

# Las cloritas de los cuerpos pegmatíticos del plutón de La Cabrera (Sistema Central Español)

*The chlorites of the pegmatitic bodies of the La Cabrera pluton (Spanish Central System)*

R.P. Lozano, M. Rodas, (\*), J.F. Barrenechea, (\*), Galindo, C.

Dpto. de Petrología y Geoquímica. Fac. Geología (U.C.M.), 28040 (Madrid).  
 (\*) Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Fac. Geología (U.C.M.), 28040 (Madrid).

## ABSTRACT

*The chlorites included within the pegmatitic bodies of the La Cabrera pluton (Spanish Central System) have been studied in order to establish their characterization, classification and relationship with other minerals. Two different chlorite types have been recognized: a) Fe-Mg chlorites (intermediate terms between clinocllore and chamosite), associated with compositionally complex pegmatites. b) Mg-rich chlorites, whose compositions may range between donbassite-sudoite and sudoite s.s. terms, related with simple pegmatites. This study evidences different chlorite generating processes related with the hydrothermal phenomenon suffered by these pegmatites. Fe-Mg chlorites formation is related with alteration of biotite crystals during late epidotization stages. The origin of Mg-rich chlorites remains uncertain.*

**Key words:** chlorite, pegmatite, Spanish Central System.

Geogaceta, 20 (7) (1996), 1507-1510  
 ISSN: 0213683X

## Introducción

Los minerales del grupo de la clorita se encuentran ampliamente difundidos entre una gran variedad de rocas, tanto metamórficas como ígneas o sedimentarias. Dentro del ámbito granítico una de las formas más comunes de aparición es como resultado de la alteración de otros silicatos con Al, Fe y Mg, como pueden ser anfíboles o biotitas. Esta alteración tiene lugar mediante la acción de fluidos cuyo origen, composición, mecanismos y condiciones de actuación pueden ser muy variables (Quílez *et al.*, 1990; Caballero *et al.*, 1992; Tomos *et al.*, 1993; Quílez, 1994).

Un caso especial lo constituye las cloritas presentes en cuerpos pegmatíticos intragraníticos, especialmente si estas pegmatitas han sufrido procesos hidrotermales posteriores a los propiamente magmáticos (Gonzalez del Tánago *et al.*, 1986)

El presente trabajo se centra en las cloritas que se encuentran en el interior de los cuerpos pegmatíticos enclavados en las inmediaciones de la localidad de Lozoyuela

(Figura 1). Esta población se sitúa en la zona más septentrional del plutón de La Cabrera.

El mencionado plutón constituye la intrusión granítica tardihercínica más oriental del Sistema Central Español (Vialeto *et al.*, 1981). Está formado por granitos biotíticos de grano grueso y leucogranitos muy diferenciados de grano fino. Estos magmas graníticos se emplazan someramente (alrededor de 1.7 Kb) y de forma permisiva mediante procesos de "stopping" magmático (Bellido, 1979).

La presencia de abundantes aplitas y pegmatitas es característica de estos granitos. En estas pegmatitas se puede localizar una gran variedad mineralógica, destacando minerales como clorita y lepidolita (Bellido *et al.*, 1983), prehnita (García Guinea *et al.*, 1982) o clinozoisita, formados todos ellos a partir de la acción de fluidos hidrotermales (Gonzalez del Tánago *et al.*, 1986).

La amplia distribución y la relativa abundancia de minerales del grupo de la clorita dentro de estos cuerpos pegmatíticos

hace muy interesante su caracterización mineralógica, pues puede ofrecernos claves importantes para la mejor comprensión de todos los fenómenos de alteración posteriores a las etapas pegmatíticas s.s.

## Resultados

El estudio se realiza sobre dos tipos diferentes de cuerpos pegmatíticos:

**Tipo A:** Estas pegmatitas se caracterizan por la presencia de clinozoisita, prehnita, laumontita y calcita, que se distribuyen en proporciones variables dependiendo del cuerpo pegmatítico considerado. Dichos cuerpos suelen presentar tamaños centimétricos. Se seleccionan muestras representativas de la transición núcleo pegmatítico - granito encajante (Figura 2,1).

