

# Revisión de la terminología utilizada en la exposición pública de minerales españoles del Museo Geominero (IGME, Madrid)

R. P. Lozano, R. Jiménez Martínez, R. González Laguna, A. Paradas y E. Baeza

Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.  
r.lozano@igme.es; r.jimenez@igme.es; ruth.gonzalez@igme.es; a.paradas@igme.es; e.baeza@igme.es

## RESUMEN

La elección de una terminología para los minerales expuestos en las colecciones públicas está condicionada habitualmente por problemas generales de clasificación mineral, de índole textural, química o estructural. Junto a esto, la inevitable anexión de la etiqueta al ejemplar, limita y modula la información que mostrará cada pieza, condicionando aún más la clasificación. En este trabajo se aborda esta problemática con el objetivo de alcanzar el mayor rigor en la elección terminológica en los minerales del Museo Geominero y a la vez conseguir que el público general obtenga la información de la forma más directa posible. Para ello, se plantean 5 casos problemáticos y se ilustran con ejemplares españoles situados en la exposición permanente del Museo. De este modo, el lector puede convertirse en visitante del Museo para cotejar la información con las muestras de las vitrinas. Con los casos revisados se trata de resolver problemas clásicos en la clasificación mineral, aprovechando los trabajos de catalogación y reestructuración que se llevan a cabo actualmente en esta colección. Los casos son los siguientes: a) ejemplares formados por varias especies, b) piezas constituidas por minerales que forman soluciones sólidas, c) materiales con bajo grado de cristalinidad y mezcla, d) ejemplares con zonación química y/o estructural y, por último, e) procesos de pseudomorfosis. Los minerales en cada caso son comunes y proceden de yacimientos españoles bien conocidos por su interés económico o por su interés museístico y/o de colección. Sólo se han realizado análisis cuando la información publicada es insuficiente o inexistente, utilizando para ello difracción de rayos X. Las sugerencias y decisiones que se adoptan para resolver cada muestra problema, pueden ayudar a la hora de etiquetar correctamente colecciones mineralógicas, tanto privadas como públicas.

Palabras clave: colecciones mineralógicas, etiquetado, minerales españoles, nomenclatura, terminología

## ***Review of the terminology used in the public exhibition of Spanish minerals at the Museum of Geomining (Geological Survey of Spain, Madrid)***

## ABSTRACT

*The terms used to identify minerals in public exhibitions usually depends primarily upon the textural, chemical and/or structural problems related to their classification. Furthermore, the label attached to any specimen can only contain a limited amount of information, thus limiting still more the specimen's complete identification. We have examined this problem with the intention of achieving greater rigour in mineral classification whilst at the same time providing the public with the most complete information possible. Five recurring problems encountered in the permanent collections of the Spanish Museum of Geomining in Madrid have been dealt with (allowing the reader to become a virtual visitor): a) specimens made up of several species; b) specimens composed of minerals that form solid-solutions; c) mixed materials of low crystallinity; d) specimens with chemical or structural zones; and e) specimens showing evidence of pseudomorphosis. The minerals involved are common and come from sites in Spain of interest to museums, collectors or commercial ventures. We have only undertaken analyses, using X-ray diffraction, when the information available is non-existent or insufficient. The suggestions made and decisions adopted may help in the labelling of other collections both public and private.*

Key words: classification, labeled, mineralogical collection, nomenclature, Spanish minerals, terminology

## Introducción

El Museo Geominero se encuentra ubicado en el edificio histórico del Instituto Geológico y Minero de España, de la calle Ríos Rosas de Madrid. La sala que alberga la mayor parte de sus colecciones geológicas, se terminó de construir antes que el resto del edificio, para poder celebrar el 14º Congreso Geológico

Internacional, inaugurado por S.M. D. Alfonso XIII en 1926. Un año después se instalaron las colecciones, bajo la gestión del primer director del Museo: Primitivo Hernández Sampelayo. En los primeros años y junto con el resto del Instituto, el Museo vivió una época de esplendor hasta que la Guerra Civil truncó la mayor parte de las tareas. En las siguientes décadas quedó olvidado, sin apenas dotación de per-

sonal y sometido a constantes expolios. Tras este largo periodo oscuro, en la década de los 80 comienza la etapa moderna del Museo, sobre todo al final de la misma, gracias al carácter dinámico de la gestión de Isabel Rábano, actual directora del Museo. El comienzo de esta etapa moderna no fue fácil ya que, después de tantos años sin actividad, las colecciones estaban mal ordenadas y clasificadas, sin inventario y con criterios expositivos muy pobres.

A continuación se resumen las intervenciones realizadas durante las últimas décadas en la "Colección de Minerales por Comunidades Autónomas", con el fin de situar el contexto en que se desenvuelven los problemas considerados en el presente trabajo.

Las primeras actuaciones se realizaron a principios de los años 80, cuando se trasladó la colección desde la primera hasta la segunda planta, donde sigue instalada en la actualidad (Fig. 1). Un lustro después se informatizó el inventario, se revisó el contenido de la exposición y se confeccionaron nuevas cartelas para cada ejemplar. A finales de los años 90 se modificó la estructura de las vitrinas (supresión de una balda en cada una), se instaló un fondo blanco, se modernizaron de nuevo las cartelas (Fig. 2A) y se introdujeron paneles informativos con datos referidos a la geología de los yacimientos y su ubicación geográfica. Actualmente se está reemplazando una vez más el antiguo etiquetado por uno más actualizado (Fig. 2B).

Estas nuevas cartelas incluyen la fórmula teórica del mineral, ya que así fue requerido por ciertos colectivos docentes que realizan visitas periódicas al Museo con sus alumnos. Una vez fijados los principales parámetros museográficos, el siguiente reto consiste en revisar críticamente la colección para poder subsanar sus carencias de ejemplares, mejorar los presentes y documentar el mayor número de muestras posibles, entre otras tareas. Ante una colección tan extensa (4650 ejemplares en 27 vitrinas; Fig. 1), se decidió acometer la empresa mediante el desarrollo de proyectos parciales sucesivos. Así, en 2008 se iniciaron los trabajos con los ejemplares de las Comunidades de Madrid y Castilla-La Mancha. Esta tarea sacó a la luz varios problemas terminológicos que requerían tomar decisiones a la hora de introducir uno u otro término en la nueva etiqueta. Ante esto, el primer paso fue estandarizar las soluciones a estos problemas, para mantener la homogeneidad terminológica en futuras actuaciones.

La actualización y adecuación de los términos mineralógicos es necesaria en toda publicación científica vinculada a los minerales, ya que los investigadores necesitan homogeneidad en la terminología para poder expresar, sin ambigüedades, los resultados de sus investigaciones. La exposición de minerales en museos es un caso peculiar de difusión de la información: no se trata de cambiar un nombre en un

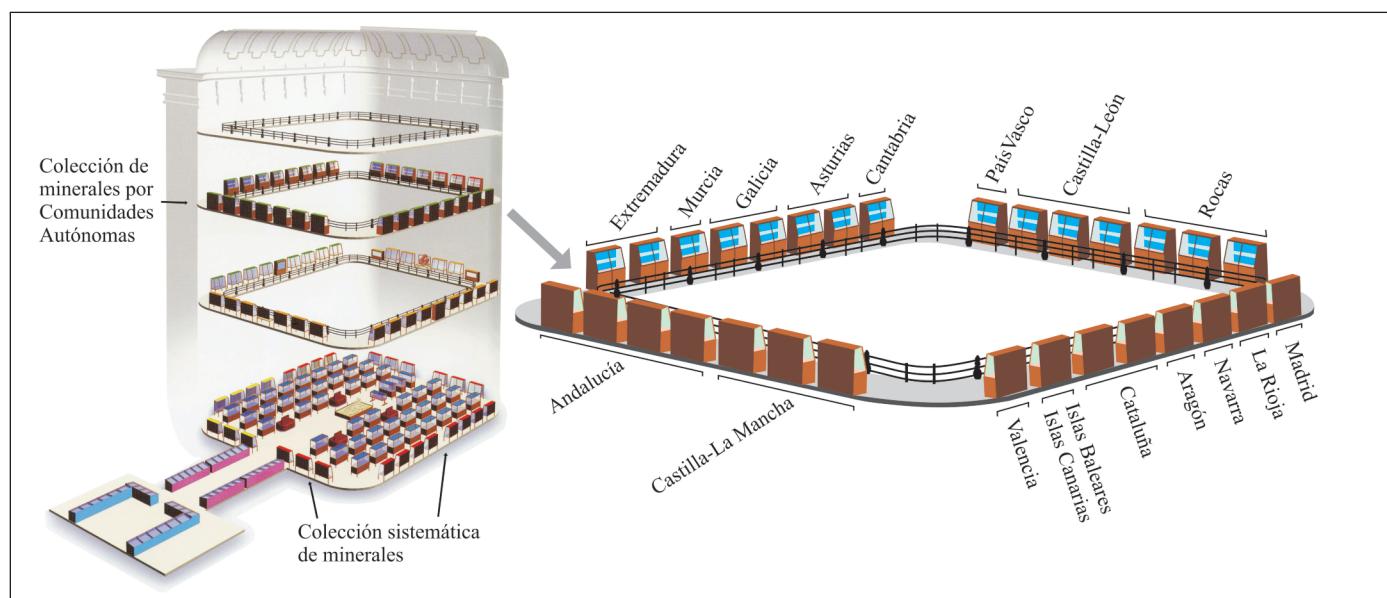


Figura 1. Ubicación de las principales colecciones de minerales del Museo Geominero, incluyendo la colección de Comunidades Autónomas y la de Sistematica Mineral

Figure 1. Location of most important mineral collections of the Museum of Geomining, including the minerals from the Autonomous Regions of Spain and the Mineral Systematics collection

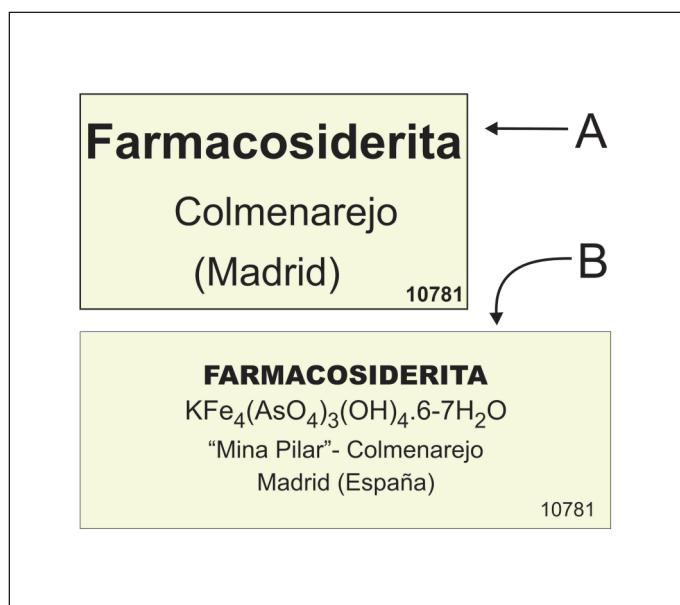


Figura 2. A: Ejemplo de diseño y contenido de las etiquetas realizadas en 1999 en el Museo Geominero. B: Ejemplos de las etiquetas que se están instalando actualmente en el Museo Geominero

Figure 2. A: an example of the design and content of labels in the Museum of Geomining in 1999. B: an example of labels currently being attached in the Museum of Geomining

texto científico, sino de realizar modificaciones en un gran número de cartelas, etiquetas y registros informáticos (base de datos). El hecho de que la información se muestre en cartelas, condiciona fuertemente la cantidad de datos que pueden incluirse: el tamaño de letra debe ser suficientemente grande para que no dificulte la lectura del visitante. Por eso, los contenidos deben ser breves y concisos. Aún con estos condicionantes, el reto de la exposición consiste en transmitir la información relacionada con cada ejemplar, de forma inteligible para el público general pero también conservando el rigor científico.

El Museo Geominero sigue en la actualidad el glosario de especies minerales de Fleischer (Back y Mandarino, 2008), que adopta las modificaciones recomendadas por la IMA (International Mineralogical Association), a través de la CNMNC (Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification) y sus subcomisiones específicas (de Fourestier, 2002). Mediante publicaciones en revistas especializadas, diferentes autores vinculados a esta organización proponen modificaciones generales en la nomenclatura de los minerales, en relación a la utilización de sufijos y prefijos de índole química (Bayliss et al., 2005; Burke, 2008), a la hora de definir términos en desuso (Burke, 2006) o en la tarea de establecer las diferentes categorías jerárquicas de la

clasificación (Mills et al., 2009). Otras publicaciones afectan a conjuntos minerales más reducidos, especificando los problemas terminológicos de los mismos, en respuesta al trabajo de las diferentes subcomisiones de la CNMMN (p.e. revisión de la sistemática de las sulfosales: Moëlo et al., 2009). En el Museo también se utiliza el listado oficial de especies minerales publicado por la IMA en su página Web ([www.ima-mineralogy.org](http://www.ima-mineralogy.org)).

Para poder aplicar estas normativas se necesitan datos estructurales, obtenidos generalmente por difracción de rayos X (DRX) y también químicos, mediante diferentes técnicas espectrométricas o por vía húmeda (Fluorescencia de Rayos X, Absorción Atómica, etc.) o mediante análisis micropuntuales (p.e. microsonda de electrones). Como veremos más adelante, en ciertos casos se necesita utilizar técnicas que aporten información acerca de los enlaces químicos de los minerales (Raman, Infrarrojos, etc.). Como es lógico, antes de analizar las muestras es necesario revisar la bibliografía, en búsqueda de datos que permitan clasificar correctamente el mineral. Este trabajo es un buen ejemplo de ello, pues se ha empleado la información publicada para resolver, con más o menos éxito, la mayor parte de los casos conflictivos escogidos y también para realizar propuestas a incluir en el rotulado de las cartelas. No obstante, el uso de datos bibliográficos conlleva siempre una cierta inseguridad porque la composición de ciertos ejemplares en un mismo yacimiento puede variar. Así, se ha revisado también la información disponible referida a su variabilidad, para afianzar la terminología a emplear. En el último caso propuesto en el presente trabajo se ha realizado DRX, dada la ausencia de bibliografía.

