

Excursión mineralógica en el granito de La Cabrera

10 de Noviembre 2013

Rafael P. Lozano
Ramón Jiménez

13 semana
de la
ciencia
madried



Museo Geominero
Instituto Geológico y Minero de España



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico
y Minero de España

DIRECCIÓN DE LOS AUTORES

Rafael P. Lozano

Museo Geominero
Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas 23, 28003 Madrid
r.lozano@igme.es

Ramón Jiménez

Museo Geominero
Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas 23, 28003 Madrid
r.jimenez@igme.es

RESUMEN PETROLÓGICO Y MINERALÓGICO

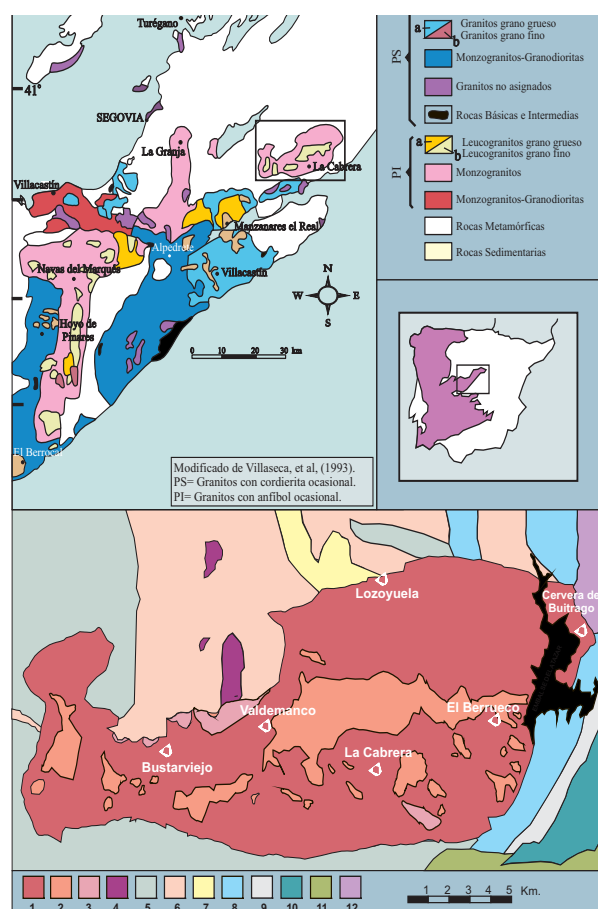
El plutón de La Cabrera se localiza en el extremo oriental de la Sierra del Guadarrama (Sistema Central Español). Está formado por granitos biotíticos de grano grueso y leucogranitos de grano fino-medio. La edad del granito biotítico ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$), es de 302 millones de años. Este granito contiene abundantes cuerpos pegmatíticos ligados a estructuras de flujo magmático (schlieren), que presentan cavidades miarolíticas en su interior, rellenas, a su vez, por minerales hidrotermales cálcicos y, en menor medida, potásicos. Estos rellenos, por su variedad y calidad de los cristales que los forman, constituyen una rareza a nivel mundial. Los minerales hidrotermales forman una secuencia de rellenos concéntricos, que confiere a las miarolas una estructura zonal.

La mineralogía del plutón de La Cabrera es extremadamente rica y variada, hasta el punto de que puede considerarse uno de los yacimientos españoles, en donde, hasta la fecha, mayor cantidad de especies minerales se ha encontrado. Las causas de ello, como ocurre siempre en geología, hay que buscarlas en la conjunción de factores fisicoquímicos sobreañadidos a los propios del emplazamiento y consolidación de este granito. Estos factores modificaron la mineralogía ígnea de alta temperatura y originaron otros minerales, ya hidrotermales, de acuerdo con las nuevas condiciones fisicoquímicas. Con posterioridad a la consolidación del conjunto magmático se produce un hidrotermalismo polifásico, que provoca la destrucción de algunos de los minerales previos cuya química enriquece los fluidos hidrotermales. Se forman más tarde nuevos minerales que, por la propia naturaleza de los elementos incorporados, resultan poco corrientes, dando lugar a la diversidad mineralógica de La Cabrera. Y ello no podía ser menos, teniendo en cuenta que este hidrotermalismo, que comienza indudablemente durante la propia consolidación del granito, algo más allá de los 500 °C, se desarrolla, y esto es lo verdaderamente interesante en este plutón, hasta una temperatura prácticamente ambiental.

La mayoría de las pegmatitas con cavidades suelen encontrarse en los granitos biotíticos, alternando a veces con bandas aplíticas (granito de grano fino), ambas asociadas a estructuras de flujo magmático de tipo "schlieren". El tipo de contacto entre la pegmatita y el granito que la hospeda puede ser gradual o neto, y generalmente va acompañado de concentraciones de biotita. También es común la presencia de ribetes aplíticos en las pegmatitas, y hacia el interior de las mismas son corrientes las texturas gráficas (intercrecimientos de cuarzo y feldespato). El tamaño de las miarolas oscila desde unos pocos centímetros hasta varios metros y su forma suele ser

irregular, condicionada generalmente por los procesos de flujo magmático.

El esquema general de una pegmatita con cavidad miarolítica, desde el propio granito huésped, hasta la parte más interna de la cavidad, rellena total o parcialmente por minerales hidrotermales, consiste en dos zonas, generalmente concéntricas: a) Zona pegmatítica (cuarzo, biotita, feldespatos, moscovita, granate) y b) Relleno de la cavidad miarolítica por minerales hidrotermales (los más comunes son: epidoto, prehnita, laumontita, calcita y microclina).



Esquema geológico de la Sierra de Guadarrama y del plutón de La Cabrera. 1: granito biotítico de grano medio-grueso. 2: leucogranito de grano fino. 3: granito biotítico de grano medio grueso con megacrístales. 4: granitoides migmatíticos. 5: ortogneises glandulares. 6: ortogneises bandeados biotíticos. 7: leucogneises y ortogneises leucocratos con glándulas. 8: paragneises, esquistos y metasamitas. 9: esquistos con intercalaciones de cuarcita. 10: pizarras negras con intercalaciones de cuarcita. 11: dolomias y areniscas. 12: bloques y cantos de cuarcitas y pizarra.

En función del relleno hidrotermal, se han clasificado las cavidades miarolíticas de La Cabrera en cuatro tipos:

a) Cavidades con minerales cálcicos.

Son las más abundantes y peculiares. Los minerales

más comunes de este tipo de relleno, ordenados de más antiguo a más moderno, son: epidota, prehnita, laumontita y calcita. La epidota crece siempre sobre los minerales ígneos, aislada o bien acompañada por cuarzo y clorita también hidrotermales. La prehnita nuclea preferentemente sobre la epidota anterior, o sobre los propios minerales ígneos. La laumontita recubre a los minerales anteriores, tanto ígneos como hidrotermales. Finalmente la calcita suele ocupar el núcleo de las cavidades, rellenándolas total o parcialmente.

b) Cavidades con minerales potásicos.

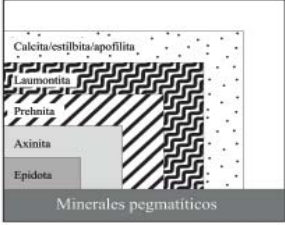
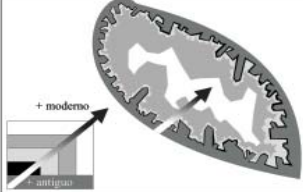


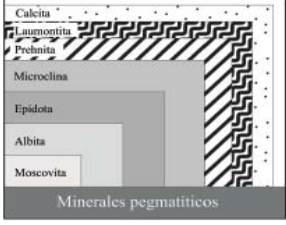
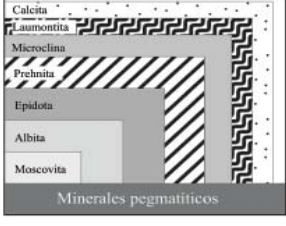
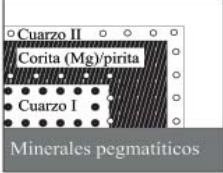
Son mucho menos frecuentes y en ningún caso el relleno hidrotermal parece haber sido completo. Este último lo constituye moscovita y microclina, en ese mismo orden de formación.

c) Cavidades mixtas.

