



# Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía

IV REUNION CIENTIFICA  
de la Sociedad Española de Mineralogía  
Granada, 6-8 Abril 1983

Editora: P. Fenoll Hach-Alí



Volumen 7, 1983

Publicado por la Sociedad Española de Mineralogía  
y con el patrocinio del Instituto Geológico y Minero de España

Alenza-1 — MADRID-3

# Sociedad Española de Mineralogía

## Junta Directiva para el bienio 1984-85

- Presidente:* EMILIO DEL VALLE MENENDEZ  
*Vicepresidente:* PURIFICACION FENOLL HACH-ALI  
*Tesorero:* GONZALO CORTIÑAS BRAVO  
*Vicesecretario:* A. JESUS TALABAN GARCIA  
*Secretario:* JAVIER GARCIA GUINEA  
*Vocales:* RAFAEL ARANA CASTILLO  
MANUEL CARAMES LORITE  
PILAR GUILLEN ALONSO  
FRANCISCO HERRERA ORTIZ  
FRANCISCO LOPEZ AGUAYO  
NICOLAS MACIAS FARACO  
JESUS MIÑANA SAINZ  
JOSE ORTIZ CORRIPIO  
FRANCISCO VELASCO ROLDAN  
FERNANDO VILLEGAS HERRERO

## Comité de Redacción 1982-84

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| R. ARANA CASTILLO     | S. LEGUEY JIMENEZ    |
| J. L. BRIANSO PENALVA | J. LINARES GONZALEZ  |
| J. A. CAMPA VIÑETA    | J. MARTIN-POZAS      |
| P. FENOLL HACH-ALI    | M. MUÑOZ SANCHEZ     |
| E. GALAN HUERTOS      | M. RODRIGUEZ GALLEGO |

## Director responsable del Boletín

PURIFICACION FENOLL HACH-ALI

## INDICE DEL VOLUMEN 7

	Pág.
RODRIGUEZ GALLEGO, M.: Las imperfecciones de los minerales. ... ..	1
RODRIGUEZ CLEMENTE, R. Y VEINTEMILLAS VERDAGUER, S.: Crecimiento cristalino en el punto de ebullición. ... ..	13
MORILLO, E.; PEREZ RODRIGUEZ, J.L. y HERMOSIN, M.C.: Estudio del complejo interlamilar vermiculita-clordimerform. ... ..	25
COZAR, J.S.: Contribución al conocimiento de la naturaleza, génesis e identificación de las inclusiones presentes en los rubíes sintéticos de fusión Verneuil y de melt-fluxión Chatham y Kashan. ... ..	31
HOYOS, M.A.; CASAS, J.; MARTIN DE VIDALES, J.L. y GUIJARRO, J.: Características cristalquímicas de la hornblenda del volcán de Valverde (Ciudad Real). ...	37
ORTIZ SILLA, R.; JAEN GARCIA, M. y ARANA CASTILLO, R.: Minerales de la arcilla asociados a afloramientos béticos de metabasitas en la Sierra del Puerto y Santomera (Murcia). ... ..	41
POZO RODRIGUEZ, M. y CARAMES LORITE, M.: Sobre la presencia de minerales fibrosos de la arcilla en el sector Central de la Cuenca del Duero (Facies Cuesta)....	51
JUSTO ERBEZ, A.; PEREZ RODRIGUEZ, J.L. y MAQUEDA, C.: Estudio mineralógico de una vermiculita de Ojén (Málaga). ... ..	59
LOPEZ GALINDO, A.; SEBASTIAN PARDO, E.; SANCHEZ VIÑAS, M. y ORTEGA HUERTAS, M.: Natrojarosita en las hemipelagitas de la Formación Fardes (Cretáceo, Cordilleras Béticas). ... ..	69
GONZALEZ LOPEZ, J.M.; GONZALEZ MARTINEZ, J.; FERNANDEZ NIETO, C. y PARDO TIRAPU, G.: Sedimentación carbonatada en la Laguna de Gallocanta (Provincia de Zaragoza y Teruel). ... ..	81
ARANA CASTILLO, R. y PEREZ SIRVENT, C.: Características mineralógicas de las baritas de San Ginés de la Jara (Murcia). ... ..	89
LOPEZ AGUAYO, F.; HUESO, R. y RODRIGUEZ GORDILLO, J.: Procesos de alteración supergénica en Sierra Almagrera (Almería): Los sulfatos solubles ... ..	101
BESTEIRO, J.; OSACAR, M.C. y OSACAR, C.: Color en el cinabrio. ... ..	111
GARCIA GIMENEZ, R.; GIL SANCHEZ, I.; GARCIA GUINEA, J. y LEGUEY JIMENEZ, S.: Mineralogía de las maderas silicificadas de Palmaces de Jadraque (Guadalajara). ... ..	115
VELILLA, N. y FENOLL HACH-ALI, P.: Granates de tipo almandino-grosularia en rocas metacarbonatadas del Complejo de Sierra Nevada (Cordillera Bética). ... ..	123