### Descripción de los casos

Para ilustrar los casos se han elegido minerales comunes de yacimientos españoles sobradamente conocidos, bien por su explotación comercial, bien por su interés museístico. Para facilitar el uso práctico de la información, la mayor parte de los elegidos se encuentran expuestos en la "Colección de Minerales por Comunidades Autónomas" de la 2<sup>a</sup> planta del Museo Geominero (Fig. 1). En la descripción de los ejemplos, se adjunta el número de inventario del Museo Geominero, ya que éste figura en la cartela de cada ejemplar. Como los trabajos de remodelación están en marcha actualmente, algún ejemplar expuesto hoy en día, podría en un futuro cambiar de ubicación. Aún así, puede solicitarse la consulta de minerales no expuestos.

La estipulación de los casos que se relatan a con-

tinuación es un intento de agrupar los diferentes problemas encontrados. No obstante, cada grupo no es excluyente y muchas veces un mismo ejemplar presenta problemas relacionados con varios casos.

### **Ejemplares con varias especies**

Este caso es muy común ya que en la naturaleza los cristales de diferentes especies pueden crecer en equilibrio (en el mismo periodo temporal) o en desequilibrio (formados en diferentes etapas a lo largo del tiempo), ocupando el espacio que posteriormente constituirá el ejemplar expuesto. En general, el problema consiste en tener que nombrar un ejemplar con el término de una especie, cuando en realidad muchos de ellos son verdaderas rocas poliminerales. Los cristales que forman estos ejemplares "mixtos" pueden tener diferentes tamaños. Suponiendo dos especies, si esta diferencia es sustancial, no resulta complicado etiquetar el ejemplar ya que se le asigna el nombre de los cristales más grandes, que suele coincidir con el mineral de interés. Como ejemplos pueden considerarse las conocidas piritas de Navajún (La Rioja) (1647), incluidas en lutitas (Alonso Azcarate et al., 1995; Calvo y Sevillano, 1989) o el aragonito en matriz de yeso de La Cabrera (Guadalajara) (4238) (Jiménez et al., 2005; Jiménez, 2010).

Los mayores problemas de etiquetado surgen cuando coexisten en el mismo ejemplar cristales de especies distintas observables a simple vista. Como ejemplos ilustrativos se han elegido tres piezas de distintas localidades españolas, pertenecientes a la colección de minerales por Comunidades Autónomas:

- *Fluorita-barita-cuarzo. Berbes (Asturias) (11049).*

El ejemplar se obtuvo en una antigua corta minera actualmente abandonada y cubierta de derrubios procedentes de las obras de la autovía del Cantábrico. El yacimiento es de tipo Mississippi Valley (Paniagua et al., 1998). Se trata de un ejemplar de unos 12 x 12 cm formado por cristales idiomorfos y de tamaño centimétrico, de las tres especies. La barita es blanca, tiene hábito hojoso y recubre parcialmente a la fluorita que conforma cristales cúbicos de color púrpura. Esta última se sitúa sobre el cuarzo que es translúcido y blanco, con las caras piramidales más desarrolladas que las del prisma (Fig. 3A).

- *(Espesartina-Almandino)-ortoclasa-albita-epidota-clinocloro. Valdemanco (Madrid) (9701).*

El ejemplar se recuperó en una explotación de granito ornamental cercana a esta localidad, conocida como cantera de "El Berrocal". El yacimiento consiste en rellenos, tanto ígneos como hidroterma-

les, de cavidades miarolíticas en pegmatitas graníticas (Gonzalez del Tánago et al., 2008). La muestra presenta un tamaño aproximado de 5 x 4 cm. El volumen principal de la pieza está formado por un intercrecimiento de ortoclasa y albita, ambas de color blanco, con inclusiones de granate. Éste, adquiere un tamaño cercano a 8 mm y es de un color rojo intenso con un peculiar brillo sedoso. La epidota se encuentra formando cristales aciculares milimétricos de color verde, intercrescidos con agregados de clinocloro (cristales hojosos no visibles a simple vista). Epidota y clorita recubren casi totalmente los agregados de feldespatos (Fig. 3B).

- *Marcasita-dolomita-esfalerita. Reocín (Cantabria) (1972).*

El ejemplar se recuperó en las labores de interior de la conocida explotación de Zn, situada al sureste de Santander capital. Como en el caso del primer ejemplar, el yacimiento es de tipo Mississippi Valley (Castro et al., 2001). El ejemplar tiene unas dimensiones aproximadas de 15 x 10 cm y está formado por agregados centimétricos de marcasita en "cresta de gallo", situados sobre esfalerita bandeada de color oscuro (marmatita). Esta última tiene un aspecto concéntrico en relieve, resultado de la disolución parcial de agregados botroidales de cristales no visibles a simple vista. La dolomita recubre parcialmente tanto a la marcasita como a la esfalerita y sus cristales son los típicos de este tipo de yacimientos: milimétricos, blancos, opacos y con caras ligeramente curvas (Fig. 3C).

### **Soluciones sólidas**

La composición química de algunos minerales no es totalmente fija, sino que varía entre dos o más términos extremos. Se producen sustituciones isomórficas de ciertos elementos químicos, constituyendo lo que se conoce como solución sólida. Ante esta peculiaridad natural, el primer paso para etiquetar correctamente el ejemplar es conocer su composición química ya que habitualmente el estudio mediante DRX no resuelve el problema. Los términos intermedios tienen una estructura muy similar, más parecida cuanto mayor sea la similitud entre el radio iónico y la electronegatividad de los cationes que se intercambian (Klein y Hurlburt, 2002). Considerando esto, la variación en la posición o en las intensidades relativas de los picos de difracción puede ser muy pequeña y difícil de cuantificar. Así, la DRX será más útil cuando la composición química del mineral esté cercana a uno de los extremos. Aunque se disponga de datos químicos, las composiciones intermedias no constituyen

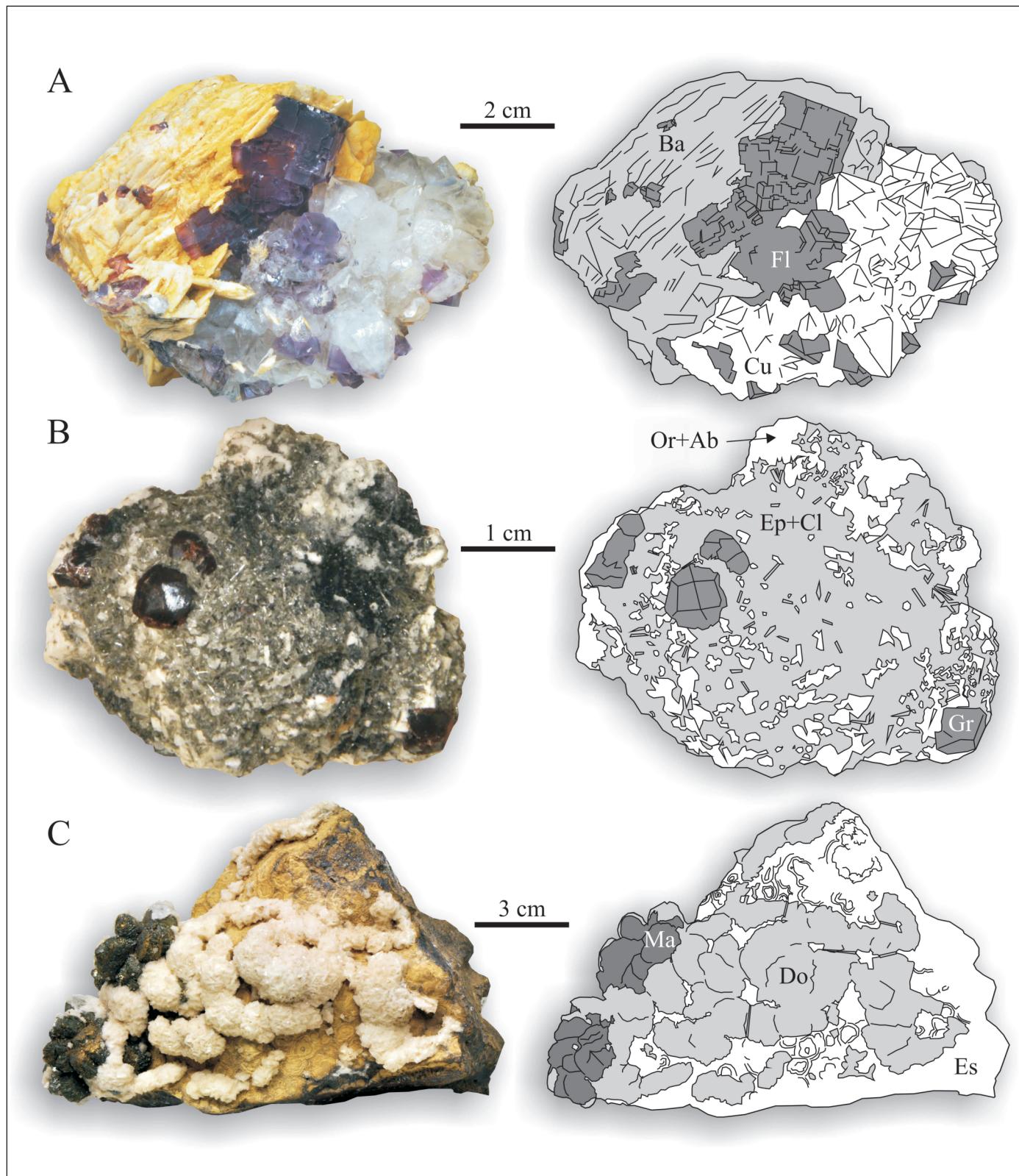


Figura 3. Ejemplos con varias especies de tamaño similar. A: fluorita – barita – cuarzo. Berbes (Asturias) (11049). B: espesartina – ortoclasa – albita – epidota – clinocloro. Valdemanco (Madrid) (9701). C: marcasita – dolomita – esfalerita. Reocín (Cantabria) (1972)

Figure 3. Examples with several species of similar size. A: fluorite - barite - quartz. Berbes (Asturias) (11049). B: spessartine - orthoclase - albite - epidote - chlinoclore. Valdemanco (Madrid) (9701). C: marcasite - dolomite - sphalerite. Reocín (Cantabria) (1972)

especies. Si esto sucede se hace necesario elegir uno de los dos términos finales en función del porcentaje molar de los elementos que se intercambian.

Se han elegido varios ejemplos de soluciones sólidas comunes, que se citan a continuación, incluyendo el grupo en el que están incluidos (Back y Mandarino, 2008):

- Grupo del olivino (simplificado: forsterita-fayalita), Olot (Gerona) (6349), El Cerrillo (Ciudad Real) (10717) y Lanzarote (Las Palmas) (9823) (Fig. 4A).
- Grupo de la wolframita (huebnerita-ferberita-sam-martinita), Otero de Herreros (Segovia) (2702).
- Grupo de los feldespatos. Plagioclasa (albita-anortita), Valdemanco (Madrid) (9696).
- Grupo del granate (simplificado: almandino-andradita-grossularia-piropo-espesartina-uvarovita), Níjar (Almería) (6096) (Fig. 4B); Minas de Cala (Huelva) (9238) y La Cabrera (Madrid) (9701).

- Grupo de la turmalina (simplificado: dravita-elbaita-chorlo). Hornachuelos, Sierra Albarrana (Córdoba) (6313); La Fregeneda (Salamanca) (1533) y Pinilla de Fermoselle (Zamora) (6618) (Fig. 4C).
- Grupo de la epidota (simplificado: allanita-clinozoisita-epidota-zoisita). La Cabrera, (Madrid) (10505) y Burguillos del Cerro (Badajoz) (390).
- Grupo del apatito (simplificado: clorapatito-fluorapatito-hydroxilapatito). Jumilla (Murcia) (7836) (Fig. 4D) y Zarza la Mayor (Cáceres) (2165).