**Tipo B:** Se caracterizan por la ausencia de la mineralógica cálcica que abunda en los cuerpos de tipo A. Estas pegmatitas se presentan a modo de bolsadas de dimensiones métricas. Así, la recogida de muestras se

centra en las partes más ricas en clorita de estas bolsadas (Figura 2,2).

Con el fin de conseguir una buena caracterización y clasificación de los diversos tipos cloríticos, se realizan estudios de difracción de rayos X (D.R.X.) y se analizan las muestras utilizando microsonda electrónica y microscopía electrónica de barrido (SEM). También se determinan los distintos hábitos cristalinicos mediante estudios petrográficos (microscopio de luz polarizada y microscopio electrónico de barrido). Así, a partir de estos estudios podemos establecer la siguiente clasificación:

**Cloritas ferroso-magnésicas**

Constituyen un término intermedio entre clinocloro y chamosita (Wiewióra y Weiss, 1990).

Estas cloritas se localizan abundantemente en las pegmatitas de tipo A, más concretamente en las zonas de núcleo pegmatítico y granito encajante más próximas a este núcleo. El estudio petrográfico indica que estas cloritas presentan colores verdes con luz paralela además de un marcado pleocroismo y grises azulados de primer orden con nícoles cruzados. Su composición química se puede observar en la Tabla 1. Utilizando la morfología y distribución de los cristales dentro del cuerpo pegmatítico, podemos diferenciar dos subtipos de cloritas ferroso-magnésicas :

a) Cloritas ferroso-magnésicas tabulares, localizadas en las partes más alejadas del núcleo pegmatítico, prácticamente dentro del granito encajante (Figura 2,2). Conforma grandes cristales tabulares, idiomorfos o subidiomorfos (Figura 3, a), localizándose a menudo cristales de titanita entre los planos de exfoliación de la clorita (Figura 3, c), además de apatitos, circones, epidotas, etc.

b) Cloritas ferroso-magnésicas vermiculares, localizadas fundamentalmente en las zonas de núcleo de las pegmatitas, formando conjuntos en "acordeón" compuestos de pequeñas láminas hexagonales. Se presentan como inclusión dentro de cristales de cuarzo, calcita, prehnita (sólo en aquellos cristales que no reemplazan a feldespatos) y en los bordes de los cristales de clinozoisita. También se las localiza en agregados que rellenan huecos entre cristales (Figura 3, d). En la Figura 4 se expone el zonado composicional de estas clinozoisitas, donde se puede observar una disminución del contenido en Fe y un aumento del Al hacia los bordes.

La transición entre estos dos subtipos (tabular y vermicular) se hace evidente con la observación de tipologías intermedias, situadas espacialmente entre el núcleo de la