Contienen los dos tipos de rellenos anteriores, predominando en unos casos los minerales cálcicos sobre los potásicos o viceversa. La microclina es claramente posterior a la epidota y la prehnita puede recubrir a la microclina en unos casos o ser recubierta por la misma, en otros.

d) Cavidades con cuarzo, clorita magnésica y pirita.

Son las miarolas menos frecuentes y nunca muestran relleno completo. La clorita magnésica recubre a los minerales ígneos y contiene en su interior cristales cúbicos de pirita completamente oxidados. En estas cavidades se han encontrado evidencias de disolución de cuarzo (huecos de sección hexagonal en la ortosa ígnea) y recrecimientos posteriores del mismo.

<p>Cavidades con rellenos cálcicos</p>			
<p>Cavidades con rellenos potásicos</p>			
<p>Cavidades mixtas</p>	<p>Cálcicos predominantes</p>		<p>+ CUARZO</p>
	<p>Potásicos predominantes</p>		
<p>Cavidades con cuarzo + clorita (Mg) + pirita</p>			

Clasificación de cavidades miarolíticas, en función del tipo de rellenos. En cada caso se muestra la relación textural entre cada mineral hidrotermal.

A continuación se describen algunos de los minerales que pueden encontrarse en La Cabrera. En primer lugar se tratarán los minerales ígneos que son los formados a mayor temperatura y también los más antiguos (tienen la edad del granito). Después se conside-

rarán los minerales hidrotermales más comunes, formados posteriormente a temperaturas más bajas que los minerales ígneos. Por último, se describen algunas de las características del cuarzo que puede contener en un solo cristal zonas ígneas y zonas hidrotermales.

MINERAL	MAGMÁTICO Y/O PEGMATÍTICO	HIDROTERMAL ALTA TEMPERATURA	HIDROTERMAL BAJA TEMPERATURA	ABUNDANCIA GENERAL
Cuarzo	---	---	---	+++
Plagioclasa (anortita > 5%)	---	---	---	+++
Albita	-	-	---	+++
Ortoclasa-Microclina	---	---	---	+++
Annita-Biotita	---	-?	---	+++
Cordierita	-	-	---	+
Polytionita-Trilitionita	-	-	---	RR
Moscovita	-	-	---	+++
Circón	-	-	---	+++
Uraninita	-	-	---	R
Torita	-	-	---	R
Xenotima-(Y)	-	-	---	++
Monacita-(Ce)	-	-	---	++
Ilmenita	-	-	---	+
Almandino-Espesartina	-	-?	---	++
Chorlo-Elbaita-Foitita	-	-?	---	+
Rutilo	-	-	---	++
Augita	-	-	---	R
Ferroactinolita	-	-	---	R
Casiterita	-	-	---	R
Vigezzita	-	-	---	RRR
Fayalita	-	-	---	RRR
Fluorita	-	-	-	+
Berilo	-?	-?	---	RRR
Gadolinita-(Y)	-	-	---	+
Allanita-(Ce)	-?	-?	---	+
Allanita-(Nd)	-	-?	---	RR
Apatito (CaF)	-	-	-	++
Ferberita-Hübnerita	-?	-	---	R
Scheelita	-	-	-?	+
Calcita	-	-	---	+++
Epidota-Clinozoisita	-	-	---	+++
Ferroaxinita-Manganoaxinita	-	-	---	+
Prehnita	-	---	-	+++
Helvina	-	-	-?	RR
Kristiansenita	-	-	-?	RRR
Thalenita-(Y)	-	-	-?	RRR
Kainosita-(Y)	-	-	-?	RR
Bastnaesita-(Ce)	-	-	-	RRR
Tvetita-(Y)	-	-?	---	RRR
Titanita-Malayaita	-	---	-	++
Stoketista	-	-	-?	RRR
Bismuto	-	-	---	RR
Esfalerita	-	-?	---	+
Calcopirita	-	-	-	+
Galena	-	-	---	+
Pirrotina	-	-	-	R
Pirita	-	-	---	++
Arsenopirita	-	---	---	++
Molibdenita	-	---	-	+
Cosalita	-	-?	---	RRR
Chamosita-Clinocloro-Sudoita	-	-	---	+++
Babingtonita	-	-	-	RR
Datolita	-	-	-	RRR
Heiweeita ?	-	-	-	RRR
Hematites	-	-	-	++
Laumontita	-	---	---	+++
Heulandita-Ca	-	-	-	+
Estilbita-Ca	-	-	-	++
Chabasita-Ca	-	-	-	+
Stellerita	-	-	-	RRR
Fluorapofilita	-	-	-	+++
Bismita	-	-	-	RR
Uranofana	-	-	-	RR
Azurita-Malaquita	-	-	-	+
Ópalo	-	-	-	+
Mottramita	-	-	-	RRR
Vanadinita	-	-	-	RRR
Escorodita	-	-	-	++
Beudantita-Hidalgoita	-	-	-	RR
Torbernita-Metatorbernita	-	-	-	R
Autunita-Metaautunita	-	-	-	R
Pirolusita	-	-	-	+
Kamphaugita-(Y)	-	-	-	R
Agardita-(Y)	-	-	-	RR
Bavenita	-	-	-	+
Goethita	-	-	-	+++
Crisocola	-	-	-	++
Greenalita ?	-	-	-	RR

Especies minerales reconocidas hasta el momento en las pegmatitas de La Cabrera. +++ muy abundante; ++ abundante; + escaso; R raro; RR muy raro; RRR extremadamente raro. Modificado de González del Tánago et al. (2008).

MINERALES ÍGNEOS

Biotita



La biotita forma parte de todos los cuerpos pegmatíticos, ubicándose en la zona de borde y, sobre todo, en la zona externa, donde constituye placas que pueden medir varios centímetros. La biotita con formas geométricas (hexagonal), situada en las paredes de las cavidades miarolíticas, es muy rara. Probablemente se ha transformado en clorita y ha desaparecido de las geodas.



Biotita tableada incluida en ortoclase (negro)

Moscovita



La moscovita se encuentra en las pegmatitas, aunque no con la profusión que lo hace en otros tipos de pegmatitas de la región, en donde, incluso, ha sido objeto de explotación. Una de las causas de ello radica, indudablemente, en la alteración hidrotermal que han sufrido estas pegmatitas que ha disuelto, probablemente, la mayor parte de la misma. De estos cuerpos proceden cristales, hasta centimétricos, que sólo en raras ocasiones presentan el contorno hexagonal estrellado característico ya que la mayor parte de las veces los cristales de moscovita tienen un perfil irregular.

