

# Los minerales de vanadio de la mina “María Magdalena”

Ulldemolins, el Priorat, Tarragona

Joan ROSELL • Carles RUBIO • Frederic VARELA

*Abstract: In this article we would like to outline some details concerning the history and mineralogy of these mine workings located in the vicinity of Ulldemolins. This mine was worked for fluorite and galena for more than forty years of the twentieth century. We have found very interesting mineralogy related to some vanadium species. One of them, čechite, could be considered the most interesting species not only regionally, but also internationally in terms of fine quality crystals and Mn-free composition. Until now all specimens described from different localities were Mn-bearing. The fluorite and accompanying mineralizations are related to hydrothermal processes.*

*Keywords: Čechite, vanadinite, mottramite, fluorite, vanadium, hydrothermal, ore deposits, Catalonia, Priorat, Ulldemolins.*

La villa de Ulldemolins está situada a 651 metros de altitud, en el valle del río de Montsant (conocido como río de Prades en su cabecera), entre las vertientes meridionales de la sierra de La Llena, que tiene su altura máxima en la Punta del Curull, de 1.021 m, y las septentrionales del macizo de Montsant, constituido por un potente bloque de conglomerados oligocénicos, con una extensión lineal de 17 km, que culminan en la Roca Corbatera, de 1.163 m, en el extremo SO de la Cordillera Prelitoral Catalana. Los yacimientos objeto de estudio se encuentran al norte de la población y comprenden varios trabajos mineros situados en los parajes de Lo Fangar (Els Solans) y Font del Metge.

## GEOLOGÍA

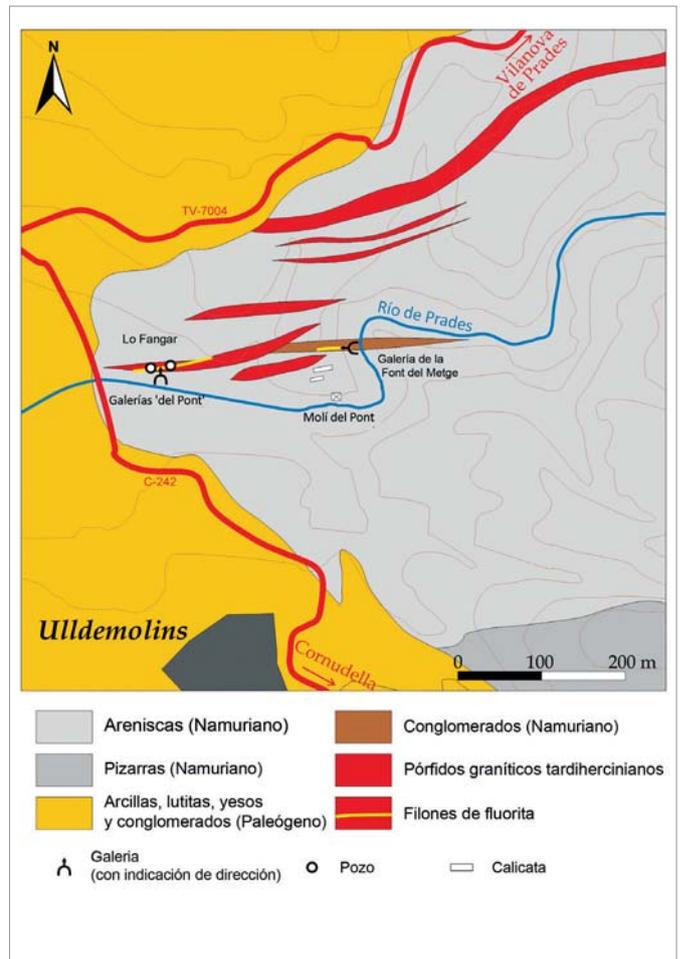
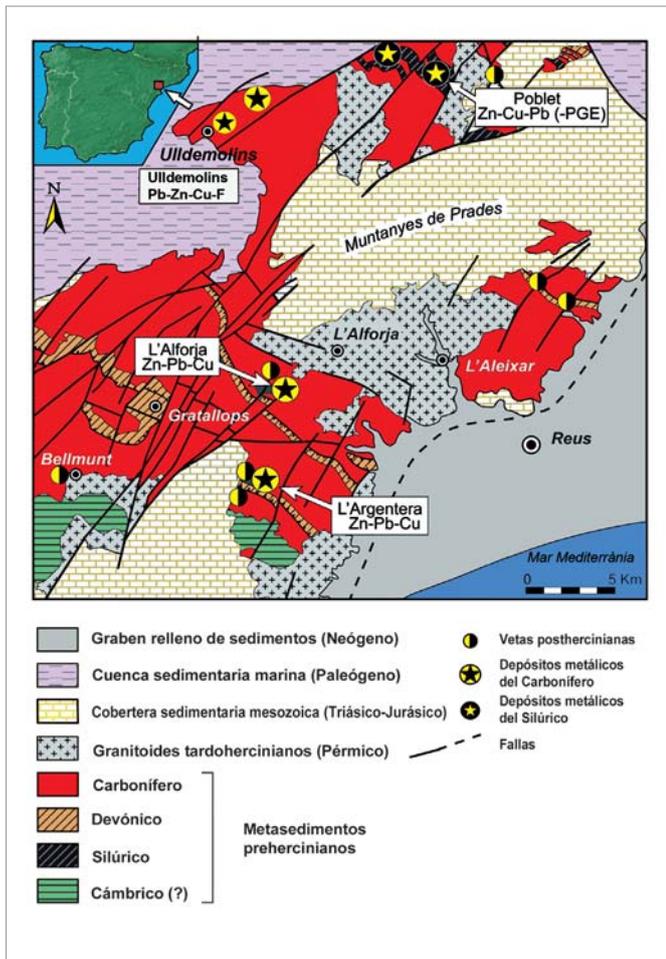
En la zona estudiada encontramos series de turbiditas del Carbonífero (aprox. 320 M.a.), constituidas por pizarras con intercalaciones de areniscas de grano mediano o grueso; estos materiales fueron deformados por la orogenia herciniana, formando pliegues de dirección NO-SE. Posteriormente, el conjunto sufrió numerosas fracturas tardohercinianas de dirección NE-SO, que facilitaron la intrusión de diques porfídicos ácidos tardohercinianos. Las mismas frac-

turas fueron posteriormente reactivadas durante la orogénesis alpina. En Ulldemolins se observa una discordancia entre el basamento de rocas paleozoicas y un recubrimiento de materiales arcillosos de edad terciaria. Por debajo de esta discordancia, los materiales paleozoicos están rubefactados. En estos materiales se encaja una serie de mineralizaciones filonianas de origen hidrotermal,

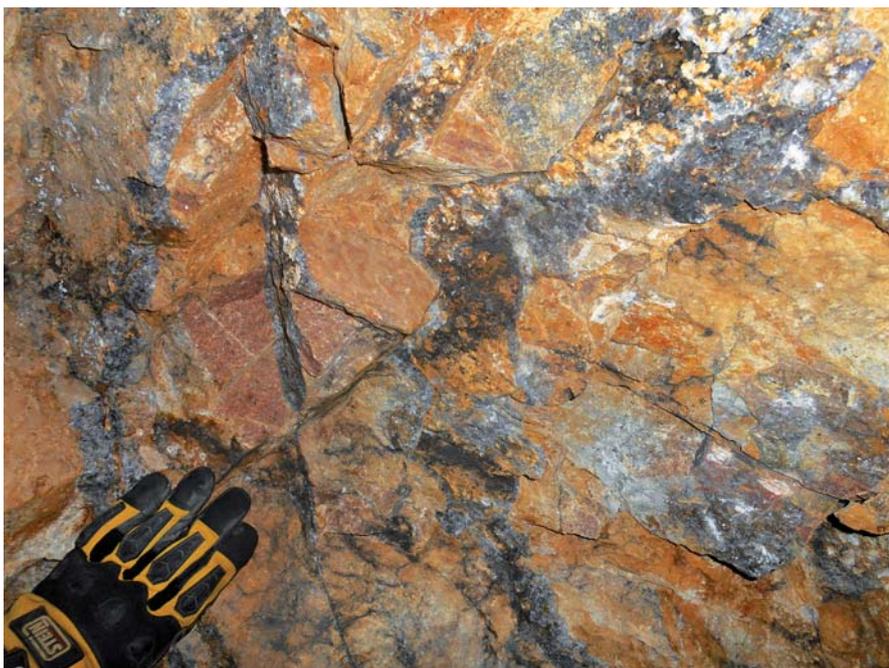
ricas en fluorita, que tapizan las superficies de las fallas y de las diaclasas asociadas. La importancia de los cuerpos mineralizados depende del comportamiento mecánico de la roca encajante. Así, los filones son potentes y continuos cuando encajan en los pórfidos porque estos, al ser rígidos, dan buenas cajas filonianas; en cambio, son de dimensiones reducidas cuando encajan entre turbiditas,

Vista de Ulldemolins. Foto: Joan Rosell.





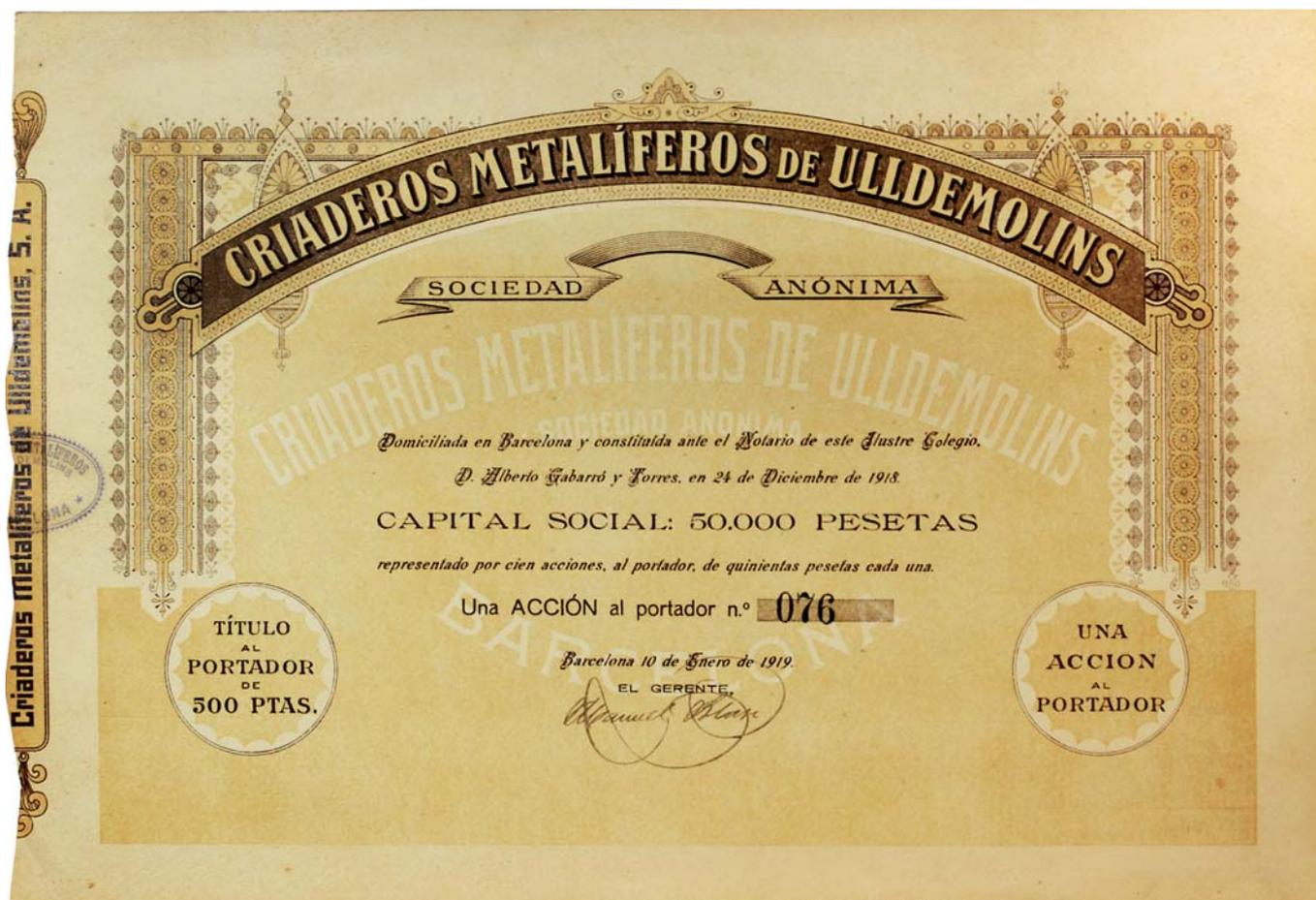
Filones de fluorita violeta encajados en las diaclasas de los pórfidos. Nivel inferior de las galerías 'del Pont'. Foto: Joan Rosell.



bastante más plásticas. Los filones más desarrollados los encontraremos asociados a fracturas importantes (Melgarejo, 1992). La alteración hidrotermal se ve más desarrollada en los pórfidos, donde hay una intensa silicificación, a la vez que se produce la cloritización de las biotitas y la sericitización y caolinitización de los feldespatos.