	Pág.
SEBASTIAN PARDO, E.M.; RODRIGUEZ GALLEGO, M. y PEREZ LORENTE, F.: Mineralogía y génesis de la haloisita de Haro (La Rioja). ... ..	133
GARCIA GUINEA, J.; MEDINA NUÑEZ, J.A.; GARCIA GIMENEZ, R. y LEGUEY, S.: Características de los apatitos ubicados en los materiales metamórficos del Guadarrama oriental (Madrid). ... ..	139
DE BRU DE SALA, E. y ALVAREZ PEREZ, A.: Estudio geoquímico de los "skarns" calco-silicatados del macizo Montseny-Guillerías (Cordillera Prelitoral Catalana)....	149
GUIJARRO GALIANO, J.; MONSEUR, G.; MARTIN DE VIDALES, J. y MARTIN RUBI, J.: Estudio de la evolución químico-mineralógica del plutón adamellítico de Trujillo (Cáceres, España). ... ..	155
GOMEZ VILLACIEROS, R.; HERNAN, L.; MORALES, J. y TIRADO, J.L.: Estudio de la descomposición térmica de la manganita - $\gamma$ - MnOOH y lepidocrocita - $\gamma$ - FeOOH - mediante calorimetría diferencial de barrido (D.S.C.). ... ..	169
CORNEJO J. y HERMOSIN, M.C.: Evolución del "óxido de hierro hidratado" coloidal mediante calentamiento. ... ..	177
CORNEJO, J.; DE ARAMBARRI, P. y HERMOSIN, M.C.: Efecto del tiempo de calentamiento en vacío en la evolución de la porosidad de la goethita. ... ..	183
GIL P.P.; PESQUERA, A. y VELASCO, F.: Estado estructural y geotermometría de los feldespatos alcalinos del granito de Aya en el sector de Endara (Navarra). ... ..	189
BALCAZAR, J.L.; GERONIMO, A.; DE ANDRES, A.: Reconocimiento mine- ralógico de cerámicas precolombinas ... ..	195
BUSTILLO, M.A.; SORIANO, J.; BARBA, C. y RIESGO, L.: Aridos reactivos. Acción de hidróxidos alcalinos sobre minerales opalinos. ... ..	199
GONZALEZ QUESADA, R.; MESA, J.M.; SANCHEZ SOTO, P.J. y GARCIA RA- MOS, G.: Mineralogía de las pizarras carboníferas de interés cerámico de Sierra Morena occidental. ... ..	211
MAQUEDA, C.; EUGENIO, M.P.; PEREZ RODRIGUEZ, J.L. y JUSTO, A.: Minerales utilizados como pigmentos y soportes en obras de arte. ... ..	225
LOPEZ GOMEZ, F.A.; DEL VALLE, A.; REAL, L.; FERNANDEZ GARCIA, D. y LOPEZ AGUAYO, F.: Dispositivo piloto para deslamación mineral y su aplicación a la concentración pro flotación de minerales oxidados de plomo y cinc en Reo- cín. ... ..	233
LOPEZ GARCIA, J.A. y LUNAR HERNANDEZ, R.: Estudio mineralógico textural y geoquímico de la zona de alteración del estrecho de San Ginés (Sierra de Carta- gena, Murcia). ... ..	243
ARANA CASTILLO, R. y LOPEZ FENOY, V.: Características mineralógicas del yacimiento de antimonita de San Pancraccio (Ceuta). ... ..	249
MATA, J.M.; PLANA, F. y TRAVERIA, A.: Estudio mineralógico del yacimiento de fosfatos de Gava. ... ..	257
VENIALE, F.: Carbonati in sedimenti del Mare Adriatico. ... ..	259
LOREDO PEREZ, J.; GARCIA IGLESIAS, J.: Fluorita obtenida por síntesis hidroter- mal a baja temperatura. ... ..	261

## CARACTERISTICAS DE LOS APATITOS UBICADOS EN LOS MATERIALES METAMORFICOS DEL GUADARRAMA ORIENTAL (MADRID)

GARCIA GUINEA, J.; MEDINA NUÑEZ, J.A.;  
GARCIA GIMENEZ, R. y LEGUEY, S.

Departamento de Geología y Geoquímica.  
Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

**ABSTRACT.**— The apatites from several Guadarrama Oriental places have been located. They have the common factor of being found into discordante hydrothermal veins with host-structures, on one hand in pegmatites and on other hand in segregation veins with aluminosilicates.

The results of the analyses are of two types: manganohydroxiapatites and manganofluorapatites. Both having corrosion figures that show other deuteric processes after their formation, probably synchronically to sphene deposition.

The flow of hydrothermal fluids between the metapelitic and gneissic host-rocks, has produced a phosphorous, titanium and manganese enrichment (because the abundant mangan-ilmenites detected by S.E.M.-EDAX) and afterwards a manganonapatites and sphenes deposition during the several pulses of pneumatolitic-hydrothermal processes above mentioned.

**RESUMEN.**— Se localizan apatitos de diversos tipos en diferentes puntos del Guadarrama Oriental, todos ellos con el factor común de encontrarse en venas hidrotermales discordantes con la estructuras encajantes relacionadas con materiales competentes, en unos casos pegmatitas y en otros, venas de segregación con silicoaluminatos.

Los análisis muestran que se trata de manganohidroxiapatitos y manganofluorapatitos con figuras de corrosión que delatan otros procesos deutéricos posteriores a su formación, probablemente sincrónicos a la deposición de esfena.

La circulación de fluidos hidrotermales entre las metapelitas y gneises encajantes, determina su enriquecimiento en fósforo, titanio y manganeso (éstos, a partir de las abundantes manganoilmenitas que se detectaron por M.E.B.-EDAX) y posterior deposición de manganopapatitos y esfenas en varias pulsaciones de los mismos procesos pneumatolíticos-hidrotermales.

### Antecedentes y encuadre geológico

La existencia de numerosos indicios de apatitos en los materiales metamórficos al S.E. del macizo de Somosierra, supone una novedad des-

de el punto de vista mineralógico, de aquí, el interés en realizar un estudio detallado de los mismos, tratando de correlacionar su génesis con los diferentes procesos acaecidos en el transcurso de la evolución geológica.