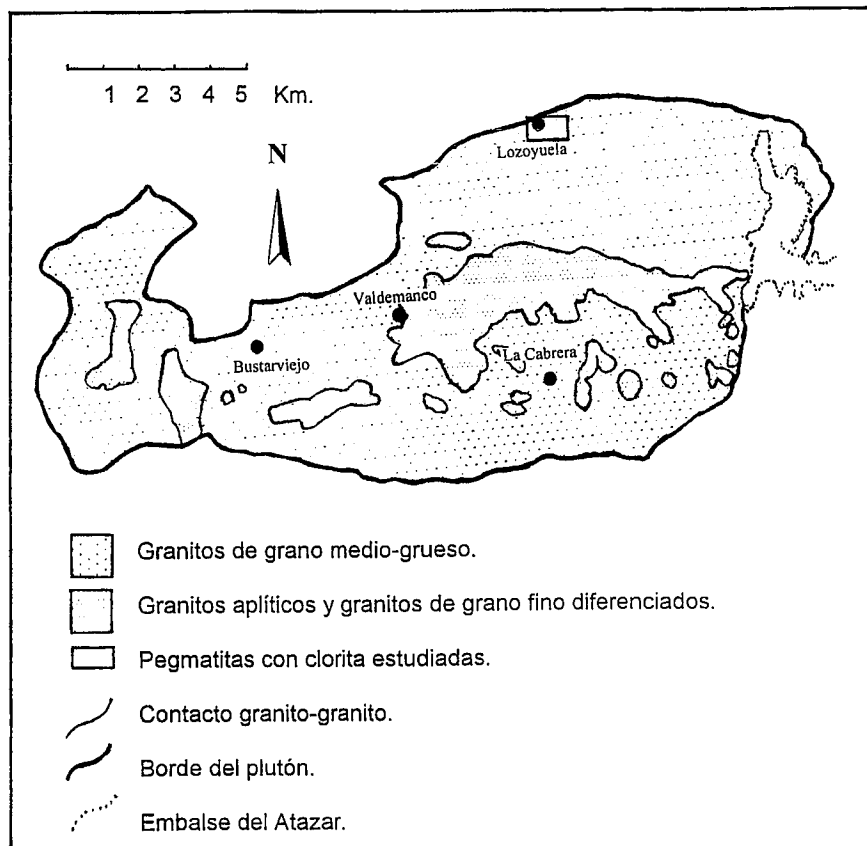


Fig. 1.- Localización de la zona de estudio dentro del plutón de La Cabrera.

Fig. 1.- Location of the study area within the La Cabrera pluton. (Spanish Central System).

pegmatita y el granito encajante. Así, estas cloritas intermedias presentan morfologías irregulares, perfilándose en su interior formas hexagonales de tamaño cada vez menor según disminuye la distancia al núcleo pegmatítico.

**Cloritas magnésicas**

Este tipo clorítico se localiza en las pegmatitas de tipo B. Las características ópticas de estas cloritas difieren en gran medida de las del anterior tipo, pues son prácticamente incoloras, no pleocroicas con nícoles paralelos y grises de primer orden con nícoles cruzados. Además, presentan un tamaño de grano muy fino, adoptando texturas que van desde fibrosoradiadas hasta agregados esferoidales de pequeños cristales tabulares. Dentro de su composición química destaca el alto contenido en Mg respecto al Fe. Podemos diferenciar dos subtipos (Tabla 1):

a) Clorita magnésica rica en Al, constituyendo unos términos intermedios entre donbassita y sudofta (Wiewióra y Weiss, 1990). Se localiza en grandes cantidades en el interior de las cavidades miarolíticas de las pegmatitas de tipo B

formando un recubrimiento centimétrico alrededor de cuarzo y feldespatos potásicos que tapizan las cavidades miarolíticas. Esta clorita habitualmente engloba pequeños cristales idiomorfos de pirita, que presentan un marcado halo de oxidación.

b) Clorita magnésica pobre en Al, que puede ser clasificada según Wiewióra y Weiss (1990) como un término cercano a sudofta s.s. Se la encuentra restringida a pequeñas cavidades y microfracturas de las pegmatitas de tipo A. En la mayoría de los casos estas cloritas se encuentran asociadas espacialmente a calcitas.

**Discusión y conclusiones**

A partir de los resultados obtenidos se podrían establecer dos procesos generadores de clorita diferentes. Por una parte, las cloritas ferroso-magnésicas se forman debido a la alteración de las biotitas presentes, produciéndose corrientemente procesos de pseudomorfosis en el caso de los subtipos tabulares (Bellido *et al*, 1983). La presencia de minerales tales como circones y apatitos confirman este origen a partir de biotitas. Además, la presencia de abundante titanita

Fig. 2.- Distribución de la mineralogía en 1) Pegmatitas de tipo A y 2) Pegmatitas de tipo B.

