

# Cristales de celestina y minerales asociados en Azaila (Teruel)

Miguel Calvo, Fernando Gascón y Emilia Sevillano  
Zaragoza

## INTRODUCCIÓN

La presencia de grandes nódulos de sílex en los terrenos terciarios del sur de la provincia de Zaragoza y norte de la de Teruel se conoce desde hace tiempo. CÓRTAZAR (1885) señala la presencia de bloques de hasta 1/4 de metro cúbico en Vall-de-roures y en Mas de las Matas, indicando que la combinación de zonas con colores grises, rojizos, blancos y azulados les dan a veces aspecto de ágatas. Estos grandes bloques, esparcidos en ocasiones por los campos como resultado de la destrucción de los estratos que los contienen, representan un estorbo para las faenas agrícolas, por lo que en muchos lugares han sido recogidos y amontonados en los márgenes o en zonas de erial. En algunos casos, incluso se han utilizado como material de relleno en la construcción de pequeñas represas o diques en los ríos próximos.

La existencia de cristales de amatista formando geodas dentro de los bloques de sílex ya había sido observada anteriormente en Lécera (Zaragoza) (CALVO *et al.*, 1988), aunque por la calidad de los ejemplares encontrados (pequeñas geodas de microcristales de un color muy pálido) no parecía que mereciera la pena mayores estudios. Sin embargo, el afloramiento de Lécera corresponde a una amplia formación del mioceno que se extiende durante muchos kilómetros en una dirección aproximadamente E-W, y que hacia el este llega por lo menos hasta Azaila (Teruel). La carretera que une ambos pueblos discurre durante bastantes kilómetros dentro de esa formación, de tal modo que el talud derecho (en la dirección Lécera-Azaila) permite observar bien los estratos yesosos. En la parte alta de ese talud, a pocos cientos de metros de la carretera, afloran los bloques de sílex literalmente por millares. En 1992, el examen de la zona permitió encontrar a dos de los autores (M.C. y E.S.) geodas de amatista de varios centímetros, situadas en la superficie de algunos nódulos, con cristales de varios milímetros, aunque muy pálidos. Esta última característica era de esperar, teniendo en cuenta que habían estado expuestos al sol directo durante años.

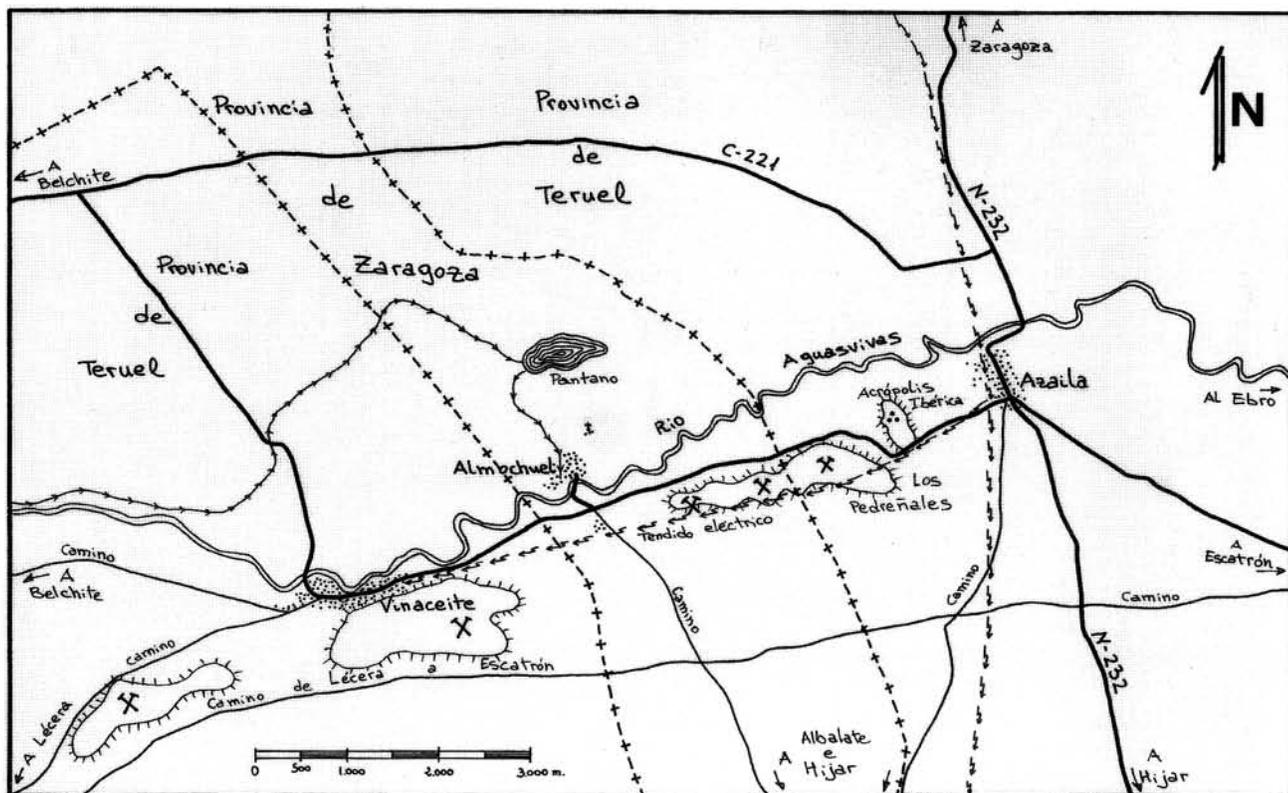
Revisando este indicio, se encontraron, al partir los bloques, múltiples geodas de amatista y también, aunque con mucha menos frecuencia, unos cristales de color amarillo cuyas propiedades hacían pensar inmediatamente en celestina, identificación que fue confirmada por difracción de rayos X.