### HISTORIA MINERA Primeras referencias de minas en el término municipal de Ulldemolins

Geográficamente, las mineralizaciones explotadas en la zona siguen una dirección SO-NE, desde Ulldemolins hasta Vilanova de Prades, Prades, Vallclara y Vimbodí. Por lo que hace referencia al término



Acción núm. 076 de la empresa Criaderos Metalíferos de Ulldemolins, año 1919. Fuente: archivo Joan Rosell.

municipal de Ulldemolins, podemos diferenciar dos mineralizaciones, tanto por su génesis como por los minerales que aparecen: una primera, la más cercana a Ulldemolins, en los alrededores del núcleo urbano; y una segunda, la del Mas del Bessó, en el margen nororiental del término municipal (en parte pertenece al término municipal de Vilanova de Prades).

En este artículo tenemos por objetivo dar a conocer la zona más cercana al núcleo urbano de Ulldemolins: la mina "María Magdalena". Esta concesión engloba las explotaciones subterráneas que denominaremos galerías 'del Pont' (del Puente) y galería de la Font del Metge, conjuntamente con diversas calicatas, como la 'de l'Alzina' (de la Encina).

La primera referencia documental de registro minero en el término de Ulldemolins la encontramos en el Boletín Oficial de la Provincia de Tarragona de 29 de julio de 1888, concretamente en el edicto núm. 1976 de la sección de Fomento (Mi-

nas). Enrique Schivabacher inscribió una mina de plomo y cobre en la zona de Els Masos, en tierras de Ramon Bassó y Tamarit, con el nombre de "Manuela Arsenia Segunda". A pesar de que los datos de este documento no permiten situar con seguridad esta mina, tanto por los minerales citados como por algunos otros indicios, creemos que estaba situada en la zona del Mas del Bessó. Durante la primera década del siglo xx, encontramos en la prensa escrita diversas noticias sobre solicitudes de registro de concesiones de plomo y, sobre todo, de hierro en el término municipal de Ulldemolins, de las cuales no hemos encontrado más documentación que nos permitiera poder aclarar la zona concreta donde se reclamaban.

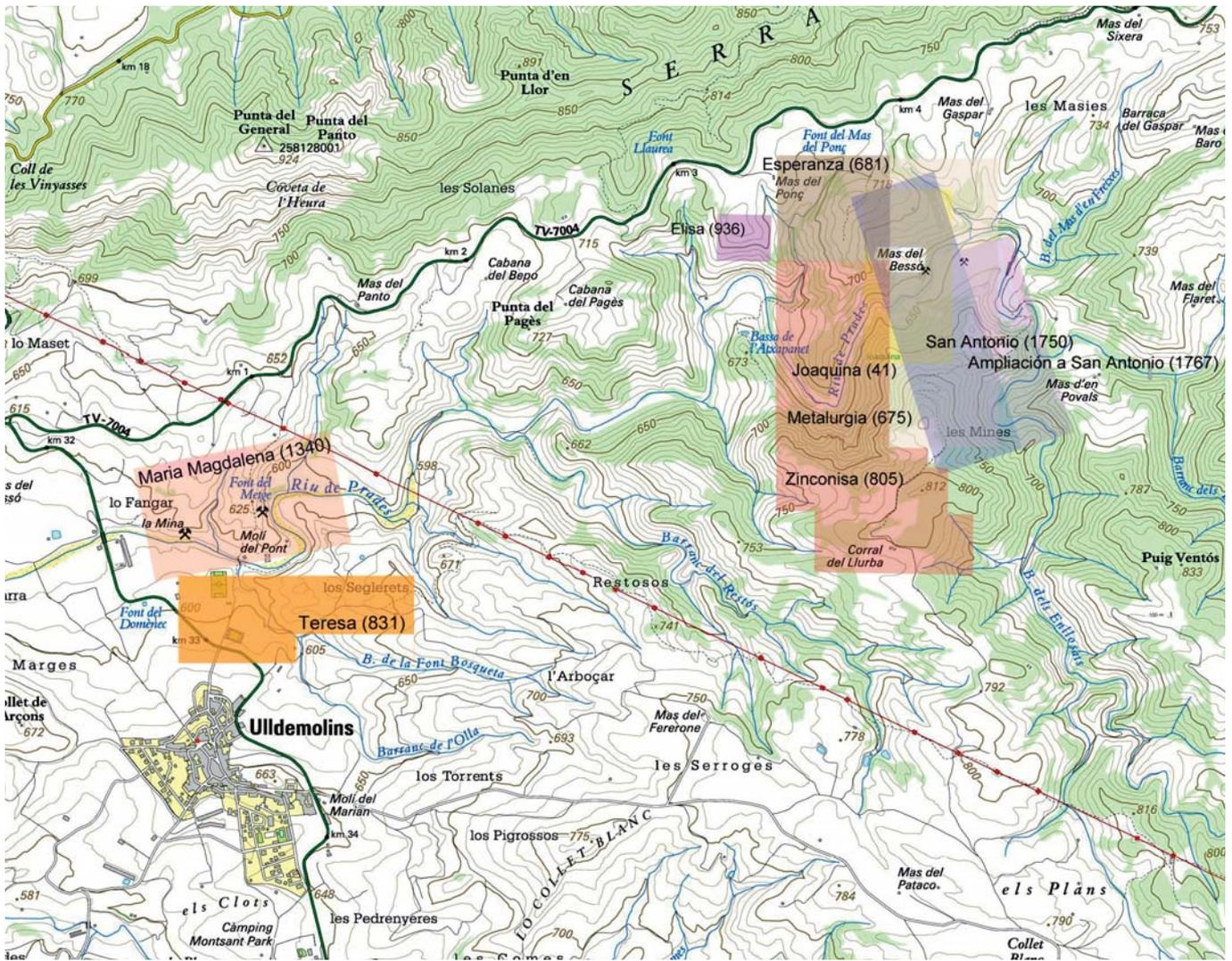
### Referencias de minas en los alrededores del núcleo urbano de Ulldemolins Mina "Teresa"

Del año 1908 encontramos una

referencia bien documentada de la mina "Teresa", expediente núm. 831, registrada para mineral de hierro. Estaba situada en el paraje de Los Seglerets, al NE del núcleo urbano de Ulldemolins y en la orilla izquierda del río de Prades. Desconocemos si llegó a explotarse.

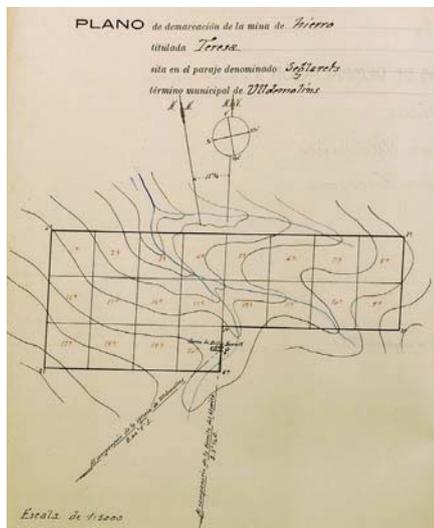
### Mina "María Teresa"

El 2 de octubre de 1920 se admite la solicitud de registro de la mina de hierro "María Teresa", con el núm. 1276, en el paraje Els Solans i presentada por Joan Font Serra, vecino de Ulldemolins. Como punto inicial de la demarcación, según los documentos, se toma el ángulo norte del molino harinero propiedad de la sociedad La Eléctrica de Montsant. Els Solans o El Solà, ya que con ambos topónimos se han denominado desde siempre, son «las tierras orientadas a mediodía, en la orilla derecha del río de Prades, al pie de la sierra de La Llena, entre Les Pedrisses a poniente, el río al sur, y la carretera de



Mapa topográfico con las concesiones mineras de la zona de Ulldemolins. Fuente: modificado del mapa del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).

Plano de la concesión de la mina "Teresa", expediente 831. Fuente: Serveis Territorials d'Empresa i Coneixement de Tarragona.



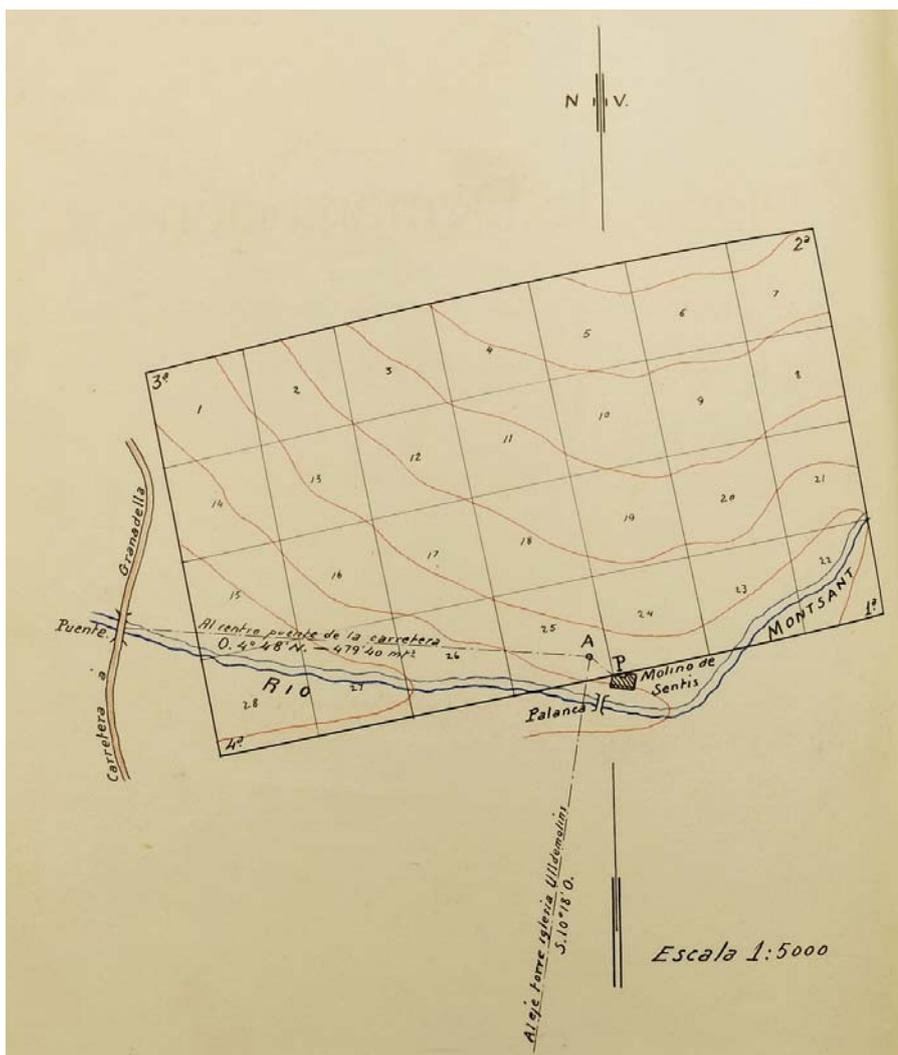
Lleida a sol naciente. En Els Solans se encuentran unos bancales amplios y llanos, dedicados a cultivos variados» (Pere *et al.*, 2009). La descripción es todavía vigente hoy en día y es donde se encuentran la mayoría de trabajos mineros de la zona. En la cartografía del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) esta zona de Els Solans se denomina Lo Fangar. Así pues, el molino harinero que se cita es el Molí del Pont, nombre con el cual se conocía y con el que aparece actualmente en la cartografía oficial del ICGC. Sabemos que a principios del siglo XX se intentó obtener electricidad de este molino, que debió ser comprado por la sociedad La Eléctrica de Montsant. Se hizo incluso un nuevo canal para captar el agua, pero el poco caudal del río de

Prades frustró el intento (Flores *et al.*, 2002).