Los fenómenos relativos al metamorfismo han sido estudiados por WAARD (1950), HEIM (1952), APARICIO y GARCIA CACHO (1970), FUSTER y GARCIA CACHO (1973) y LOPEZ RUIZ et al. (1975), donde establecen las diferentes unidades del metamorfismo. Paralelamente se han analizado aspectos tectónicos y estratigráficos (SOERS, 1972; SANCHEZ DE LA FUENTE et al., (1971); FERNANDEZ CASALS (1974, 1976, 1979), etc.

En la actualidad se profundiza en temas de petrogénesis del metamorfismo (ARENAS, 1979, ARENAS et al. 1981), relación de grandes fracturas con aspectos particulares del metamorfismo (accidente dúctil Berzosa con inversión del metamorfismo, CAPOTE et al., 1982), se tratan algunas litologías concretas, por ejemplo las anfíbolitas de la región de Buitrago del Lozoya (CASQUET y FERNANDEZ CASALS, 1982), así como geotermómetros y geobarómetros de este área (APARICIO y GARCIA CACHO, 1982).

Al estudiar algunos de estos aspectos, se comprueba la existencia de una serie de episodios hidrotermales póstumos que han afectado a todo el Guadarrama Oriental, por ejemplo, fenómenos de uralitización, esfenización y removilización de feldespatos en pegmatitas de Somosierra, cloritización de turmalinas y formación de bolsadas de sustitución en pegmatitas del Cerro de San Pedro, etc... Entre estos procesos destacan por su interés las apatizaciones que se describen en el presente trabajo. Como consecuencia de las variedades de apatitos existentes en función de las sustituciones en los grupos fosfatos y en los elementos halóge-

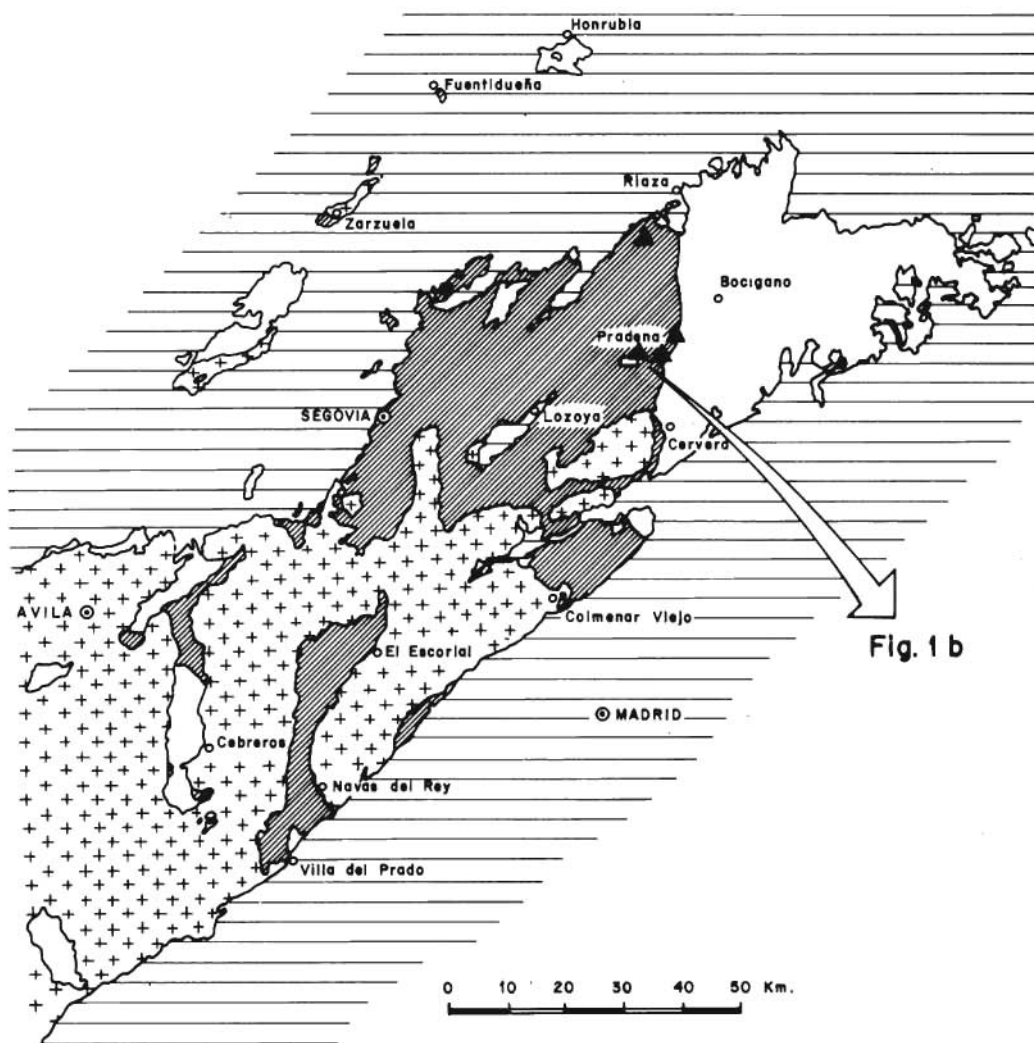


Fig. 1 a.- Croquis de situación de los puntos con Apatito. El área rayada es la zona de la Sillimanita según LOPEZ RUIZ et al., 1975.

nos, parece necesario estudiar en detalle las características de los mismos.