Todos los muestreos realizados en la zona han resultado positivos, aunque la mayor parte del esfuerzo de los coleccionistas que han recolectado en este yacimiento se ha centrado en los puntos en que el afloramiento es más fácilmente accesible por su proximidad a la carretera. Dado el tamaño global del yacimiento, este puede considerarse inagotable.

La obtención de ejemplares de calidad requiere un trabajo muy duro, que en ningún caso podría compensarse por su eventual valor comercial, y que además está sometido al albur de la suerte. Para romper los bloques de sílex es absolutamente indispensable utilizar equipo de protección, especialmente para ojos y cara, por la enorme peligrosidad de las esquirlas cortantes que se desprenden a gran velocidad en todas direcciones.

## GEOLOGÍA

Una buena parte de las comunidades de Aragón, Cataluña, Navarra y La Rioja está ocupada por la geológicamente denominada Depresión Terciaria del Ebro. Se trata de una depresión resultante de una continuada subsidencia que, con un carácter migratorio de N a S, se produjo desde el comienzo del Cenozoico hasta finales del Mioceno. La depresión fue rellenada fundamentalmente por sedimentos continentales terciarios, en un régimen con carácter netamente endorreico, es decir, una cuenca cerrada por las cordilleras circundantes, sin comunicación con el mar y con eliminación del agua de la cuenca por evaporación en su mayor parte. La distribución de los materiales sedimentarios en la depresión se corresponde con el modelo clásico de relleno de cuenca, presentándose una clara zonación en ellos, desde los depósitos detríticos gruesos, conglomeráticos y areniscas en los bordes de la cuenca, a detríticos finos que pasan gradualmente a margas, carbonatos y materiales evaporíticos, yesos y materiales



**Localización de los principales afloramientos de nódulos de sílex con celestina**

salinos, en el centro de la misma. La disposición de estos depósitos es netamente horizontal en la zona central de la depresión, aunque está ligeramente plegada y fracturada, con un grado progresivo, hacia áreas cada vez más marginales del norte y extremos E y O de la cuenca.

