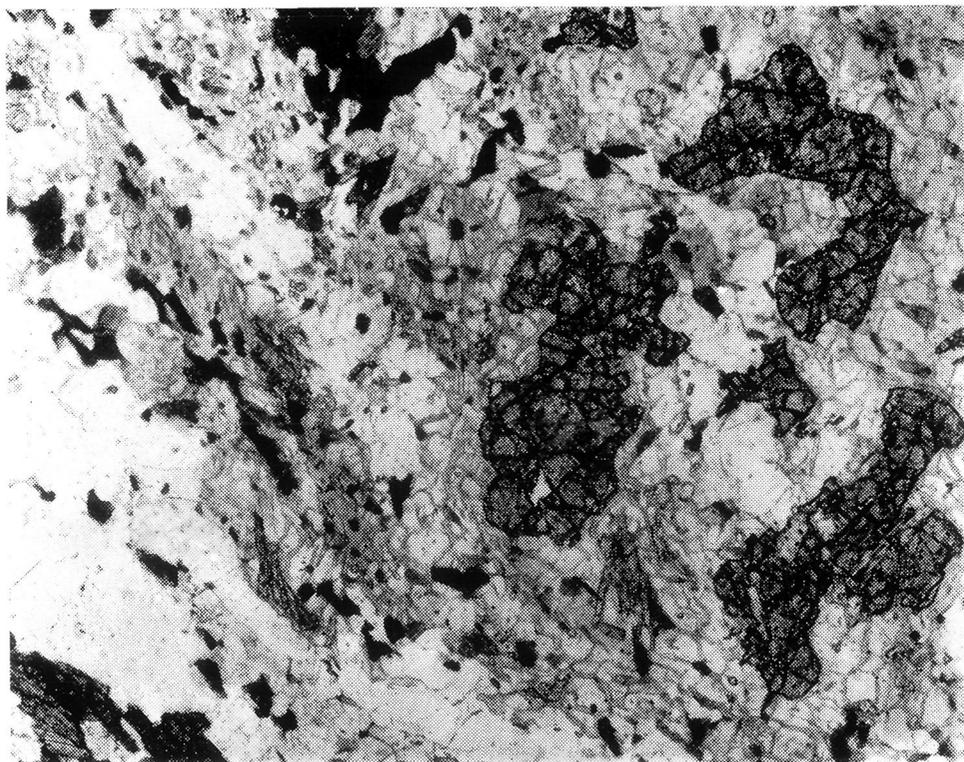


FIG. 5

*Transformación de almandino en cordierita, obsérvese la neoformación de sillimanita. (I.L.M. 57.083). LN  $\times$  43,5*