Estos procesos hidrotermales de apatización, son fenómenos claramente postmetamórficos y afectan a las series metapelíticas (Montejo de la Sierra, Madrid, El Cardoso Guadalajara) y gneísicas (Gandullas, Madrid), ambas dentro de la zona de la sillimanita del Guadarrama Oriental (Fig. 1-a).

Aunque se investigaron diversos puntos con presencia de apatitos en venas de segregación, se seleccionaron solamente dos en base a su paragénesis y tamaño de cristales que permitiesen el estudio de sus propiedades fisicoquími-

cas:

a) *Gandullas, Madrid.*

Se encuentran los apatitos en pegmatitas discordantes en los gneises del área de Buitrago, en las proximidades del centro de telecomunicaciones, a menos de 1 km del Cerro Piñuecar. Para esta zona, son interesantes los trabajos de FERNANDEZ CASALS (1974, 1976, 1979), sobre tectónica de los gneises, de CASQUET y FERNANDEZ CASALS (1982) sobre las anfibolitas de la región de Buitrago del Lozoya, y el antes citado de CAPOTE et al. (1982) sobre los grandes complejos estructurales del Sistema

Los cuarzos se presentan alotriomorfos, heterocristalinos y biáxicos, los feldespatos peritéticos donde la parte más abundante es microclina con  $K_2O/Na_2O = 3.2$  (datos según EDAX) respecto del total y las lamelas de exsolución que aparecen en cantidades minoritarias son plagioclasas polisintéticas de tipo oligoclasa, (analizada por EDAX). Los granos y chorlos están bastante zonados y la sillimanita de tipo muy fibroso presenta un alto contenido en óxidos de hierro y se ubica preferentemente en las fisuras, en donde al abrirse para dar paso a los fluidos hidrotermales tapiza ambos lados de las vénulas de cuarzo-apatito que parecen ser engasosamente anteriores a la sillimanita (Foto 1).

En ocasiones, dentro del mismo cortejo pegmatítico aparecen pequeñas venas apíticas con texturas panalotriomorfas heterocristalinas-granudas sin orientaciones que incluyen proporciones equivalentes de cuarzos biáxicos y microclinas sericitizadas y oligoclasas y andesinas en maclas polisintéticas. La moscovita, biotitas cloritizadas con circones y sillimanita son minoritarias y los apatitos y turmalinas accesorios.

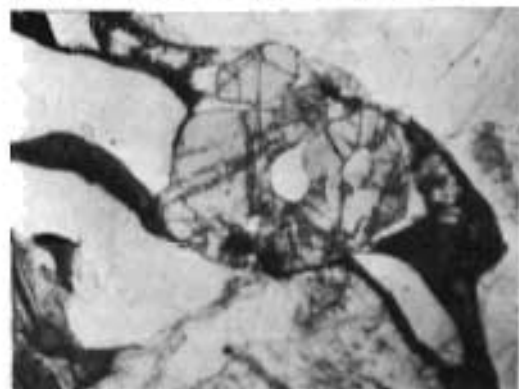


Foto 1.— Apatito fracturado cortando a las fibras de sillimanita. Pegmatitas de Gandullas. Nícoles paralelos.

En el área de Montejo de la Sierra y El Cardoso, los apatitos muestran una particular tendencia a emplazarse en las venas de segregación asociadas a las metapelitas correspondientes al límite entre las zonas de la estauroлита y la sillimanita, donde se localiza el mencionado accidente dúctil sin- $F_2$  Berzosa. Estos fenómenos afectan por igual a las dos subzonas, la del labio occidental de la distena y a la del labio oriental de la andalucita.

Los materiales encajantes son esquistos con estauroлита y granate y gran cantidad de illita, presentan circones e ilmenitas manganesíferas como accesorios. La gran cantidad de clorita

que contienen es retrógada a partir de biotitas de la paragénesis metamórfica.

Los apatitos se desarrollan preferentemente en las proximidades de los silicoaluminatos, (cortando fundamentalmente sillimanita y andalucita), que deformadas por episodios tectónicos previos son más fácilmente penetrables por los fluidos hidrotermales.

#### Características de los apatitos

Las observaciones de campo ponen de manifiesto que los apatitos de Gandullas llegan a tener los 2 cm como máximo, son de diversos tonos verdes, translúcidos a opacos, bastante fracturados en general y relativamente escasos. Se presentan en formas tabulares, asociados a feldespatos, y contienen unos puntos blancos que son restos de los mismos.

Los que aparecen en las pegmatitas de otros puntos del área, por ejemplo en el río Cocinillas, Somosierra, etc., son de características muy similares, pero más pequeños, pues rara vez superan los dos o tres milímetros.

Los apatitos de Montejo y El Cardoso aparecen en tipos más variados:

— En la banda de la distena se encuentran de hasta 3 cm, amarillos, transparentes, fracturados, redondeados y bastante escasos (Foto 2, cortando a las fibras de sillimanita).