### Zonados de crecimiento

Muchos de los cristales naturales no son homogéneos, ya sea química y/o estructuralmente. Resulta muy común encontrar cristales con diferentes "capas" de crecimiento, resultado de la variación de las condi-

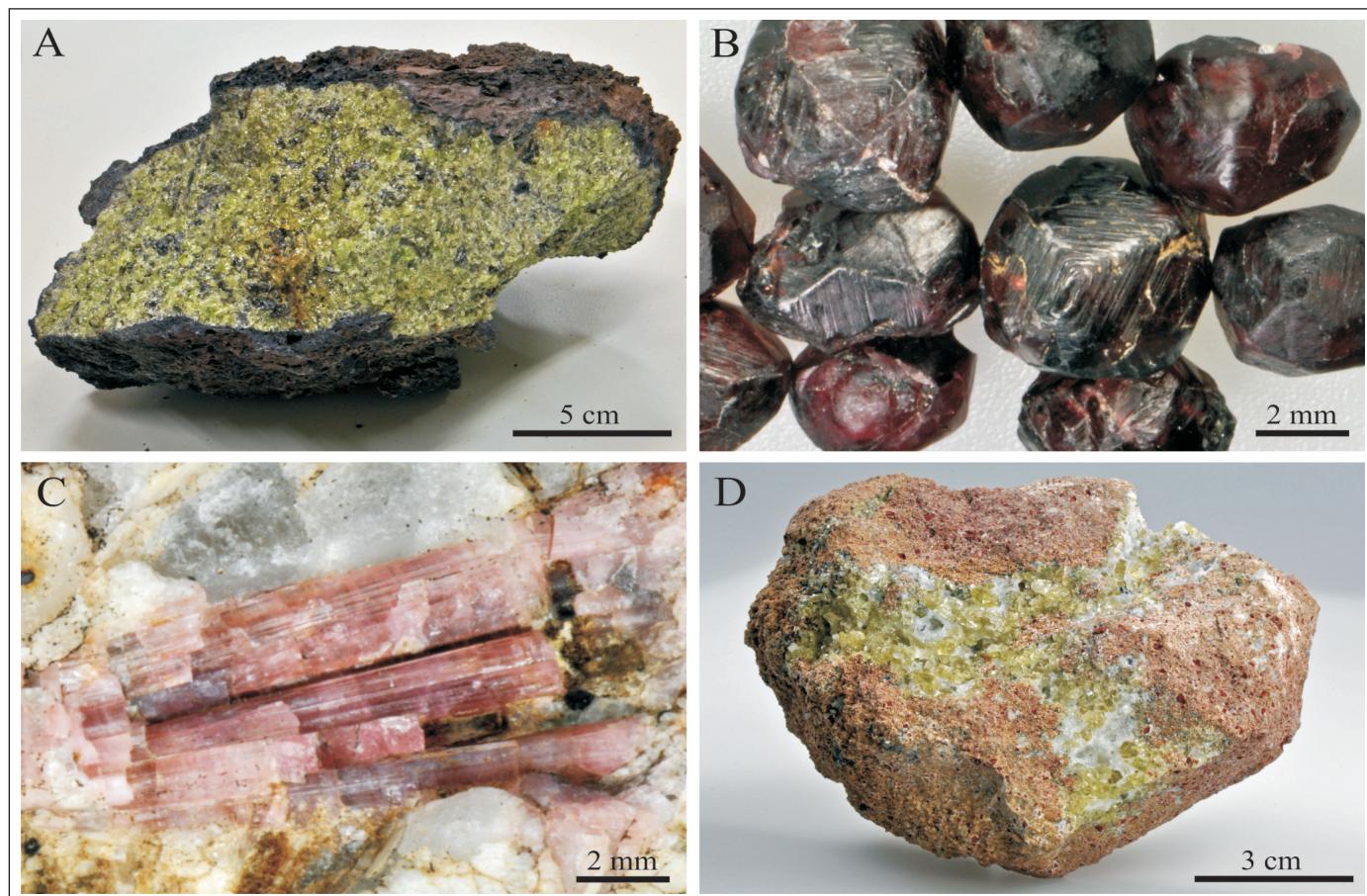


Figura 4. Ejemplos de soluciones sólidas. A: olivino. Lanzarote (Las Palmas, Islas Canarias) (9823). B: granate. Níjar (Almería) (6096). C: turmalina. Pinilla de Fermoselle (Zamora) (6618). D: apatito. Jumilla (Murcia) (7836)

Figure 4. Examples of solid solutions. A: olivine. Lanzarote (Las Palmas, Canary Islands) (9823). B: garnet. Níjar (Almería) (6096). C: tourmaline. Pinilla de Fermoselle (Zamora) (6618). D: apatite. Jumilla (Murcia) (7836)

ciones físico-químicas del entorno donde crecieron (Klein y Hurlburt, 2002). Cada nueva "capa" puede estar formada por una especie diferente a la anterior, aunque siempre tendrá en común con el primero ciertos rasgos estructurales y químicos. Este hecho genera problemas en entornos coleccionísticos porque provoca incertidumbre a la hora de clasificar y valorar los ejemplares. Como ejemplo puede servir el caso de los minerales del grupo de la epidota: dentro de esta categoría se encuentran minerales comunes como la epidota, pero también raros como las diferentes especies de allanitas (Back y Mandarino, 2008). En la naturaleza los cristales pueden estar zonados y un único cristal sería epidota y allanita a la vez. Desde un punto de vista coleccionístico, si se clasifica la muestra como epidota, siempre será menos interesante que si se hace como allanita.

En términos generales, se pueden diferenciar dos casos:

- **Zonado químico y estructural (soluciones sólidas).** A las dificultades terminológicas expuestas en el caso anterior se suma el hecho de que cada cristal natural puede contener varios términos cercanos a los finales. Por tanto en cualquiera de los ejemplos anteriores, se podrían encontrar zonados químicos más o menos relevantes. En la bibliografía consultada se citan varios zonados en turmalinas, granates y epidotas. En las turmalinas de Sierra Albarrana (Cordoba) y La Fregeneda (Salamanca) aumenta el contenido en Fe y disminuye el de Mg, de núcleo a borde (González del Tánago *et al.*, 1992; Roda *et al.*, 1995, respectivamente). En los ejemplares de Pinilla de Fermoselle no se ha encontrado zonado químico significativo (Roda *et al.*, 2004). Por otra parte, el granate de Níjar tiene un claro zonado, con enriquecimiento de Fe y Mg y empobrecimiento de Ca y Mn, hacia los bordes (Muñoz Espadas *et al.*, 2000). Los granates de Minas de Cala (Huelva), no tienen zonado (Velasco y Amigo, 1979). Por el contrario, la epidota de La Cabrera (Madrid) si está zonada: en los cristales más comunes el Fe disminuye hacia los bordes (Lozano *et al.*, 1996).

- **Zonado químico y/o estructural (epitaxia).** La epitaxia es el fenómeno por el cual ciertas especies crecen sobre otras, con una orientación preferente. Los nuevos cristales adoptan la orientación marcada por la simetría del cristal que hace de centro de nucleación (Klein y Hurlburt, 2002). Los fenómenos epitaxiales son muy comunes en el grupo de los feldespatos. En el primer ejemplo propuesto, una fina película de albita (<0,5 mm), recubre casi totalmente a un cristal de ortoclasa (Fig. 5A), obtenido en las pegmatitas de Robledillo

de la Jara (11395), en los neises cercanos al contacto norte del plutón de La Cabrera (Madrid). Las dos especies se reconocen perfectamente, gracias a la fractura parcial del ejemplar y a su diferencia cromática: la ortoclasa es de color crema y la albita blanca. Mientras que en este ejemplo el zonado es químico y estructural, en el siguiente únicamente es estructural. Se trata de nuevo de cristales de ortoclasa (Sieteiglesias, Madrid; 11397), pero en esta ocasión están recubiertos epitaxialmente por microclina, un feldespato con una composición similar a la de la ortoclasa pero estructuralmente diferente (Fig. 5B). En el último ejemplo se conjugan los tres feldespatos: los cristales de ortoclasa están casi totalmente recubiertos por microclina y, a su vez, parcialmente cubiertos por albita (Cervera de Buitrago, Madrid; 11396) (Fig. 5C). Los dos últimos ejemplos se obtuvieron en miarolas del granito de La Cabrera (Madrid). En el trabajo de González del Tánago *et al.*, (2008), pueden encontrarse imágenes muy ilustrativas de estos casos.

### ***Bajo grado de cristalinidad y mezcla***

Cuando el material constituyente del ejemplar tiene baja cristalinidad, su aspecto es masivo y resulta complicado, y muchas veces imposible, determinar *de visu* la especie o especies que lo constituyen. Además, mediante DRX los materiales de muy baja cristalinidad no difractan, como es lógico, ofreciendo únicamente difractogramas planos o con amplias bandas. Un ejemplo clásico de baja cristalinidad lo constituye el ópalo (Jones y Segnit, 1971). Dentro de la colección de minerales españoles es representativo el ópalo de la zona sur del término municipal de Madrid, como el de Cerro Almodóvar (384), incluido en rocas sedimentarias. Otro ejemplo peculiar los forman los xilópalos españoles pérmicos, como los de Pálmaces de Jadraque (Guadalajara) (6780), incluidos en andesita-dacita o cretácicos, como los de Castrillo de la Reina (Burgos) (360) (Fig. 6A), asociados a la facies Utrillas de la base del Cretácico.

Aún es más complicado cuando los ejemplares están formados por mezclas de varias especies poco cristalinas. Quizás las más conocidas son las mezclas de óxidos e hidróxidos de Mn, Fe, Al y de fosfatos, para las que se han acuñado los términos generales de wad, limonita, bauxita y fosforita, respectivamente. Por otra parte, es común en la naturaleza la coprecipitación de los óxidos e hidróxidos de Fe, Mn y Al, lo que conlleva la existencia de ejemplares mixtos muy difíciles de clasificar. Se han elegido varios ejem-



Figura 5. Ejemplos de crecimientos epitaxiales en feldespatos madrileños. A: cristal de ortoclasa parcialmente recubierto de albita. Robledillo de la Jara (Madrid) (11395). B: ortoclasa totalmente recubierta de microclina. Sieteiglesias (Madrid) (11397). C: cristales de ortoclasa, casi totalmente recubierto por microclina y albita. Cervera de Buitrago (Madrid) (11396)

Figure 5. Examples of epitaxial growth in Madrid feldspars. A: orthoclase crystal partially covered with albite. Robledillo de la Jara (Madrid) (11395). B: orthoclase completely covered with microcline. Sieteiglesias (Madrid) (11397). C: orthoclase crystals, almost completely covered with microcline and albite. Cervera de Buitrago (Madrid) (11396)

plos españoles representativos: limonita de Cudillero (Asturias) (3150) (Fig. 6B), wad de Calañas (Huelva) (6635), bauxita de Fuentespalda (Teruel) (269) (Fig. 6C) y fosforita de Logrosán (Cáceres) (2196) (Fig. 6D).

### Pseudomorfosis

En la mayor parte de las colecciones mineralógicas pueden encontrarse ejemplos de pseudomorfosis que suelen dar problemas terminológicos ya que el aspecto de los cristales no coincide con su verdadera naturaleza. Son varios los mecanismos que pueden producir un pseudomorfo: disolución de un cristal y posterior relleno del hueco, recubrimiento y posterior

disolución del cristal base y, sobre todo, procesos de reemplazamiento. Los ejemplos escogidos se han formado gracias a este último proceso.

Algunos silicatos alumínicos son propensos a alterarse y reemplazarse por agregados de filosilicatos. Tres ejemplos comunes en casi todas las colecciones son: chorlo, cordierita y andalucita. La naturaleza de los filosilicatos que reemplazan a estos minerales depende de la composición química de cada uno y de los elementos transportados por el fluido responsable de la alteración. Suele tratarse de mezclas micro y criptocristalinas de moscovita, margarita, clorita y biotita (Guidotti *et al.*, 1979; Burth y Stump, 1984; Ahn *et al.*, 1988; Ahn y Buseck, 1998; Orgiermann, 2002; Zagorsky *et al.*, 2003).

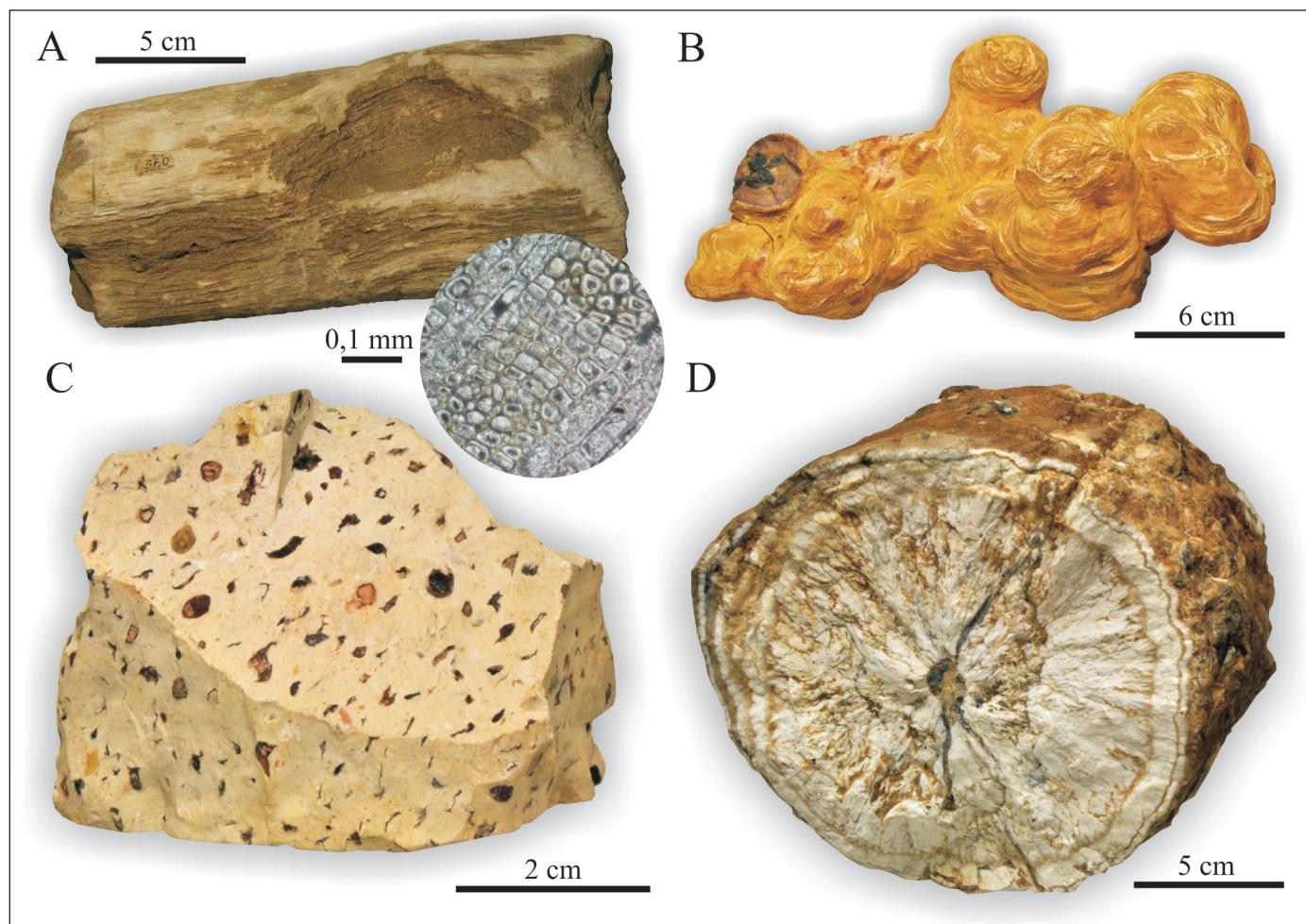


Figura 6. Ejemplares formados por materiales de baja cristalinidad. A: xilópalo. Castrillo de la Reina (Burgos) (369). Imagen microscópica de la textura vegetal original, fosilizada en ópalo. B: limonita. Cudillero (Asturias) (3150). C: bauxita. Fuentespalda (Teruel) (269). D: fosforita. Logrosán (Cáceres) (2196)

Figure 6. Samples composed of low crystallinity materials. A: fossil wood. Castrillo de la Reina (Burgos) (369). Microscopic image of the original vegetal texture fossilized in opal. B: limonite. Cudillero (Asturias) (3150). C: bauxite. Fuentespalda (Teruel) (269). D: phosphorite. Logrosán (Cáceres) (2196)

En las colecciones del Museo se pueden encontrar numerosos ejemplos españoles de pseudomorfosis. Entre ellos se han escogido dos ejemplares clasificados como cordierita: Salamanca (758) (Fig. 7A) y La Granja (Segovia) (5349) (Fig. 7B) y otro, como chorlo, de Guadalix de la Sierra (Madrid) (11400). También se han seleccionado dos muestras rotuladas como andalucita (variedad quiastolita), de Doiras (Asturias), parcial (2463) (Fig. 7C) o totalmente reemplazada (2548) (Fig. 7D).