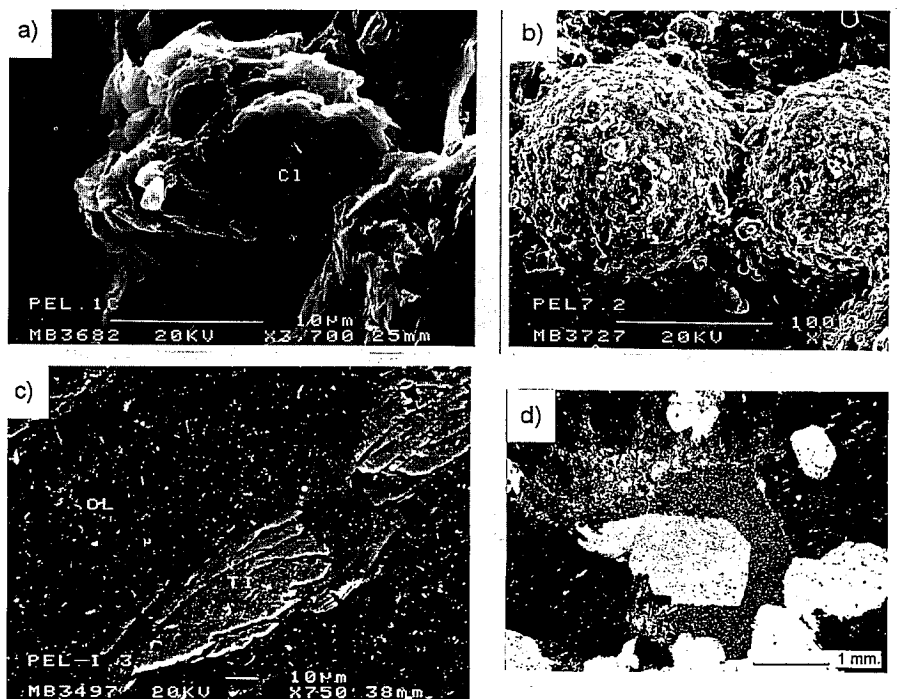
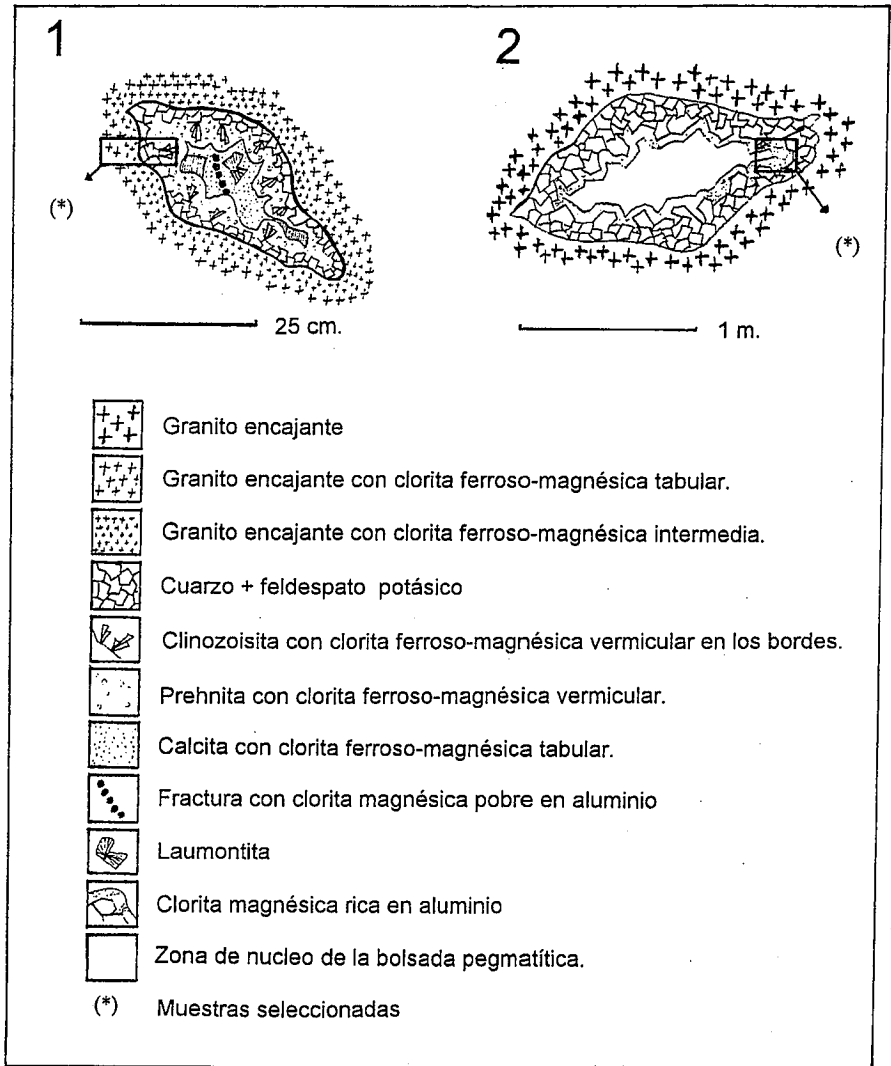
Fig. 2.- Mineral distribution in 1) Type A pegmatites and 2) Type B pegmatites. tal in thin section, (non polarized light).