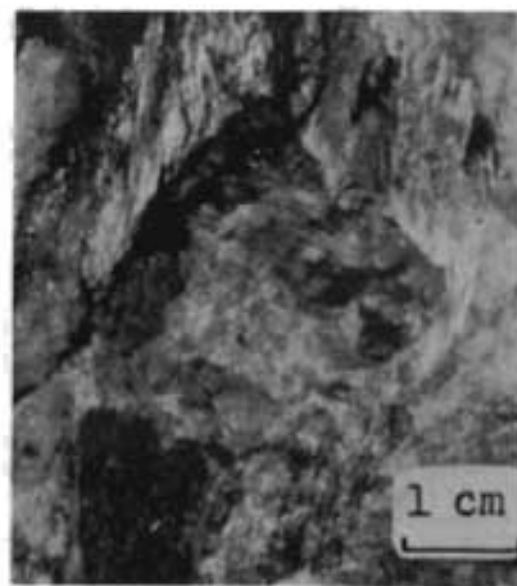


Foto 2.— Apatito cortando a las fibras de Sillimanita. Subzona de la distena. Montejo de la Sierra. Madrid.

— En las venas de segregación de andalucita, se encuentran de hasta 1 cm, blancos, opacos, fracturados, ameboides y poco frecuentes cortando también a las andalucitas.

En el microscopio los apatitos de Gandullas aparecen fisurados, rodeados por las fibras de sillimanita, que tapizan las paredes de la grieta. Con frecuencia los apatitos muestran forma ameboides con rellenos de cuarzo, (Foto 1), mientras que en otras ocasiones pseudomorfitizan parcial o totalmente a los feldespatos, mediante una previa disolución de los feldespatos por los fluidos hidrotermales y una posterior deposición de apatitos en los huecos.

Los apatitos del área de Montejo y El Cardoso, se localizan preferentemente cortando a las fibras de sillimanita (Foto 2) y a los cristales de andalucita, coexistiendo con importantes fenómenos de moscovitización.

Es posible observar restos de las transformaciones de biotita a clorita, y de clorita a moscovita con segregación de óxidos de hierro, así como la presencia de pequeñas venas de cuarzo con esfena que cortan al conjunto de minerales anteriormente citados. (Foto 3).



Foto 2. - Cloritización de biotitas, exhalaciones de óxidos de hierro y vena posterior con esfena. N.C. x 100.

Asimismo, es significativa la existencia de diminutos agregados tabulares de diáspora (Foto 4), que se intercalan con la moscovita entre las grietas de la andalucita, y que se reconocen mediante M.E.B.

Los apatitos de la zona de Montejo muestran con frecuencia zonaciones y fenómenos de corrosión, con cavidades irregulares que se desarrollan paralelas al eje senario (Foto 5), lo que juntamente con la zonación de los chorlos denuncia que los procesos hidrotermales son dis-

continuos en tiempo, intensidad y/o fundamentalmente geoquímico.

#### Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades físicas, índices de refracción, densidad y parámetros de la celdilla elemental, medidas en muestras seleccionadas figuran en la tabla 1. Estos datos corresponden aproximadamente, en el caso de Gandullas con un hidroxiapatito y en el caso de Montejo con un fluorapatito. Las líneas de difracción también tienen una correspondencia similar, para ambos casos con los tipos citados (Tabla 2).

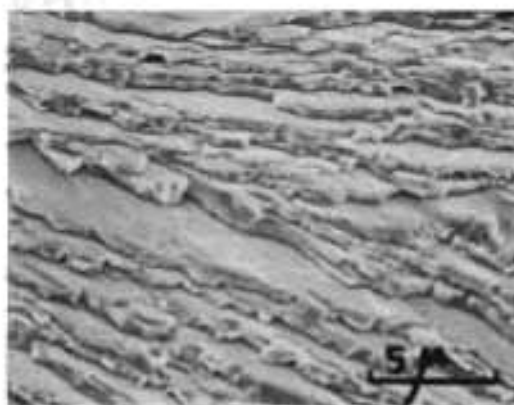


Foto 4. - Dispersión de las fibras de andalucita en venas de segregación de "El Cardoso".

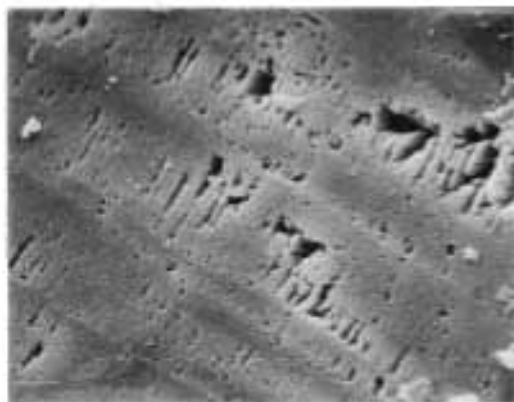


Foto 5. - Zonaciones y poros de corrosión en un fluorapatito. Subzona de la distal Montejo de la Sierra Madre.

Los apatitos se han analizado químicamente, por vía húmeda y por el sistema EDAX. Los resultados de estos análisis son los siguientes:



	Grandullas	Montejo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40,13	38,88
CaO	57,10	56,97
MnO	1,14	0,37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,72	0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	1,62
H <sub>2</sub> O	0,91	2,01

Por ambos sistemas de análisis no ha sido posible la determinación del contenido en fluor, por lo que se recurrió a la espectroscopía de infrarrojo para su caracterización. Se tomaron cristales puros de cada una de las zonas y previa pulverización se hizo una pastilla de BrK cuyos espectros se representan en la Fig. 2.

En el espectro del apatito de Gandullas aparecen una banda de absorción a 3540 cm<sup>-1</sup> correspondiente a los enlaces O-H. Según GONZALEZ y SANTOS (1978) existe una desviación de la posición de esta banda con respecto a la de un hidroxapatito puro, pues en éste, la banda está situada en 3572 cm<sup>-1</sup>.