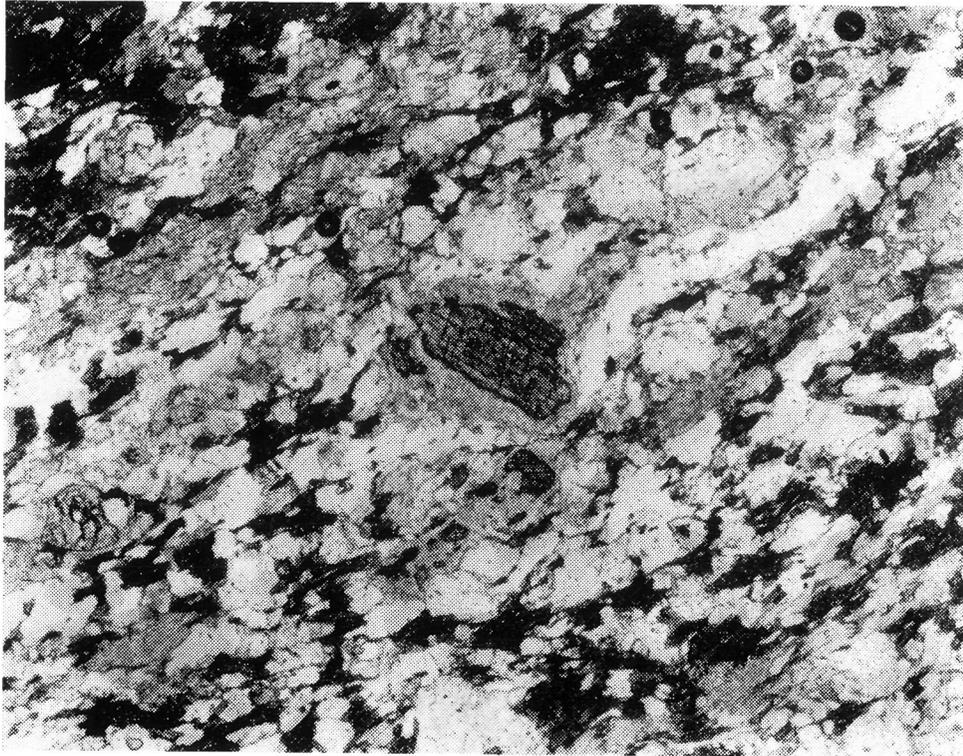


FIG. 6

*Prisma de distena en neis microglandular. (I.L.M. 55.803). LN × 43,5*

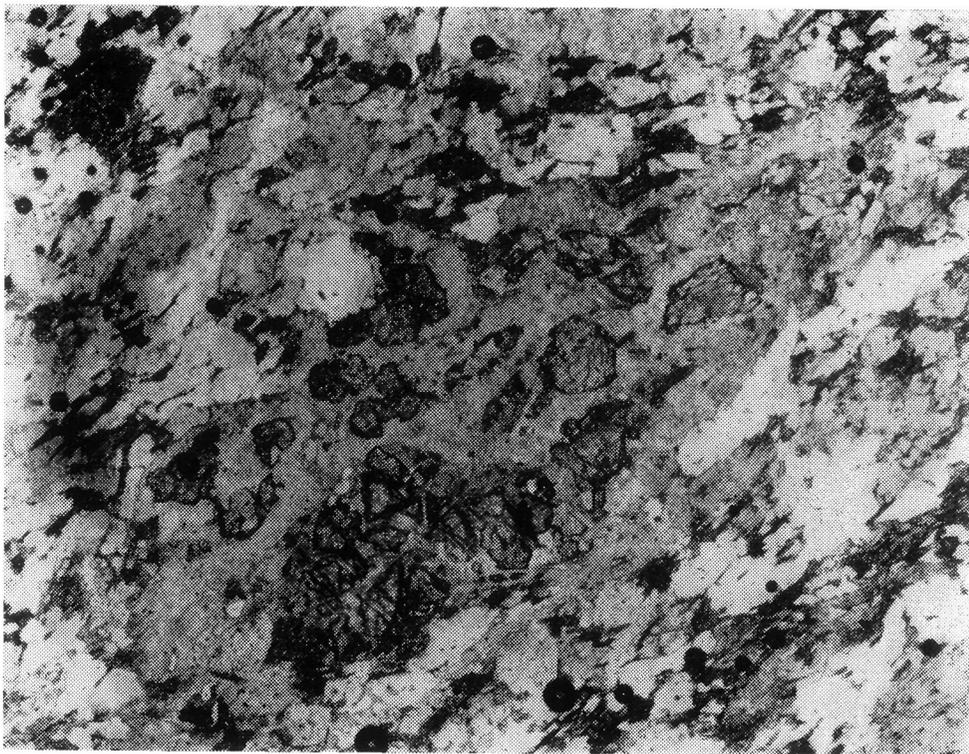


FIG. 7

*Agregado de almandino y distena en neis microglandular  
(I.L.M. 55.803). LN × 43,5*

microfracturas como adularia, albita, epidota y esfena originados fundamentalmente por procesos hidrotermales póstumos en relación con una actividad de inyección, que tuvo lugar posteriormente al proceso de metamorfismo y de deformación fundamental hercínico.

Desde el punto de vista geoquímico (Tabla II, 8, 9, 10) estas facies microglandulares se diferencian de los neises máficos anteriormente tratados por sus mayores contenidos en  $\text{SiO}_2$  e inferiores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ . Se trata por tanto de un progresivo cambio hacia composiciones más ácidas muy semejantes a las que se presentan en los neises glandulares máficos, a los que anteriormente nos hemos referido, constituirían pues los términos de transición entre los neises máficos esquistosos y estos últimos. Su quimismo puede encajar tanto en los extremos ácidos de series calcoalcalinas como en sedimentos puramente grauváquicos, materiales estos que en general se nutren de materiales volcánicos. En cuanto a los contenidos en elementos traza guardan gran analogía con los neises máficos anteriormente tratados y con los que se encuentran íntimamente ligados, si bien es de resaltar los elevados contenidos en Rb y Cs en relación con la hidrotermalización posterior a la que venimos refiriéndonos.

Facies microglandulares de este tipo han sido mencionadas por GUITARD (1970) dentro de la "Serie de Canaveilles" (macizo de Canigou, Pirineos Centrales). Este autor las denomina "neises granulados" y señala su conexión de forma permanente con rocas marmóreas, facies leptíticas y metagrauváquicas atribuyéndoles un origen vulcano-sedimentario basándose en su parecido composicional con tobas de tipo albitofírico, el cual, es similar al de las facies grauváquicas según este mismo autor, si bien son más sódicas que las aquí tratadas.

Teniendo en cuenta que estas facies de grano fino representan el tránsito desde las facies más groseras e inferiores (neises máficos macroglandulares), que a continuación se tratan, a los neises máficos esquistosos interpretados por nosotros como metagrauvacas, considerando asimismo su aspecto lentejónar, discontinuo, heterogéneo, así como sus imbricaciones de yacimiento con las facies metagrauváquicas y como la escasa presencia de feldespato potásico y su composición ácida muy similar a la de los neises heterogéneos macroglandulares, podemos pensar que se trata de facies híbridas intermedias entre los glandulares y los máficos y por tanto su origen podrá corresponder a un sedimento de tipo vulcano-grauváquico.

#### *Neises máficos macroglandulares*

Corresponden a los niveles inferiores de la sucesión litológica, si bien como ya se ha dicho pueden estar ausentes o presentar cambios bruscos ha-

TABLA II

COMPOSICION QUIMICA DE NEISES MAFICOS MICROGLANDULARES

	8	9	10	Media
SiO <sub>2</sub> .....	62,40	66,00	60,50	63,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	16,72	15,14	18,45	16,77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	1,00	1,14	1,75	1,30
FeO .....	5,35	2,20	3,64	3,73
MnO .....	0,06	0,05	0,01	0,04
MgO .....	2,63	1,51	2,12	2,09
CaO .....	1,69	0,98	2,10	1,59
Na <sub>2</sub> O .....	2,53	2,24	3,17	2,65
K <sub>2</sub> O .....	4,04	4,04	3,80	3,96
TiO <sub>2</sub> .....	0,90	0,47	0,74	0,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,23	0,11	0,23	0,19
H <sub>2</sub> O .....	2,50	3,00	3,14	2,88
	100,05	99,68	99,65	99,53
Ba .....	893	585	1276	
Ce .....	64	62	62	
Ga .....	27	25	26	
Ni .....	41	14	25	
Rb .....	269	131	117	
Sr .....	54	136	167	
Zr .....	203	161	192	
Cs .....	127	5	3	
K/Rb .....	124	255	268	
NORMAS C.I.P.W.				
Q .....	21,9	35,2	18,7	24,1
Or .....	23,9	23,9	22,5	23,4
Ab .....	21,4	19,0	26,8	22,4
An .....	6,9	4,1	8,9	6,7
C .....	5,7	5,6	5,9	5,7
Hy .....	14,2	6,2	9,3	10,0
Ap .....	0,5	0,3	0,5	0,4
Ilm .....	1,7	0,9	1,4	1,3
Mt .....	1,5	1,7	2,5	1,9

- 8.—Neis glandular de grano fino (55.788, ILM). Anal. M. VALLEJO.
- 9.—Neis glandular de grano fino (57.065, ILM). Anal. M. VALLEJO.
- 10.—Neis glandular de grano fino (57.071, ILM). Anal. M. VALLEJO.

cia los términos superiores. Se encuentran en contacto con los neises glandulares homogéneos que presentan en el contacto un aspecto notablemente estirado.