En cuanto a la mina creemos que no se llegó a explotar, ya que en la estadística minera del año 1921 no encontramos ninguna mina en producción en Ulldemolins. Este hecho, añadido a la posterior concesión en 1924 de la mina "María Magdalena" en el mismo lugar y en terrenos francos, nos hace pensar que la solicitud de la mina "María Teresa" no prosperó.

### Mina "María Magdalena"

La historia de esta mina la hemos podido reconstruir gracias a la documentación conservada en los fondos históricos del archivo de la Secció d'Activitats Radioactives i Extractives i Energia dels Serveis Territorials



Plano de la concesión de la mina "María Magdalena", expediente 1340.  
Fuente: Serveis Territorials d'Empresa i Coneixement de Tarragona.

d'Empresa i Coneixement de Tarragona (Generalitat de Catalunya), pero sobre todo a los testimonios del Sr. Ton Queralt Dalmau, nieto de uno de los primeros propietarios de la mina y cuyo padre trabajó en ella durante muchos años, así como del Sr. Ramon Nogués Borràs, minero durante la última época de explotación. La información oral aportada por estas personas que han vivido siempre en Ulldemolins ha sido fundamental para reconstruir la historia de la explotación, puesto que existe un vacío documental importante en los archivos de Minas a partir de 1929, con referencia a esta mina.

### Primera época de explotación: la familia Queralt

Los inicios hay que buscarlos en la inquietud de Josep Queralt Espasa,

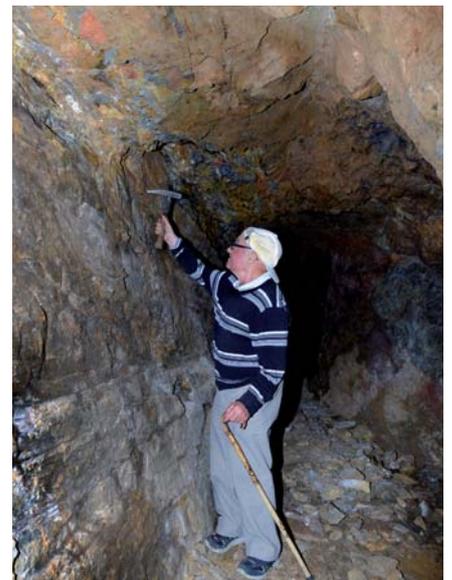
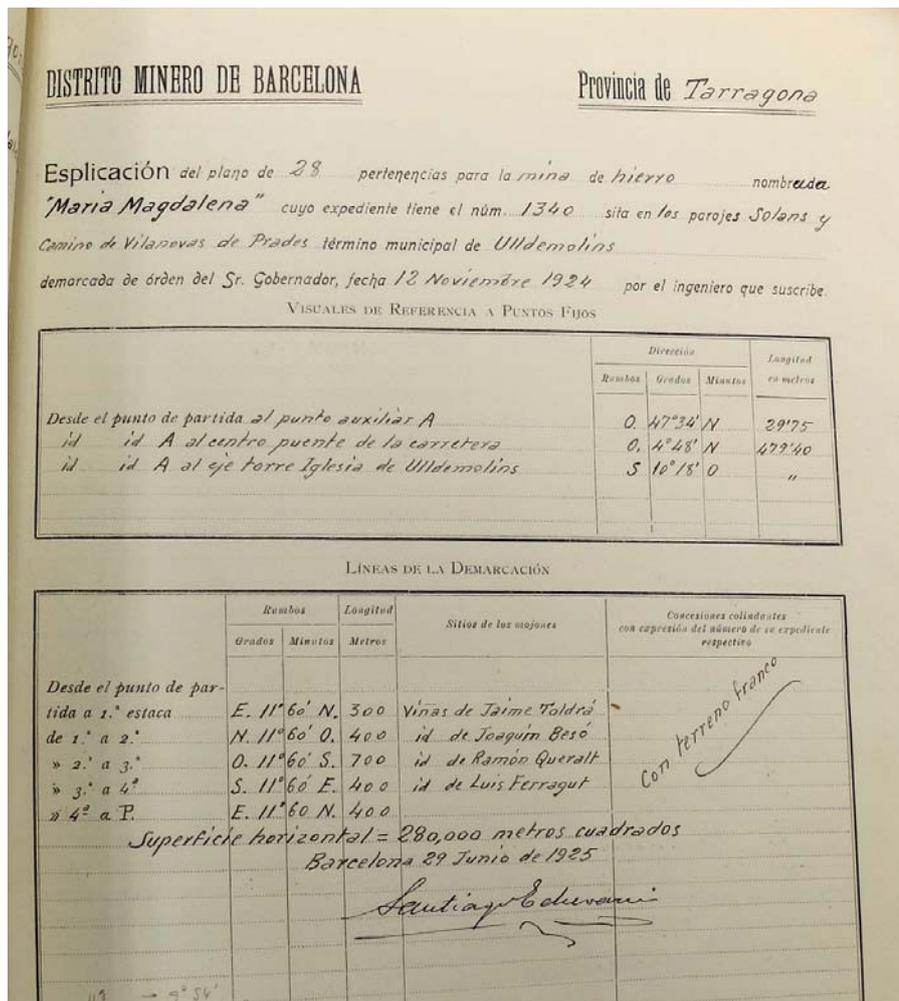
el abuelo Queralt o *padrí*, como dicen en Ulldemolins. El *padrí* Josep recorría las montañas de los alrededores de Ulldemolins en busca de mineral que fuera rentable de obtener. Para ello realizaba catas buscando mineral de cobre y de plomo que luego tapaba. Muy probablemente fue durante estas prospecciones cuando encontró fluorita en la zona alta de Els Solans (Lo Fangar); seguramente sería hacia 1920. Viendo que la fluorita era abundante se decidió pedir el registro de la mina. En realidad este registro lo pidió Joan Queralt Espasa, hermano de Josep, que por entonces vivía en Mataró. Así pues, el 8 de agosto de 1924 Joan Queralt solicita el registro con el núm. 1340 de una mina de hierro con el nombre de "María Magdalena" en el paraje Solans (Els Solans o El Solà,



Expediente de registro de la mina "María Magdalena", expediente 1340. Fuente: Serveis Territorials d'Empresa i Coneixement de Tarragona.

Extracto del Boletín Oficial de la Provincia de Tarragona, del 21 de agosto de 1924.  
Fuente: Serveis Territorials d'Empresa i Coneixement de Tarragona.

D. Alfonso Alcayna, Gobernador civil de esta provincia.  
Hago saber: Que por D. Juan Queral, vecino de Mataró, se ha presentado en este Gobierno, una solicitud la que ha sido anotada con el núm. 1.340, pidiendo el registro de 28 pertenencias de la mina de hierro denominada María Magdalena, sita en el término de Ulldemolins, distrito municipal de Ulldemolins, y paraje llamado Solans y camino de Vilanova de Prades, lindante al Norte con propiedad de Joaquina Besó, al Este con terrenos de Jaime Toldrà, al Sur con los de Luis Franquet y al Oeste con Ramón Queral.  
Hace la designación de este registro en la forma siguiente: Se tendrá por punto de partida el ángulo N.O. del antiguo molino harinero de Sentis. Desde dicho punto de partida se medirán 400 metros en dirección Norte y se fijará la 1.ª estaca, de ésta a 2.ª 300 metros al Este, de ésta a 3.ª 400 al Sur, de ésta a 4.ª 700 al Oeste, de ésta a 5.ª 400 al Norte y de ésta a 1.ª 400 metros al Este, quedando así cerrado el perímetro de las 28 pertenencias solicitadas. La designación está referida al Norte magnético.  
Por decreto de esta fecha he admitido dicha solicitud y he dispuesto que en cumplimiento del art. 24 del Reglamento de Minas de 16 de Junio de 1905 se publique por edictos en esta capital y en el pueblo de Ulldemolins, en cuyo distrito municipal se halla la mina, para que dentro del plazo de sesenta días presenten sus reclamaciones ante este Gobierno los que se crean con derecho a ello.  
Tarragona 18 Agosto de 1924.—Alfonso Alcayna.



Ramon Nogués "trabajando" en la galería de la Font del Metge (mayo de 2016).  
Foto: Joan Rosell.

En la mina trabajaba el hijo de Josep Queralt, de nombre Josep Queralt Casas, que fue el padre de Ton Queralt Dalmau, una de las dos personas que hemos entrevistado. También estaban empleadas unas tres o cuatro personas del pueblo. El trabajo en la mina no era contínuo. Si se acumulaba mucha agua en las galerías o si las cosechas del campo, como la aceituna o la uva, necesitaban mano de obra, se dejaba de trabajar. El trabajo se hacía a mano, con la llamada *maça coble*, un mazo grande y pesado con el mango corto, muy útil para ser utilizado en espacios reducidos. También usaban explosivos como la dinamita. Con el mazo y el *pistolet* (una barra larga de hierro) hacían agujeros en la roca para colocar las cargas explosivas. En cuanto a los sistemas de iluminación, empleaban lámparas de carburo como las que se usaban en aquella época en todas las casas. El mineral que extraían lo lavaban y separaban los mismos mineros en el exterior de la mina, junto al río, donde había una balsa. Extraían sobre todo fluorita, pero también galena y algo de baritina. Según parece, la galena era el mineral que mejor se pagaba ya que se decía que contenía plata, cosa que hemos podido confirmar en un documento del IGME de 1975 donde dice que la galena de esta mina

Demarcación de la mina "María Magdalena".  
Fuente: Serveis Territorials d'Empresa i Coneixement de Tarragona.

hoy Lo Fangar) y camino de Vilanova de Prades. Solicita 28 pertenencias y el punto de partida para la demarcación es el ángulo NO del antiguo molino harinero de Sentís (el nombre aparece castellanizado como Santís en la documentación; los Sentís eran una familia de Ulldemolins). Vistos los planos de la demarcación, se refiere sin ningún tipo de duda al Molí del Pont.