El primer estudio de ámbito regional para la cuenca data de 1845 y es obra de MAESTRE, aunque es MARÍN en 1926 quien por primera vez establece un esquema amplio de distribución de horizontes litoestratigráficos en el valle del Ebro. Entre los años 1950 y 1960 se adquiere una visión más completa, al realizarse estudios basados en datos de sondeos petrolíferos. Así es de destacar la Tesis Doctoral de QUIRANTES (1969), la cual marca un hito en el estudio del valle del Ebro, al recopilar y sintetizar todos los conocimientos previos sobre el sector central y presentar un esquema estratigráfico que todavía no ha sido superado. Según datos de sondeos y de reflexión sísmica realizados por empresas geotécnicas y recogidos en la Tesis Doctoral de MANDADO (1987), el yacente preterciario de la depresión del Ebro se encuentra a una profundidad bajo la topografía actual comprendida entre 3000 y 4000 metros en la zona norte, llegando a 4400 en las proximidades de Logroño, unos 3000 m a la altura de Huesca, 1000 en Zaragoza y Lérida, hasta llegar a unas decenas o escasos cientos de metros entre Escatrón y Caspe. Esto puede dar idea de la asimetría de la cuenca y de la importancia de su relleno. La sedimentación comienza con términos marinos del Eoceno en la base de las zonas más potentes, junto al flanco pirenaico, pasando al Eoceno superior y Oligoceno continentales, desplazándose el

comienzo de la sedimentación hasta el Mioceno en las de menor potencia de relleno del flanco sur.

El afloramiento que nos ocupa se sitúa en lo que MANDADO (1987) denomina "área evaporítica de Belchite-Hijar". En la citada área dominan los términos detríticos, areniscas y lutitas, entre los que se intercalan algunos niveles yesíferos como areniscas yesíferas -rocas detríticas con cemento yesífero-

1. Estratos con nódulos de sílex en "Los Pedreñales", Azaila (Teruel). Foto: M. Calvo.
2. Nódulos de sílex retirados de un campo de obra. "Los Pedreñales". Foto: M. Calvo.
3. Geoda de amatista en sílex. "Los Pedreñales". Long. 8 cm. Col. Jesús Clemente. Foto: Manolo Sanchís.
4. Drusa de cristales de amatista. "Los Pedreñales". Long. 3cm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.
5. Geoda de amatista en sílex. "Los Pedreñales". Long. 6 cm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.
6. Amatista sobre calcedonia. "Los Pedreñales". Long. 4 cm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.
7. Geodas de amatista i cuarzo incoloro (que parece rojo por el color del fondo) en calcedonia. "Los Pedreñales". Long. 10 cm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.

1	4
2	
3	5
6	7

gipsarenitas -clastos y cemento yesífero- y yesos nodulares, en ocasiones con desarrollo de grandes nódulos de dimensiones métricas intercalados entre lutitas rojas y verdes. Las margocalizas están prácticamente ausentes en el área, salvo en su borde meridional, lo que constituye la zona de transición a las calizas de Bujaraloz-Mequinenza. Además son frecuentes, en las zonas de La Zaida y Sástago, los niveles de calizas con yesos primarios lenticulares, marcando un antiguo nivel de "playa" o llanura de barros.

Las silixitas acompañan en ocasiones a los depósitos yesíferos, la litofacies dominante en los materiales del sector evaporítico de la cuenca terciaria del Ebro. Se asocian frecuentemente como manifestaciones puntuales y en menor medida como interestratificados locales, pero nunca como niveles interestratificados a escala de cuenca. El conocimiento de la asociación del sílex con depósitos evaporíticos data de finales del siglo XIX, siendo pioneros en su estudio MUNIER-CHALMAS (1890) y CAYEUX (1929). Actualmente se sabe que los depósitos evaporíticos pueden llegar a ser reemplazados totalmente, en áreas favorables, por sílex de sustitución.

La mayor parte de la sílice movilizada en el ciclo exógeno proviene de la alteración de rocas preexistentes, circulando como suspensión coloidal o en disolución verdadera. Su solubilidad es función directa de la temperatura, la cristalinidad del material silíceo nutriente y del mayor o menor grado de alcalinidad del medio, siendo altamente soluble en condiciones de pH superiores a 9. Al descender la solubilidad de la sílice por cambios de temperatura, de pH, o por actividad biológica, la sílice se incorpora al sedimento con diferentes formas mineralógicas, como precipitación directa de ópalo, que luego pasará a calcedonia, o como recrecimientos sintaxiales sinsedimentarios de cristales de cuarzo sobre pequeños gérmenes de cuarzo detrítico.