Se caracterizan fundamentalmente por un aspecto caótico y heterogéneo (Fig. 8), tienen una matriz muy oscura de grano fino, rica en biotita donde destacan glándulas que oscilan entre un milímetro y ocho centímetros, a veces monominerales si bien en algunos tramos son muy frecuentes también glándulas poliminerales, todas ellas están muy heterogéneamente repartidas concentrándose en algunos niveles. Su forma es generalmente redondeada a ovoide, aunque también se encuentran fenocristales prismáticos que incluyen nidos biotíticos y presentan sombra de presión. En los dominios prácticamente carentes de glándulas son frecuentes glomérulos biotíticos que se orientan conforme a la foliación. También se encuentran enclaves subredondos de neises máficos y de ascendencia samítica.

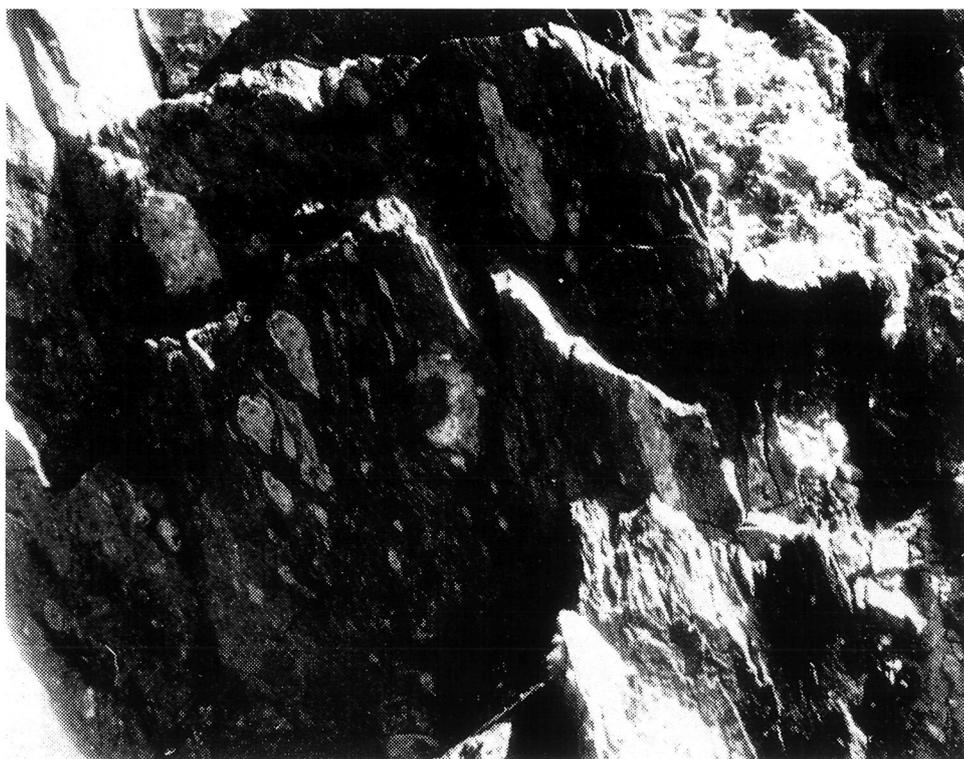


FIG. 8

*Aspecto macroscópico del neis macroglandular*

Petrográficamente presentan un cierto carácter acintado en la matriz, así como frecuente estiramiento y fragmentación de todos sus componentes. La matriz está constituida por cuarzo, biotita, sillimanita, análogamente orientadas y granate intensamente fragmentado, habiendo esporádicamente dis-

tena. Los fenocristales son de plagioclasa con maclas polisintéticas según leyes de Ab, K (An 27-30), en general poligonizada, de ortosa peritítica en "string" o "films" a veces microclinizada, incluyendo en su interior agregados posteriores de clorita y epidota, así como cuarzo granofídico, plagioclasa con borde albítico, tienen maclas polisintéticas según ley de Ab (An 24-26). Algunos clastos poliminerales tienen textura granuda y composición granítica (Fig. 9) diferenciada o aplítica.

Por lo que respecta a su composición química (Tabla III, 11, 12, 13, 14, 15, 16), se observan diferencias apreciables si las comparamos con los neises máficos a los que aparecen asociados.