Según estos autores, esta desviación puede

TABLA I

	PROPIEDADES FISICAS DE LOS APATITOS	
	MONTEJO	GANDULLAS
a <sub>o</sub>	9,409 (±1) Å	9,427 (±1) Å
c <sub>o</sub>	6,920 (±1) Å	6,859 (±1) Å
Peso espec.	3,15	3,16
n <sub>w</sub>	1,661	1,644
n <sub>r</sub>	1,657	1,640

ser debida a dos causas, la presencia de fluor como sustituyente de los OH y enlazado a estos por un puente de hidrógeno O-H...F, y/o a la formación de pirofosfatos P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>4-. La presencia de pirofosfato en un hidroxapatito se manifiesta en el espectro I.R. por una banda de absorción situada a 715 cm<sup>-1</sup> y otra a 670 cm<sup>-1</sup>, que corresponden a los enlaces P-O-P del pirofosfato.

En este caso, aparece una banda en 740 cm<sup>-1</sup> y otra a 670 cm<sup>-1</sup>, que según los autores citados, este corrimiento de la banda a 740

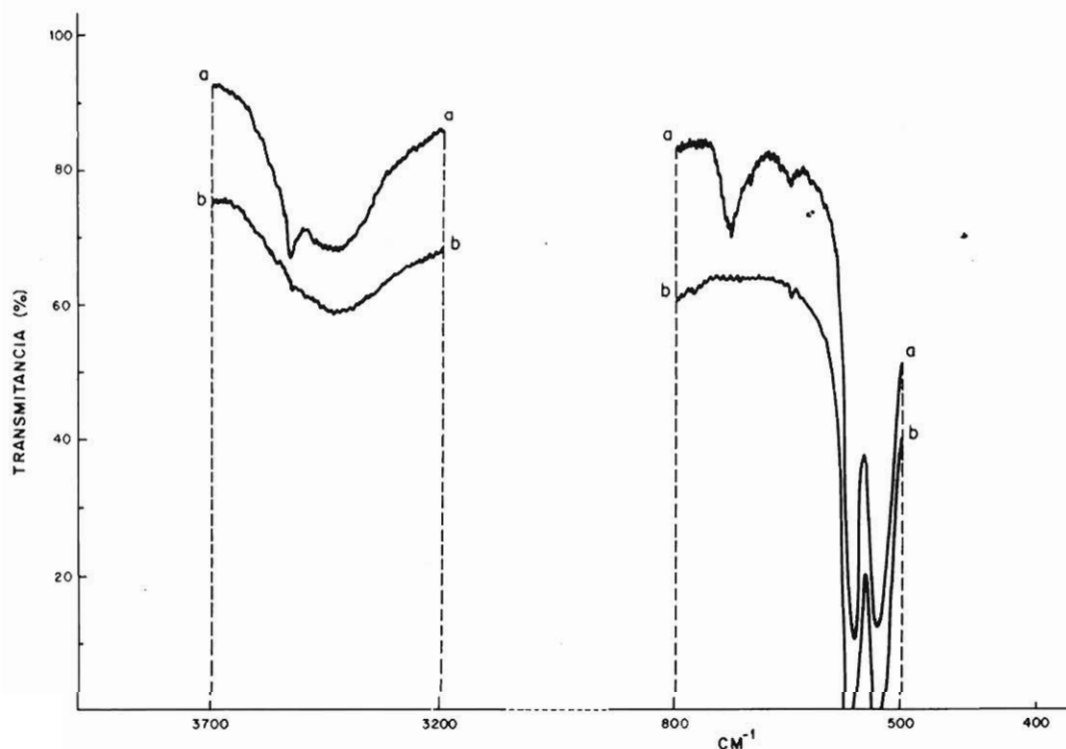
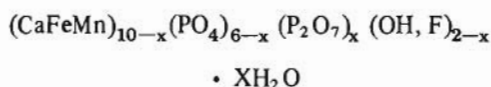


Fig. 2.— Espectros I.R. de apatitos. (a).— Gandullas; (b).— Montejo.

cm<sup>-1</sup> es consecuencia así mismo de la presencia de flúor en la estructura.

De esta forma, se puede concluir que el citado apatito de Gandullas es un hidroxapatito con flúor, en el que hay iones pirofosfato incluidos en la estructura. Además, parte del Ca<sup>2+</sup> está sustituido por Mn y por Fe según se deduce del análisis químico: una fórmula general del mismo podría ser:



En el apatito de Montejo se observa una muy débil banda de absorción correspondiente a los OH situados en 3540 cm<sup>-1</sup>, lo cual indica que estos grupos están presentes en la estructura en poca cantidad y su desviación será debida a la presencia de flúor.

De igual forma, las bandas a 670 y 715 cm<sup>-1</sup> del pirofosfato tampoco aparecen, ni las correspondientes a los grupos CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> que se presentan en el espectro en la zona comprendida entre 1200 y 1500 cm<sup>-1</sup>.

Según esto, cabe esperar que se trate de un fluorapatito en el que los grupos OH están casi totalmente sustituidos por F<sup>-</sup>.

TABLA II

Diagramas de Polvo de los apatitos de Gandullas y Montejo con otros de la A.S.T.M.

Las segundas columnas corresponden a las intensidades, expresándose las cifras en tantos por ciento.