El 27 de mayo de 1925 se lleva a cabo la demarcación de la mina, haciendo constar que confronta con terreno franco en todo su perímetro. El título de propiedad se expide el 22 de octubre de 1925 y se entrega el 16 de enero del 1926. La mina fue declarada para explotar hierro, probablemente con la finalidad de pagar menos impuestos, cosa que se hacía habitualmente en la época contando a menudo con el beneplácito del ingeniero que ha-

cía la demarcación. Más adelante se cambiaría el mineral objeto de explotación por «espato-flúor» (fluorita). Los primeros trabajos se iniciaron con un pozo en la parte alta, el pozo 'Gran' (pozo 'Grande'), y fueron profundizando hasta el momento en que sacar el mineral por este pozo se convirtió en un trabajo demasiado arduo y costoso. Entonces decidieron abrir una galería en la zona inferior, unos metros por encima del nivel del cauce del río y que comunicaba con el pozo 'Gran'. A partir de esta galería inferior se abrieron otras nuevas en dirección NE-SO. La mina era conocida popularmente como mina 'del Pont' (refiriéndose al puente de la carretera), mina 'del Pere-sastre' (por el nombre de la casa solariega de la esposa del abuelo) o también como mina 'de Cal Pere Queralt' (por la casa solariega de los Queralt).



Ton Queralt y Ramon Nogués observando el derrumbe del pozo 'Petit' (galerías 'del Pont', mayo de 2016). Foto: Joan Rosell.

trae pequeñas proporciones de plata. Una vez separada la fluorita y la galeña, la ponían en sacos de un quintal (unos 40 kg) que transportaban a Les Borges del Camp para cargarlo en el ferrocarril con destino a Bilbao. Cuando el mineral llegaba a esta ciudad, se remitían unos pagarés para que fueran a cobrarlos. Para el transporte del mineral hasta Les Borges del Camp disponían de un pequeño carro con ruedas de hierro tirado por dos burros. Cuando llegaban al hostal o venta del Pubill alquilaban allí un mulo que era imprescindible para tirar del carro, junto con los burros, y poder subir el acusado desnivel del collado de Alforja y llegar a la estación de Les Borges del Camp.

### Segunda época de explotación: la venta de la mina

En noviembre de 1929, los Queralt venden la mina. Tal como consta en los documentos, Juan Queralt Espasa vende la mina a Joaquín de Robert y de Carles, segundo conde de Torroella de Montgrí. A pesar de la venta, la mina no queda desvinculada del todo de los Queralt, ya que el joven Josep Queralt Casas se queda como trabajador; incluso más adelante un hijo suyo de nombre Pere (hermano mayor de nuestro entrevistado, Ton Queralt) también acaba trabajando en la mina. Ton, el hermano



Balsas para lavar el mineral (galerías 'del Pont', mayo de 2016). Foto: Joan Rosell.

pequeño, a pesar de que iba a menudo a la mina a ver a su padre y a su hermano, nunca trabajó como minero, e incluso nos comenta que nunca llegó a entrar en las galerías. Con la venta a Joaquín de Robert y de Carles, la mina pasa a ser explotada por la Sociedad Industrias Mineras S.A. (o simplemente Industrias Mineras S.A.). Esta sociedad, radicada en la Rambla de Catalunya núm. 60 de Barcelona, operaba varias minas en Girona durante los años 1928, 1930 y 1943 –entre otras las

de Can Magre– (Rodríguez *et. al.*, 2016), así que quizás no sea casualidad que el propietario de la mina en este momento fuera el conde de Torroella de Montgrí, importante y conocido financiero e industrial, a pesar de que no hemos podido averiguar la relación entre Joaquín de Robert y de Carles y esta sociedad. Una vez se retoman los trabajos, los nuevos propietarios hacen una primera exploración de la concesión confirmando los trabajos existentes y comprobando que la fluorita es

Balsa y lavadero de mineral en las galerías 'del Pont' (enero de 2017). Foto: Joan Rosell.



pura y de ley alta (*Estadística Minera*; Bayo, 1930). En esta nueva etapa, se empezaron a construir nuevos lavaderos y varias edificaciones en la explanada delante de la boca inferior cerca del río. También se perforaron dos pozos en la galería ya existente para poder abrir las galerías inferiores. Se siguió trabajando el pozo 'Gran' de la parte alta, de donde se extrajo mucha fluorita. Fue entonces también cuando se instalaron los raíles y las vagonetas, así como bombas para extraer el agua. Ya en la primera etapa eran frecuentes los problemas de filtraciones debido a la proximidad del río, pero ahora al profundizar por debajo del nivel del cauce, las bombas se hicieron imprescindibles. Sabemos con seguridad, gracias a una noticia que aparece publicada en el *Diario de Reus* en 1930, que en julio de este año la mina estaba a pleno rendimiento (según se explica, se sacaban 4 toneladas diarias de fluorita) pero a finales de este mismo año las nuevas prospecciones no fueron demasiado favorables y para empeorar las cosas, en octubre unas lluvias torrenciales, que afectaron a gran parte de la comarca, provocaron la inundación de las galerías inferiores y arrasaron la plaza de maniobras, el mineral de acopio, la casa-oficina, la forja, etc., dando lugar a unas pérdidas económicas importantes. Río

arriba de las galerías 'del Pont', en la zona de Font del Metge, existía una galería de prospección de una cincuenta de metros que también se inundó, atrapando en su interior a dos mineros que estuvieron a punto de morir ahogados. De esta noticia se hace eco el diario *La Vanguardia* del 21 de octubre de 1930:

«En Ulldemolins el día 18 al anochecer descargó sobre esta comarca un fuerte aguacero, el cual se supone que debería ser mucho mayor en los términos de Vilanova de Prades y Prades, por la gran crecida que experimentó el río que pasa por Ulldemolins, procedente de los citados términos, tanto, que nadie en este pueblo recuerda haber visto una crecida tan enorme, pues arrastró la corriente infinidad de huertas de cultivo cerca de la orilla. El agua penetró también en gran cantidad en una galería de la mina llamada «María Magdalena», en la que se hallaban trabajando los obreros Francisco Ruiz y José Sánchez, los cuales, cuando iban a salir, se encontraron con que en aquel momento penetraba el agua con tanta abundancia en dicha galería, que corrían peligro de ahogarse. En tales condiciones tuvieron que permanecer una hora y media en la galería, el primero nadando siempre, y el segundo colocado sobre un motón de escombros y agarrado a unas made-

ras que allí había, hasta que disminuyó la avalancha, saliendo luego con agua hasta el pecho y salvándose así de una muerte casi segura. A la salida de otra galería de la misma mina, el agua arrastró el mineral y otros artículos por valor de unas 25.000 pesetas».

Estos percances hicieron disminuir la producción hasta paralizarla (*Estadística Minera*; 1930). Según nos dice Ton Queralt, la inundación realmente no hizo parar del todo la mina. En mayo de 1931, la mina es vendida a Juan Domènech Gilart, que cuatro meses más tarde la venderá a Manuel Vilar Orovio, consignatario de buques del puerto de Tarragona. No sabemos si el nuevo propietario sigue teniendo relación con la Sociedad Industrias Mineras S.A., aunque es poco probable. Sí que aparece vinculado a la mina un nuevo personaje: Amadeo Balcells Ballesté. Según parece, había nacido en 1900 en El Vilosell y residió primero en Reus y más tarde en Barcelona. Por diversa documentación consultada, todo indica que era una persona muy activa en la minería: aparece como demandante de varios registros mineros en las provincias de Tarragona y también Lleida. En los años 60 del siglo pasado era el propietario de las minas del Bessó (minas "San Antonio" y "Ampliación a San Antonio"). No está clara cual era su relación con Manuel Vilar Orovio, el nuevo propietario de la mina, pero debía de actuar como socio o quizás como administrador o encargado, ya que según el testimonio de Ramon Nogués, minero durante este período, el Sr. Balcells era quien iba cada semana a pagar el jornal a los trabajadores. Así mismo, y por la documentación encontrada, era quien mantenía la comunicación con la Administración. A partir de este momento la documentación que encontramos en los archivos sobre esta mina es escasa. Parece ser que se siguió explotando como mínimo hasta la Guerra Civil. En el año 1936, Manuel Vilar Orovio, propietario de la mina, fue asesinado por los anarquistas, pasando la propiedad por herencia a su mujer y después a su hija.

El río de Prades a su paso justo por delante de la galería de la Font del Metge (febrero de 2017). Foto: Carles Rubio.



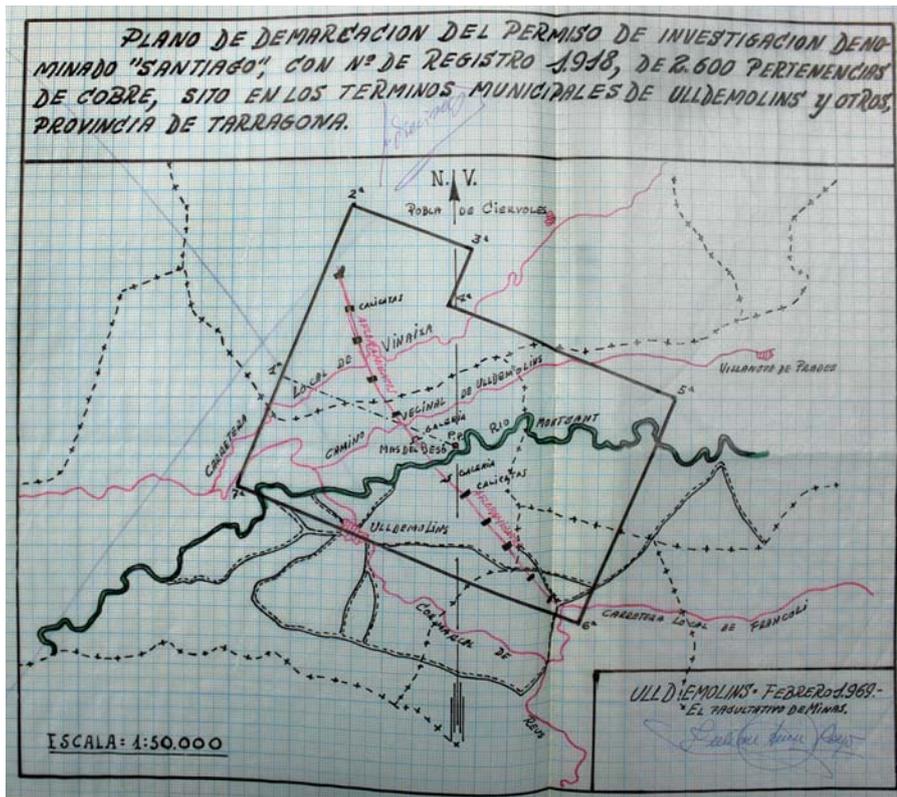


Instalaciones mineras en las galerías 'del Pont' (enero de 2017). Foto: Joan Rosell.