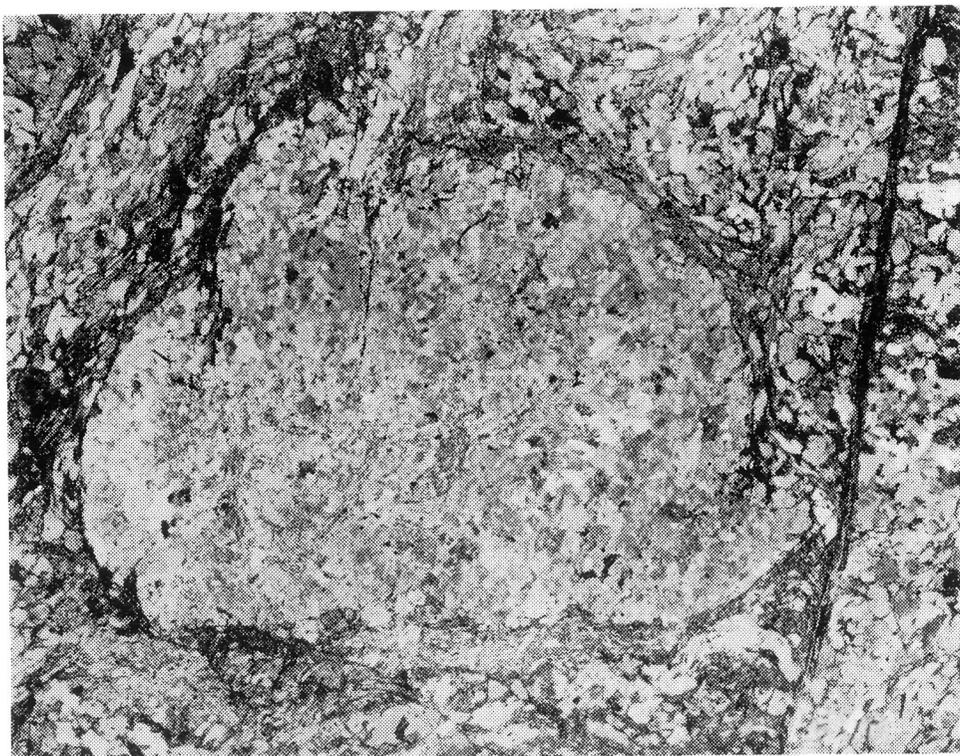


FIG. 9

*Clasto aplítico. (I.L.M. 34.813). LN × 16*

Los contenidos de  $\text{SiO}_2$ , CaO y álcalis son más elevados en estas facies, mientras que son inferiores a aquellos respecto a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y MgO. Este quimismo es muy similar al de riolitas calcoalcalinas y dellenitas (NOCKOLDS, 1954). Algo elevados son sin embargo, los valores de corindón normativo en comparación con las rocas volcánicas recientes, los cuales no son fáciles de explicar para un supuesto origen volcánico, a menos que pensemos en una posible alteración sin a post-deposicional, estos procesos de enriquecimiento en alúmina han sido demostrados en facies meta-volcánicas por VOGEL (1975),

TABLA III

## COMPOSICION QUIMICA DE NEISES MAFICOS MACROGLANDULARES

	11	12	13	14	15	16	Media
SiO <sub>2</sub> .....	63,00	62,45	61,80	64,80	64,90	65,60	63,76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	16,41	18,12	17,53	16,85	16,74	15,30	16,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,98	1,85	1,58	1,07	2,02	1,20	1,45
FeO .....	4,17	4,25	4,58	3,93	1,93	2,79	3,61
MnO .....	0,04	0,10	0,08	0,04	0,03	0,08	0,06
MgO .....	2,02	1,92	2,13	2,12	2,02	1,71	1,98
CaO .....	1,26	1,97	1,97	1,54	2,10	1,82	1,78
Na <sub>2</sub> O .....	2,51	2,00	2,48	2,37	3,07	2,64	2,51
K <sub>2</sub> O .....	4,24	2,70	3,52	3,76	3,90	4,82	3,82
TiO <sub>2</sub> .....	0,75	0,79	0,90	0,77	0,76	0,63	0,77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,13	0,19	0,24	0,23	0,28	0,27	0,22
H <sub>2</sub> O .....	4,05	3,59	2,76	2,04	2,13	2,67	2,87
	99,56	99,93	99,57	99,52	99,87	99,53	99,64
Ba .....	913	824	577	903	1557	1153	
Ce .....	63	67	62	79	69	76	
Ga .....	27	23	26	16	16	18	
Ni .....	24	24	46	28	31	22	
Rb .....	143	99	143	178	198	186	
Sr .....	157	51	36	154	197	193	
Zr .....	180	193	146	203	230	174	
Cs .....	1	1	6	—	—	—	
K/Rb .....	245	226	203	174	162	214	
NORMAS C.I.P.W.							
Q .....	24,2	31,6	24,6	28,5	25,1	24,6	26,5
Or .....	25,1	16,0	20,3	22,2	23,1	28,5	22,6
Ab .....	21,24	16,9	21,0	20,1	21,0	22,3	21,2
An .....	5,40	8,5	8,2	6,1	8,6	7,3	7,4
C .....	5,7	8,8	6,6	6,6	4,3	3,1	5,9
Hy .....	10,7	9,94	11,1	10,4	5,7	7,5	9,2
Ap .....	0,3	0,4	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5
Ilm .....	1,4	1,5	1,7	1,5	1,4	1,2	1,5
Mt .....	1,4	2,7	2,3	1,6	2,9	1,7	2,1

11.—Neis glandular de grano grueso (57.077, ILM). Anal. M. NAVIDAD.

12.—Neis glandular grueso (55.800, ILM). Anal. M. VALLEJO.

13.—Neis glandular grueso (55.781, ILM). Anal. M. VALLEJO.

14.—Neis glandular grueso (55.750, ILM). Anal. M. VALLEJO.

15.—Neis glandular grueso (54.236, ILM). Anal. M. VALLEJO.

16.—Neis glandular grueso (54.239, ILM). Anal. M. VALLEJO.

análogas anomalías se observan en la bibliografía de metavulcanitas ácidas, p. e., BARBERI et al. (1971).

Resaltaremos asimismo la gran similitud existente en cuanto a la composición, entre estas facies macroglandulares y las microglandulares, lo cual hace suponer un ascendiente común para ambos tipos de facies.

Los contenidos en elementos menores también reflejan la similitud que existe entre los neises de grano grueso y de grano fino. En general los valores obtenidos en estas facies no concuerdan con los señalados por WEDEPOHL (1969), TARNEY (1976), CHAMLEY (1971) en rocas grauváquicas o con fuerte ascendiente pelítico, sí corresponden sin embargo con las obtenidas por TAYLOR et al. (1968) así como por estos mismos autores para términos extremos de la suite calcoalcalina (dacitas, riodacitas calcoalcalinas) exceptuando los valores arrojados por el Sr 150-190 ppm y Ba = 600-1.500 ppm algo elevados para estos tipos de roca y cuya anomalía puede explicarse por un proceso de deformación e hidrotermalización posterior al que anteriormente nos hemos referido.