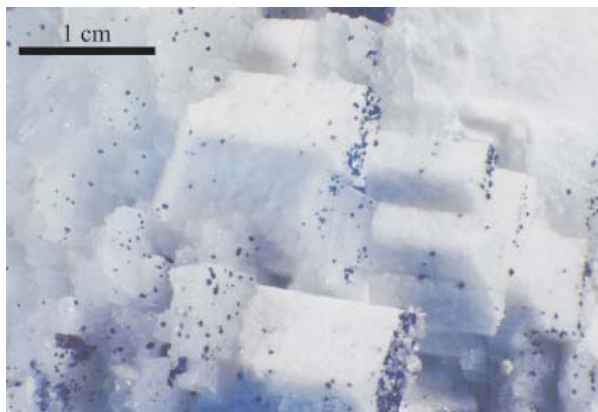


Moscovita con cuarzo sobre albita

Ortoclase



Los cristales idiomorfos de feldespato potásico que se encuentran en las pegmatitas graníticas de esta localidad, han alcanzado justa fama desde hace muchos años. Se trata de ejemplares individuales, maclados (según las leyes de Baveno, Manebach o Karlsbad) o agrupados, dignos del museo más exigente. Quizás, la primera referencia a estos cristales se encuentre en el trabajo de Casiano de Prado publicado en 1864, donde el autor comenta que recogió en La Cabrera un cristal de más de 5 kilogramos de peso, y en Bustarviejo varias maclas sencillas, casi siempre según la ley de Baveno, y múltiples de tres a cuatro individuos, de color rosado y de tamaños entre 8 y 15 centímetros.



Ortoclase recubierta parcialmente de albita

Todos estos ejemplares parece que fueron depositados en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, en el de la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid y en el Museo Británico en Londres. Desde entonces, las pegmatitas de este plutón han proporcionado centenares de maravillosos conjuntos policristalinos de tamaños hasta decimétricos en formas de drusa o geoda, de colores blanco, rosado o beige. Igualmente son muy notables los especímenes formados por uno o varios individuos maclados, que llegan a alcanzar hasta 20 centímetros de envergadura.

Albita



Las agrupaciones de cristales idiomorfos de albita que recubren parte de las cavidades miarolíticas, son relativamente frecuentes en el plutón de La Cabrera, aunque siempre este mineral se encuentra en menor proporción que el feldespato potásico. Es frecuente que ambos feldespatos se encuentren reunidos y, en este caso, la presencia de albita, por su color más blanco, perfección y frecuente brillo, refuerza el atractivo de los ejemplares.

Se pueden reconocer en las miarolas de La Cabrera tres tipos de albita de carácter macroscópico:

a) Agregados policristalinos de tonalidades azuladas, constituidas, bien por individuos submilimétricos, maclados en damero, bien por cristales tabulares que adoptan texturas plumosas, también de muy pequeño tamaño.

b) Cristales transparentes milimétricos crecidos epitaxialmente sobre ortosa.

c) Cristales de color lechoso, de hábito idiomorfo, bien conformados y con tamaño centimétrico que se encuentran asociados al cuarzo y a la ortoclasa en las cavidades miarolíticas de algunas pegmatitas.

Almandino
 $\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

Espesartina
 $\text{Mn}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

El almandino y la espesartina son dos minerales del grupo del granate. Aparecen en las pegmatitas y sólo ocasionalmente en los granitos más blancos. Los granates son cristales idiomorfos de color rojizo o anaranjado, generalmente milimétricos aunque se han encontrado varios ejemplares que superan el centímetro. Tienen un peculiar brillo sedoso debido a los escalones de crecimiento y algunos ejemplares son muy transparentes, de calidad gema.



Granates parcialmente incluidos en albita

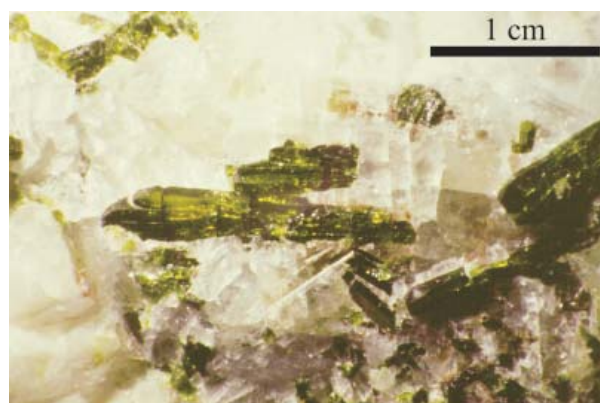
MINERALES HIDROTERMALES

Epidota
 $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$

Aunque todos los minerales de este grupo se encuentran como minerales petrográficos en las rocas graníticas más alteradas, es en los rellenos cálcicos de las cavidades miarolíticas donde realmente los cristales de epidota se desarrollan mejor y de forma más espectacular. Allí, son los primeros minerales en rellenar estas cavidades, por lo que se suelen formar directamente sobre el cuarzo y los feldespatos.

Siempre con una clara tendencia al idiomorfismo, los cristales de epidota forman prismas tabulares, muchas veces monocristalinos y otros agregados

policristalinos radiales que llegan a alcanzar hasta algunos centímetros de envergadura y, con mucha frecuencia, con gran espectacularidad. Su color oscila entre el verde claro y oscuro pistacho, probablemente en relación con su contenido en hierro, aunque ello depende obviamente y, en primer lugar, del espesor de los cristales considerados. La epidota se forma en La Cabrera antes que la prehnita, por lo que, normalmente, sus cristales están incluidos en esta última.



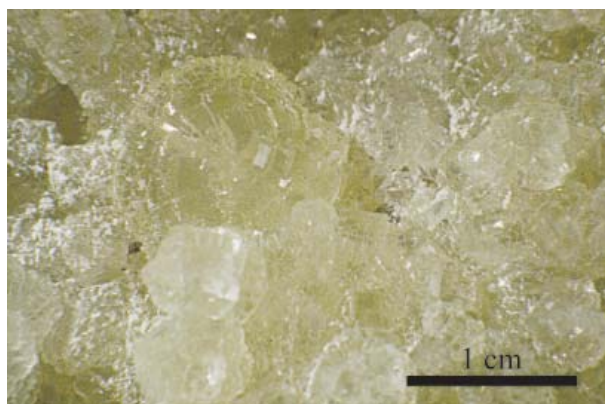
Epidota parcialmente recubierta de calcita

Prehnita
 $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

La prehnita es un mineral muy emblemático dentro de los minerales hidrotermales cálcicos de La Cabrera, tanto por su abundancia, como por la belleza de las agrupaciones policristalinas que rellenan y tapizan de manera espectacular algunas de las cavidades pegmatíticas. Aunque la prehnita quizás ya era conocida informalmente, posiblemente fue en 1974, cuando los profesores de la Facultad de Ciencias Geológicas (U.C.M.) F. Bellido y M. J. Pellicer, dentro de un estudio petrológico del plutón de La Cabrera que se estaba llevando a cabo en esa Facultad, la identificaron de manera fehaciente entre los materiales que recubrían parcialmente a grandes cristales de cuarzo y feldespato potásico que componían una geoda. Esta cavidad miarolítica, de más de 2 metros de envergadura, se puso al descubierto con motivo de los trabajos del nuevo trazado de la autovía N-I, a su paso por el término municipal de La Cabrera. Los mejores ejemplares se encuentran expuestos al público en el Departamento de Petrología y Geoquímica de esa Facultad.

El color de este mineral varía desde el blanco hasta el verde, y los cristales, a menudo idiomorfos, suelen aparecer reunidos en grupos flabeliformes, crestas de gallo, e incluso gavillas esferoidales muy características. En ocasiones se encuentran también monocristales tabulares completamente transparentes, que pueden alcanzar casi el centímetro de longitud. Otras veces forma agregados microcristalinos de morfología irregular que rellenan por completo las cavidades. La homogeneidad, profundo color verdoso y

apreciable tamaño de algunas de los agregados de prehnita del plutón de La Cabrera, hacen posible su utilización en gemología para la talla de cabujones.