Otra pseudomorfosis muy común en la colección de minerales españoles es el reemplazamiento de pirita por óxidos y/o hidróxidos de Fe, es decir la oxidación del sulfuro. Lógicamente, en la cuenca de Cameros, rica en yacimientos de pirita (Alonso Azcarate *et al.*, 1995), pueden encontrarse muchos lugares donde los cristales cúbicos están oxidados en superficie (p.e. Piritas de Cornago, La Rioja; 866) (Fig. 8A). Otro ejemplo se encuentra en los atractivos conjuntos de piritas cúbicas completamente oxidadas de Carratraca (Málaga) (368), encajadas en un mármol fracturado (Fig. 8B).

Se han analizado por DRX los 7 ejemplos propuestos en los laboratorios del IGME en Tres cantos (Madrid), mediante el método del polvo cristalino, utilizando un equipo Panalytical-XPERT PRO de con tubo de Cu, monocromador de grafito, rendija automática de divergencia y detector X'Celerator. Para la identificación de fases, se ha empleado el software High-Score de Panalytical con base de datos ICDD. Los resultados se muestran en la tabla 1.

## Discusión

### Ejemplares con varias especies

A la hora de etiquetar un ejemplar donde los cristales de interés son visibles y el resto son microscópicos, basta incluir el nombre de la especie que forma los cristales más grandes. En los ejemplos considerados se rotulan las etiquetas como pirita (Navajún, La Rioja) y aragonito (La Cabrera, Guadalajara), obviando la composición de la matriz, a favor de una mejor comprensión del observador.

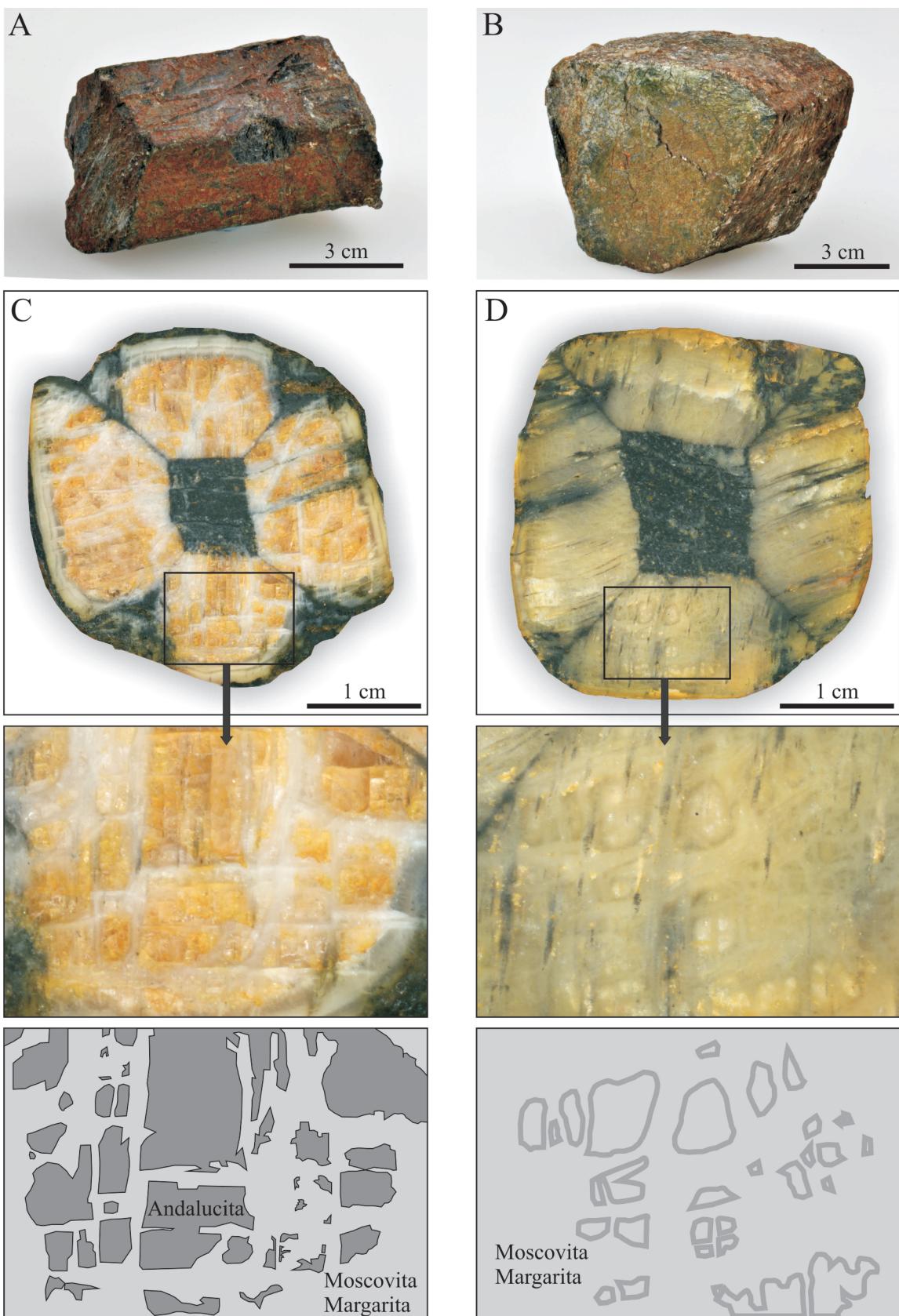
Cuando nos enfrentamos a un ejemplar con cristales visibles de varias especies, es necesario elegir una de ellas para dar nombre al ejemplar y registrarla en la etiqueta. Esta elección está muy condicionada por factores como la rareza (especies, morfologías o texturas), la calidad (color, transparencia, brillo, forma de los cristales, etc.), la imposibilidad de conseguir más muestras o lo representativo que sea un mineral dentro de un yacimiento (minerales emblemáticos). De este modo, puede darse el caso de que la especie más relevante sea minoritaria en el volumen total del ejemplar. Un buen ejemplo se encuentra en los cristales milimétricos de stokesita de Valdemanco (Madrid) (3578 y 9608), que crecen sobre cuarzo y feldespatos y que siempre deben etiquetarse como stokesita, debido a que son extremadamente raros y a que son los cristales de mayor tamaño encontrados hasta el momento en el mundo (González del Tánago *et al.*, *en preparación*).

Cuando no se observan relaciones texturales que den idea del orden cronológico, se debería incluir el nombre de las dos especies principales unidas por el signo "+" (p.e. ankerita + dolomita, Somorrostro, Vizcaya; 461). Dado el pequeño tamaño de la cartela se desaconseja incluir más de 2 especies. El orden de las dos especies se establecerá en función de los criterios anteriormente expuestos.

No obstante, hay que considerar que una parte importante del público que observa los ejemplares no es experto en la materia y en algunos casos no es capaz de correlacionar el nombre de la especie en la cartela con los cristales de la misma en el ejemplar. Para ayudar al observador, pueden seleccionarse muestras monominerales de las especies que se encuentran combinadas en el ejemplar problema para situarlas cerca de éste y así, permitir su correlación (Fig. 9A). En ejemplares donde la especie de interés ha crecido sobre otra especie, el problema se resuelve mostrando el nombre de las dos, enlazadas con la preposición "sobre" (p.e. calcita sobre cuarzo, Santa Elena, Jaén; 1741). Intentar introducir más detalles en la etiqueta puede ser problemático por cuestiones de espacio. No obstante pueden considerarse las frases "parcialmente cubierta de" (p.e. esfalerita parcialmente recubierta de cuarzo. Real de la

Figura 7. Ejemplos de minerales pseudomorfizados a filosilicatos. A: cordierita (Salamanca) (758). B: cordierita. La Granja (Segovia) (5349). C: andalucita variedad quiastolita parcialmente reemplazada por moscovita y margarita. Doiras (Asturias) (2463). D: otro ejemplar de esta misma localidad, completamente reemplazado por estos mismos minerales (2548)

Figure 7. Examples of minerals pseudomorphed into phyllosilicates. A: cordierite (Salamanca) (758). B: cordierite. La Granja (Segovia) (5349). C: andalusite (chiastolite) partially replaced by muscovite and margarite. Doiras (Asturias) (2463). D: another sample from the same place, completely replaced by the same minerals



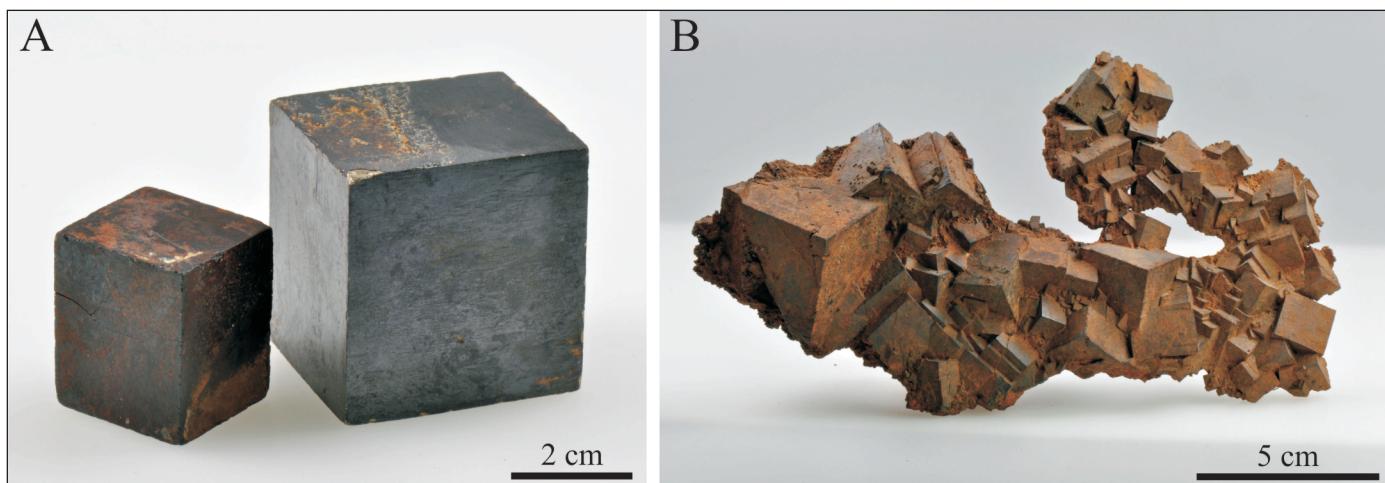


Figura 8. Ejemplos de oxidación de la pirita. A: cristales cúbicos oxidados en superficie. Cornago (La Rioja) (866). B: conjunto de cubos completamente reemplazados. Carratraca (Málaga) (368).

Figure 8. Examples of pyrite oxidation. A: cubic crystals with oxidized surface. Cornago (La Rioja) (866). B: completely replaced group. Carratraca (Málaga) (368)

Jara, Sevilla; 6396 o ankerita parcialmente recubierta de dolomita, Somorrostro, Vizcaya; 461) o “con inclusiones de” (p.e. cuarzo con inclusiones de hematites. Sieteiglesias, Madrid; 10506 o fluorita con inclusiones de baritina. Loroña, Asturias; 10462).