Finalizada la guerra continuó la explotación de la mina de manera más o menos intermitente (al parecer pararon y recomenzaron al menos dos veces, sobre todo por problemas con las filtraciones de agua) todavía bajo el control de Amadeo Balcells, si bien constando como propietaria Núria Vilar Guix, hija de Manuel Vilar Orovio. En esta época se reconstruyeron las edificaciones y se siguió explotando la fluorita y la poca galena que se encontraba, que seguía siendo muy apreciada. El mineral se llevaba a Bilbao, pero ahora el transporte se hacía utilizando camiones. A principios de los años 60, en la mina trabajaban 7 u 8 personas casi todas de Ulldemolins. Seguía trabajando allí Josep Queralt Casas, hijo del primer propietario de la mina, su hijo Pere, un tal Esteve de Cal Marramau, Pere Pagès y Ramon Nogués Borràs (lo Ramonet), con algunos otros. De todos ellos, el único que no ha fallecido y de quien hemos obtenido información de primera mano es Ramon

Nogués. Había también un ingeniero originario de Almadén que al parecer vino a Cataluña para trabajar en las minas de L'Alforja y, cuando las cerraron, se trasladó a las de Ulldemolins. Según nos explicó Ramon Nogués, entonces ya se trabajaba con compresores; también con dinamita, en forma de *pistos* y *botifarres*, como la denominaban los mineros. Colocaban cinco o seis cargas, encendían la mecha y salían al exterior; a veces –nos explica– las cargas explotaban antes de acabar de salir de la mina. Trabajaban a jornada partida, de las ocho de la mañana a la una del mediodía y de las tres de la tarde hasta el anochecer. Como hemos dicho anteriormente, la mina tenía raíles y vagonetas movidas a fuerza de brazos, trabajaban todavía con lámparas de carburo y prácticamente sin ninguna protección. La roca encajante, que los mineros denominaban *ull de peix* (ojo de pez), era poco sólida y se desmenuzaba dando lugar a desprendimientos con facilidad. De hecho,

Ramon describe varios accidentes sufridos por él mismo, por suerte sin consecuencias graves. En la explanada exterior de la mina contaban con una máquina machacadora y era el lugar donde seleccionaban y lavaban el mineral los mismos mineros. La explotación duró hasta el año 1963. Entonces ya se extraía poco mineral y las galerías inferiores se inundaban a pesar de las bombas para extraer el agua. También era difícil encontrar gente que quisiera trabajar en la mina. En septiembre del año 1963, Amadeo Balcells Ballesté comunica a la Dirección General de Minas (Distrito Minero de Barcelona) que los trabajos de exploración y reconocimiento de la mina "María Magdalena" encargados por Núria Vilar no han dado resultado y que el 31 de julio se han suspendido los trabajos. Estas fechas coincidirán a buen seguro con el abandono definitivo de la explotación. De la poca documentación de esta segunda época que se conserva en



Demarcación del permiso de investigación "Santiago".  
Fuente: Serveis Territorials d'Empresa i Coneixement de Tarragona.

los archivos, cabe destacar una reclamación presentada a Minas en 1945 por parte de una sociedad radicada en Tetuán (Sociedad Pirovi) que reclama la propiedad de la mina. Parece ser, por algunos documentos que hemos encontrado, que Manuel Vilar Orovio había comprado la mina con la condición de cederla

a esta sociedad y que, como esto no se produjo, de ahí la reclamación. También hay que destacar que en 1961, la hija y heredera de Manuel Vilar Orovio, Núria Vilar Guix, reclama a la Dirección General de Minas (Distrito Minero de Barcelona) que se le reconozca la propiedad de la mina. Parece ser que en Minas no les

constaba ninguna de las ventas anteriores excepto la primera, puesto que no se hicieron los cambios de titularidad pertinentes. En el año 1963, tal como hemos dicho, se comunica a la Administración la suspensión de los trabajos. En el año 1979, todavía sin haber aclarado la propiedad de la mina, se le comunica a Núria Vilar Guix, desde la Delegación de Industria de Tarragona, que se está tramitando la caducidad de la concesión, puesto que no se han consolidado los derechos ni se han concentrado las actividades ni se han hecho investigaciones de los terrenos. También le recuerdan que, aunque ella dice ser la heredera de la última persona a quien presumiblemente le fue transmitida la concesión, ninguna de las diversas transmisiones ha sido autorizada ni aprobada por los servicios competentes del Ministerio. Finalmente, en 1982 se resuelve definitivamente la caducidad de la mina. Una cosa interesante de esta mina "María Magdalena" es la larga vida de explotación que tuvo, un hecho poco habitual. Desde el año 1926 que se otorga la concesión (seguramente ya se había empezado a trabajar un poco antes), hasta el año 1963 en que se comunica la finalización de los trabajos pasan 37 años de una explotación más o menos continuada y, de hecho, la concesión no caduca oficialmente hasta el 1982.

Ruinas del Molí del Pont (febrero de 2017). Foto: Carles Rubio.



## Permisos de investigación y de exploración en la zona de Ulldemolins

Entre finales de los años 60 y mediados de los 70 se solicitan, por la zona de Ulldemolins y municipios cercanos, varios permisos de investigación (P.I.) y de exploración (P.E.), algunos de superficie considerable. Ninguno de ellos prosperó ni dio lugar a ninguna concesión minera.

### P.I. "Santiago" núm. 1915

En 1969 se solicita en el término municipal de Ulldemolins un permiso de investigación para mineral de cobre sobre 2.600 pertenencias. En 1970 se admite la solicitud y en 1973 se concede el permiso para el reconocimiento y demarcación,

advirtiendo que era necesario establecer la delimitación con las minas “María Magdalena”, “San Antonio” y “Ampliación a San Antonio” que aún no habían caducado, y que era necesario avisar a los propietarios de estas minas de la próxima demarcación. Dicha demarcación no se produjo, por razones desconocidas, cancelándose el permiso en 1977. La utilización del nombre mina “Santiago” es un error que se ha ido perpetuando entre los aficionados a la mineralogía, en parte debido a las citas erróneas de varios autores e incluso, al uso inadecuado en documentos del IGME. El nombre “Santiago” corresponde a un permiso de investigación que abarcaba los alrededores de Ulldemolins y la zona más alejada del Mas del Bessó. Este permiso ni siquiera se llegó a demarcar, y por lo tanto no generó ningún nuevo trabajo sobre el terreno y, por supuesto, no generó ninguna concesión minera. Así pues hay que evitar emplear el nombre de “Santiago”, siendo la referencia correcta, para todos los ejemplares recogidos en la zona de Els Solans (Lo Fangar) y de Font del Metge, el nombre “María Magdalena” (especificando si se quiere el punto de recogida: galerías ‘del Pont’, galería de la Font del Metge o calicata ‘de l’Alzina’), pues es toda la zona que alcanzaba la concesión y que estuvo vigente desde 1926 hasta 1982. En resumen, la única mina de la cual se tiene constancia de su explotación

en toda esta zona es la “María Magdalena”, y hay que suponer que todos los trabajos situados dentro de su demarcación pertenecen a esta mina.

### P.I. “Litoral” núm. 1918

En 1969 se solicita un permiso de investigación de grandes dimensiones (10.000 pertenencias) para mineral de hierro. En este caso, el plano del permiso rodea las minas “María Magdalena”, “San Antonio” y “Ampliación a San Antonio”. En 1972 el mismo petionario solicita la cancelación del permiso, que muy probablemente tampoco se llegó a demarcar.

### P.I. “San Fernando” núms. 1952 y 1954

Permiso de investigación solicitado en el año 1975. No prospera y en 1980 se cancela el expediente.

### P.E. “Ulldemolins” núm. 1989

En 1977, la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras S.A. solicita un permiso de exploración que es otorgado en 1978. Abarca, además del municipio de Ulldemolins, varios municipios de las provincias de Tarragona y Lleida. La empresa presenta un recurso porque el permiso inicial excluía sustancias reservadas a favor del Estado por la reserva “Priorato”. El recurso es aceptado en 1980. Parece que la empresa realiza algunos estudios técnicos y en 1982 declara que no



Gozo de Santa María Magdalena (hacia 1957), venerada en Ulldemolins, donde tiene una ermita dedicada. Fuente: archivo Joan Rosell.

están interesados en la continuidad del expediente y renuncian de forma voluntaria, declarándose la caducidad del permiso.

### P.I. “Carlos” núm. 2010

Permiso de investigación solicitado para la misma zona a finales de los años 70 que no se llegó a otorgar por falta de presentación de la carta de pago.

Fotografías de las escombreras de las galerías ‘del Pont’, con el molino al fondo. Izquierda: imagen de 1961 (fuente: archivo Joan Rosell); derecha: imagen de 2016 (foto: Joan Rosell).



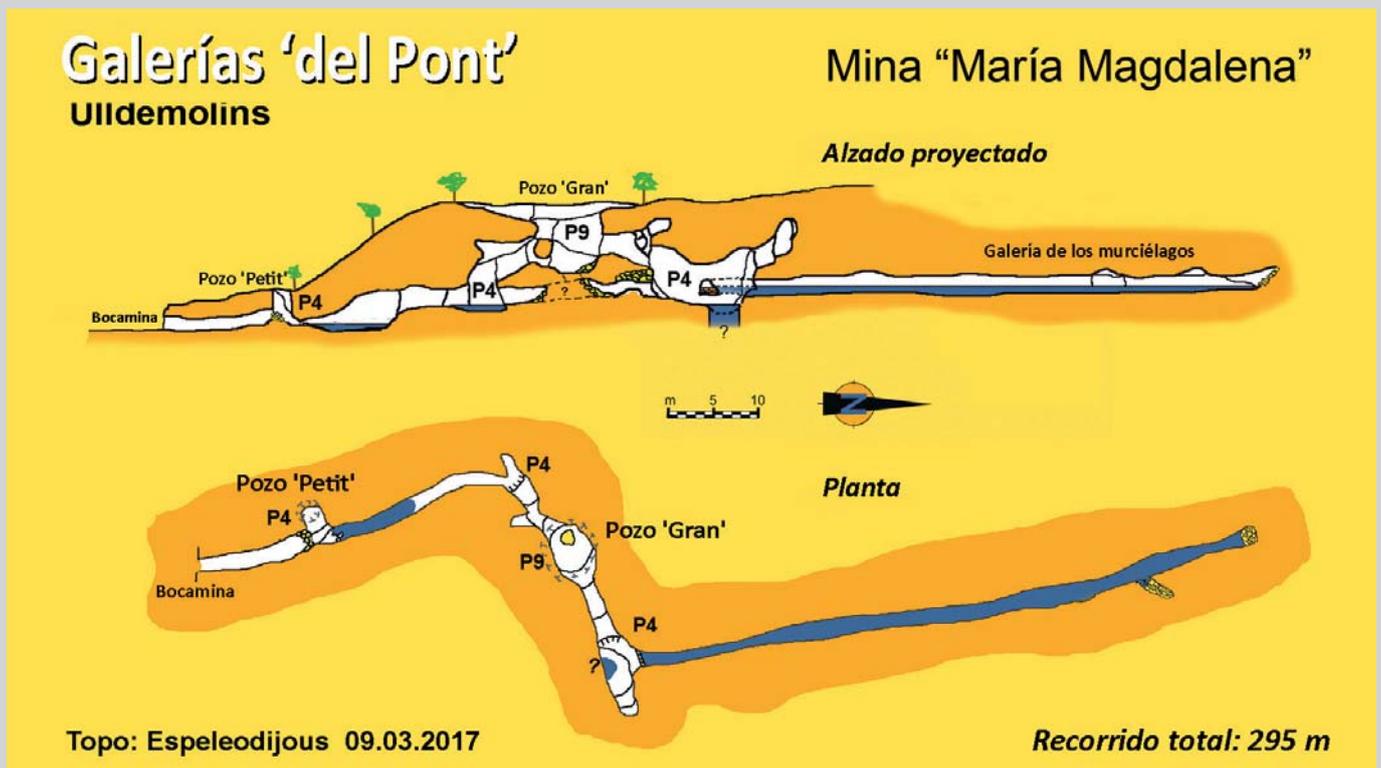
# Topografiando la mina "María Magdalena"

con el grupo de espeleólogos "Espeleodijous"

A pesar de disponer de una topografía de las galerías 'del Pont' cedida por el Dr. Joan Carles Melgarejo, los cambios que han sufrido las galerías en los últimos años nos animaron a levantar nuevos planos, tanto de las galerías 'del Pont' como de la galería de la Font del Metge. Para llevar a buen término esta tarea solicitamos la colaboración del equipo Espeleodijous, formado por expertos espeleólogos. Así, el jueves 9 de marzo del 2017 visitamos la mina. A pesar de no ser un conjunto de galerías de grandes dimensiones sí que presentan cierta complejidad. Actualmente, si entramos a las galerías 'del Pont' por su bocamina, nos encontraremos con un recorrido de una decena de metros y un derrumbe que corta el paso. Este derrumbe, abierto en superficie y de unos 4 m de profundidad, es el que denominamos como pozo 'Petit' (Pequeño) y es uno de los accesos para entrar a la explotación. Si bajamos por este pozo nos encontramos con un pequeño paso hacia la boca-



Cristales de fluorita violeta. Foto: Josu Riezu.