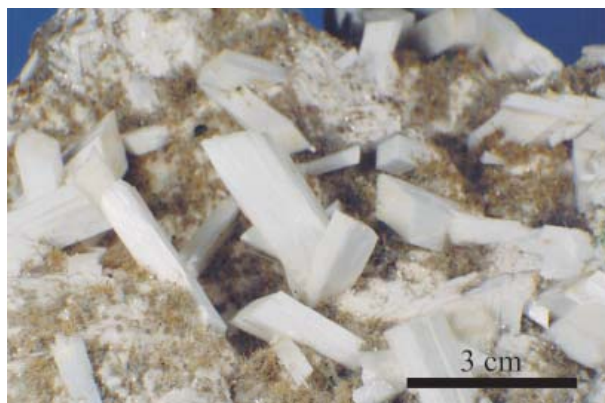


Agregados botroidales de prehnita

Laumontita



Las zeolitas son típicos minerales diagenéticos que también se forman por la alteración hidrotermal de rocas básicas volcánicas, como por ejemplo ocurre en Almería, Ciudad Real, Gerona o en las Islas Canarias. Mucho más infrecuente es que se formen por la alteración de rocas ácidas, como sucede en el plutón de La Cabrera, notable ejemplo de la formación de zeolitas en granitos a partir de un hidrotermalismo postmagmático.



Cristales prismáticos de laumontita

En el plutón de La Cabrera la laumontita es la zeolita más abundante con mucha diferencia, y la que se forma a mayor temperatura, hasta casi 250 °C. Suele generar cristales idiomorfos, de color blanco, de tamaños muy variados, hasta de veinte centímetros de longitud, que aparecen por lo general agrupados. Al ser de los últimos minerales en formarse, muchas veces constituye una capa que recubre a feldespatos y cuarzos en las cavidades miarolíticas de las pegmatitas. Este mineral se pulveriza completamente cuando se seca, por lo que es un reto conservarlo en las colecciones.

Calcita CaCO_3

Los ejemplares de calcita que se han formado tardíamente en el interior de cavidades miarolíticas de algunas pegmatitas de La Cabrera, constituyen un hecho muy notable. En primer lugar por encontrarse en rocas graníticas, lo que dicho sea de paso es infrecuente y, en segundo lugar, por la gran variedad de hábitos y colores con las que aparece, llegando a constituir cristales de gran belleza y perfección de hasta 25 centímetros de envergadura. Sin embargo, como quiera que este carbonato se ve muy afectado por las aguas meteóricas, apenas se han encontrado vestigios de calcita en las cavidades aparecidas en campo abierto y no ha sido hasta muy recientemente, durante la explotación masiva de las canteras de granito, cuando han comenzado a aparecer los conocidos ejemplares de este mineral, rellenando miarolas.



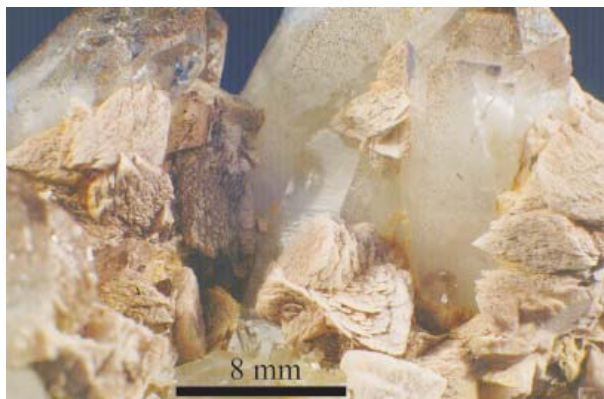
Cristales pseudo-hexagonales de calcita sobre laumontita

De entre los minerales hidrotermales mayoritarios, el último en formarse es la calcita y, por tanto, el que rellena los huecos dejados por la desaparición de otros anteriores. En las cavidades pequeñas, hasta 15 centímetros, la calcita suele rellenar completamente la cavidad, lo que impide el crecimiento de cristales idiomorfos. En estos casos sólo se pueden recuperar fragmentos espáticos exfoliados, transparentes o lechosos. Otras veces, cuando el relleno de la cavidad no llega a completarse, lo que normalmente ocurre en las cavidades miarolíticas de mayor tamaño, la calcita desarrolla buenos cristales idiomorfos que responden a cuatro hábitos diferentes que, por orden cronológico en La Cabrera, responden a las formas romboédrica, escalenoédrica, prismática y tabular.

Microclina KAlSi_3O_8 (Feldespato potásico)

Aunque este mineral tiene la misma composición química que la ortoclasa, su estructura es ligeramente diferente. En La Cabrera siempre tiene un origen hidrotermal, por lo que es el feldespato que se encuentra en los rellenos de algunas cavidades miarolíticas de las pegmatitas y, más esporádicamente, en algunos filones hidrotermales de cuarzo.

La microclina tiene un peculiar color rosado y normalmente aparece formando crecimientos epitaxiales sobre la ortoclasa. En casi todos los casos, el color rosado de la microclina es más fuerte que el de la ortoclasa, lo que permite diferenciar con claridad los dos minerales cuando están juntos. El recubrimiento de microclina puede alcanzar hasta 3 milímetros, aunque el mayor desarrollo de los cristales (hasta 1 centímetro), se produce cuando crece sobre el cuarzo, formando agregados de cristales con morfologías que recuerdan las sillas de montar a caballo.

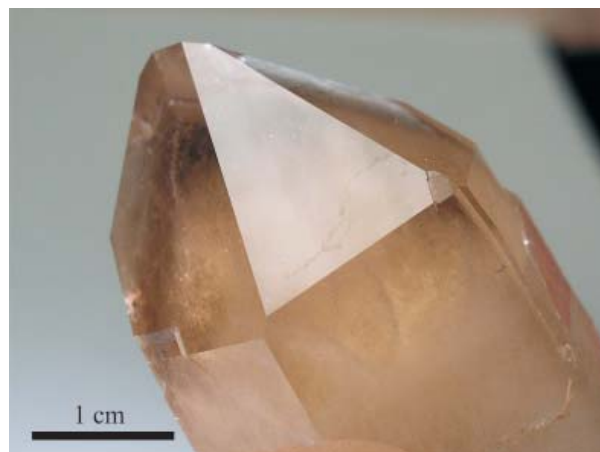


Microclina sobre cuarzo

Cuarzo (SiO₂)

El cuarzo es sin duda alguna, y desde varios puntos de vista, el mineral más emblemático de La Cabrera. No podemos considerarle un mineral ígneo ni hidrotermal porque generalmente los núcleos o las bases de los cristales son antiguos (ígneos), mientras que las zonas más externas o apicales son más modernas (hidrotermales). En primer lugar es el mineral más difundido, al formar parte, prácticamente, de todas las rocas que configuran este plutón. La mayor parte de los cristales de cuarzo de La Cabrera están plagados de inclusiones de varios tipos y es en ellas en donde mejor se refleja la compleja historia geológica de este plutón, sobre todo sus vicisitudes hidrotermales. La variedad, calidad y tamaño de sus cristalizaciones excede con mucho a la que suele encontrarse en otros yacimientos españoles. La razón se debe a que los cristales de cuarzo de La Cabrera se forman muchas veces en cavidades rellenas de un medio fluido, en donde aquellos pueden crecer libremente.

La belleza y categoría de los ejemplares de cuarzo de La Cabrera quedó reflejada en textos desde mediados del siglo XIX. Probablemente, Casiano de Prado (1864) es quien alude por primera vez a estos cristales, señalando los magníficos ejemplares obtenidos en la *Cueva del Cristal*, la cual, según el autor, fue bautizada precisamente así por los vecinos de la comarca. En esa época, este eminente naturalista encontró allí varios ejemplares que depositó en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, siendo el mayor un cristal de 90 kilogramos de peso.



Cuarzo ahumado

En La Cabrera son dos los principales tipos de yacimiento del cuarzo:

a) Cavidades miarolíticas de las pegmatitas graníticas intraplutónicas.