De acuerdo con el estudio de MANDADO (1987), el sílex aparece en el sector aragonés de la cuenca del Ebro asociado extensamente con las litofacies yesíferas, según los siguientes patrones (en orden de abundancia):

1. Inclusiones microscópicas en los bancos de yeso, con distribución sumamente irregular.
2. Nódulos macroscópicos dispersos en las capas yesíferas.
3. Niveles continuos, de potencias decimétricas a métricas, intercalados entre bancos yesíferos y con transición gradual a ellos.

Los dos primeros fenómenos están bastante generalizados, aunque de forma puntual, en el área comprendida entre Almudévar, Zaragoza y Remolinos, mientras que los nódulos de mayores dimensiones y en bancos continuos se dan en el área de Magallón-Borja-Ablitas fundamentalmente. En esta área, intercalados en los niveles yesíferos, hay nódulos de sílex dispersos y niveles silíceos continuos, constituidos por nódulos de sílex anastomosados. La potencia de estas capas puede alcanzar en ocasiones hasta dos metros, y su continuidad lateral es de rango hectométrico.

Estas acumulaciones de silixitas se conocen en otros muchos lugares, y se interpretan como generadas a partir de la precipitación diagenética temprana de sílice coloidal o disuelta, por reemplazamiento de yeso que pasaría a su vez a disolución.

Un ambiente favorable sería el de degeneración de materia orgánica por acción bacteriana, con el subsiguiente descenso del pH e insolubilización de la sílice, la cual precipitaría reemplazando al sulfato, en ocasiones como cristalización masiva de geles, en el entorno de un lago aislado cercano al margen meridional de la cuenca. El origen primario de la sílice para el área de Borja se encontraría muy probablemente en la meteorización de rocas silíceas -cuarcita y argilitas- del cercano sector del Moncayo.

En la área de Azaila-Lécera, y sin que hayan sido descritos previamente en la literatura científica especializada, afloran grandes nódulos y niveles nodulares de silixitas de importantes dimensiones, con unas características muy similares a las descritas para el área de Borja. Se trata de nódulos de dimensiones de hasta 1 metro, y niveles continuos de nódulos anastomosados de potencias máximas algo inferiores a un metro. Aunque normalmente son nódulos grisáceos y rojizos de calcedonia sin ningún tipo de inclusión, en algunas áreas singulares y coincidiendo con los niveles más continuos, abundan las inclusiones de yeso cristalino y oquedades tapizadas de cuarzo. La interpretación genética es similar a la comentada para las silixitas del área de Borja, aunque en esta ocasión el área fuente de la sílice ha de provenir de la sierra de Arcos, estribación más próxima de la cordillera Ibérica, al sur.

## MINERALOGÍA

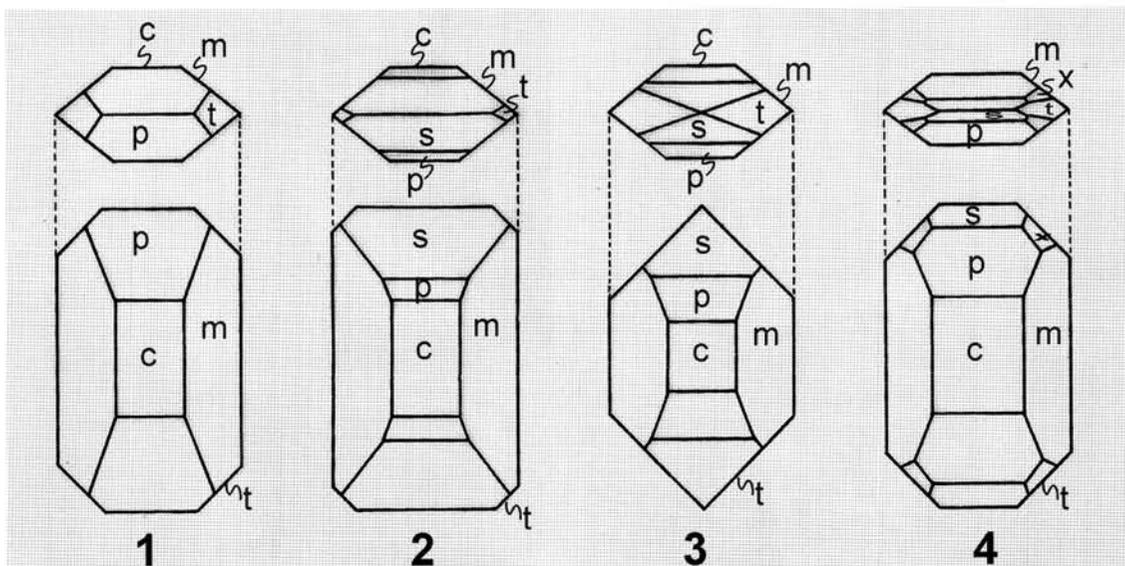
La mineralogía de este yacimiento, en lo que se refiere a especies de las que aparezcan ejemplares de algún interés, es muy limitada, reduciéndose a la celestina, el cuarzo y el yeso.