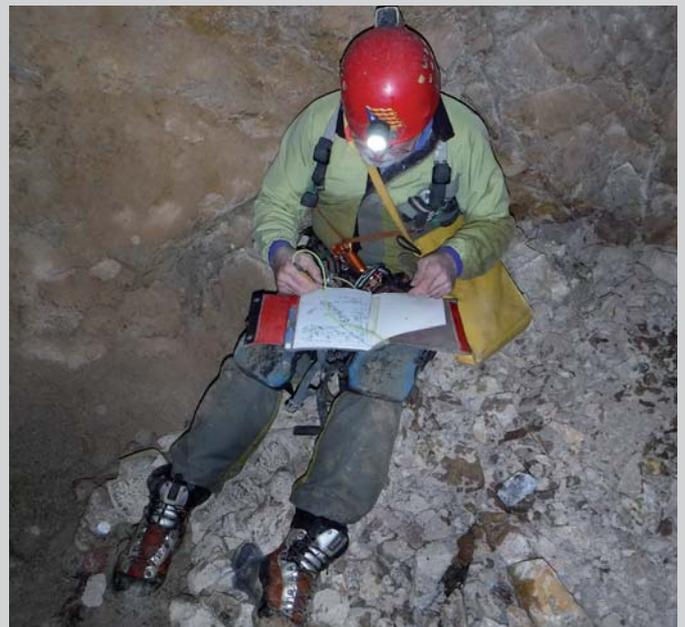
Nivel de la sala de la galería de los murciélagos.  
Foto: José Hidalgo.

mina y un agujero algo más amplio hacia una galería que se encuentra inundada, puesto que ha sido habili-

Pozo 'Gran'.  
Foto: Joan Rosell.



PARAGÉNESIS / 2017-1

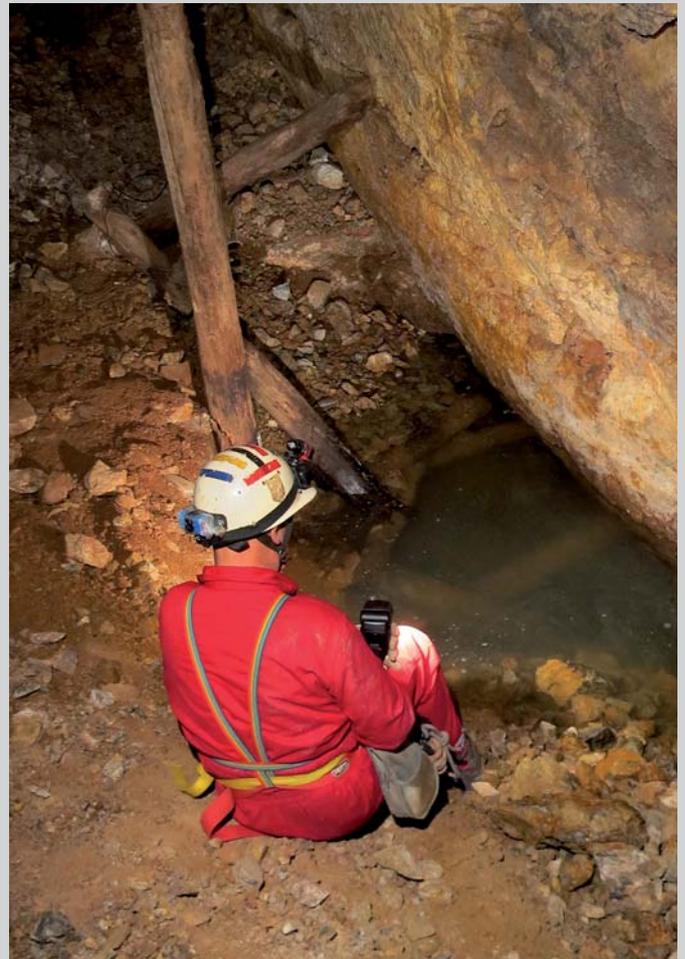


Josep Manuel Victoria "Víctor" atareado levantando la topografía. Foto: Josu Riezu.

tada para retener el agua que brota del interior de la mina y canalizarla hacia una balsa cercana. Atravesa-

mos una masa de pórfido granítico rojizo rubefactado que hace de caja al filón principal. Seguidamente en-

Pozo inundado, antiguo acceso a los niveles inferiores.  
Foto: José Hidalgo.





Acceso a la galería de los murciélagos, inundada.  
Foto: Joan Rosell.



Galería de los murciélagos. Nos viene a recibir un murciélago de cueva (*Miniopterus schreibersii*). Foto: José Hidalgo.

contramos los primeros filones de fluorita, de origen claramente hidrotermal, que rellenan las fisuras y en ocasiones las tapizan de pequeños cristales cúbicos de color violáceo. Una vez dentro de la galería, y a una decena de metros, llegamos a un cruce con otra galería de poco recorrido. Esta galería perpendicular a la de entrada, con dirección 65° NE-SO, sigue los filones de fluorita y presenta un derrumbe que corta el paso, que a buen seguro en su época conduciría en dirección al socavón u hoyo que llamamos 'de la Sala esfondrada' (Sala derrumbada). En este punto hay que usar una escalera para acceder, mediante una fuerte rampa, a los niveles supe-

riores. Desde aquí se ve la luz exterior que penetra por el pozo 'Gran' (Grande). Este nivel más alto es el que se explotó más intensamente al iniciarse los primeros trabajos a principios del s. xx. En este caso, las galerías tienen un recorrido más largo que las que hemos visto hasta ahora. Se observa perfectamente que siguen la dirección del filón principal, del cual todavía quedan importantes vestigios. Los trabajos ganan altura mediante cámaras de explotación que pueden verse en las partes superiores. Sin embargo, en algunas de estas cámaras el filón se pierde, por lo cual parece que fueron abandonadas. Si se sigue desde el pozo 'Gran' hacia el NE, ac-

cedemos a un conjunto de galerías y salas. En la sala más septentrional se inicia una galería de un centenar de metros de recorrido y una pared de obra que la mantiene constantemente inundada. No hemos observado ningún filón de fluorita, pero sí que hay numerosos espeleotemas y una colonia de murciélagos de más de cien ejemplares. En esta sala observamos unas paredes de ladrillo que son el acceso a los niveles inferiores, hoy en día totalmente inundados e inaccesibles. Al fondo se encuentra el inicio de una galería colapsada que debe corresponderse con la que comunicaba con las salas adyacentes, en dirección al socavón de la 'Sala esfondrada'.

Murciélago de herradura mediterráneo (*Rhinolophus euryale*).  
Foto: Josu Riezu.

Techo de la galería de los murciélagos.  
Foto: Josu Riezu.





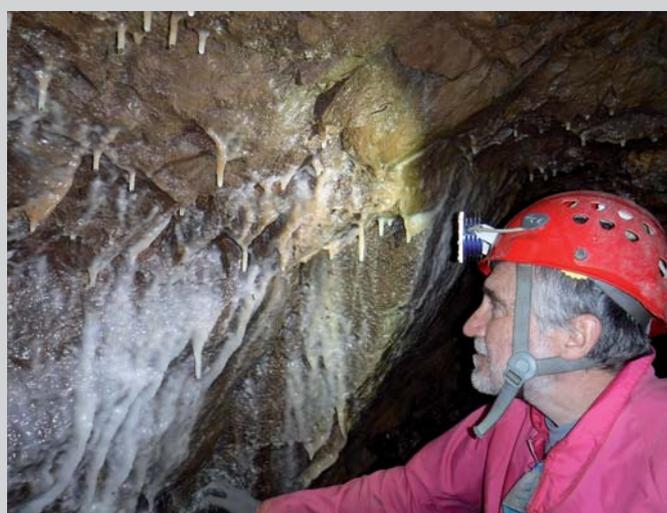
Toni Robert y Dolors Boter avanzando por la galería de los murciélagos. Foto: José Hidalgo.



Vista de la galería de los murciélagos, totalmente inundada. Foto: José Hidalgo.



Una cavidad llena de vida: salamandresa común (*Tarentola mauritanica*). Foto: José Hidalgo.



Toni Robert observando espeleotemas. Foto: Josu Riezu.

Toni Robert y Jordi Perera en la galería de los murciélagos. Foto: Josu Riezu.



Espeleotemas goteando, en el techo de la galería de los murciélagos. Foto: Josu Riezu.



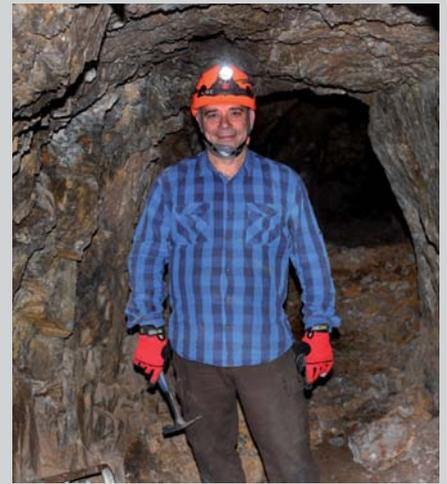


Sala de la galería de los murciélagos, con entibación de madera. Foto: Joan Rosell.

Filón principal de fluorita. Niveles de la galería de los murciélagos. Foto: Joan Rosell.



Salida de los niveles de la sala de la galería de los murciélagos, al pozo 'Gran'. Foto: José Hidalgo.

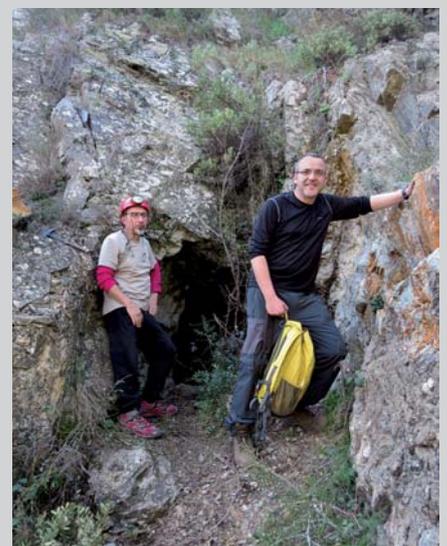
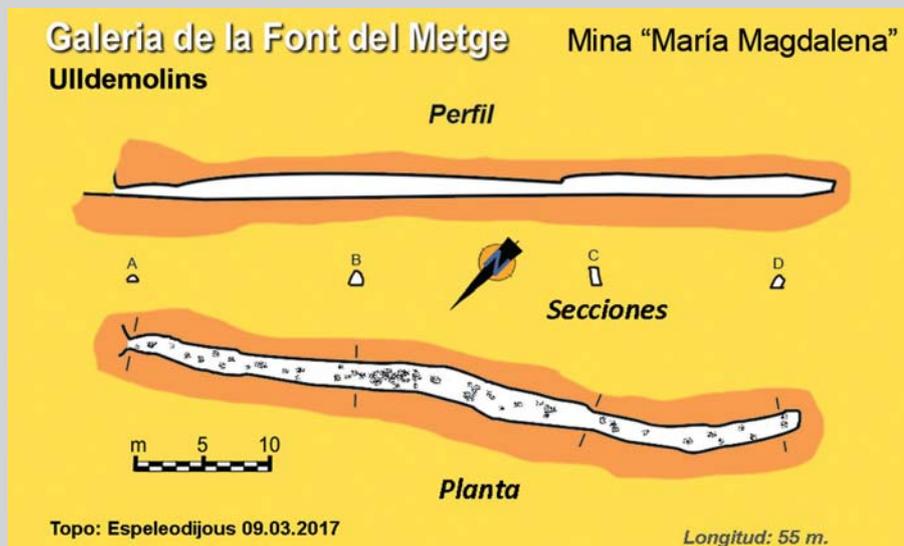


Carles Rubio en la galería de la Font del Metge. Foto: Albert Vaquero.

Filón principal de fluorita. Niveles de la sala de la galería de los murciélagos. Foto: Joan Rosell.