Apatito de Gandullas	Hidroxil Apatito 9-432	Apatito de Montejo	Fluor Apatito 15-876
4.05 10	4.07 10	4.09 5	4.05 8
3.86 10	3.88 10	3.91 5	3.87 8
3.43 50	3.51 2		3.49 1
3.34 -	3.44 40	3.46 40	3.44 40
3.16 5	3.17 10	3.17 10	3.17 14
3.06 10	3.08 10	3.08 8	3.07 18
2.80 100	2.81 100	2.82 100	2.80 100
2.77 50	2.78 60	2.78 50	2.77 55
2.70 40	2.72 60		2.70 60
2.62 20	2.63 75	2.61 20	2.62 30
2.51 5	2.53 6	2.53 4	2.52 6
	2.29 8	2.29 5	2.29 8
2.26 30	2.26 20	2.26 30	2.25 20
2.22 20	2.23 2	2.22 3	2.22 4
2.19 5	2.15 10	2.15 5	2.14 6
2.11 8	2.13 4		2.13 4
	2.06 8	2.06 4	2.06 6
2.03 5	2.04 2		2.03 2
2.00 2	2.00 6	2.00 4	2.00 4
1.97 -	1.94 30	1.95 30	1.94 25
1.91 25	1.89 16	1.89 20	1.89 14
1.86 15	1.87 6	1.87 5	1.86 4
1.83 5	1.84 40	1.85 30	1.84 30
1.82 25	1.81 20	1.81 15	1.80 16
	1.78 12		1.77 14
1.75 10	1.75 16	1.75 15	1.75 14
1.73 10	1.72 20	1.72 30	1.72 16
1.70 8	1.68 4		1.68 1
	1.64 10	1.64 5	1.64 6
1.62 5	1.61 8	1.61 8	1.61 4
1.59 2	1.59 4	1.59 2	1.58 2

Las bajas birrefringencias que muestran (0,004) se corresponden con los valores dados por McCONNEL (1973) para apatitos sin susti-

tuciones CO<sub>3</sub>, lo que está de acuerdo con los análisis químicos e infrarrojos.

Los índices de refracción del apatito de Montejo, coinciden exactamente con los fluorapatitos manganesíferos de Varutrasak (Suecia), (PALACHE et al., 1951), variando ligeramente los parámetros de celdilla.

### Discusión de resultados y conclusiones

Los procesos de cristalización de apatito son relativamente abundantes en todo el Guadarrama Oriental. Se forman mediante fluidos pneumatolítico-hidrotermales que afectan preferentemente a las litologías más competentes constituida por venas de segregación de cuarzo con silicoaluminatos y pegmatitas en gneisses. Están relacionados con la denominada fase tectónica F<sub>3</sub> propuesta por CAPOTE et al., (1982).

En estos procesos son muy interesantes las cristalizaciones de apatitos y las moscovitizaciones de las masas de silicoaluminatos.

Estos fenómenos van acompañados de modificaciones de feldespatos hacia términos más sódicos.

Paralelamente con la formación de moscovitas a partir de la andalucita se puede observar una secuencia de transformaciones en filosilicatos donde se origina clorita a partir de biotitas y las cloritas a su vez se transforman en moscovitas con segregación de hidróxidos de hierro. Esta moscovitización generalizada sería cogenética con la formación de diáspora, (GARCIA GUINEA et al., 1983).

La presencia de diáspora se puede relacionar con un proceso semejante al de la formación de hidróxidos anteriormente descrito pero más probablemente sería a partir de andalucita.

También resulta interesante la existencia de venas de cuarzo con esfena que afectan a materiales ya hidrotermalizados, siendo por ello posteriores a los mismos. Se pueden considerar formadas en diferentes pulsaciones del mismo proceso pneumatolítico-hidrotermal, ya que estas vénulas con esfena cortan, por lo que son posteriores, a las masas de rocas hidrotermales con apatito. Este hecho se confirma además con las corrosiones observadas, tanto en los apatitos de Gandullas (formas ameboides al microscopio de polarización) como en los de Montejo-El Cardoso (zonados y huecos de corrosión observados con el microscopio electrónico, así como la presencia de radicales de pirofosfato detectada por espectroscopía de I.R.

Los análisis químicos de los apatitos muestran que son diferentes en cuanto a las fases volátiles, así los de Gandullas, son hidroxilados y los de Montejo fluorados, pero en todo caso

TABLA III

*Diagrama blastesis-deformaciones para los minerales encontrados en el área estudiada.*

	PRE-F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	INTERFASE	F <sub>2</sub>	INTERFASE	F <sub>3</sub>	ALTERACION
MOSCOVITA	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
BIOTITA	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
ESTAUROLITA	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
GRANATE	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
PLAGIOCLASA			.....				
ALBITA						.....	
CIANITA			.....				
APATITO						.....	
ANDALUCITA			.....				
ILMENITA		.....	.....				
CLORITA					.....	.....	
RUTILO		.....	.....				
ESFENA						.....	
DIASPORA						.....	

Figura tomada de López Ruiz et al., 1975 Modificada.

se trata de mangano-apatitos.

Hay que recordar que los esquistos encanjantes contienen abundantes ilmenitas manganesíferas, por lo que se puede concluir que el enriquecimiento en fósforo, manganeso y titanio de los fluidos hidrotermales se produce por circulación de estos entre los esquistos infra-yacentes y determina la posterior deposición de manganoapatitos y esfenas en varias pulsaciones de los mismos episodios pneumatolítico-hidrotermales. (GARCIA GUINEA et al., 1983).

Las diferencias en volátiles de los apatitos son difícilmente explicables sin efectuar mayor número de análisis por la sensibilidad y complejidad de los mecanismos genéticos.

En la Tabla 3, se resumen las etapas de cristalización de minerales de acuerdo con las fases tectónicas. Se ha usado como base el diagrama blastesis-deformaciones de LOPEZ RUIS et al., (1975), y se le ha añadido aquellos minerales de tipo hidrotermal incluyéndolos en la denominada fase F<sub>3</sub> por CAPOTE et al., (1982).

## BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A. y GARCIA CACHO, L. (1970).— "Estudio geológico de la zona metamórfica de Honrubia (Sistema Central Español)". Estudios Geol., 26, 297-315.
- APARICIO, A. y GARCIA CACHO, L. (1982).— "Geotermómetros y geobarómetros en el área metamórfica del Sistema Central Español". Boletín Geológico y Minero., 93, 426-435.
- ARENAS MARTIN, R. (1979).— "Petrogénesis de las formaciones metamórficas del sector de Riaza". Tesis de licenciatura. Univ. Complutense de Madrid, 145 pp.
- ARENAS, R.; GONZALEZ LODEIRO, F. y PEINADO, M. (1981).— "La zona de cizalla de Berzona-Riaza en el sector septentrional. Influencia sobre la configuración de las zonas metamórficas". Cuadernos de Lab. Xeoloxico de Laxe., 3, 123-162.
- BARD, J.P.; CAPDEVILLA, R. y MATTE, Ph. (1970).— "Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, metamorphiques et plutoniques des Sierras de Gredos et de Guadarrama (Espagne Centrale)". C.R. Acad. Sci. Paris, 270, 2630-2633.
- BARD, J.P.; CAPDEVILA, R. y MATTE, Ph. (1971).— "Sobre el tipo del metamorfismo regional progresivo hercínico en el Guadarrama".

- ma oriental. (Sistema Central Español)*". Acta Geol. Hispánica, 6, 46-48.
- CAPOTE, R.; CASQUET, C. y FERNANDEZ CASALS, M.J. (1982).— "*Los grandes complejos estructurales del Sistema Central: Modelo de evolución tectonometamórfica*". Rev. R. Acad. C. Exactas, Físicas y Naturales, 76, 313-331.
- CASQUET, C. y FERNANDEZ CASALS, M.J. (1981).— "*Las anfibolitas de la región de Buitrago de Lozoya (Sistema Central Español)*". Actas de la VII Reunión sobre Geología del Oeste peninsular. Madrid.
- FERNANDEZ CASALS, M.J. (1974).— "*Significado geotectónico de la formación de la Morcuera*". Studia Geol., 7, 87-106.
- FERNANDEZ CASALS, M.J. (1976).— "*Estudio meso y microtectónico de la zona de tránsito Paleozoico-metamórfica de Somosierra (Sistema Central Español)*". Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Univ. Complutense de Madrid 305 pp.
- FERNANDEZ CASALS, M.J. (1979).— "*Las deformaciones Hercínicas en Somosierra-Guadarrama (Sistema Central)*". Estudios Geol., 35, 169-191.
- FUSTER, I.M. y GARCIA CACHO, L. (1970).— "*Sobre el metamorfismo regional progresivo en el Guadarrama oriental (Sistema Central Español)*". Estudio Geol., 26, 327-130.
- FUSTER, J.M. y GARCIA CACHO, L. (1971).— "*Discusión sobre el metamorfismo regional del Guadarrama oriental (Sistema Central Español)*". Acta Geol. Hispánica, 5, 123-130.
- GARCIA CACHO, L. (1973).— "*Evolución temporal del metamorfismo y procesos de blastesis sucesiva en el sector oriental del Sistema Central Español*". Tesis doctoral. Fac. Ciencias. Univ. Complutense de Madrid.
- GARCIA GUINEA, J.; MEDINA, J.A. y LEGUEY, S. (1983).— "*Mineralogical characteristics of andalusite from 'El Cardoso' (Guadalajara, Spain)*". (En prensa).
- GONZALEZ DIAZ, P.F. y SANTOS, M. (1978).— "*The hydrogen motion in nonstoichiometric hydroxylapatites*". Journal of Solid State Chemistry., 23, 265-269.
- HEIM, R.C. (1952).— "*Metamorphism in the Sierra de Guadarrama*". Min. Geologisch Inst. Rijks Univ. Utrech. Holland. 66 pp.
- LOPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A. y GARCIA CACHO, L. (1975).— "*El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama*". Memoria del IGME, núm. 86, 127 pp.
- McCONNEL, D. (1973).— "*Apatite-its crystal chemistry, mineralogy, utilization and geologic and biologic occurrence*". Springer-Verlag, Wien. New York, 1073 pp.
- PALACHE, Ch.; BERMAN, H. y FRONDEL, C. (1951).— "*The system of mineralogy*". John Wiley and Sons, Inc. York (Volume II), 1124 pp.
- SANCHEZ DE LA FUENTE, J.; VALLEJO PEREZ DE AYALA, G.; MARTINEZ LOPEZ, R. y BAEZA ROJANO DIAZ, L.J. (1971).— "*la serie metamórfica de Hiendelaencina y su cobertura paleozoica*". I. Congr. Hispano-Luso-Americano de Geología Económica. Sec., 1 435-450.
- SOERS, E. (1972).— "*Stratigraphie et geologie structurale de la partie orientale de la Sierra de Guadarrama*". Studia Geológica, 4, 7-94.
- SOLODOV, N.A. (1959).— "*Certain Regularities of rare elements in sharply zoned granitic pegmatites*". Geochemistry. Ann. Arbor, 4, 388-405.
- WAARD, D. de (1950).— "*Palingenetic structures in augen-gneiss of The Sierra de Guadarrama, Spain*". Bull. Com. Geol. Finlande, 23, 51-66.