### Celestina

Los cristales de celestina, que se encuentran siempre en los huecos del sílex, tienen una morfología cristalográfica bastante simple. La mayoría son de hábito gruesamente tabular, alargado, con el tercer pinacoide {001} y el prisma de primera especie {011} como figuras dominantes. Tanto la cara de pinacoide

1. Cristales de celestina en yeso laminar. "Los Pedreñales". Long. del cristal más grande, 1 cm. Col. Jesús Clemente. Foto: Manolo Sanchís.
2. Cristal de celestina biterminado, sobre amatista. "Los Pedreñales". Long. del cristal, 9 mm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.
3. Detalle del cristal de celestina de la fotografía 1.
4. Microcristales de amatista de color muy pálido sobre calcedonia botroidal. "Los Pedreñales". Long. 6 cm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.
5. Nódulo de calcedonia con una fina capa teñida por óxidos de hierro, en una matriz de yeso. "Los Pedreñales". Long. 4 cm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.
6. Cristal de yeso encontrado suelto en el interior de una cavidad en sílex. "Los Pedreñales". Long. del cristal, 3 cm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.

1	2
4	3
5	6



**Variedad de combinación de formas cristalinas en las celestinas de Azaila. En 1 se presentan las formas más habituales: tercer pinacoide (c), y prismas rómbicos de 1a. (m), 2a. (p) y 3a. (t) especies. Los ejemplares 2, 3 y 4 presentan diferentes desarrollos de estas formas cristalinas, además de poder presentar otro prisma de 2a. especie (s), y en raras ocasiones la bipirámide rómbica (x).**

como la de prisma corresponden a planos de exfoliación perfecta. Las terminaciones de los cristales tienen forma de cuña, y están formadas por uno o dos prismas de segunda especie. Las otras figuras que aparecen son el prisma de primera especie y la bipirámide en la terminación. En algunos casos, los prismas de segunda y tercera especie tienen mayor desarrollo, produciendo cristales de hábito prismático o incluso equidimensional.

La gran mayoría de los cristales de celestina tienen color amarillo más o menos intenso, desde casi incoloro a amarillo miel, con el color distribuido de forma más o menos regular, con las zonas más claras coincidiendo en general con áreas de mayor turbidez por la presencia de inclusiones. Los zonados regulares son raros, aunque se han observado en algunos cristales paralelos a caras de prisma. Solamente en los afloramientos cercanos a la ermita de Lécera (Zaragoza) se encuentran en las oquedades del sílex cristales de color azul, asociados a minerales de manganeso. Los cristales de celestina, que se forman siempre después que los cristales de cuarzo, pueden estar implantados sobre las formaciones geódicas de estos cristales o directamente sobre el sílex.

Los cristales mayores alcanzan los 2 cm, pero suelen ser imperfectos al contactar con la pared frontal de la geoda. Lo más habitual es que no superen los 5 mm. Se ha encontrado también ocasionalmente algún relleno masivo de celestina.