El problema también puede subsanarse señalando físicamente las distintas especies en la muestra con algún símbolo o color distintivo que se relaciona visualmente con la información de la etiqueta. Aún con esto y por muy discreta que sea la señalización,

se deteriora la estética del ejemplar, debido a la introducción de elementos antrópicos en la muestra natural. Si la especie de interés tiene un color diferente al resto de cristales puede introducirse el nombre del color en cuestión después del nombre de la especie. Un ejemplo lo encontramos en la cacoxenita de Mina “La Paloma”, Zarza la Mayor (Cáceres) (10846). Los cristales fibroso-radiados son amarillos y el resto de minerales son blancos o incoloros por lo que se puede etiquetar como cacoxenita (amarillo). Quizás,

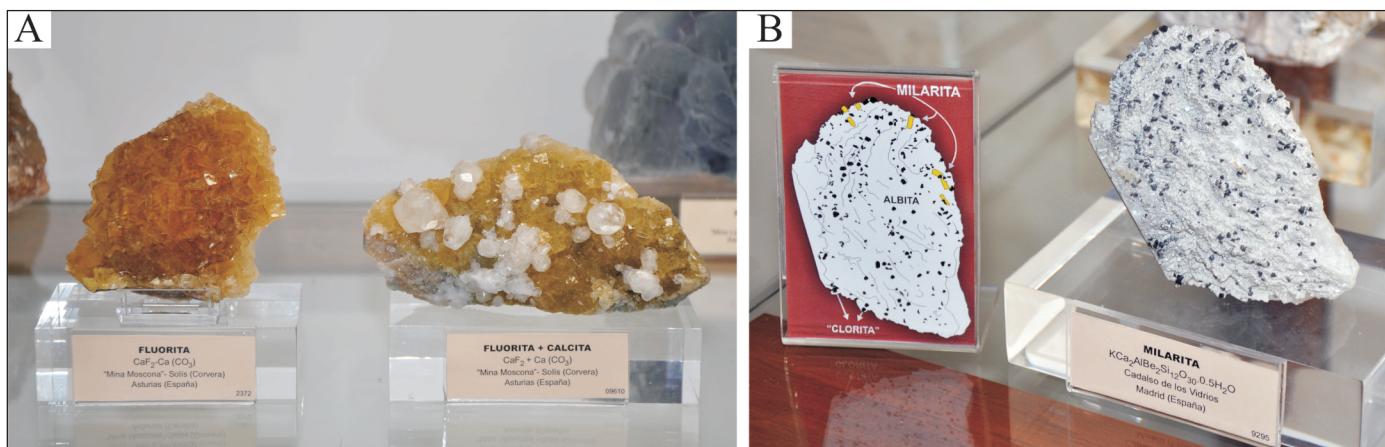


Figura 9. A: Ejemplares de Mina Moscona, Solis (Asturias). La pieza de la derecha está compuesta de calcita y fluorita. La presencia del ejemplar de la izquierda (sólo fluorita), ayuda al observador a diferenciar calcita y fluorita en el ejemplar mixto. B: Ejemplar de milarita de Cadalso de los Vidrios (Madrid) junto a un esquema donde se señala la ubicación de los cristales con un color amarillo

Figure 9. A: Samples from the Moscona mine (Solis, Asturias). The sample to the right is composed of calcite and fluorite. The sample to the left (fluorite alone) helps to distinguish between calcite and fluorite in a mixed sample B: sample of milarite from Cadalso de los Vidrios (Madrid, Spain) together with a scheme in which the crystals are highlighted in yellow

la alternativa más eficiente es la instalación de un esquema del ejemplar donde se señala la especie de interés, con colores distintivos. Un ejemplo de este tipo de intervención lo encontramos en la milarita de Cadalso de los Vidrios (Madrid) (9295) (Fig. 9B). Se trata de una pieza de unos 10 x 6 x 2 cm, que contiene cristales milimétricos de esta especie. Estos se observan francamente mal porque son de color crema claro y se sitúan sobre albita (blanca). Además, hay un gran número de pequeños agregados negros de clorita que pueden confundir al visitante.

A continuación se discute brevemente los tres casos seleccionados:

- *Fluorita-cuarzo-barita. Berbes (Asturias)*

En este ejemplar no puede utilizarse el criterio del tamaño de cristal ya que todos son grandes (centimétricos) y además los tres ocupan sectores visibles similares, dentro del ejemplar (Fig. 3A). No obstante, en la etiqueta debe figurar fluorita como especie principal por varios motivos: 1) Se trata de la especie emblemática de este yacimiento, con reconocimiento y fama internacional (Curto y Fabre, 1992). 2) Resulta la especie más llamativa debido a su intenso color morado, en contrapartida a los tonos blanquecinos de barita y cuarzo y 3) Los cristales están bien desarrollados, con la típica morfológica cúbica escalonada (Paniagua *et al.*, 1998). Figurar tres nombres puede suponer problemas de espacio físico en la cartela, por lo que se recomienda incluir sólo fluorita y cuarzo, obviando la barita, qué tiene varios cristales fragmentados. Se rotulará fluorita sobre cuarzo.

- *(Espesartina-almandino)-ortoclasa-albita-epidota-clinocloro. Valdemanco (Madrid)*

A diferencia del caso anterior, en los yacimientos del plutón de La Cabrera (Madrid) existen varios minerales emblemáticos, debido al elevado número de especies reconocido hasta el momento (cerca de 80, González del Tánago *et al.*, 2008). Aún con esto, se propone el granate como especie principal debido a que los cristales son los más visibles, ya que los agregados de epidota y clinocloro recubren a los feldespatos (Fig. 3B). Además, el granate es mucho más raro que el resto de minerales en estas miarolas y presenta un brillo peculiar debido al crecimiento escalonado de las caras. Como en el caso anterior solo se rotulará el nombre de dos especies. Así, en la cartela figurará: espesartina-almandino + epidota.

- *Marcasita-dolomita-esfalerita. Reocín (Cantabria).* Aunque la minería que explotaba este yacimiento se centraba en la extracción y procesado de la esfalerita para el beneficio del Zn, a nivel museístico, la especie más valorada es la marcasita

(Castro *et al.*, 2001). Además, la esfalerita no presenta cristales visibles y el recubrimiento parcial de marcasita y dolomita impiden la plena observación de su bandeados, que es el único atractivo estético que tiene (Fig. 3C). De igual modo, la dolomita es un mineral muy abundante en este tipo de yacimientos por lo que debe relegarse a un segundo término. En la cartela se mostrará: marcasita sobre esfalerita.

En estos tres ejemplos seleccionados, la rotulación propuesta no resulta totalmente satisfactoria, por lo que se recomienda la instalación de esquemas (similares a los que se muestran en la Fig. 3), donde se haga referencia a todas las especies minerales observables a simple vista.

### **Soluciones sólidas**

Los términos que se han utilizado para designar determinadas soluciones sólidas como olivino, wolframita, plagioclasa, granate, turmalina, epidota o apatito, son muy conocidos y hoy en día se encuentran en las colecciones de minerales de muchos museos. Esto se debe, por una parte a su gran popularidad y, por otra, a la carencia de información química. En las colecciones minerales del Museo Geominero se ha optado por conservar estos términos, ya que una parte importante del público los puede reconocer con facilidad. Para hacer notar que no se trata de una especie, se propone entrecomillar el nombre genérico de la solución sólida.

Si se dispone de información analítica (bibliográfica u obtenida en el Museo), antes del término genérico se incluirá el nombre del término extremo correspondiente. En soluciones sólidas completas de dos componentes (como olivino, wolframita y plagioclasa), se aplicará la regla del 50% (Nickel, 1992) y se utilizará el nombre del término puro cuando el ejemplar contenga más del 50% del mismo. La existencia de soluciones sólidas de más de dos componentes (como granate, turmalina, epidota y apatito), sugiere el uso de la regla 100%/n, donde n es el número de componentes (Wenk y Bulakh, 2004). En estos grupos, se intercambian átomos (cationes o aniones), grupos moleculares o vacantes (Hatert y Burke, 2008).

A continuación se discuten brevemente las peculiaridades de los ejemplos españoles elegidos, junto a las modificaciones propuestas en sus cartelas:

- *Olivino*

Aunque este mineral aparece en España en bastantes localidades, suele constituir cristales de tamaño microscópico y sólo se encuentra visible en muestra de mano en algunas regiones volcánicas.

cas, sobre todo cuando forma enclaves ultramáficos. Los ejemplos considerados pertenecen a este tipo de roca. En España se han realizado diferentes estudios vulcanológicos y algunos de ellos aportan datos de interés: el olivino de Lanzarote (Las Palmas) (Fig. 3A) tiene una composición variable entre  $Fo_{84}$  y  $Fo_{87}$  (Carracedo y Rodríguez Badiola, 1993). Los cristales de Olot (Girona) varían entre  $Fo_{75}$  y  $Fo_{83}$  (Llovera, 1983) y, por último, el olivino de El Cerrillo (Ciudad Real) tiene una composición media de  $Fo_{91}$  (Ancochea, 1983). Con esta información se puede aplicar la regla del 50% y, sin realizar nuevas analíticas, debe incorporarse el término forsterita olivino en la cartela de los ejemplares españoles procedentes de estos yacimientos.

#### - *Wolframita*

Los cristales de wolframita se han recuperado en numerosas localidades de la geografía española, casi siempre ligados a fenómenos de hidrotermalismo en rocas ígneas. La wolframita española tiene una composición intermedia entre los términos puros, ferberita (rica en Fe) y huebnerita (rica en Mn), como muestra Calderón (1910), para minerales de varias localidades ( $Fer_{84}$ - $Fer_{33}$ ). En la cartela de la wolframita de Otero de Herreros (Segovia) debe figurar: ferberita, "wolframita", ya que el mineral es pobre en Mn y rico en Fe (media:  $Fer_{84}$ ) (Tornos et al., 1993).

#### - *Plagioclasa*

En España, los mejores cristales de plagioclasa se encuentran asociados al relleno de cavidades en rocas ígneas o metamórficas. Un buen ejemplo de cristales idiomorfos de tamaño centimétrico es la plagioclasa de las pegmatitas del plutón granítico de La Cabrera (González del Tánago et al., 2008). Aunque la plagioclasa del granito puede tener hasta 56% de anortita, todos los cristales macroscópicos de las miarolas pegmatíticas son albata prácticamente pura ( $Ab_{97}$ - $Ab_{100}$ ; González del Tánago et al., 1986; Lozano, 2003). Con esto, el ejemplar de Valdemanco (Madrid) debe etiquetarse como albata, "plagioclasa".

Al margen de este ejemplo y siempre dentro del ámbito museístico y de colección, los ejemplares más vistosos de plagioclasa, los que presentan cristales mejor formados y de mayor calidad, son aquellos que han crecido "libres" en el interior de cavidades, a partir de fluidos hidrotermales. Se trata casi siempre de albata, más estable a bajas temperaturas que la anortita. Además, existen "lagunas" de miscibilidad entre ambas especies a temperaturas inferiores a 400°C (Ribbe, 1975). Esto puede utilizarse a la hora de clasificar ejemplares claramente crecidos en cavidades, ya que la mayo-

ría de ellos serán tardíos y por tanto ricos en Na (albiticos).

#### - *Granate*

En España, los granates se encuentran abundantemente en rocas ígneas y metamórficas (García Guinea, 1986). El yacimiento de granates de Níjar (Almería), es muy conocido por la cantidad y calidad de sus cristales y por haber sido explotado para su uso como abrasivo (Fig. 4B). Los granates se encuentran en una dacita y son almandinos, dentro de la serie almandino-piropo-grosularia-espesartina ( $Alm_{70-82}$ ; Muñoz-Espadas et al., 2000). El granate de Minas de Cala (Huelva) se encuentra en un skarn cálcico y la composición de los cristales más grandes es intermedia en la serie grosularia-andradita ( $And_{48}$ - $And_{54}$ ; Casquet y Velasco, 1978; Velasco y Amigo, 1979). En su cartela figurará: "granate", andradita-grosularia. Por último, el granate de La Cabrera (Madrid) aparece en pegmatitas graníticas y su composición encaja a grandes rasgos en la serie almandino-espesartina. Aunque muchos ejemplares son ricos en Mn ( $Esp_{44-73}$ ) (González del Tánago y González del Tánago, 2002), es necesario tomar estas determinaciones con precaución porque la variabilidad es elevada en estos yacimientos. Por tanto se rotulará como espesartina-almandino, "granate", en espera de obtener futuras determinaciones químicas que afinen más la clasificación.

#### - *Turmalina*

La turmalina se encuentra en numerosas localidades españolas. La mayor parte de los cristales aparecen comúnmente en rocas ígneas y metamórficas y son de color negro, por lo que se les ha considerado tradicionalmente como chorlos (Calderón, 1910). En el caso de la turmalina pegmatítica de Hornachuelos, Sierra Albarrena (Córdoba), sus términos finales medios son:  $Cho_{46}$ - $Dra_{34}$ - $Elb_{20}$  (González del Tánago et al., 1992), por lo que los especímenes pueden nombrarse como chorlo, "turmalina". La química de la turmalina de La Fregeneda (Salamanca), se encuentra comprendida entre los términos finales: chorlo-dravita, de los cuales el primero es el más importante ( $Cho_{75-56}$ ) (Roda et al., 1995), por lo que también puede rotularse como chorlo, "turmalina". Las turmalinas de colores vistosos son muy escasas en España y el yacimiento más conocido, con ejemplares centimétricos coloreados, son las pegmatitas de Pinilla de Fermoselle (Zamora) (4C). Los cristales rosas son elbaítas, dado su contenido en Li y Na, aunque tienen un cierto componente de rosmanita, puesto de manifiesto por su excedente en Al y su déficit de Na (Roda et al., 2004). Aún con

esto, deben rotularse como elbaíta, "turmalina", ya que el primero es el término mayoritario.

#### *Epidota*

Los minerales del grupo de la epidota se han reconocido en España, asociados a procesos de retrogradación e hidrotermales en diferentes tipos de rocas. En el caso de la epidota de La Cabrera (Madrid), los cristales se encuentran en cavidades de pegmatitas. Aunque en estas miarolas se han reconocido especies muy raras como allanita (Nd) (González del Tánago, 1997), la mayoría de los cristales tienen una composición propia de la epidota s.s. (González del Tánago et al., 2008), por lo que se recomienda rotular los ejemplares con este término, sin entrecomillar. En el caso de la allanita de Burguillos del Cerro (Badajoz), el ejemplar se clasificará como allanita (La), "epidota", ya que el La es el catión predominante en su composición química, frente a otras tierras raras (la relación La/Ce oscila entre 1,08 y 1,25) (González del Tánago y Sainz de Baranda, 2002).

#### *Apatito*

Quizás el yacimiento más emblemático de apatito español sea el que se encuentra en las lamproítas de Mina Celia, Jumilla, (Murcia), ya que los cristales tienen muy buena calidad (color, trasparencia y brillo) y son muy apreciados en ambientes museísticos y colecciónísticos en general (Fig. 4D). Este apatito es rico en F, por lo que se le considera fluorapatito (Mancheño et al., 1986; Venturelli et al., 1993). Otro distrito muy conocido por la presencia de apatito se encuentra en la provincia de Cáceres. En estos yacimientos, los cristales observables a simple vista no son tan abundantes como en Jumilla, porque en su mayoría el material es microcristalino (colofana). El ejemplo de Zarza la Mayor, también debe etiquetarse como fluorapatito ya que en este distrito minero se definió por primera vez la especie (Pelletier y Donadei, 1790; Proust, 1791).