J.J. Benito y J. Rosell en la bocamina de la galería de la Font del Metge. Foto: José Hidalgo.





Acceso a la galería de la Font del Metge. Foto: José Hidalgo.



Jordi Perera con su "espeleoperra" Duna, al fondo de la galería de la Font del Metge. Foto: Josu Riezu.

Equipo de Espeleodijous y colaboradores. De pie (de izquierda a derecha): Josep M. Victoria "Víctor", Jaume Julià, José Hidalgo, Albert Vaquero (GMC), Josu Riezu, Jordi Perera, Dolors Boter, Joan Rosell (GMC-Espeleodijous), Pere Lados y Floren Fadrique. Debajo (de izquierda a derecha): José J. Benito (GMC-Espeleodijous), Rafel Solanas y Toni Robert.



## MINERÍA Y MINERALOGÍA

Si bien la diversidad mineralógica de los filones de fluorita de Ulldemolins no es muy extensa, sí que presenta ciertas peculiaridades que la hacen muy interesante para el mineralogista y el coleccionista de minerales. Hay que decir que la totalidad de los minerales identificados y descritos proceden o están directamente asociados a los filones de fluorita, que fueron el objetivo de las explotaciones mineras que hemos comentado. Uno de

los hechos más interesantes que hemos podido observar, en los numerosos análisis realizados, es la presencia de minerales de vanadio. Este elemento está presente en los meteoritos metálicos en proporciones muy superiores a las que encontramos en la corteza terrestre; esto nos indica que, muy probablemente, en las zonas internas de nuestro planeta sea mucho más abundante, asociado al hierro. Aun así es un elemento común en la naturaleza, incluso formando parte

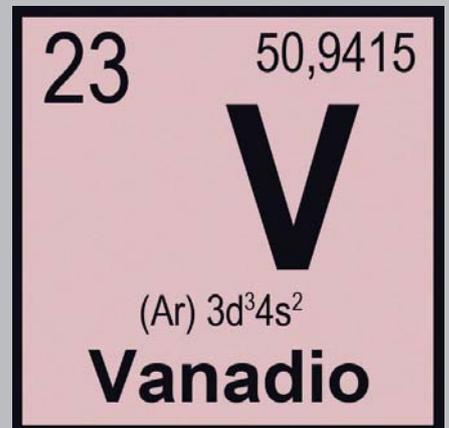
de la biología de varios animales, pero se encuentra muy disperso y en pocos lugares de nuestro planeta se encuentra en cantidades explotables. Cuando iniciamos esta investigación, ya se tenían noticias de la presencia de minerales de vanadio procedentes de los filones de fluorita de Ulldemolins. Incluso se habían analizado muestras que confirmaron la vanadinita y la mottramita (com. pers. Marc Campeny). Pero fue a raíz de una publicación hecha por Jordi Carbonell en el foro FMF, a



Andrés Manuel del Río (Madrid, 1765-México, 1849). Mineralogista hispanomexicano que descubrió en 1801 un nuevo metal, el *erythronium*, al cual actualmente se denomina vanadio.

El vanadio tiene una curiosa historia. Fue descubierto en 1801 por el mineralogista, ingeniero, topógrafo de minas y naturalista hispanomexicano Andrés Manuel del Río (Madrid, 1764 - Ciudad de México, 1849), en una mina cercana a Real del Monte y Pachuca, en el actual municipio de Zimapán, Hidalgo, México. Del Río lo denominó *zimapanio* y lo extrajo de un mineral de plomo de color pardo rojizo que, posteriormente, fue denominado vanadinita. Al ver que muchas de sus sales tenían una gran diversidad de coloraciones decidió denominarlo panchromium (todos los colores, en griego). Posteriormente lo denominó *erythronium* (rojo, en griego), puesto que la mayoría de sus sales, al ser calen-

tadas, toman un tono rojizo. El año 1805, el químico francés Hippolyte Victor Collet-Descotils, apoyado por el alemán Alexander von Humboldt, declararon incorrectamente que el nuevo elemento había sido sólo una muestra impura de cromo. Del Río aceptó la corrección y se retractó de haber encontrado un elemento nuevo. Años más tarde, en 1831, el químico sueco Nils Gabriel Sefström, mientras estudiaba varios óxidos de hierro, redescubrió este polvo marrón del cual identificó un "nuevo" elemento. Aquel mismo año, el también químico alemán Friedrich Wöhler confirmó que lo que Del Río había encontrado era un nuevo elemento, diferente del cromo. Le otorgaron el nombre actual de vanadio en honor a Vanadis, la diosa del amor y la belleza de la mitología nórdica y germánica. Ese mismo año, el geólogo norteamericano William George Featherstonhaugh sugirió que el vanadio debería llamarse *rionium* (rionio) en honor a Del Río, pero la propuesta, injustamente, nunca tuvo éxito. Como elemento nativo, el vanadio no fue descubierto hasta el año 2012. Tiene como localidad tipo el Volcán de Colima, también denominando Volcán de Fuego, en Jalisco, México. Se da en las fumarolas de este volcán, asociado a minerales muy raros como la colimaíta ( $K_3VS_4$ ) y la shcherbinaíta ( $V_2O_5$ ).



Portada de la obra de Andrés Manuel del Río en la que habla de este nuevo elemento. Font: biblioteca Gilig.



mediados del 2015, en la que pedía la identificación de unos pequeños cristales negros procedentes de Ulldemolins, que nos decidimos a estudiar más profundamente el yacimiento.

Por esta razón, a finales del mismo año iniciamos el estudio de la zona y en especial de las galerías de la concesión “María Magdalena”, que los ulldemolinenses conocen popularmente como mina ‘del Pont’. La galería de la Font del Metge es poco conocida por los habitantes de Ull-

demolins, ya que está más alejada de las labores principales, aunque forma parte de la misma concesión. Las primeras investigaciones se centraron en algunas calicata y afloramientos que se encuentran por encima de los pozos de las galerías ‘del Pont’.

### Calicata ‘de l’Alzina’

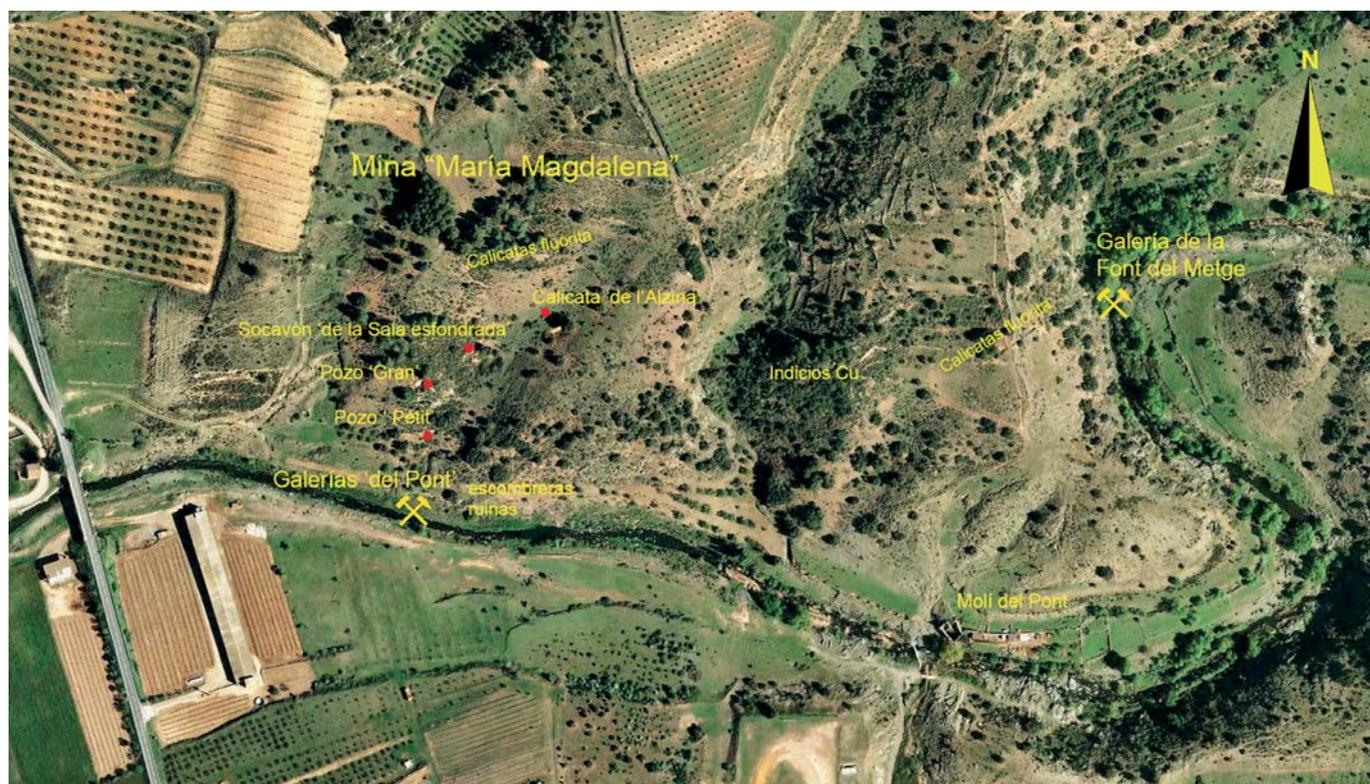
La calicata que hemos denominado ‘de l’Alzina’ tiene unos 7 m de largo por 4 m de ancho y 1,5 m de profundidad. Parece ser una de las

muchas prospecciones que se hicieron por la zona durante el siglo pasado. Se observa un filón subvertical de fluorita con una orientación 55° NE-SO, encajado en una fisura entre las pizarras y el pórfido granítico rosado. Su potencia es variable, entre 20 y 5 cm, y casi desaparece en profundidad. En la parte superior del filón, la fluorita era más compacta, cristalina, entre incolora y amarillenta. En la parte inferior, donde el filón toma un aspecto de brecha, encontramos to-



Vista de la zona donde se encuentra la mina “María Magdalena” (enero de 2017). Foto: Joan Rosell.

Situación de las principales mineralizaciones y galerías de la mina “María Magdalena”. Modificado del ICGC.

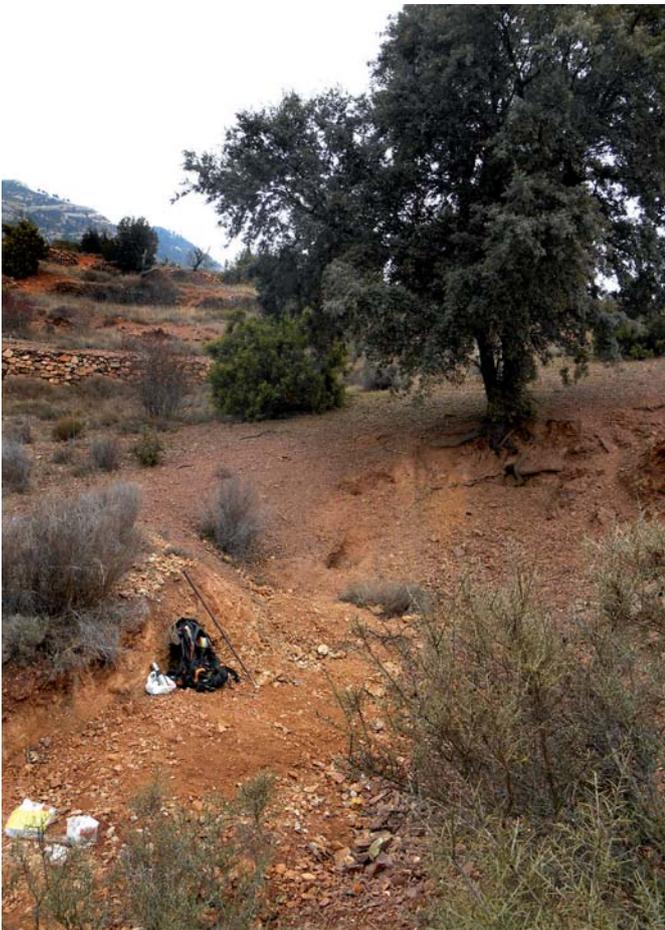




Fluorita cúbica con zonación de color. C.V. 3 mm. Col. y foto: Joan Rosell.