#### *Neises graníticos y facies leptíticas asociadas*

La presencia de neises graníticos queda únicamente restringida al afloramiento de El Escorial, si bien los neises leptíticos se encuentran presentes en ambos afloramientos.

Constituyen niveles estratificados y perfectamente concordantes con los neises máficos macroglandulares.

Petrográficamente los neises graníticos presentan una textura granoblástica de grano grueso, con pronunciada cataclasis. Están compuestos por cuarzo roto y deformado, con fuerte extinción ondulante constituyendo una textura en mortero recristalizada que se dispone rodeando y rellenando los intersticios vacíos entre cristales mayores de plagioclasa y de feldespatos potásicos. La plagioclasa a veces maclada polisintéticamente presenta una pronunciada zonación frecuentemente acompañada de un característico parcheado, su composición es más bien ácida (An 22) e incluye biotita, sillimanita y cuarzo mirmequítico en contacto con feldespatos potásicos. El feldespatos potásico es microclina perítica, en "films", incluye plagioclasa y biotita, hay moscovita secundaria y entre los accesorios figuran apatito y circón a veces idiomorfo.

Los neises leptíticos presentan estos mismos caracteres petrográficos con grano más fino, aunque es importante señalar la presencia de granate esquelético precinemático y andalucita. Ambos minerales son característicos de facies muy diferenciadas. Como ya se ha señalado estas facies se intercalan en delgados niveles centimétricos con las facies glandulares.

TABLA IV

## COMPOSICION QUIMICA DE NEISES GRANITICOS Y LEPTITICOS

	17	18	19	20
SiO <sub>2</sub> .....	74,00	77,00	70,30	73,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	12,92	11,69	15,32	13,58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,79	0,13	0,61	0,30
FeO .....	1,07	0,36	1,56	1,97
MnO .....	0,03	—	0,02	0,03
MgO .....	0,30	0,20	0,80	0,51
CaO .....	0,57	0,70	1,68	0,84
Na <sub>2</sub> O .....	2,00	2,64	3,45	2,70
K <sub>2</sub> O .....	5,88	6,40	4,32	5,30
TiO <sub>2</sub> .....	0,14	0,08	0,24	0,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,16	0,06	0,12	0,13
H <sub>2</sub> O .....	1,76	0,80	1,65	1,42
	99,62	100,06	100,07	99,98
Ba .....	191	—	254	480
Ce .....	89	—	70	75
Ga .....	30	—	37	41
Ni .....	8	—	8	10
Rb .....	234	—	197	170
Sr .....	27	—	30	31
Zr .....	122	—	128	133
Cs .....	3	—	2	3
K/Rb .....	208	—	182	259
NORMAS C.I.P.W.				
Q .....	38,1	35,7	28,3	33,4
Or .....	34,8	37,8	25,5	31,3
Ab .....	16,9	22,3	29,2	22,9
An .....	1,8	1,2	7,6	3,3
C .....	2,6	—	2,2	2,2
Hy .....	1,9	0,1	4,0	4,4
Ap .....	0,4	0,1	0,3	0,3
Ilm .....	0,3	0,2	0,5	0,4
Mt .....	1,2	0,2	0,9	0,4

17.—Neis leptítico (55.783, ILM). Anal. M. VALLEJO.

18.—Neis leptítico (54.246, ILM). Anal. M. VALLEJO.

19.—Neis granítico (55.785, ILM). Anal. M. VALLEJO.

20.—Neis granítico (55.784, ILM). Anal. M. VALLEJO.

Respecto al quimismo de ambos tipos de facies (Tabla IV, 17, 18, 19, 20) se observa una estrecha relación entre ambas y las diferencias que se pueden establecer son muy pequeñas. Con respecto a los elementos mayores se aprecia un ligero enriquecimiento en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$  en los neises graníticos (Anal. 19, 20), mientras que las facies leptíticas, más problemáticas, presentan sin embargo un porcentaje en  $\text{K}_2\text{O}$  algo más elevado (Anal. 17, 18). En general y comparando ambos tipos de facies con los valores promedios propios de rocas graníticas (WEDEPOHL, 1969; TAYLOR et al., 1968), se observa un fuerte parecido entre los neises graníticos y los promedios típicos de granitos de tendencia alcalina y asimismo entre las leptitas y tipos leucograníticos.

Los elementos menores arrojan valores que corresponden también a unos mismos intervalos para ambos tipos de facies, si bien los neises graníticos presentan porcentajes algo más elevados de bario y níquel con respecto a las facies leptíticas, que por el contrario están más enriquecidas en Rb. Asimismo las relaciones Ba/Rb y K/Rb son muy similares en ambos tipos de facies, oscilando la primera entre 0,8-1,8 (tipo leucogranítico) y la última entre 200-250 (tipo riolítico e ignimbrítico). Los trabajos detallados de WEDEPOHL (1969), DAVOINE (1968), TAYLOR et al. (1968), CHAO et al. (1960), ponen de manifiesto valores similares para rocas de tipo granítico o riolítico.

La semejanza encontrada entre los valores que arrojan tanto los elementos mayores como menores en los neises graníticos y rocas también de tipo granítico, nos lleva a suponer un ascendiente de este tipo para estos neises. Teniendo en cuenta la problemática existente, respecto a las facies leptíticas y considerando asimismo que dichas facies se encuentran asociadas a los neises graníticos en el afloramiento de El Escorial y que su composición en mayores responde más a tipos leucograníticos, nos inclinamos por un origen de este tipo para estas facies leptíticas que podrían significar los términos más diferenciados dentro de un episodio magmático premetamórfico.