### **Zonados de crecimiento**

En todos los casos considerados, el aspecto del ejemplar viene dado por las características cromáticas y texturales de la última capa de crecimiento, aunque la morfología observada será la del cristal previo. En los minerales que forman solución sólida esto no supone un problema, ya que el hábito de los diferentes términos es similar. En estos casos se propone nombrar al ejemplar con el término correspondiente a la última "capa" de crecimiento. Así, las turmalinas zonadas de Sierra Albarrana (Córdoba) (González del

Tánago et al., 1992) y de La Fregeneda (Salamanca) (Roda et al., 1995), serían coherentes con el término chorlo y el granate de Níjar (Almería) (Muñoz-Espadas et al., 2000), con el término almandino. También en el caso del granate de La Cabrera (Madrid), la zona más externa es espesartínica mientras que los núcleos son más almandínicos (González del Tánago et al., 2008), lo que refuerza el orden escogido para los dos términos (espesartina-almandino).

El caso de los feldespatos madrileños es diferente. El problema radica en que la albita y la microclina de la zona tienen hábitos diferentes al de la ortoclasa (González del Tánago et al., 2008) y si asignamos el nombre de albita o microclina al ejemplar de ortoclasa recubierta, no se reflejará la morfología típica de los primeros. Al igual que en las soluciones sólidas, se debe nombrar el último mineral que ha crecido, pero en este caso también debe figurar el mineral recubierto. Se propone rotular los ejemplares de Robledo de la Jara y Sieteiglesias como: albita sobre ortoclasa (Fig. 5A) o microclina sobre ortoclasa (Fig. 5B). Con ello el público puede hacerse una idea de la presencia de las dos especies en cada ejemplar y de su orden textural. En el ejemplar de Cervera de Buitrago se conjugan los dos casos anteriores y se rotulará como microclina + albita sobre ortoclasa (Fig. 5C).

### **Bajo grado de cristalinidad y mezcla**

Quizás este caso constituye el mayor reto a la hora de etiquetar correctamente ciertos ejemplares. Aún cuando los estudios realizados mediante DRX determinan alguna especie mineral, es probable que gran parte del material sea amorfo. Así, puede suceder que en un hipotético ejemplar con un 90% de material amorfo y un 10% de material cristalino, se clasifique la muestra con el nombre de un mineral secundario. La correcta caracterización ha de realizarse mediante análisis químicos y, en algunos casos, puede completarse con espectrometría Raman o de infrarrojos.

Por estos motivos, asignar un nombre de especie a los agregados amorfos o parcialmente amorfos, ricos en Fe, Mn, Al o fosfatos puede resultar muy complicado. A continuación se comenta la información relacionada con cada ejemplo:

La limonita se encuentra en numerosas localidades españolas, asociada a yacimientos de Fe (Calderón, 1910). En el ejemplar de Cudillero (Asturias) (Fig. 6B), al igual que en muchas otras limonitas españolas, el mineral determinado es la goethita (Calvo, 2009). Respecto al wad de Calañas (Huelva), no se ha encontrado información específica,

aunque en los yacimientos de la zona se ha reconocido mayoritariamente pirolusita (Calvo, op. cit.) y algunos minerales como hausmanita, manganita, braunita y psilomelana (Marota y Ramírez Copeiro, 2000). La muestra de bauxita se ha elegido dentro de uno de los distritos mineros más representativos dentro de la minería del Al en España: Fuentespalda (Teruel) (Molina y Salas, 1993) (Fig. 6C). Se trata de un ejemplar pisolítico formado por gibbsita con pequeñas cantidades de caolinita, óxidos de Fe y otros óxidos de Al (Ordóñez, 1977). La fosforita está compuesta fundamentalmente por minerales del grupo del apatito. No obstante, como en los casos anteriores, la cristalinidad puede ser baja y el material se conoce como colofana (Klein y Hurlbut, 2002). Los minerales que forman estos agregados tienen > 1% de F y algo de C y, en conjunto, se los conoce también como francolitas (Mc Arthur, 1985). Aunque en el ejemplo de Logrosán (Cáceres) (Fig. 6D), el material predominante es el fluorapatito (localidad tipo: Proust, 1791; Pelletier y Donadei, 1791), en su variedad fibrosa (dahllita), los bandeados típicos de esta localidad contienen también delgadas capas de cuarzo (Locutura et al., 2006).

La mayor parte de las determinaciones obtenidas en los ejemplos anteriores se han realizado con DRX, que puede resultar insuficiente para la correcta caracterización de algunas muestras, dado que se desconoce la cantidad y naturaleza del material amorfo. Como no se dispone de información más precisa (análisis químicos, Raman, infrarrojos, etc.), se continuará usando los términos wad, limonita, bauxita y fosforita, siempre entrecomillados, para hacer notar que no se trata de especies minerales. En futuros proyectos de catalogación se abordará la estrategia analítica, necesaria para su nuevo etiquetado.

Respecto al caso del ópalo, mediante el uso de la DRX se puede diferenciar entre ópalo A (muy desordenado, casi amorfos), ópalo C (-cristobalita ordenada con cantidades subordinadas de tridimita) y ópalo CT (-cristobalita desordenada + -tridimita) (Jones y Segnit, 1971; Aguilar-Reyes et al., 2005). Además, puede afianzarse la clasificación con espectrometría Raman (p. e. Ostrooumov et al., 1999). No obstante en el glosario de términos de Fleischer (Back y Mandarino, 2008), el ópalo figura como una única especie mineral. Aún con esto, dependiendo del tipo de información analítica disponible, se rotularán los ejemplares como ópalo o como ópalo + sufijo (A, C o CT). En el ejemplo del ópalo madrileño (Cerro Almodóvar), la muestra puede rotularse como ópalo CT, ya que este es el tipo determinado en sectores próximos (Casa Montero; Bustillo y Pérez-Jiménez, 2005).

En muchas ocasiones, el problema no consiste en determinar el tipo de ópalo sino en estimar la proporción de éste frente a la de cuarzo, en el mismo ejemplar. El ópalo se transforma en cuarzo con el paso del tiempo, formándose cristales fibrosos (calcedonia, cuarcina y lutecita) y/o equidimensionales. Así, cuanto más antiguo es el ejemplar, mayor probabilidad hay de encontrar únicamente cuarzo (generalmente silex). Por tanto, existe una gradación completa entre el ópalo original y el silex final. Para obtener el término a incluir en la cartela de estos ejemplares, es necesario realizar estudios petrográficos modales que revelen los porcentajes relativos de cada especie. El ejemplar problema sólo se denominará ópalo cuando su proporción modal supere el 50% y viceversa. Si no se dispone de información y "de visu" se sospecha la presencia de ópalo y cuarzo en el mismo ejemplar, se rotulará como "silex opalino".

Este mismo problema afecta a la madera silicificada, formada inicialmente por ópalo y transformada, total o parcialmente, en cuarzo. En el ejemplo pérmino de Pálmaces de Jadraque (Guadalajara), la madera fósil está formada preferentemente por cuarzo equidimensional y calcedonia, con cantidades accesorias de pirita (García Guinea et al., 1998). En este caso debe referenciarse el ejemplar como cuarzo (xilópalo). Por otra parte, aún no se conoce demasiado bien la composición mineralógica de la madera silicificada del Cretácico español. Por ello, se han realizado algunas láminas delgadas de ejemplares del Museo Geominero y se ha observado que la mayoría están formados por cuarzo. El ejemplo de Castrillo de la Reina (Burgos) es la excepción, ya que aún conserva la textura vegetal fosilizada en ópalo (Fig. 6A), con cuarzo como accesorio. Por tanto se le etiquetará como ópalo (xilópalo). El resto de ejemplares cretácicos deben rotularse como cuarzo (xilópalo).

### **Pseudomorfosis**

La cordierita alterada presente en muchas colecciones españolas se conoce como iberita o gigantolita (Calderón, 1910). También se ha acuñado el término pinita para describir una característica mezcla criptocristalina de filosilicatos (micas, cloritas y minerales de la arcilla), que reemplazan a este mineral (Orgiermann, 2002). Como se vio anteriormente, el chorlo se altera comúnmente a los mismos filosilicatos y, además, cordierita y chorlo pueden presentar hábitos prismáticos similares. Por esto, cuando el reemplazamiento es total resulta difícil decidir cuál era la especie original, anterior a la pseudomorfosis. En este sentido, la turmalina suele desarrollar estrías

de crecimiento y prismas más alargados que la cordierita (Klein y Hurlbut, 2002), lo que puede utilizarse para decidir entre los dos. Además, la cordierita reemplazada (donde se encontraron núcleos del mineral sin alterar; Calderón, 1910), tiene morfología prismática hexagonal con tendencia piramidal.

En muestras de mano de ambos pseudomorfos se observa una orientación preferente de los filosilicatos, que da la sensación de ser una exfoliación basal muy acusada. En el caso de la turmalina, está demostrado que existe una relación entre la orientación de los filosilicatos que reemplazan y determinadas direcciones cristalográficas en el cristal original (Ahn y Buseck, 1998). Desgraciadamente, en la alteración de la cordierita sucede algo parecido (Orgiermann, 2002), por lo que no puede usarse este criterio para identificar las especies originales *de visu*.

En los ejemplos clasificados como cordierita, sólo uno de ellos puede ser considerado una pseudomorfosis de este mineral (La Granja, Segovia) (Fig. 7B), mientras que el otro ejemplo (Salamanca), presenta suficientes rasgos morfológicos (cristal alargado y restos de estrías de crecimiento), como para considerarle una pseudomorfosis de turmalina (Fig. 7A).

La andalucita (quiastolita) de Doiras (Asturias), se formó como resultado del metamorfismo de contacto del plutón de Boal con las pizarras de Luarca y ha sido cortada y pulida tradicionalmente (García Guinea, 1986). Se obtienen secciones que forman cruces muy atractivas, con varios colores. Los tonos más rosados corresponden a los cristales menos alterados, que aún conservan su color característico. Los cristales más claros, incluso blancos, ya no pueden considerarse andalucita sino una mezcla de filosilicatos, resultado del reemplazamiento de la misma (Fig. 7D).

A la hora de rotular los pseudomorfos, es necesario realizar una evaluación textural del grado de reemplazamiento, a partir de estudios petrográficos modales. Si el proceso está avanzado, se denominará la muestra con el nombre del mineral actual, seguido de la palabra *pseudo* y el nombre de la especie original. Si el reemplazamiento es parcial, se rotulará primero la especie original y después las especies actuales, unidas por el signo +. No obstante, esta nomenclatura simple puede llevar al visitante a pensar que se trata de un ejemplar con varias especies (Fig. 3). Para remediar esto se puede introducir la frase "parcialmente reemplazado por", aunque en determinados casos puede resultar demasiado larga para el espacio disponible de la etiqueta. Por último, si el reemplazamiento es incipiente pero afecta a toda la superficie de los cristales, se rotulará primero el nombre de la especie reemplazante unido al nombre de la especie original por la preposición "sobre".

Cuando no se dispone de analítica, se utilizarán los términos genéricos: pinita, limonita o filosilicatos, siempre entrecomillados.

Con estos criterios y los resultados obtenidos por DRX (Tab.1), se proponen los siguientes términos para los ejemplos elegidos:

El ejemplar de La Granja (Segovia) se rotulará como illita + clinocloro, *pseudo*-cordierita, la muestra de Salamanca y la de Guadalix de la Sierra como moscovita+clinocloro, *pseudo*-chorlo. Respecto a la quiastolita asturiana, el ejemplar completamente alterado se denominará: moscovita + margarita, *pseudo*-andalucita y el parcialmente alterado se etiquetará como: andalucita (quiastolita) + moscovita + margarita. La pirita de Cornago (La Rioja) se rotulará como goethita sobre pirita y, en cambio, la de Carratraca (Málaga), se nombrará: hematites+goethita, *pseudo*-pirita, dado que la primera sólo tiene una pátina de oxidación submilimétrica y en la segunda apenas se conserva pirita original. En la pátina de la pirita riojana, se encuentra también chamosita y caolinita (Tab. 1), que son los restos de la interfase pirita-lutita (cookeita, moscovita y caolinita, Alonso Azcárate *et al.*, 2002).

En futuros trabajos, se revisarán algunas de estas determinaciones aplicando otras técnicas como infrarrojos o Raman, combinadas con análisis químicos.

En la mayor parte de los casos, se ha propuesto el entrecomillado de diferentes "términos genéricos": en soluciones sólidas, materiales de baja cristalinidad, mezclas de grano fino y reemplazamientos. Se trata de trasmitir un término conocido, aunque poco preciso, que será el único presente en la etiqueta cuando no se dispone de información. El significado de este entrecomillado se mostrará en un pequeño cartel informativo, situado en cada vitrina (Fig. 10).

## Conclusiones

El análisis de estos casos en minerales españoles proporciona, en su conjunto, una aproximación al planteamiento y resolución de la problemática de etiquetado en ejemplares con interés museístico. El empleo de los datos publicados por diferentes autores resulta imprescindible a la hora de rotular correctamente algunos ejemplares conflictivos. Si no existe bibliografía, debe analizarse las muestras utilizando la técnica más adecuada y siempre dentro de los recursos existentes en cada momento. En la tabla 2 se muestra un resumen de los casos considerados, incluyendo las propuestas terminológicas estipuladas para cada ejemplo.