En la mayoría de los niveles yesíferos de la depresión del Ebro, la celestina es un componente minoritario, que se encuentra en una proporción muy reducida, inferior al 0,5%, estando casi siempre dispersa como microcristales de morfología esquelética, en posiciones intersticiales entre microcristales de yeso de masas alabastrinas (MANDADO, 1987). El origen de la celestina en estos casos parece estar relacionado con procesos diagenéticos de hidratación de anhidrita a yeso.

Según los trabajos de STEWART (1963) y DEAN (1978), el estroncio puede entrar a formar parte tanto de la red del yeso como de la anhidrita, sustituyendo al calcio, aunque en diferentes proporciones. Mientras que la anhidrita admite algunos miles de ppm de estroncio en su red, el yeso sólo admite algunos cientos, de modo que en los procesos de transformación de anhidrita a yeso, la mayoría del estroncio contenido en la red de la anhidrita precipitará en presencia del sulfato del medio para formar la celestina, insoluble. Este fenómeno se produce en ocasiones muy rápidamente, sin que el estroncio sufra apenas transporte. Un proceso muy similar y que a nivel local podría tener una cierta importancia son las transformaciones de aragonito a calcita, ya que el estroncio contenido en el aragonito, primera fase carbonatada en precipitar, puede llegar a ser hasta diez veces superior al que puede contener la calcita en la que posteriormente se transforma.

1. Cristal de celestina en una amatista. "Los Pedreñales". Long. del cristal, 1 cm. Col. J. Clemente. Foto: Manolo Sanchís.

2. Cristales de celestina en una cavidad de sílex. "Los Pedreñales". Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.

3. Cristal de celestina sobre cuarzo. "Los Pedreñales". Long. 2 mm. Col. M. Calvo.

4. Cristales de celestina en yeso, con celestina masiva. "Los Pedreñales". Long. total, 4 cm. Col. M. Calvo. Foto: Manolo Sanchís.

5. Cristal de celestina sobre sílex. Lécera (Zaragoza). Long. del cristal, 4 mm. Foto y col. de M. Calvo.

	1	
2		3
4		5

La presencia de cristales macroscópicos, en ocasiones centimétricos, de celestina asociada a las silixitas puede interpretarse como generada en el proceso de silicificación de yesos y anhidritas, al darse un descenso de pH adecuado. La deposición de la sílice va acompañada de un paso a disolución de los sulfatos cálcicos, liberándose el estroncio presente en éstos. Dada su baja solubilidad, el estroncio se deposita como sulfato en un entorno muy próximo a donde ha sido liberado, tal como la masa de la silixita, y en la fase de compactación y deshidratación del gel precursor en la que se generarán las oquedades observadas.

#### **Cuarzo microcristalino**

Como ya se ha indicado, la presencia de bloques de sílex en evaporitas es bien conocida, y ha sido estudiada desde el siglo pasado. Los bloques que contienen las geodas están formados sobre todo por un material silíceo compacto, de color grisáceo, y casi opaco, sin la traslucencia o el brillo céreo que se encuentran en otros tipos de sílice microcristalina. En estos bloques, aparecen a veces huecos cubiertos con formaciones mamelonares y botroidales, cuya formación es posterior a la del bloque, que podemos considerar "calcedonia", y que en algunos casos son de distintos tonos, tomando un aspecto de «ágata». Lo habitual son los colores blanco, azulados y grises, aunque también aparecen rojizos y violáceos. Algunas formaciones botroidales aparecen recubiertas de una capa de color rojo intenso de óxido de hierro, que le da aspecto de jaspe, aunque el color es solamente superficial.

También se encuentra dentro de algunas oquedades del sílex un material pulverulento silíceo, libre o atrapado dentro del yeso hialino. Este material podría ser una mezcla de cuarzo con ópalo y/o moganita, un posible polimorfo del cuarzo cuya individualidad está todavía en discusión.

#### **Cuarzo macrocristalino**

La mayoría de los huecos en el sílex están tapizados de cristales de cuarzo formando geodas, incoloros o, en la mayoría de los casos, de color amatista más o menos intenso. En general son de pequeño tamaño, pero ocasionalmente pueden llegar a alcanzar los 5 mm. de arista. En algunos casos, los cristales de cuarzo no solamente recubren las paredes sino que forman estructuras que se proyectan al interior, creando pequeños arcos de cristales. El color de las amatistas está distribuido en general de forma irregular, sin seguir pautas que correspondan

con la morfología cristalina. Los cristales están situados directamente sobre el sílex opaco o sobre formaciones botroidales de calcedonia. En este segundo caso, las costras de cristales se desprenden fácilmente de la matriz, pero el color suele ser más intenso.