No excluiríamos totalmente la posibilidad de un origen riolítico, preferentemente considerado para el afloramiento de El Caloco, en el cual estas facies leptíticas, se asocian directamente con las facies que hemos considerado vulcanoclásticas.

## RESUMEN Y SIGNIFICADO GENETICO DE LAS FACIES ESTUDIADAS

Dentro de la formación neísica que aflora tanto en "El Escorial" como en "El Caloco", se pueden establecer dos dominios litológicos diferentes tanto por sus caracteres petrológicos como composicionales. Dichos dominios corresponden por una parte, a los neises glandulares y por otra, a las facies

constituidas por neises graníticos y leptíticos. Expondremos a continuación dichos caracteres resumidamente, estableciendo su posible significado genético y su período de formación.

Los neises glandulares que aparecen casi siempre en relación con niveles carbonatados dentro del Sistema Central, poseen fundamentalmente un carácter heterogéneo caótico e irregular, llevan asociadas intercalaciones perfectamente concordantes de neises máficos en los que frecuentemente se observan tránsitos laterales a las facies neísicas con disminución del tamaño de glándulas, o bien aparecen imbricaciones de unos tipos en otros, e incluso pueden presentarse a modo de enclaves aboudinados de naturaleza más silíceas. Los fenocristales feldespáticos se disponen irregularmente y su proporción es muy variable.

Petrográficamente es importante señalar la escasa presencia de feldespato potásico en los niveles glandulares de grano fino, así como en general su distribución heterogénea; la presencia de glándulas de naturaleza aplítica podría representar, bien aportes en el conjunto de un posible sustrato, bien materiales subvolcánicos o volcánicos recristalizados acompañantes del proceso general. Los porcentajes que se desprenden de la composición química de estas facies:  $\text{SiO}_2 = 60-68 \%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 16-18 \%$ ,  $\text{MgO} = 2 \%$  y álcalis =  $6-8 \%$  son muy similares como ya se ha expresado, a los que caracterizan los extremos más ácidos de series calcoalcalinas, mientras que los valores alcanzados por los neises máficos a los de series pelítico-grauváquicas. Los valores que arrojan los elementos traza también encajan dentro de los tipos aquí establecidos para ambos tipos de facies, como ya se expuso en apartados anteriores.

Si observamos la representación gráfica tanto de los neises máficos macroglandulares, como de los neises máficos esquistosos en los diagramas de GUITARD (1970) y de DUDEK & SUK (1964) (Fig. 10) y teniendo en cuenta el valor relativo que este tipo de representación gráfica tiene, vemos que estas facies se sitúan tanto en los dominios establecidos para las rocas ortoderivadas como paraderivadas y dentro de este último con tendencia al campo de las grauvacas.

Los caracteres anteriormente señalados hacen suponer que se trata de una serie vulcanoclástica originada a partir de vulcanitas intermedias con aporte pelítico.

El carácter más o menos localizado de estos materiales, el cambio brusco hacia una sedimentación grauvacopelítica —materiales que a veces incluyen como lentejones—, y su estrecha relación con calizas y dolomías indicaría un vulcanismo probablemente asociado a bordes continentales.

Las bandas de neises graníticos y leptitas asociadas tienen, en el aflora-

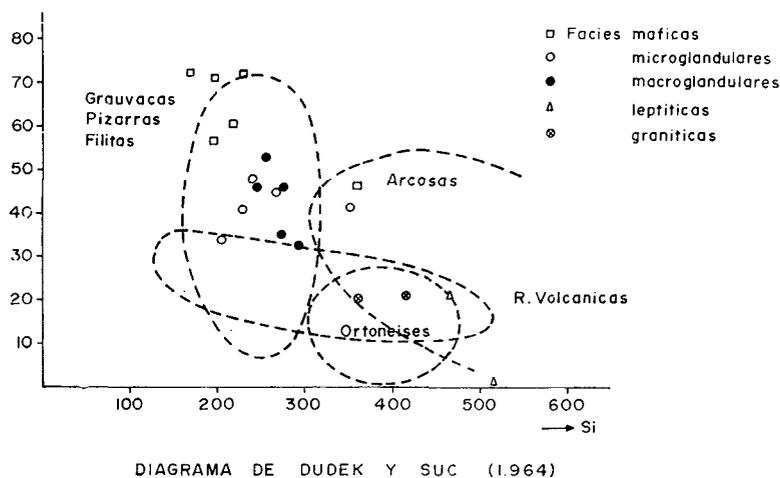
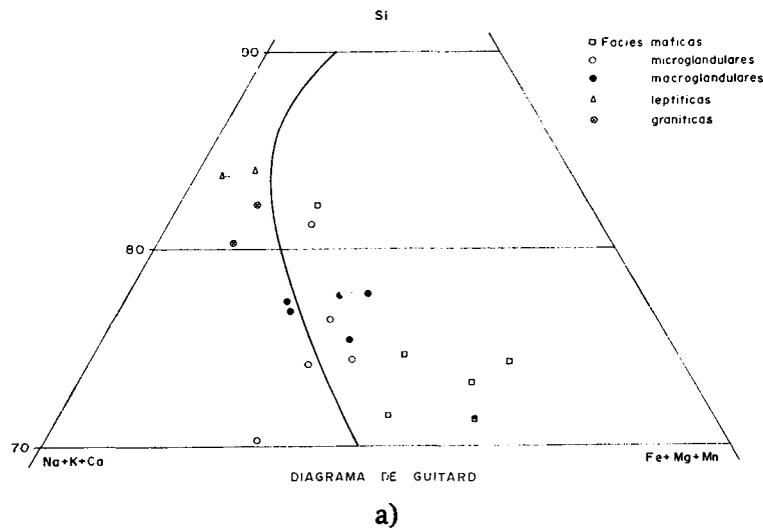


FIG. 10

- a) *Proyección de los datos analíticos según GUITARD (1970)*  
 b) *Proyección de los datos analíticos según DUDEK y SUC (1964)*

miento de El Escorial, forma de sills estratiformes, perfectamente concordante con la serie neísica glandular. Petrográficamente muestran un grado variable de cataclasis, sobreimpuesta en las facies graníticas y texturas originales de tipo ígneo, pueden incluir las facies leptíticas, granate fracturado y andalucita; composicionalmente corresponden a materiales ácidos de tipo intrusivo (Ver Fig. 10). Estos caracteres inducen a suponer un origen intrusivo para las facies granudas, que estaría en relación con los cuerpos granitoides pre a sincinemáticos de afinidad peralcalina (PEINADO, 1973) presentes en la Hoja.