Cuando el problema es decidir el nombre a incluir en la etiqueta de un ejemplar con varias especies de

Clasificación	Sigla	Localidad	Hábito	M. mayoritario	M. minoritario
<b>Cordierita</b>	758	Salamanca	Prismático hexagonal	Moscovita	Clinocloro
<b>Cordierita</b>	5349	La Granja (Segovia)	Prismático hexagonal	Illita	Clinocloro
<b>Chorlo</b>	11400	Guadaluix de la Sierra (Madrid)	Prismático hexagonal	Moscovita	Clinocloro
<b>Andalucita (quiastolita)</b>	2548	Doiras (Asturias)	Prismático cuadrangular	Moscovita	Margarita
<b>Andalucita (quiastolita)</b>	2463	Doiras (Asturias)	Prismático cuadrangular	Andalucita	Moscovita Margarita
<b>Pirita</b>	866	Cornago (La Rioja)	Cúbico	Goethita	Chamosita Caolinita
<b>Pirita</b>	368	Carratraca (Málaga)	Cúbico	Hematites	Goethita

Tabla 1. Resultados de DRX de los ejemplos de pseudomorfos españoles

Table 1. XRD compositions of Spanish pseudomorph samples

similar tamaño, se deben aplicar y ponderar los siguientes criterios: rareza, calidad (color, transparencia, brillo, forma de los cristales, etc.), posibilidad de conseguir más ejemplares, representatividad de la especie en su yacimiento original y grado de conocimiento mineralógico del público al que va dirigida la exposición. Se recomienda el uso de la preposición "sobre" para dar idea de la posición relativa de dos especies. Cuando no se observan posiciones relativas debe utilizarse los términos enlazados con el signo "+". Se sugiere usar el nombre del color de la especie relevante si este contrasta con el de las otras especies del ejemplar. También se aconseja la instalación

de ejemplares monominerales cerca de las muestras problema, para ayudar a identificar las especies constituyentes. En determinadas muestras resulta muy útil la instalación de esquemas señalizadores.

Si se tiene que rotular la etiqueta de un mineral que forma solución sólida, debe recurrirse a los datos de composición química. Se aplicará la regla del 50% en soluciones sólidas de dos componentes y la 100%/n en las de varios componentes, nombrando el ejemplar con el término genérico entrecorallado seguido del extremo mayoritario.

Los minerales que forman soluciones sólidas pueden estar zonados y un único cristal puede estar for-

Tabla 2. Resumen de los diferentes problemas de nomenclatura y las propuestas terminológicas para el etiquetado de la colección de minerales españoles del Museo Geominero. Se incluye la mayor parte de los ejemplos descritos en el texto. Entre paréntesis figura el número de inventario de las muestras. Se entiende por "término genérico" los nombres que incluyen varias especies (soluciones sólidas, baja cristalinidad, mezcla de grano fino y pseudomorfosis). DRX = Difracción de Rayos X. IR = Infrarrojos. <sup>1</sup>Navajún (La Rioja). <sup>2</sup>La Cabrera (Guadaluix de la Sierra). <sup>3</sup>Berbes (Asturias). <sup>4</sup>Reocín (Cantabria). <sup>5</sup>Valdemanco (Madrid). <sup>6-6</sup>Olot (Gerona). <sup>7-7</sup>El Cerrillo (Ciudad Real). <sup>8-8</sup>Lanzarote (Las Palmas). <sup>9-9</sup>Otero de Herreros (Segovia). <sup>10-10</sup>Valdemanco (Madrid). <sup>11-11</sup>Níjar (Almería). <sup>12-12</sup>Minas de Cala (Huelva). <sup>13-13</sup>La Cabrera (Madrid). <sup>14-14</sup>Hornachuelos, Sierra Albarrana (Córdoba). <sup>15-15</sup>La Fregeneda (Salamanca). <sup>16-16</sup>Pinilla de Fermoselle (Zamora). <sup>17-17</sup>La Cabrera (Madrid). <sup>18-18</sup>Burguillos del Cerro (Badajoz). <sup>19-19</sup>Jumilla (Murcia). <sup>20-20</sup>Zarza la Mayor (Cáceres). <sup>21-21</sup>Sierra Albarrana (Córdoba). <sup>22-22</sup>Níjar (Almería). <sup>23-23</sup>Sieteiglesias (Madrid). <sup>24-24</sup>Robledillo de la Jara (Madrid). <sup>25-25</sup>Sieteiglesias (Madrid). <sup>26-26</sup>Cervera de Buitrago (Madrid). <sup>27-27</sup>Cerro Almodóvar (Madrid). <sup>28-28</sup>Castrillo de la Reina (Burgos). <sup>29-29</sup>Pálmaces de Jadraque (Guadaluix de la Sierra). <sup>30-30</sup>Cudillero (Asturias). <sup>31-31</sup>Calañas (Huelva). <sup>32-32</sup>Fuentespalda (Teruel). <sup>33-33</sup>Logrosán (Cáceres). <sup>34-34</sup>Carratraca (Málaga). <sup>35-35</sup>La Granja (Segovia). <sup>36-36</sup>Salamanca. <sup>37-37</sup>Guadaluix de la Sierra (Madrid). <sup>38-38</sup>Doiras (Asturias). <sup>39-39</sup>Doiras (Asturias). <sup>40-40</sup>Cornago (La Rioja)

Table 2. Summary of the problems of nomenclature and proposals for labelling the Spanish mineral collection in the Museum of Geomining, including most of the examples described in the text. The catalogue numbers appear in brackets. "General term" means names that include several species (solid solutions, low crystallinity, fine grain mixture and pseudomorphs). XRD = X Ray Diffraction. IR = Infrared. <sup>1</sup>Navajún (La Rioja). <sup>2</sup>La Cabrera (Guadaluix de la Sierra). <sup>3</sup>Berbes (Asturias). <sup>4</sup>Reocín (Cantabria). <sup>5</sup>Valdemanco (Madrid). <sup>6-6</sup>Olot (Gerona). <sup>7-7</sup>El Cerrillo (Ciudad Real). <sup>8-8</sup>Lanzarote (Las Palmas). <sup>9-9</sup>Otero de Herreros (Segovia). <sup>10-10</sup>Valdemanco (Madrid). <sup>11-11</sup>Níjar (Almería). <sup>12-12</sup>Minas de Cala (Huelva). <sup>13-13</sup>La Cabrera (Madrid). <sup>14-14</sup>Hornachuelos, Sierra Albarrana (Córdoba). <sup>15-15</sup>La Fregeneda (Salamanca). <sup>16-16</sup>Pinilla de Fermoselle (Zamora). <sup>17-17</sup>La Cabrera (Madrid). <sup>18-18</sup>Burguillos del Cerro (Badajoz). <sup>19-19</sup>Jumilla (Murcia). <sup>20-20</sup>Zarza la Mayor (Cáceres). <sup>21-21</sup>Sierra Albarrana (Córdoba). <sup>22-22</sup>Níjar (Almería). <sup>23-23</sup>Sieteiglesias (Madrid). <sup>24-24</sup>Robledillo de la Jara (Madrid). <sup>25-25</sup>Sieteiglesias (Madrid). <sup>26-26</sup>Cervera de Buitrago (Madrid). <sup>27-27</sup>Cerro Almodóvar (Madrid). <sup>28-28</sup>Castrillo de la Reina (Burgos). <sup>29-29</sup>Pálmaces de Jadraque (Guadaluix de la Sierra). <sup>30-30</sup>Cudillero (Asturias). <sup>31-31</sup>Calañas (Huelva). <sup>32-32</sup>Fuentespalda (Teruel). <sup>33-33</sup>Logrosán (Cáceres). <sup>34-34</sup>Carratraca (Málaga). <sup>35-35</sup>La Granja (Segovia). <sup>36-36</sup>Salamanca. <sup>37-37</sup>Guadaluix de la Sierra (Madrid). <sup>38-38</sup>Doiras (Asturias). <sup>39-39</sup>Doiras (Asturias). <sup>40-40</sup>Cornago (La Rioja)

CASOS	PROPIEDAD TÉCNICA			EJEMPLOS			
Una especie visible	Especie visible			Pirita <sup>a</sup> (1647) Aragonito <sup>a</sup> (4238)			
Varias especies visibles	Con clara relación textural temporal		Especie A sobre especie B	Fluorita sobre cuarzo <sup>a</sup> (11049) Marcasita sobre Esfalerita <sup>a</sup> (1972)			
	Sin clara relación textural temporal		Especie A + especie B	Espesartina-Almandino + Clinozoisita <sup>a</sup> (9701)			
Solución sólida	Con referencia bibliográfica y/o análisis químico	Especie/s pura/s predominante (50% o 100%/n molar) + "Término genérico"	Forsterita, "Olivino" <sup>6,7,8</sup> (6349-10717-9823) Ferberita, "Wolframita" <sup>9</sup> (2702) Albita, "Plagioclasa" <sup>10</sup> (9696) Almandino, "Granate" <sup>11</sup> (6096) Grosularia-Andradita, "Granate" <sup>12</sup> (9238) Espesartina-Almandino, "Granate" <sup>13</sup> (9701)	Chorlo, "turmalina" <sup>14,15</sup> (6313-1533) Elbaita, "turmalina" <sup>16</sup> (6618) Epidota <sup>a</sup> (10505) Allanita (La), "epidota" <sup>18</sup> (390) Fluorapatito <sup>19,20</sup> (7836-2165)			
	Sin referencia bibliográfica ni análisis químico	"Término genérico"	"Olivino" <sup>6,7,8</sup> (9823-6349-10717) "Wolframita" <sup>9</sup> (2702) "Plagioclasa" <sup>10</sup> (9696) "Granate" <sup>11,12,13</sup> (6096-9238-9701)	"Turmalina" <sup>14,15,16</sup> (6313-1533-6618) "Epidota" <sup>17,18</sup> (10505-390) "Apatito" <sup>19,20</sup> (7836-2165)			
Zonado de crecimiento	Con referencia bibliográfica Microsonda de electrones	Solución Sólida	Última "capa" de crecimiento + "Término genérico"	Chorlo, "Turmalina" <sup>21</sup> (6313) Almandino, "Granate" <sup>22</sup> (6096) Epidota <sup>23</sup> (10505)			
		Epitaxia	Especie/s epitaxial/es sobre especie previa	Albita sobre Ortoclasa <sup>24</sup> (11395) Microclina sobre Ortoclasa <sup>25</sup> (11397) Microclina + Albita sobre Ortoclasa <sup>26</sup> (11396)			
	Sin referencia bibliográfica Microsonda de electrones	Solución Sólida	"Término genérico"	"Turmalina" <sup>21</sup> (6313) "Granate" <sup>22</sup> (6096) "Epidota" <sup>23</sup> (10505)			
		Epitaxia	"Término genérico" de la especie/es epitaxial/es sobre especie previa	"Feldespato" sobre Ortoclasa <sup>24,25</sup> (11395)(11397) "Feldespatos" sobre Ortoclasa <sup>26</sup> (11396)			
Bajo grado de cristalinidad y mezcla	Sílice Con referencia bibliográfica Petrografía	> 50% de ópalo	Con DRX	Ópalo + sufijo (A-CT-C)	Ópalo CT <sup>27</sup> (384)		
			Sin DRX	Ópalo + "Término genérico", si existe	Ópalo "Xilópalo" <sup>28</sup> (360)		
		> 50% de cuarzo	Cuarzo - "Término genérico", si existe		Cuarzo "Xilópalo" <sup>29</sup> (6780)		
	Sílice Sin referencia bibliográfica Petrografía, DRX	"Término genérico"			"Xilópalo" <sup>28-29</sup>		
	Con referencia bibliográfica DRX/IR/Raman	Especie/s predominante/es + "Término genérico"			Óxi-hidróx. Fe mayoritario/s "Limonita" <sup>30</sup> (3150) Óxi-hidróx. Mn mayoritario/s "Wad" <sup>31</sup> (6635) Óxi-hidróx. Al mayoritario/s "Bauxita" <sup>32</sup> (269) Fosfato/s mayoritario/s "Fosforita" <sup>33</sup> (2196)		
	Sin referencia bibliográfica DRX/IR/Raman	"Término genérico"			"Limonita" <sup>30</sup> (3150) "Wad" <sup>31</sup> (6635) "Bauxita" <sup>32</sup> (269) "Fosforita" <sup>33</sup> (2196)		
Pseudomorfosis	Con DRX	Grado de reemplazamiento	Alto	Especie/s actual/es <i>pseudo</i> - especie original	Hematas + Goethita ( <i>pseudo</i> -pirita) <sup>34</sup> (368) Illita + Clinocloro ( <i>pseudo</i> -cordierita) <sup>35</sup> (5349) Moscovita + Clinocloro ( <i>pseudo</i> -chorlo) <sup>36</sup> (758) Moscovita + Clinocloro ( <i>pseudo</i> -chorlo) <sup>37</sup> (11400) Moscovita + Margarita ( <i>pseudo</i> -andalucita) <sup>38</sup> (2548)		
			Intermedio	Especie original + especie/es actual/es	Andalucita (Quiastolita) + Moscovita + Margarita <sup>39</sup> (2463)		
			Bajo	Especie/s actual/es sobre especie original	Goethita sobre Pirita <sup>40</sup> (866)		
	Sin Ref. DRX	Grado de reemplazamiento	Alto	"Término genérico"- <i>pseudo</i> - especie original	"Limonita" ( <i>pseudo</i> -pirita) <sup>34</sup> (368) "Pinita" ( <i>pseudo</i> -cordierita) <sup>35</sup> (5349) "Filosilicatos" ( <i>pseudo</i> -chorlo) <sup>36,37</sup> (758) (11400) "Filosilicatos" ( <i>pseudo</i> -andalucita) <sup>38</sup> (2548)		
			Intermedio	Especie original + "Término genérico"	Andalucita (Quiastolita) + "Filosilicatos" <sup>39</sup> (2463)		
			Bajo	"Término genérico" sobre especie original	"Limonita" sobre Pirita <sup>40</sup> (866)		



Figura 10. Cartel informativo que contiene el significado de los términos entrecorbillados

Figure 10. Explanations of the terms in inverted commas

mado por varias especies distintas. Se debe conocer la composición química del zonado mediante análisis micropuntuales y sobre todo se debe caracterizar bien la última capa, que es la que aporta el aspecto final al ejemplar y el término a la etiqueta.

El problema de las mezclas entre material amorfo y una o más especies minerales, siempre con cristales submilimétricos, representa un reto de caracterización. En muchos casos, la composición química y mineralógica es muy variable, lo que generalmente requiere un gran esfuerzo analítico: sólo la combinación de varias técnicas puede resolver completamente el problema.