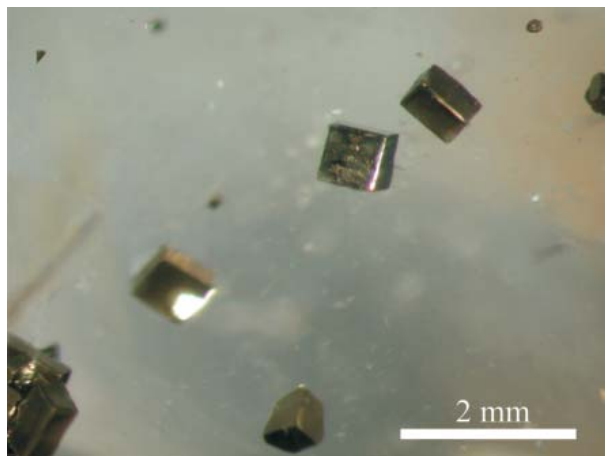
Resulta el tipo de yacimiento de cuarzo más abundante y en donde se han recuperado los mejores ejemplares cristalizados de este mineral. La mayor parte de las citas antiguas se refieren a ejemplares encontrados en este tipo de yacimientos y la *Cueva del Cristal* sería uno de ellos, donde según la descripción de Prado (1864), el cuarzo estaba acompañado de feldespático potásico. En 1999, en la cantera de la empresa Granitos García Carralón, en Valdemanco, apareció una de estas cavidades miarolíticas donde se llegaron a recoger espectaculares ejemplares de cuarzo. Destaca, entre los ejemplares recuperados, un conjunto de cristales de más de 25 kilogramos de peso, de gran brillo y perfección, que hoy se puede admirar en una vitrina monográfica perteneciente a la exposición permanente del Museo Geominero en Madrid.



Cuarzo amatista, arriba en bruto y abajo parcialmente pulido

La morfología o hábito de los cristales de cuarzo es muy variable, encontrándose desde prismas hexagonales muy regulares, hasta cristales bipiramidales, pasando por morfologías "en cetro". El color de los cristales de cuarzo de las cavidades resulta bastante variable, siendo más abundantes las tonalidades ahumadas, a veces de intenso color negro. Aunque muchos cristales tienen un color homogéneo, resulta muy común la zonación cromática, de modo que en el interior de algunos ejemplares se observan las zonas más ahumadas, mientras que las periféricas resultan casi incoloras. La base de los cristales suele ser grisácea y semiopaca, debido a la enorme cantidad de inclusiones fluidas que alberga. Algo similar sucede con los ejemplares de cuarzo amatista, donde el color, que puede ser muy intenso, se limita a determinadas capas de crecimiento, en contacto con otras capas incoloras y transparentes o lechosas y opacas.

La presencia de inclusiones gaseosas, líquidas y sólidas que, de manera casi ubicua aparecen en todo tipo de cristales de La Cabrera, constituye uno de sus principales atractivos. Las inclusiones fluidas pueden observarse ocasionalmente de visu, sin ayuda de la lupa. Las inclusiones sólidas son minerales de otras especies blindadas en el interior del cuarzo.



Inclusiones de pirita dentro de un cristal de cuarzo

Las más espectaculares, lógicamente, son las más grandes, dado que aportan un especial atractivo al cuarzo, modificando su color cuando son muy abundantes. Dentro de estas, las más comunes son las de epidota y de clorita. La epidota forma penachos de cristales aciculares que, ocasionalmente, pueden ser tan abundantes que hacen parecer al cuarzo de color verde. La clorita suele acompañar a la epidota, aunque también se la encuentra sola, formando agregados vermiformes, debido al apilamiento de láminas hexagonales del mineral, lo que también confieren un color verde al cuarzo. La moscovita forma agregados hojosos de morfología radial que pueden agruparse en conjuntos planares que se disponen paralelamente a las caras de crecimiento del cristal. Los feldspatos incluidos, generalmente albita, son de color blanco o crema, translúcidos u opacos.



Inclusiones de epidota (verde) y hematites (rojo), situadas también en el interior de un cuarzo

La hematites, que suele ir asociada a la epidota en el interior del cuarzo, forma finas láminas de un color rojo intenso que por alteración se torna pardo. Su morfología es generalmente irregular, aunque a veces forma láminas hexagonales que se agrupan formando pequeñas rosas de hierro. Los granates suelen encontrarse en la base de algunos cristales de cuarzo, la zona más antigua de los mismos, y por ello, generalmente ahumada, aunque también se conoce algún granate, hasta de 6 milímetros de diámetro, incluido en cristal de roca.

b) Filones intraplutónicos de cuarzo hidrotermal

La mayor parte de estos filones, que se encuentran tanto en el granito biotítico como en el leucogranito, contienen cuarzo blanco masivo, con escasos espacios para desarrollar cristales idiomorfos. Sin embargo, en las pocas geodas que aparecen en estos filones se pueden encontrar cristales, muy ocasionalmente hasta de 10 centímetros de largo, de color blanco a transparente, siendo excepcional aquí el cuarzo amatista. En la mayoría del cuarzo de estos filones las inclusiones fluidas son muy abundantes pero no pueden distinguirse a simple vista. Por el contrario, las inclusiones sólidas de otros minerales, aunque son muy escasas, se llegan a observar *de visu* o con la lupa de 10 aumentos: pequeñas pajuelas de moscovita sericítica, algún cristal acicular de epidota, así como pequeños cubos irregulares de pirita.



Cuarzo variedad cristal de roca procedente de filones hidrotermales de La Cabrera