creciendo en los planos de exfoliación de la clorita parece indicar que las biotitas precursoras eran extremadamente ricas en Ti. En el caso de los subtipos vermiculares, su origen se encuentra ligado directamente a las cloritas tabulares. Así, se produce una sutil zonación respecto a estos dos subtipos de modo que la clorita tabular va haciéndose más vermicular a medida que nos acercamos al núcleo pegmatítico. El hecho de encontrar un alto índice de nucleación de cloritas vermiculares en el núcleo, se debe probablemente a diferencias en las condiciones reinantes en dicho núcleo respecto a las que existían en el granito encajante, donde las cloritas son tabulares.

El proceso de alteración que genera estas cloritas ferroso-magnésicas está en estrecha conexión con otros procesos de alteración como la epidotización y prehnitización (García Guinea *et al.*, 1982). Temporalmente, la clorita vermicular se forma durante las últimas etapas de los procesos de epidotización y con anterioridad a la formación de prehnita. Esta cronología relativa se pone de manifiesto por la presencia de clorita incluida en las zonas más externas de los cristales de clinzoisita. Por otra parte las vermiculas sólo se sitúan en aquellos cristales de prehnita que rellenan cavidades y no en aquellos que reemplazan a feldespatos potásicos. Si las vermiculas fueran posteriores o contemporáneas a la prehnita, todos los cristales de prehnita deberían contener vermiculas.

Fig. 3.- A) Clorita ferroso-magnésica, subtipo tabular. Microscopio electrónico de barrido (SEM). B) Agregados esféricos de clorita magnésica (SEM). C) Cristales de titanita englobados por clorita ferroso-magnésica (SEM). D) Cristales vermiculares de clorita ferroso-magnésica, rodeando a un cristal central de albita en lámina delgada, nicoles paralelos.

Fig. 3.- A) Tabular Fe-Mg chlorite crystal in Scanning Electron Microscopy (SEM). B) Spheroidal aggregate of Mg-rich chlorite (SEM). C) Titanite crystals included within a Fe-Mg chlorite crystal (SEM). D) Vermicular Fe-Mg chlorite crystal surrounding an euhedral albite crys