No podemos excluir un origen volcánico para los neises leptíticos que

aparecen tanto en El Caloco como en El Escorial, asociados a los neises glandulares de ascendencia vulcanoclástica, viéndose en el diagrama de DUDEK & SUK (1964) su situación extrema fuera de todos los campos.

Metamórficamente, se encuentran, como ya se ha dicho, ambos afloramientos en la zona de alto grado de WINKLER (1975) como se expuso en PEINADO (1973), FUSTER et al. (1974), LÓPEZ RUIZ et al. (1975), para un gradiente intermedio de unos  $50^\circ \text{ Km}^{-1}$  (PEINADO, op. cit.) utilizando los datos experimentales para silicatos alumínicos de HOLDAWAY (1971).

Es de resaltar que, si bien la distena es mineral relativamente abundante en estas facies no es exclusiva de ellas, apareciendo en El Escorial en formaciones de diversa índole, hasta el momento solo en alto grado y con carácter relicto. De manera análoga sucede con la transformación citada de cordierita a granate observada además en la parte alta de la zona de feldespato potásico-sillimanita en el sector de El Escorial. La asociación de granate y distena ambos residuales (Fig. 7), en una masa de alteración de probable cordierita sugiere que, como respuesta a un descenso de la presión haya funcionado la reacción propuesta por CURRIE (1974), interviniendo distena en lugar de sillimanita como mineral reaccional, quedando en este supuesto:



La neoformación simultánea de sillimanita (Fig. 5) podría estar dada por inversión de posible distena excedente. Teniendo en cuenta la relación  $\text{FeO}/\text{MgO} + \text{FeO}$  de las rocas (0.68-0.64), y la composición almandínica del granate (Ver LÓPEZ RUIZ et al., 1975, p. 67. An 9) las presiones existentes se sitúan en torno a los 5 Kb (WINKLER, 1975).

Estos datos más la presencia relativamente generalizada de distena relicta en otros sectores del Macizo Hespérico y Pirineos (FONTEILLES et al., 1971; DEN TEX et al., 1971; MARTÍNEZ GARCÍA et al., 1970) sugieren la presencia de dos etapas metamórficas sucesivas, hecho confirmado por LÓPEZ RUIZ et al. (1975), estando la edad de la primera indeterminada entre hercínica temprana como suponen PEINADO (1973), FUSTER et al. (1974), LÓPEZ RUIZ et al. (1975), o anterior a este proceso como suponen los autores previamente citados.

En cuanto a la correlación de estas facies con otras formaciones del Macizo Hespérico, es de notar su semejanza con algunas de las facies que constituyen la alineación metamórfica de Badajoz-Azuaga, BARD (1967), DELGADO (1971), VEGAS (1971), CAPDEVILA et al. (1972), MUÑOZ et al. (1974), CHACÓN (1974). De su comparación con la formación porfiroide "Ollo de Sapo", el único factor común entre ambas es el composicional, basándose en

los datos de PARGA et al. (1964), CAPDEVILA (1969) NAVIDAD (1975). Las dos formaciones citadas son entre sí equivalentes para algunos autores de los citados, mientras que para otros, serían de edad diferente, en ambos casos infracámbrica.

Por lo que respecta a los neises aquí tratados, hay que tener en cuenta su asociación, bastante general, con potentes niveles carbonatados, cuya edad es difícil de establecer dada la falta de elementos, tanto faunísticos como litológicos característicos. Sin embargo, existe la posibilidad de que estos niveles sean equivalentes a los del Cámbrico Inferior, o bien que estos niveles carbonatados con los que las facies máficas se asocian, constituyan una entidad propia e independiente del resto de las formaciones carbonatadas al Cámbrico Inferior, en cuyo caso, habría que considerarlas como incluidas dentro de la serie neísica estudiada.

AGRADECIMIENTOS.—Los autores agradecen al Prof. J. M.<sup>a</sup> FUSTER, la crítica y corrección del manuscrito, así como a F. BELLIDO y al Dr. J. L. BRANDLE la ayuda prestada en los cálculos químicos. Queremos también agradecer a G. SEGOVIA, J. L. CASASECA, V. CALLEJA, M. E. CERRAJERO, y J. SÁNCHEZ su colaboración en la confección de este manuscrito.

#### BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A. y BELLIDO, F. (1976): *Geochemical features of the metamorphism in the Sistema Central (Spain)*. Chem. Geol., 17, 281-293.
- BARBERI, F.; INNOCENTI, F. y RICCI, C. A. (1971): *La Toscana meridionale. II. Magmatismo*. Rend. Soc. Ital. Min. Petr., 27, 169-210.
- BARD, J. P. (1967): *Granites écrasés et orthogneiss "Ollo de Sapo" à disthène dans la bande métamorphique de Badajoz-Azuaga (Badajoz, Espagne) et le problème d'un socle briovérien dans le sud de l'Espagne*. C. R. Acad. Sc. Paris, 265, 1875-1878.
- CAPDEVILA, R. (1969): *Le métamorphisme régional progressif et les granites dans le segment Hercynien de Galice Nord-Orientales (NW de l'Espagne)*. Thèses Fac. Sci. Montpellier.
- CAPDEVILA, R.; MATTE, P. H. y PAREDES, J. (1971): *La nature du Précambrien et ses relations avec le Paléozoïque dans la Sierra Morena Centrale (Sud de l'Espagne)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 273, 1359-1362.
- CARANDELL, J. (1914): *Las calizas cristalinas del Guadarrama*. Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol., 8, 1-69.
- CHACÓN, J. (1974): *Metamorfismo dinámico en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba: los neises milonitas de Higuera de Llerena (prov. de Badajoz)*. Bol. Geol. Miner., 86, pp. 6, 48, 60.
- CHAMLEY, H. (1971): *Recherches sur la sédimentation argileuse méditerranéenne*. Sciences Géologiques, Mem. 35.
- CHAO, C. C.T. y FLEISCHER, M. (1960): *Abundance of zirconium in igneous rocks*. Rep. Int. Geol. Cong. XXI, 1, 106-131.