BIBLIOGRAFÍA

- Baeza Chico, E.; Lozano R.P.; de Frutos, M.C. y de la Fuente, M. (2006). "Reproducción de una cavidad miarolítica del granito de La Cabrera (Madrid) en el Museo Geominero (IGME)". *Boletín Geológico y Minero*, v.117-3, p.457-465.
- Bellido, F. (1979). "Estudio petrológico y geoquímico del plutón granítico de La Cabrera". Tesis Doctoral. 331 p. Universidad Complutense de Madrid.
- Bellido, F. y Barrera J. L. (1979). "Nódulos cordieríticos en el granito de La Cabrera". *Estudios Geológicos*, v.35, p.279-284.
- Bellido, F.; Brandle, J.L.; García Cacho, L. y Martínez Ripoll, M. (1983). "Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera". *Boletín Geológico y Minero*, 94-6. p.530-537.
- Bellido, F.; Escuder, J.; Klein, E.; Del Olmo, A.; Casquet, C. Navidad, M. y Peinado, M. (1988). Hoja 484. Buitrago de Lozoya. Mapa Geológico de España MAGNA, IGME.
- BOCAMINA, (1994). "Bustarviejo. Variedad en las pegmatitas". *Bocamina*, v.0, p.25-26.
- Casquet, C.; Montero, P.; Galindo, C.; Bea, F. y Lozano, R.P. (2004). "Geocronología $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ en cristal único de circón y Rb-Sr del plutón de La Cabrera (Sierra del Guadarrama)". *Geogaceta*, v.35, p.71-74.
- García Guinea, J.; Bellido, F. y Galán, E. (1982). "La prehnita de La Cabrera (Madrid). Características, génesis e interés gemológico". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, v.5, p.29-41.
- 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*, v.10(1-2), p.83-105.
- 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. p.103-121.
- González del Tánago, J. y La Iglesia, A. (1998). "Zeolitas y minerales cálcicos de baja temperatura en las pegmatitas graníticas del plutón de La Cabrera (Sistema Central Español)". *Estudios Geológicos*, v.54(5-6), p.181-190.
- González del Tánago, J.; Lozano, R.P. y González del Tánago Chanrai, J. (2008). "Plutón de la Cabrera. Pegmatitas graníticas y alteraciones hidrotermales". *Bocamina*, v.21, 104 p.
- González del Tánago, J.; Lozano, R.P., Larios, A. y La Iglesia, A. (2012). "Stokesite crystals from La Cabrera, Madrid, Spain". *Mineralogical Records*, v.43, p.499-210.
- González Laguna, R. y Casquet C. (2001). "Chronology of healed microcracks in the La Cabrera granitic massif (Eastern Spanish Central System)". XVI ECROFI European Current Research on Fluid Inclusions, Porto. Abstracts. Memória nº7, p.179-182.
- González Laguna, R.; Lozano, R.P. y Casquet, C. (1999). "Rellenos hidrotermales con minerales cálcicos en fallas del plutón de La Cabrera (Sistema Central Español). Estudio de inclusiones fluidas". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, v.22(A), p.53-54.
- González Laguna, R.; Lozano, R.P. y Casquet, C. (2000). "Efectos de la alteración hidrotermal en los minerales accesorios del granito de La Cabrera (Sistema Central Español). Estudio al microscopio electrónico de barrido (SEM+EDS)". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, v.23, p.135-151.
- Lozano, R. P. (2003). "Petrología de los rellenos cálcicos hidrotermales de las cavidades miarolíticas del plutón de La Cabrera (Madrid)". Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 373 p.
- Lozano, R.P.; Bachiller, N. y Casquet, C. (1997). "Fluidos asociados a la formación de epidota + (clorita + cuarzo) de las pegmatitas del plutón de La Cabrera (Sistema Central Español). *Geogaceta*, v.21, p.155-158.
- Lozano, R.P.; Casquet, C.; Galindo, C. y González Laguna, R. (2004). "Miarolas del plutón de La Cabrera (Madrid). Clasificación y geocronología de los rellenos hidrotermales". *Geotemas*, v.6 (1), p.185-188.
- Lozano, R.P.; Casquet, C. y González Laguna, R. (1999). "Bolsadas pegmatíticas con cavidades rellenas de minerales hidrotermales en el plutón de La Cabrera (Sistema Central Español). Modelo de evolución". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, v.22(A), p.63-64.
- Lozano, R. P.; de la Fuente, M. y Abad, A. (2008). "Divulgación de las Ciencias de la Tierra a través de las exposiciones itinerantes del museo Geominero (IGME): Cristales en el granito de La Cabrera". *Cuadernos del Museo Geominero*, v.11, p. 267-273.
- Lozano, R.P.; Galindo, C. y Casquet, C. (1998). "Aproximación a la geocronología de las pegmatitas el plutón de la Cabrera (Sierra de Guadarrama, Sistema Central Español)". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, v.21(A), p.134-136.
- Lozano, R.P.; Gonzalez Laguna, R.; González del Tanago, J. y Casquet, C. (2000). "Alteración hidrotermal en granitos de La Cabrera (Sistema Central Español). Estudio de minerales accesorios (SEM) en halos de cavidades rellenas de minerales cálcicos". *Cadernos Laboratorio Xeológico de Laxe*, v.25, p.329-331.
- 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*, v.20(7), p.1507-1510.
- Marcos Bermejo, (1991). "El apatito de La Cabrera". *Azogue*, año II, nº.4, p. 46.
- Navarro, A. y Puche, O. (1995). "Descubrimiento de helvina y manganochamosita en la Sierra de Madrid". *Boletín Geológico y Minero*, v.106(3), p.283-292.
- Prado, C. de (1864). "Descripción Física y Geológica de la Provincia de Madrid". Junta General de Estadística. Madrid. Imprenta Nacional, p.45-46.
- Sanabria, R. (2000). "Mineralogía de las pegmatitas de Bustarviejo-La Cabrera (Madrid)". *Revista de Minerales*, v.1, nº8, p.271-288.
- Sell, I., Poupeau, G.; Casquet, C.; Galindo, C. y Gonzalez-Casado, J.M. (1995). "Exhumación alpina del bloque morfotectónico Pedriza-La Cabrera (Sierra del Guadarrama, Sistema Central Español): potencialidad de la termocronometría por trazas de fisión en apatitos". *Geogaceta*, v.18, p.23-26.
- Villaseca, C.; Andonaegui, P. y Barbero, L. (1993). Mapa geológico del plutonismo hercínico de la región central española (Sistema Central Español y Montes de toledo). CSIC, Madrid.

LA EXCURSIÓN



Para comprender mejor la formación del granito y de los minerales que lo forman, veremos algunas con-

sideraciones geológicas generales en la parada, con una espectacular vista a la Sierra de La Cabrera.

Uno de los objetivos de esta excursión es aproximar a los participantes a la rica y variada mineralogía del plutón granítico de La Cabrera, que hemos descrito brevemente en el anterior apartado. La recolección de los ejemplares puede realizarse de dos formas diferentes: en el granito arenizado o en el granito fresco. En el primer caso no observaremos la morfología del yacimiento, debido al elevado grado de arenización y disgregación del material. Sólo el hallazgo de fragmentos con caras cristalinas reconocibles indica la presencia de una cavidad en la zona. Si los fragmentos

son de ortosa y otros minerales, nos encontramos ante una cavidad miarolítica incluida en una pegmatita. Si sólo encontramos cuarzo, incoloro o lechoso, en las inmediaciones estará emplazado un filón hidrotermal. En el plutón de La Cabrera son abundantes los sectores arenizados hábiles para el muestreo de cristales, casi siempre asociados a zonas de pendientes elevadas, que permiten una escorrentía suficiente para evitar el desarrollo de vegetación. En la parada 2 y 3 (Bustarviejo y Valdemanco) tendremos la oportunidad de reconocer cristales en sectores del granito arenizado.



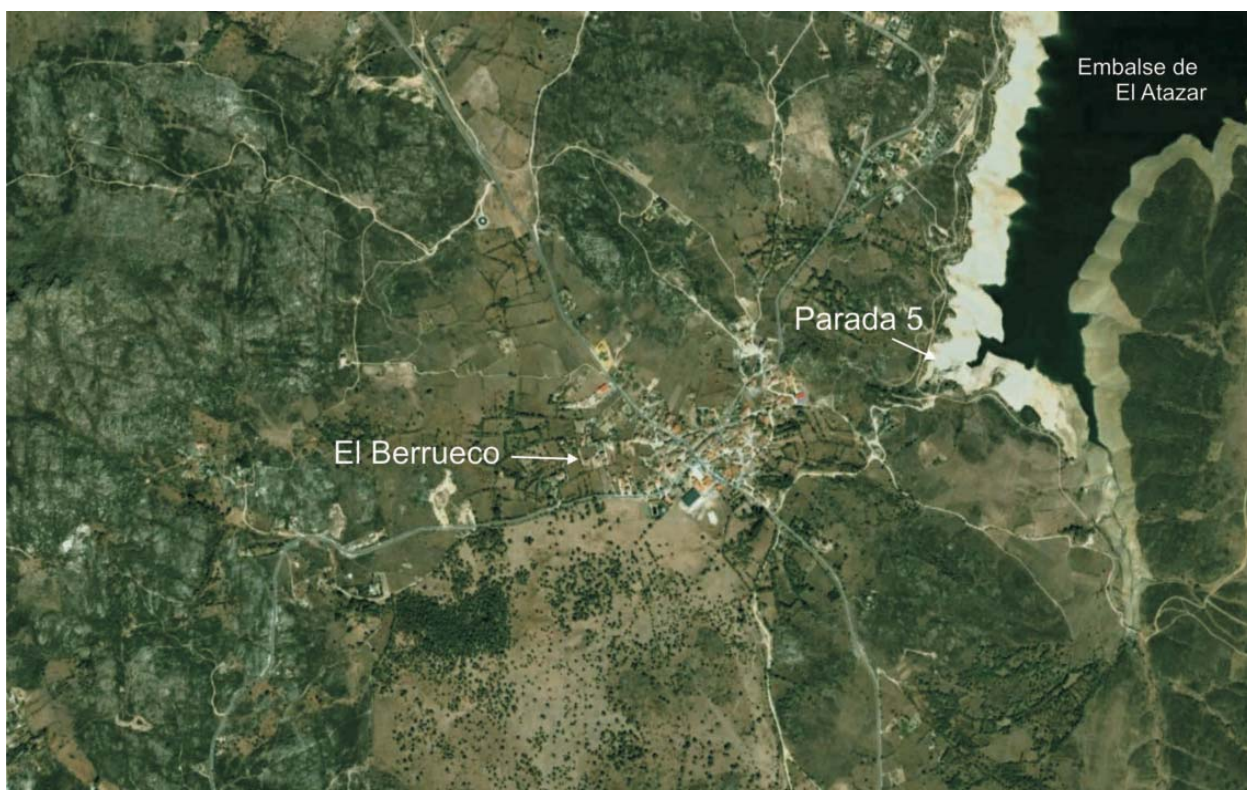
Por otra parte, el muestreo en sectores de granito fresco resulta mucho más complicado que en el granito arenizado. Sólo se puede acceder al granito biotítico fresco en trincheras de carreteras o en canteras que explotan el granito como roca ornamental. Lógicamente