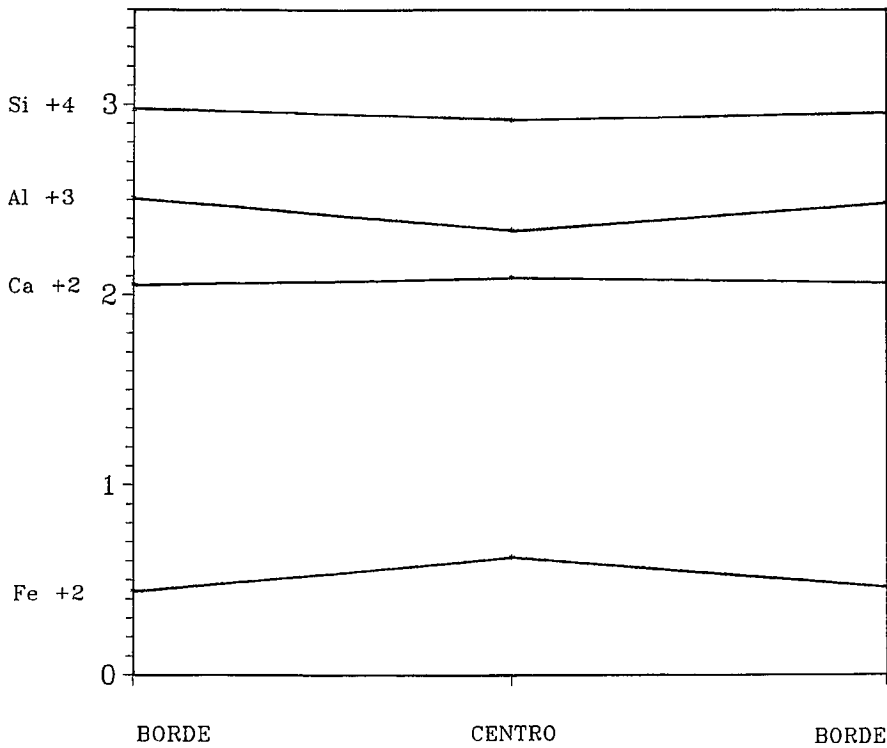


Fig. 4.- Zonado composicional de clinozoisita. Fórmula unidad ajustada a 8 cationes. Notese la disminución de Fe hacia los bodes.

Fig. 4.- Compositional zoning in clinozoisite (Formulae calculated on the basis of 8 cations). Notive the progressive decrease in Fe content from the core to the borders of the crystal.

|                                | Cloritas ferroso-magnésicas |        | Cloritas magnésicas |        |        |        |
|--------------------------------|-----------------------------|--------|---------------------|--------|--------|--------|
|                                | 1                           | 2      | 3                   | 4      | 5      | 6      |
| SiO <sub>2</sub>               | 25.900                      | 23.623 | 37.122              | 35.819 | 47.058 | 41.209 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20.019                      | 19.633 | 27.161              | 15.837 | 30.640 | 19.265 |
| FeO                            | 26.795                      | 33.569 | 3.990               | 4.994  | 10.384 | 7.112  |
| MnO                            | 0.594                       | -      | 0.031               | 0.033  | -      | -      |
| MgO                            | 13.342                      | 11.837 | 17.884              | 24.779 | 11.918 | 30.676 |
| CaO                            | 0.027                       | -      | 0.923               | 0.224  | -      | 0.447  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.100                       | -      | 0.400               | 0.311  | -      | -      |
| K <sub>2</sub> O               | -                           | -      | 0.391               | 0.081  | -      | 0.595  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.010                       | -      | 0.001               | -      | -      | -      |
| H <sub>2</sub> O               | 11.383                      | 10.981 | 13.043              | 12.858 | 13.020 | 13.208 |
| <b>Fórmula</b>                 |                             |        |                     |        |        |        |
| Si IV                          | 2.786                       | 2.590  | 3.377               | 3.547  | 3.770  | 3.141  |
| Al IV                          | 1.214                       | 1.410  | 0.623               | 0.453  | 0.230  | 0.859  |
| Huecos T                       | 4.000                       | 4.000  | 4.000               | 4.000  | 4.000  | 4.000  |
| Al VI                          | 1.325                       | 1.128  | 2.288               | 1.397  | 2.664  | 1.294  |
| Ti                             | 0.001                       | -      | -                   | -      | -      | -      |
| Fe                             | 2.411                       | -      | 0.304               | 0.414  | 0.696  | 0.493  |
| Mn                             | 0.054                       | -      | 0.002               | 0.003  | -      | -      |
| Mg                             | 2.140                       | 1.935  | 2.425               | 3.658  | 1.424  | 3.788  |
| Ca                             | 0.003                       | -      | 0.090               | 0.024  | -      | 0.040  |
| Na                             | 0.021                       | -      | 0.071               | 0.060  | -      | -      |
| K                              | -                           | -      | 0.045               | 0.010  | -      | 0.063  |
| Huecos O                       | 5.954                       | 6.141  | 5.225               | 5.564  | 4.783  | 5.678  |
| O                              | 10.000                      | 10.000 | 10.000              | 10.000 | 10.000 | 10.000 |
| OH                             | 8.000                       | 8.000  | 8.000               | 8.000  | 8.000  | 8.000  |