#### **Yeso**

El yeso es ubicuo como componente de diversos estratos en los terrenos de la zona. Durante la fase de sustitución del yeso y anhidrita por la sílice que forma los nódulos de sílex, parte del sulfato cálcico queda atrapado en la masa silícea. Este sulfato cálcico recristalizará posteriormente como inclusiones de yeso secundario en el interior de las oquedades. En nuestro caso se encuentra, bien relleniéndolas por completo, como una masa generalmente transparente y monocristalina o, más raramente, como cristales individuales. Estos cristales suelen ser de hábito lenticular, generalmente bastante toscos, y alcanzan los 3 cm, cuando el tamaño de la oquedad lo permite. El yeso es el último mineral en cristalizar en el interior de los nódulos de sílex.

#### **Otros minerales**

Aunque con poca importancia, desde el punto de vista de la calidad de los ejemplares, se han encontrado también otros minerales. La malaquita aparece ocasionalmente, como pátinas de color verde, o pseudomorfizando toscamente cristales de otro mineral no identificado. Uno o varios óxidos de manganeso, no identificados, aparecen como dendritas dentro del sílex en toda la zona, y en las proximidades de Lécera como masas pulverulentas o incluso como cristales toscos en algunas geodas.

Existen también indicios de minerales de uranio, como cristales diminutos, laminares y brillantes, de color amarillo intenso y verde en otros, que, dada la exigua cantidad en la que se encuentran, no han podido ser identificados. Estas trazas son sin embargo probablemente importantes para que se produzca el color amatista en los cristales de cuarzo, causado por la combinación de la presencia en el cuarzo de trazas de hierro y la acción ionizante de una fuente radiactiva (COX, 1977). En muchos casos, el potasio 40 contenido en las rocas es suficiente para producir este efecto, ya que la dosis necesaria parece ser inferior a la que produce el color ahumado. Sin embargo, en Azaila la fuente radiactiva podrían ser los indicios de uranio mencionados.

### **BIBLIOGRAFÍA**

CALVO, M., BESTEIRO, J., SEVILLANO, E. y POCIVI, A. (1988): *Minerales de Aragón*. Mira Editores. Zaragoza. Pág. 111.  
CAYEUX, L. (1929): *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses*. Imprimerie Nationale. París. 696 págs.  
CORTÁZAR, D. (1885). *Bosquejo físico-geológico y minero de la provincia de Teruel*. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España. 12, págs. 263-607.  
COX, R.T. (1977) *Optical absorption of the d4 ion Fe4+ in pleochroic amethyst quartz*. Journal of Physics, C10, págs. 4631-4643.

DEAN, W. E. (1978) *Trace and minor elements in evaporites*. En: *Marine Evaporites, Short Course 4*, SEPM, págs. 86-104.  
MAESTRE, A. (1845) *Descripción geognóstica y minera del distrito de Cataluña y Aragón*. Anales de Minas 3, págs. 193-278.  
MANDADO, J. (1987) *Litofacies yesíferas del sector aragonés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y geoquímica*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 442 págs.  
MARÍN, A. (1926) *Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria*

del Ebro. Boletín del Instituto Geológico y Minero de España. 47, págs. 113-129.  
MUNIER-CHALMAS (1890) *Sur les formations gypseuses du Bassin de Paris. II Sur les depots siliceux qui ont remplacé le gypse*. Comtes Rendues de la Academie des Sciences de Paris. 110, págs. 663-666.  
QUIRANTES, J. (1969) *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario Continental de los Monegros*. Tesis Doctoral. Editada (1978) por Instituto Fernando el Católico (CSIC). 207 págs.  
STEWART, F.H. (1963) *Marine evaporites. Data of geochemistry*. U.S. Geological Survey Professional Paper. 52 págs.