los afloramientos de las trincheras son limitados y el acceso a las canteras activas aún más ya que se trata de explotaciones privadas. Además, las canteras que terminan su actividad, son restauradas y todas las escombreras desaparecen debajo de toneladas de tierra.



En la parada 4 visitaremos un afloramiento de granito fresco en las inmediaciones de Lozoyuela. Allí podremos ver claramente los dos tipos principales de rocas que forman el plutón de La Cabrera: el granito biotítico de grano grueso y el leucogranito de grano

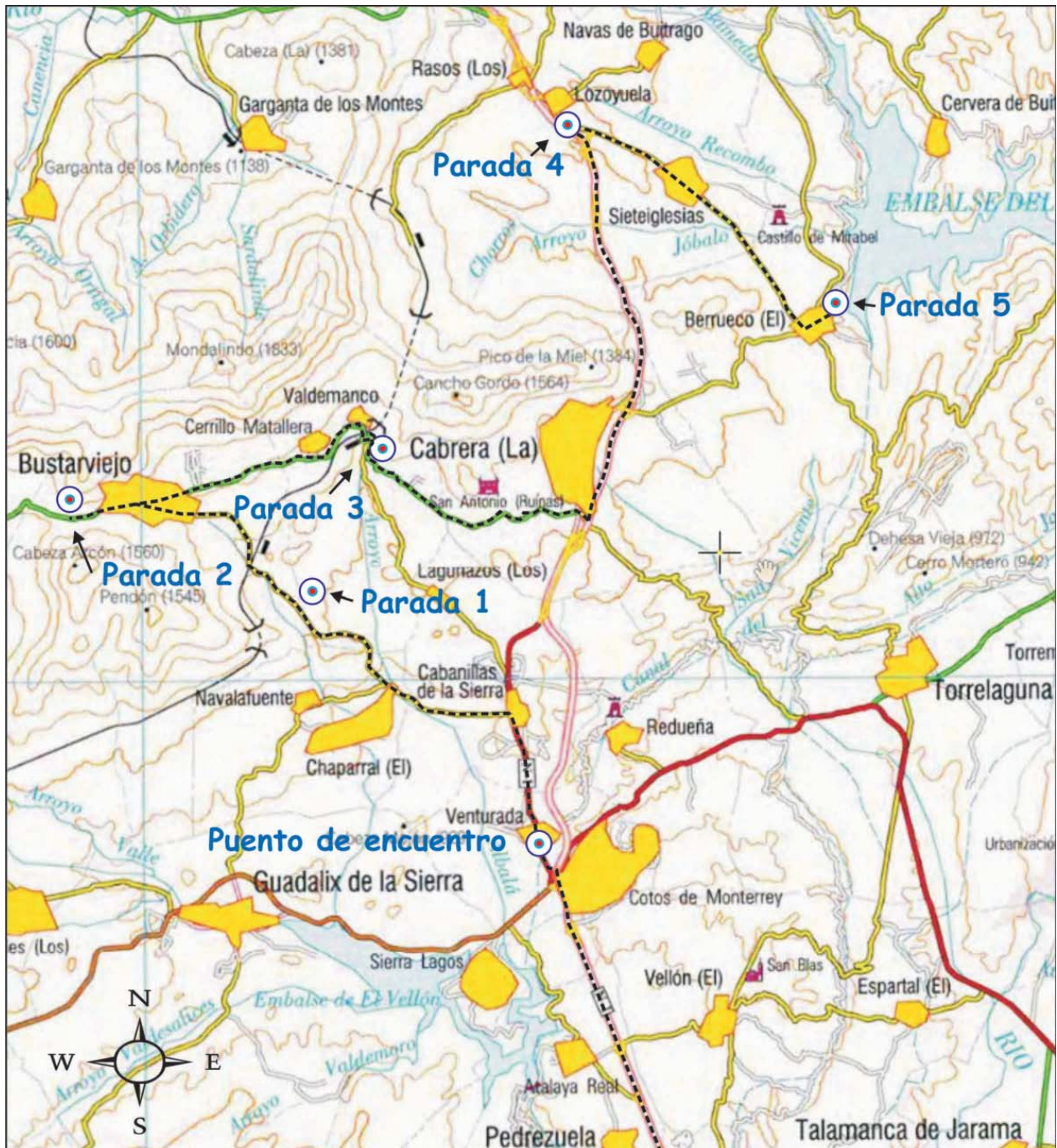
fino. Además tendremos la oportunidad de ver algunas pegmatitas y enclaves (restos oscuros de la roca que encajó al granito cuando este era un magma). Por último veremos el efecto del agua que circuló por las fallas que fracturaron el granito.



La última parada comienza en la localidad de El Berrueco, pueblo serrano con gran tradición en el trabajo del granito. Tanto es así, que sus calles son un Museo al aire libre (Museo de la Piedra) por lo que, de camino hacia el afloramiento, tendremos la oportu-

nidad de ver todo tipo de elementos rurales fabricados con el granito de la zona. Después de atravesar el pueblo, llegaremos a un afloramiento de granito arenizado donde es posible encontrar cristales de cuarzo y ortosa.