Así, se generan en primer lugar los cristales de clinozoisita ricos en Fe (Figura 4) a partir de la alteración de biotitas. Posteriormente se generan las cloritas vermiculares en equilibrio con la clinozoisita, lo que va acompañado de una clara disminución del contenido en Fe de esta última. Finalmente, en algunos casos crecen cuarzos, prehnitas o calcitas que engloban a estas vermiculas.

En el caso de las cloritas magnésicas, su origen no está tan claro, pues tanto sus relaciones texturales como sus asociaciones con minerales tardíos como calcita y piritita (Gonzalez del Tánago *et al.*, 1986), indican un caracter muy posterior, respecto a los restantes tipos cloríticos. La derivación directa de estas cloritas a partir de las biotitas pegmatíticas es poco probable.

**Referencias**

Bellido, F.(1979). *Tesis Doctoral*. U.C.M.  
 Bellido, F.; Brandle, J.L.; García Cacho, L.; Martínez Ripoll, M.; (1983). *Bol. Geol. Min.* XCIV-VI. p. 530-537.  
 Caballero, J.M.; Casquet, C.; Galindo, C.; Gonzalez Casado, J.M.; Lopez García, J.A.; Quilez, E.; Sierra, J.; Tornos, F.; Vindel, E.; (1992) *Bol. Soc. Esp. Min.* 15-1. p. 249-252.  
 García Guinea, J; Bellido, F; Galán, E.; (1982). *Bol. Soc. Esp. Min.* 5. p. 29-41.  
 Gonzalez del Tánago, J.; Bellido, F; García Cacho, L.; (1986). *Bol. Geol. Min.* XCVII-I. p. 103-121.  
 Quilez, E.; Vindel, E.; Sierra, J.; (1990). *Min.Mag.* 54. p. 267-278.  
 Quilez, E.; (1994). *Tesis Doctoral*. U.C.M.  
 Tornos, F.; Casquet, C.; Caballero, J.M.; (1993). *Rev. Soc. Geol. España* 6(1-2). p. 67-83.  
 Vialette, Y.; Bellido, F; Fuster, J.M.; Ibarrola, E.; (1981). *Cuad. Geol. Iberica* 7. p. 327-335.  
 Wiewióra, A.; Weiss, Z.; (1990). *Clay Miner.* 25. p. 83-92.

Tabla 1.- Composición media de cloritas en % en peso y fórmula calculada para 28 átomos de oxígeno. 1: Cloritas ferroso-magnésicas (microsonda). 2: Cloritas ferroso-magnésicas (SEM). 3 y 4: Cloritas magnésicas. 5 y 6: Clorita magnésica (SEM).

Table 1.- Chlorite compositions. Formulae calculated on the basis of 28 oxygen atoms. 1: Fe-Mg chlorite (microprobe). 2: Fe-Mg chlorite (SEM). 3 and 4: Mg-rich chlorite (microprobe). 5 and 6: Mg-rich chlorite (SEM).