- CURRIE, K. L. (1974): *A note on the calibration of the Garnet-Cordierite, Geothermometer and Geobarometer*. Contr. Min. and Petr., 44, 35-44.
- DAVOINE, P. (1968): *Correlations chimiques entre leptynites, rhyolites, dacites, arkoses*. Doc. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon, 28.
- DELGADO QUESADA, M. (1971): *Esquema geológico de la hoja n.º 878 de Azuaga (Badajoz)*. Bol. Geol. Miner., 82 (3/4), 61-70.
- DEN TEX, E. y FLOOR, P. (1971): *Synopsis of the Geology of western Galicia*. In "Hist. Struc du Golf de Gasc." Publ. Inst. Fr. du Petr., 1 y 3; 1-14.
- DUDEK, A. y SUK, M. (1964): *Zur geologischen Entwicklung des Moldanubikums*. Ber. a. Geol. Fes. D.D.R., 10-2, 147-161.
- FONTEILLES, M. y GUITARD, G. (1971): *Disthène relique et disthène hystérogène dans les Terrains Métamorphiques des Pyrénées Orientales, franco-espagnoles*. C. R. Acad. Sc. Paris, 272, 361-363.
- FUSTER, J. M.; APARICIO, A.; CASQUET, C.; GARCÍA CACHO, L.; MORA, A. y PEINADO, M. (1974): *Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español*. Bol. Geol. y Min., 85 (5), 595-600.
- GUITARD, G. (1970): *Le métamorphisme hercynien mesozonal et les gneiss ocellés du massif du Canigou. (Pyrénées Orientales)*. Mem. B.R.G.M., 63, 1-311.
- HENÁN REGUERA, F. (1970): *Estudio de las relaciones granito gneis y de la intensidad del metamorfismo en el Sector del Cerro del Caloco (Prov. Segovia)*. Tesis Licenciatura, Univ. Complutense.
- HOLDAWAY, M. J. (1971): *Stability of andalusite and the aluminium silicate phasèdiagram*. Am. J. Sci., 271, 57-131.
- LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A. y GARCÍA CACHO, L. (1975): *El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama - Sistema Central Español*. Mem. I.G.M.E., 86, 1-127.
- MARTÍNEZ GARCÍA, E. y CORRETGÉ, L. G. (1970): *Nota sobre la serie metamórfica de Porto-Villa Vieja (Zamora-Orense)*. Stvd. Geol., 1, 47-58. Salamanca.
- MUÑOZ, M. y VEGAS, R. (1974): *Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba*. Bol. Geol. Miner., 85 (4), 450-463.
- NAVIDAD, M. (1975): *Caracterización petrológica de los neises glandulares del macizo de Hiendelancina (Guadalajara) (Guadarrama Oriental)*. Est. Geol., 31, 343-350.
- NOCKOLDS, S. R. (1954): *Average chemical compositions of some igneous rocks*. Geol. Soc. Amer. Bull., 65, 1007-1032.
- PARGA PONDAL, I.; MATTE, P. y CAPDEVILA, R. (1964): *Introduction a la geologie de "l'Ollo de Sapo". Formation porphyroïde antesilurienne du nord ouest de l'Espagne*. Not. Com. I.G.M.E., 76, 119-154.
- PEINADO, M. (1973): *Evolución metamórfica en el macizo de El Escorial-Villa del Prado (Sistema Central Español)*. Tesis Doct. Univ. Complutense, 199 pp.
- PETTIJOHN, J.; POTTER, P. G. y SIEVER (1972): *Sand and Sandstone*. Springer Verlag Belin, 618 pp.
- S. MIGUEL, M.; GARCÍA FIGUEROLA, L. C. y DE PEDRO (1960): *Explicación de la Hoja n.º 532. Las Navas del Marqués (Avila, Segovia, Madrid)*. I.G.M.E..
- TARNEY, J. (1975): *Geochemistry of Archaean High-grade gneisses with implications as to the Origin and Evolution of The Precambrian Crust*. In "The Early History of The Earth". Windley, Wiley.

- TAYLOR, S. R. (1965): *The application of trace element data of problems in petrology*. Physics and chemistry of the earth, 6, 133-214.
- TAYLOR, S. R.; EWART, A. y CAPP, A. C. (1968): *Leucogranites and rhyolites: Trace element evidence for fractional crystallization and partial melting*. Litos, 1 (2), 179-187.
- VEGAS, R. (1971): *Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena Occidental y las Sierras del N de la provincia de Cáceres (Extremadura española)*. Bol. Geol. Min., 82 (3/4), 351-358.
- VOGEL, D. E. (1969): *Precambrian weathering in Acid Metavolcanic rocks from the superior Province, Vellebon Township, South-Central Québec*. Can. J. Earth Sci., 12 (12), 2080-2085.
- WEDEPHOL (1969): *Handbook of Geochemistry*. Springer-Verlag New York.
- WINKLER, H. G. F. (1975): *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*, 4th edition. Springer-Verlag. New York.