RECORRIDO DE LA EXCURSIÓN

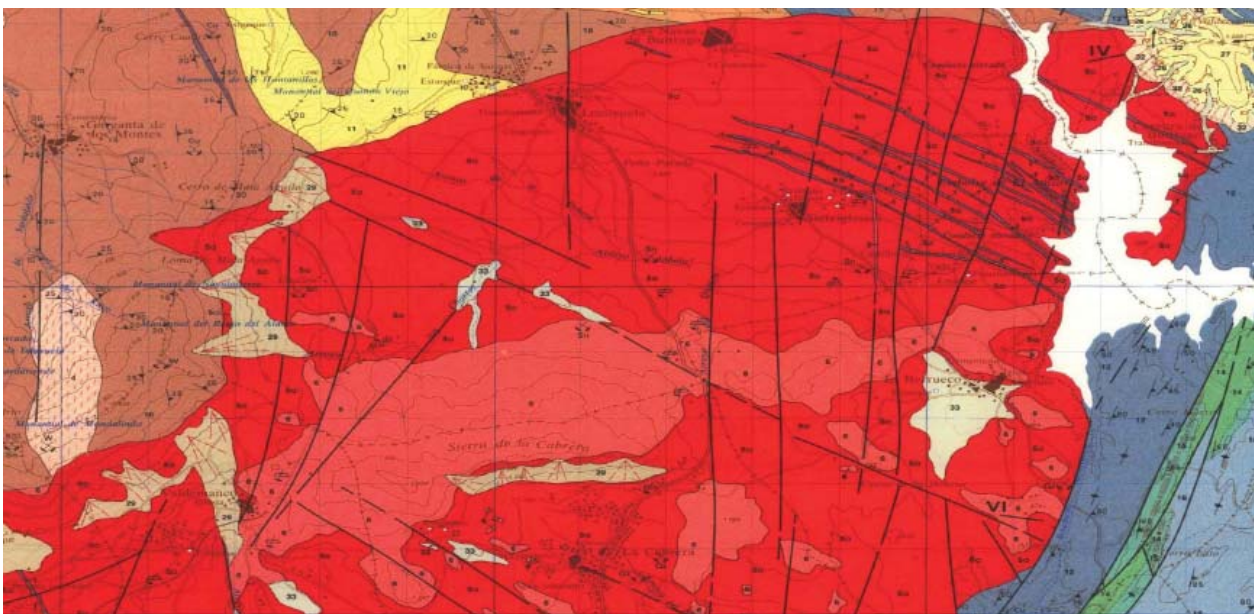


PARADA 1



Vista general de los relieves formados por leucogranitos con una cantera que explota los granitos biotíticos de grano grueso

14



Mapa geológico del granito de La Cabrera

En la primera parada tomaremos contacto con el granito del plutón de La Cabrera. Si el tiempo lo permite, observaremos los relieves generados por los afloramientos de leucogranito, que forman las partes más

altas de la Sierra de La Cabrera. También encontraremos las canteras, producto de la actividad dedicada a la extracción de granito biotítico de grano grueso para su uso ornamental.

PARADA 2



Antiguo arenero de granito biotítico



Pegmatita en granito arenizado

En la segunda parada tendremos oportunidad de observar los fragmentos minerales de varias pegmatitas graníticas, emplazadas en el granito biotítico de grano grueso del plutón de La Cabrera, en un sector al oeste de la localidad de Bustarviejo. El granito está casi totalmente arenizado y los afloramientos tienen una pendiente elevada. Esto conduce a una rápida denudación del material con la lluvia y, como resultado, la aparición de pegmatitas con cavidades miarolíticas. En esta zona es corriente localizar cristales de ortoclasa de color blanco, crema o rosa, asociados a albita y cuarzo ahumado.



Dique de aplita

PARADA 3



Texturas en peine del filón de cuarzo

Cementación parcial de la brecha que forma geodas de cuarzo

Brecha de fragmentación de granito biotítico completamente cementada por cuarzo

Aspecto general del filón de cuarzo.

A continuación, nos desplazaremos al sur de la localidad de Valdemanco, donde aflora un filón de cuarzo lechoso, que contiene abundantes cristales, algunos de ellos completamente transparentes. El filón, emplazado en el leucogranito, tiene una dirección

aproximada norte sur. Podremos observar texturas brechoides, con fragmentos de granito biotítico cementadas por cuarzo (brecha). Los cristales pueden formar texturas en peine o pueden formar geodas en los huecos de la brecha.



Rompiendo fragmentos del filón en busca de cristales transparentes

PARADA 4



Afloramiento de granito fresco con "schlierens" de morfología irregular



Zona alterada asociada a una falla vertical

Después de la visita al granito arenizado, en esta parada se puede observar el aspecto fresco de esta roca. En ella, se reconocen algunas pequeñas cavidades miarolíticas rellenas de minerales hidrotermales, así como filones de aplita y estructuras de flujo (schlierens biotíticos), con diferentes morfologías. En esta

trinchera, también se corta un gran filón de aplita que presenta abundantes microcavidades miarolíticas y algunos sulfuros. Por último, reconoceremos algunos espejos de falla con estrías de calcita y zonas de granito enrojecido, producidas por los fluidos hidrotermales (agua caliente) que circularon por estas fallas.



Pequeña cavidad miarolítica completamente rellena de epidota y prehnita



Filón de aplita

PARADA 5

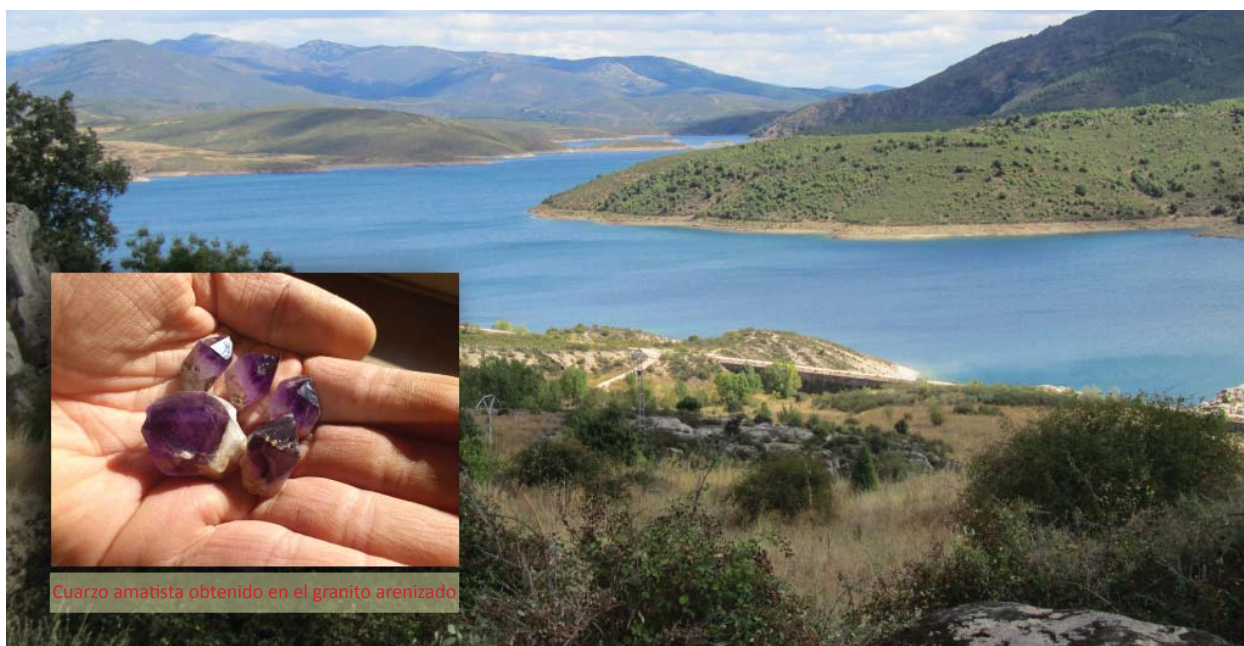


Elementos rurales fabricados con granito en las calles de El Berrueco (Museo de la Piedra).

18

Para terminar la excursión, se visitará el Museo de la Piedra en las calles y plazas de la localidad de El Berrueco. Durante el recorrido, podremos observar diferentes elementos fabricados con el granito biotítico, destinados en otros tiempos a usos rurales. Algunas calles conservan el antiguo empedrado de granito mientras que en otras se pisan nuevas losetas, fabrica-

das con la misma roca, donde pueden verse secciones de pegmatitas. Una vez en el mirador de la iglesia de esta localidad, descenderemos hacia el embalse de El Atazar, para examinar de nuevo por las laderas de granito arenizado, hasta encontrar a un afloramientos donde pueden localizarse abundantes fragmentos de cuarzo y ortosa, a veces bien cristalizados.



Cuarzo amatista obtenido en el granito arenizado

Vista del embalse de El Atazar desde la iglesia de El Berrueco