Los cristales pseudomorfizados muestran las formas típicas del original, pero su composición química y mineralógica es totalmente diferente. En algunos casos de reemplazamiento completo, puede inferirse la naturaleza del cristal original analizando su morfología externa. Se proponen diferentes combinaciones de términos para designar los distintos grados de reemplazamiento, utilizando en la mayor parte de los casos el término *pseudo*.

El uso del entrecorbillado debe completarse con información adicional en las vitrinas para hacer ver al visitante que estos términos son grupos minerales y no son especies.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los resultados obtenidos en el proyecto del Instituto Geológico y Minero de España: "Actualización y puesta en valor de la Colección de Minerales por Comunidades

Autónomas del Museo Geominero: Madrid y Castilla-La Mancha". Los autores agradecen también a Juan Antonio Martín Rubí y a Eva Bellido la realización de los análisis de DRX en los Laboratorios del Instituto Geológico y Minero de España de Tres Cantos (Madrid). También se agradece a Mercedes Suárez, a Jacinto Alonso-Azcárate y a Carlos Sánchez Jiménez la constructiva revisión del manuscrito.

## Referencias

- Aguilar-Reyes, B., Ostrooumov, M. y Fritsch, E. 2005. Estudio mineralógico de la desestabilización de ópalos mexicanos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22(3), 391-400.
- Ahn, J.H. y Buseck, P.R. 1998. Transmission electron microscopy of muscovite alteration of tourmaline. *American Mineralogist*, 83, 535-541.
- Ahn, J.H., Burt, D.M. y Buseck, P.R. 1988. Alteration of andalusite to sheet silicates in a pegmatite. *American Mineralogist*, 73, 559-567.
- Alonso Azcárate, J., Rodas, M., Más, R. y Velasco, F. 1995. Origen de las piritas de la cuenca de Cameros (La Rioja). *Geogaceta*, 18, 180-183.
- Alonso Azcárate, J., Rodas, M., Bottrell, S.H. y Más, J.R. 2002. Los yacimientos de pirita de la cuenca de Cameros. *Zubía Monográfico*, 14, 173-190.
- Ancochea, E. 1983. Enclaves ultramáficos de la Región Volcánica Central Española. *Revista de Materiales y Procesos Geológicos*, 1, 337-339.
- Back, M.E. y Mandarino, J.A. 2008. Fleischer's Glossary of Mineral Species. The Mineralogical Record Inc. Tucson. 344 pp.
- Bayliss, P., Kaesz, D. y Nickel, H. 2005. The use of chemical-element adjectival modifiers in mineral nomenclature. *The Canadian Mineralogist*, 43, 1429-1433.
- Burke, E.A.J. 2006. A mass discreditation of GQN minerals. *The Canadian Mineralogist*, 44, 1557-1560.
- Burke, E.A.J. 2008. Tidying up mineral names: an IMA-CNMNC scheme for suffixes, hyphens and diacritical marks. *The Mineralogical Record*, 39(2), 131-135.
- Burt, D.M. y Stump, E. 1984. Mineralogical investigation of andalusite rich pegmatites from Szabo Bluff, Scott Glacier area, Antarctica. *Antarctic Journal of the United States, Annual Review*, 49-52.
- Bustillo, M.A. y Pérez-Jiménez, J.L. 2005. Características diferenciales y génesis de los niveles silíceos explotados en el yacimiento arqueológico de Casa Montero (Vicálvaro, Madrid). *Geogaceta*, 38, 243-246.
- Calderón, S. 1910. *Los minerales de España. Tomo I*. Junta para La Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Imprenta de Eduardo Arias. Madrid. 416 pp.
- Calvo, M. 2009. *Minerales y minas de España. V. 4: Óxidos e hidróxidos*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, Fundación Gómez Pardo, 752 pp.
- Calvo, M. y Sevillano, E. 1989. Pyrite crystals from Soria and la Rioja provinces, Spain. *The Mineralogical Record*, 20, 451-456.

- Carracedo, J.C. y Rodríguez Badiola, E. 1993. Evolución geológica y magmática de la Isla de Lanzarote (Islas Canarias). *Revista de la Academia de Ciencias Canaria*, 4, 25-58.
- Casquet, C. y Velasco, F. 1978. Contribución a la geología de los skarns cárnicos en torno a Santa Olalla de Cala (Huelva-Badajoz). *Estudios Geológicos*, 34, 399-405.
- Castro, A.M., Calvo, M., García, G. y Alonso, A. 2001. La mina de Reocín (Cantabria). *Bocamina*, 8, 14-67.
- Curto, C. y Fabre, J. 1992. Fluorite and associated minerals from Asturias, Spain. *The Mineralogical Record*, 23, 69-76.
- de Fourestier, J. 2002. The naming of mineral species approved by the Commission on New Minerals and Mineral Names of the International Mineralogical Association: a brief history. *The Canadian Mineralogist*, 40, 1721-1735.
- García Guinea, J. 1986. *Mapa gemológico y previsor de España*. Coedición: Instituto Gemológico Español e Instituto Geológico y Minero de España, 65 pp.
- García Guinea, J., Martínez-Frías, J. y Harffy, M. 1998. Cell-hosted pyrite frambooids in fossil Woods. *Naturwissenschaften*, 85, 78-81.
- González del Tánago, J. 1997. Allanita-(Nd) y minerales de elementos raros en las pegmatitas graníticas de La Cabrera, Madrid (Sistema Ibérico Central). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 10(1-2), 83-105.
- González del Tánago Chanrai, J. y González del Tánago del Río, J. 2002. *Minerales y minas de Madrid*. Coedición: Comunidad de Madrid (Consejería de Medio Ambiente) y Ediciones Mundi-Prensa. 271 pp.
- González del Tánago, J. y Sainz de Baranda, B. 2002. The Nueva Vizcaya Mine. Burguillos del Cerro, Badajoz, Spain. *The Mineralogical Record*, 33, 489-500.
- González del Tánago, J., Bellido, F. y García Cacho, L. 1986. Mineralogía y evolución de las pegmatitas graníticas de La Cabrera (Sistema Central Español). *Boletín Geológico y Minero*, 97(1), 103-121.
- González del Tánago, J., Peinado, M. y Brandle, J.L. 1992. Turmalinas pegmatíticas y metasomáticas de Sierra Albarrana, Córdoba (España). *Boletín Geológico y Minero*, 103(4), 746-762.
- González del Tánago, J., Lozano, R.P. y González del Tánago Chanrai, J. 2008. Plutón de la Cabrera. Pegmatitas graníticas y alteraciones hidrotermales. *Bocamina*, 21, 104 pp.
- González del Tánago, J., Lozano, R.P., Larios, A. y La Iglesia, A. 2010. The stokesite of granitic pegmatites from La Cabrera (Madrid, Spain). *The Mineralogical Record*, en preparación.
- Guidotti, C.V., Post, J.L. y Cheney, J.T. 1979. Margarite pseudomorphs after chiastolite in the Georgetown area, California. *American Mineralogist*, 64, 728-732.
- Hatert, F. y Burke, A.J. 2008. The IMA-CNMNC dominant constituent rule revisited and extend. *The Canadian Mineralogist*, 46, 717-728.
- Jiménez, R. 2010. Aragonitos del Keuper: nuevos yacimientos. *Revista de minerales*, 4(3), 50-59.
- Jiménez, R., Calvo, M., Martínez Palomares, M.A. y Gorgues, R. 2005. Yacimientos de aragonito del Triásico español. *Bocamina*, 16, 30-93.
- Jones, J.B. y Segnit, E.R. 1971. The nature of opal; Part 1: Nomenclature and constituent phases: *Journal of the Geological Society of Australia*, 18(1), 57-68.
- Klein, C. y Hurlburt, C.S. 2002. *Manual de Mineralogía de Dana*. 4<sup>a</sup> Ed. Editorial Reverté, 362 pp.
- Locutura, J., Boixereu, E., Florido, P., González Sanz, J., Gumié, P., Sánchez Rodríguez, A., Fernández Leyva, C., Bel-Ian, A., Martínez Romero, S., Ortiz, G., Pérez Cerdán, F., Pérez Moras, F. y Alcalde, C. 2006. *Mapa metagenético de la Provincia de Cáceres*. 1:200.000. Instituto Geológico y Minero de España y Junta de Extremadura, 241 pp.
- Llovera, P. 1983. Petrología de los enclaves del volcán Roca Negra (Olot, NO de España). *Acta Geológica Hispánica*, 1, 19-25.
- Lozano, R.P. 2003. *Petrología de los rellenos cárnicos hidrotermales de las cavidades miarolíticas del Plutón de La Cabrera* (Madrid). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 373 pp (Inédita).
- Lozano, R.P., Rodas, M., Barrenechea, I.F. y Galindo, C. 1996. Las cloritas de los cuerpos pegmatíticos del plutón de La Cabrera (Sistema Central Español). *Geogaceta*, 20(7), 1507-1510.
- Mancheño, M.A., Fernández Tapia, M.T. y Arana, R. 1986. Mineralogía de rocas lamproíticas asociadas a diapirios triásicos al noreste de Murcia. I. Características generales. Secretariado de Publicaciones, Universidad de Murcia. *Anales de Ciencias*, 45(1-4), 39-45.
- Marota, S. y Ramírez Copeiro, J. 2000. Yacimientos de manganeso. En: Riotinto, cuna de la minería. Historia y minería de la Faja Pirita Ibérica. *Bocamina*, 5, 54-58.
- Mc Arthur, J.M. 1985. Francolite geochemistry compositional controls during formations diagenesis, metamorphism and weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49(1), 23-25.
- Mills, S.J., Hatert, F., Nickel, E.H. y Ferraris, G. 2009. The standardisation of mineral group hierarchies: application to recent nomenclature proposals. *European Journal of Mineralogy*, 21, 1073-1080.
- Moëlo, Y., Makovicky, E., Mozgova, N.N., Jambor, J.L., Cook, N., Ping, A., Paar, W., Nickel, H., Greaser, S., Karup-Moller, S., Balic-Zunic, T., Mumme, G., Vurro, F., Topa, D., Bindi, L., Bente, K. y Shimizu, M. (2008). Sulfosalt systematic: a review. Report of the sulfosalt sub-committee of the IMA Commission on Ore Mineralogy. *European Journal of Mineralogy*, 20, 7-46.
- Molina J.M. y Salas, R. 1993. Bauxitas kársticas del Cretácico inferior en Fuentespalda (provincia de Teruel): Estatigrafía, origen y paleogeografía. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 17, 207-230.
- Muñoz-Espadas, M.J., Lunar, R. y Martínez-Frías, J. 2000. The garnet placer deposit from SE Spain: industrial recovery and geochemical features. *Episodes*, 23(4), 266-269.
- Nickel, E.H. 1992. Solid solutions in mineral nomenclature. *Canadian Mineralogist*, 30, 231-234.
- Ordóñez, S. 1977. Las bauxitas españolas como mena de aluminio. Fundación Juan March, Madrid, 33, 64 pp.
- Orgiermann, J.C. 2002. Cordierite and its retrograde breakdown products as monitors of fluids-rock interaction

- during retrograde path metamorphism: case studies in the Schwarzwald and the Bayerische Wald (Vasiscan belt, Germany). *Tesis Doctoral*. Universidad de Heidelberg, Alemania. 138 p.p.
- Ostrooumov, M., Fritsch, E., Lasnier, B. y Lefrant, S. 1999. Spectres Raman des opals: aspect diagnostique et aide à la classification. *European Journal of Mineralogy*, 11, 899-908.
- Paniagua, A., Maturana, S. y Sainz de Baranda, B. 1998. Rasgos geológicos de la fluorita asturiana. *Bocamina*, 3, 4-59.
- Pelletier, M.M.B. y Donadei, L. 1790. Mémoire sur le phosphate calcaire. *Journal de Physique*. 37, 161-168.
- Proust, L. 1791. Sobre la piedra fosfórica de Extremadura. *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia*, 1, 439-450 y 453-456.
- Roda, E., Pesqueira, A. y Velasco, F. 1995. Tourmaline in granitic pegmatites and their country rocks, Fregeneda area, Salamanca, Spain. *The Canadian Mineralogist*, 33, 835-848.
- Roda, E., Pesquera, A., Gil, P.P., Torres Ruiz, J. y Fontán, F. 2004. Tourmaline from the rare-element Pinilla pegmatite, (Central Iberian Zone, Zamora, Spain): chemical variation and implications for pegmatitic evolution. *Mineralogy and Petrology*, 81, 249-263.
- Ribbe, P.H. 1975. The chemistry, structure and nomenclature of feldspar. *Reviews of Mineralogy*, Feldspar Mineralogy, 2, 1-72.
- Tornos, F., Casquet, C. y Caballero, J.M. 1993. La alteración hidrotermal asociada al Plutón epizonal de Navalcubilla (Sierra de Guadarrama, Sistema Central Español). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 6(1-2), 67-83.
- Velasco, F. y Amigo, J.M. (1979). Los skarns con magnetita en el entorno del granito de Santa Olalla, Huelva. *Temas Geológicos-Mineros*, IGME, 3, 89-115.
- Venturelle, G., Salvioli-Mariani, E., Toscani, L., Barbieri, M. y Gorgoni, C. 1993. Post-magmatic apatite + hematite + carbonate assemblage in the Jumilla lamproites: a fluid inclusion and isotope study. *Lithos*, 30(2), 139-150.
- Wenk, H.R. y Bulakh, A.G. 2004. Minerals: their constitution y origin. Cambridge Univesity Press. Cambridge, U.K. 646 pp.
- Zagorsky, V.Y., Peretyazhko, I.S., Sapozhnikov, A.N., Zhukhlistov, A.P. y Zvyagin, B.B. 2003. Borocookeite, a new member of the chlorite group from the Malkhan gem tourmaline deposit, Central Transbaikalia, Russia. *American Mineralogist*, 88(5-6), 830-836.

Recibido: marzo 2010

Revisado: julio 2010

Aceptado: julio 2010

Publicado: enero 2011