Cristales tabulares de baritina. C.V. 3 mm. Col. y foto: Joan Rosell.



Calicata 'de l'Alzina' (diciembre de 2015). Foto: Joan Rosell.



Rosetas de baritina sobre fluorita. Col. y foto: Joan Rosell.

nalidades violáceas y también de intenso color amarillo. A primera vista hallamos: fluorita, galena, óxidos de manganeso y de hierro.

El filón presenta escasas cavidades, dentro de las cuales podemos observar **fluorita** muy cristalizada, en pequeños cubos que habitualmente no pasan de los 10 mm de

arista, aunque también los hemos encontrado de hasta 30 mm. Presentan diferentes tonalidades e intensidades de color: amarillo intenso a amarillo claro, mientras que los más pequeños son de color violáceo a incoloros. Los cristales más grandes suelen ser entre opacos y translúcidos y con las caras sin mucho

brillo. Los más pequeños son más brillantes y con mayor transparencia. Algunos de ellos, sobre todo los de tonos violáceos que aparecen a más profundidad, presentan zonación geométrica de color. A menudo encontramos cavidades de fluorita con agregados cristalinicos abigarrados por la corrosión, raras veces con



Cristales de galena incluidos en fluorita. C.V. 7 mm.  
Col.: Carles Bel; foto: Joan Rosell.



Cristal de cerusita, en fluorita. C.V. 5 mm.  
Col. y foto: Joan Rosell.



Macla cíclica de cerusita, con mottamita y fluorita.  
C.V. 3 mm. Col. y foto: Joan Rosell.



Cristales de cerusita maclados, con galena. C.V. 2,5 mm.  
Col. y foto: Joan Rosell.

microcristales de cuarzo hialino. La fluorita presenta fluorescencia azulada bajo la luz ultravioleta de onda larga (UV-OL). Dentro de estas cavidades también podemos encontrar agregados de cristales tabulares de **baritina** en forma de libro o en rosetas, entre transparentes y translúcidos, a menudo recubiertos de óxidos de hierro o manganeso. Estos agregados no suelen sobrepasar los 10 mm y cuando aparecen sin alterar presentan una notable estética.

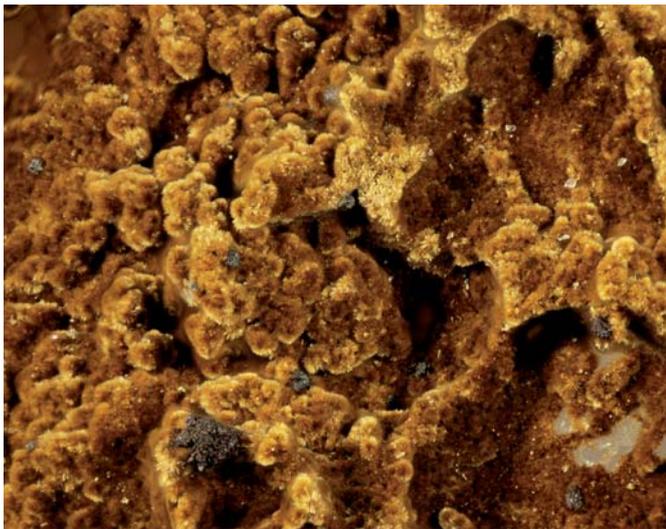
Acompañando a la fluorita y la baritina encontramos **galena**. Se presenta incluida dentro de la fluorita, como masas o cristales poco desarrollados, a menudo con las caras deformadas y redondeadas, al-

teradas y parcialmente recubiertas de cerusita. No hemos observado cristales perfectamente definidos, pero algunas caras del cubo y del octaedro se pueden dejar ver. Son muy interesantes los grupos de cristales de galena incluidos en la fluorita transparente y que siguen ciertas estructuras lineales, muy probablemente debidas a su crecimiento sobre las caras de los cubos de fluorita que las han englobado. Parece indicar que esta fluorita y la galena compartieron un mismo periodo paragenético.

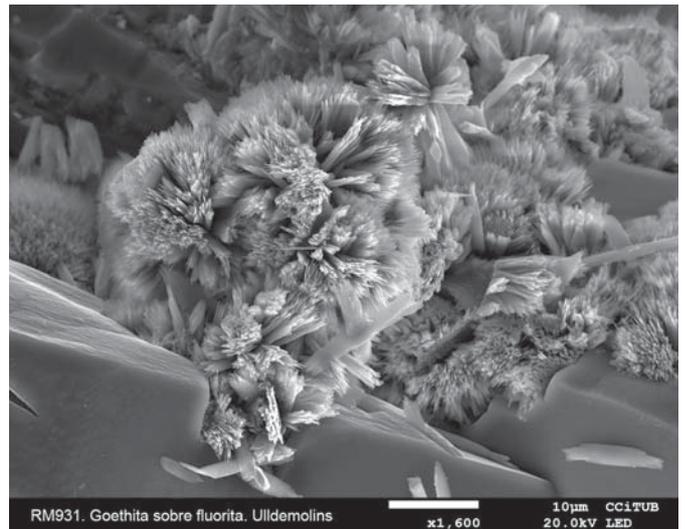
En las primeras investigaciones se observaron diferentes minerales asociados a las masas de galena alteradas. La especie más habitual es

la **cerusita**. Se presenta en pequeños cristales, de hasta 3 mm, incoloros, entre transparentes y translúcidos, y muestra habitualmente formas prismáticas ricas en caras. Algunos cristales aparecen recubiertos de una pátina pulverulenta de color blanco que podría ser **hidrocerusita** (sin confirmar). También se han encontrado algunas maclas cíclicas, en estrella. Bajo la luz UV-OL muestra fluorescencia anaranjada.

Varias cavidades de fluorita estaban parcialmente tapizadas de diminutos cristales que, bajo aumento, mostraban un aspecto finamente acicular, con tonos que varían de dorado a rojizo y a parduzco. En una primera aproximación pensa-



Goethita finamente acicular. C.V. 1,5 mm.  
Col. y foto: Carles Rubio.



Esta imagen SEM nos muestra cristales lanceolados de goethita parcialmente incluidos en fluorita. Col. y foto: Joan Rosell.

mos en diferentes minerales, pero los análisis SEM-EDS nos indicaron que se trata de **goethita**. Curiosamente estas acículas tienen un cierto contenido de vanadio (<2% en peso), junto con otros elementos metálicos, mucho más minoritarios, como zinc o manganeso. Se trata de cristales prismáticos muy alargados, algunos de formas lanceoladas (los dorados) o como esferas aterciopeladas (los más rojos). Pueden ir acompañados de pequeños agregados de cristales de vanadinita.

En el filón de la calicata 'de l'Alzina', en una de las zonas más cercanas a la roca encajante, se aprecian

numerosas impregnaciones de color negro, brillantes a mates, algunas veces formando agregados botrioidales de pequeñas dimensiones. Los análisis indican que se trata de óxidos de manganeso. La presencia de plomo y/o bario es coherente con la **coronadita** y la **hollandita** respectivamente, pero también se han determinado pequeñas cantidades de zinc y cobalto (**asbolana**). Los análisis de numerosas muestras indican que la **coronadita**,  $PbMn^{3+}_2Mn^{4+}_6O_{16}$  es mayoritaria en el yacimiento.

Tal como hemos dicho antes, el mayor interés de la mina "María Magdalena", desde el punto de vista

mineralógico y científico, radica en la presencia de minerales de vanadio. Al extraer muestras del filón de fluorita vimos que había un gran número de impregnaciones cristalinas entre amarillas y verdosas, que tapizaban pequeñas zonas, tanto en las cavidades como en las fisuras naturales del filón de fluorita. En algunas de estas cavidades, este mineral formaba agregados estalactíticos de intenso color verde, muy brillantes. El análisis SEM-EDS nos indicó que se trataba de **mottramita**. Vistos con el SEM, se observa que estos agregados están formados por numerosos cristales lenticulares interpenetrados. En

Imagen SEM de goethita. Col. y foto: Joan Rosell.

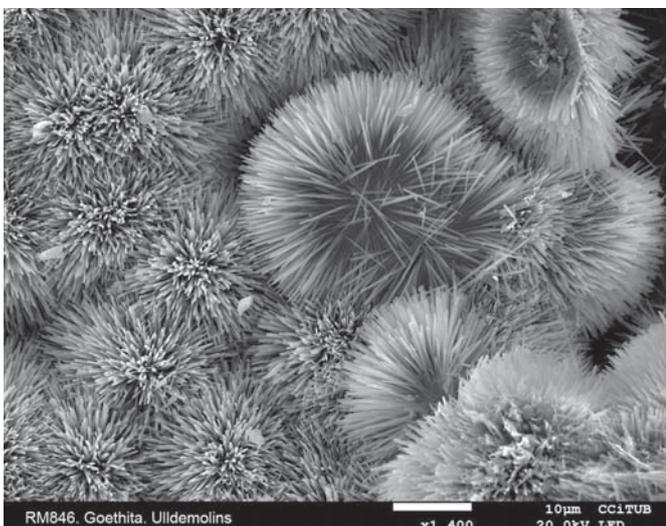
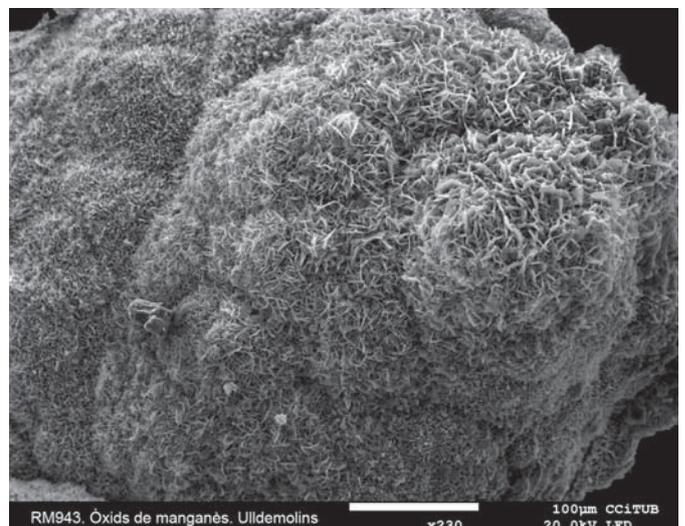
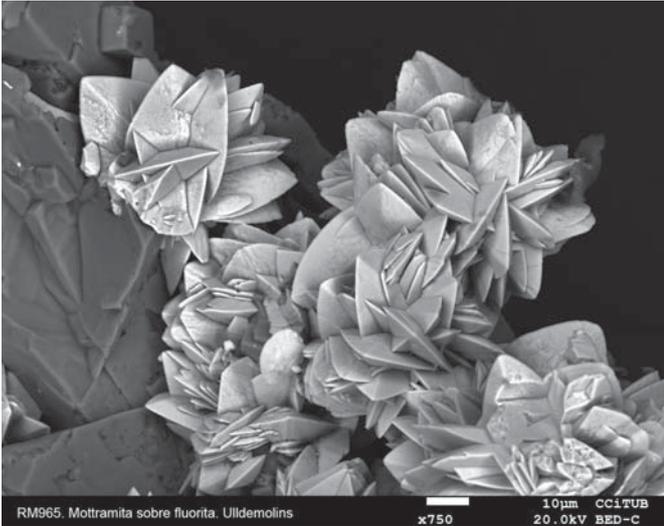


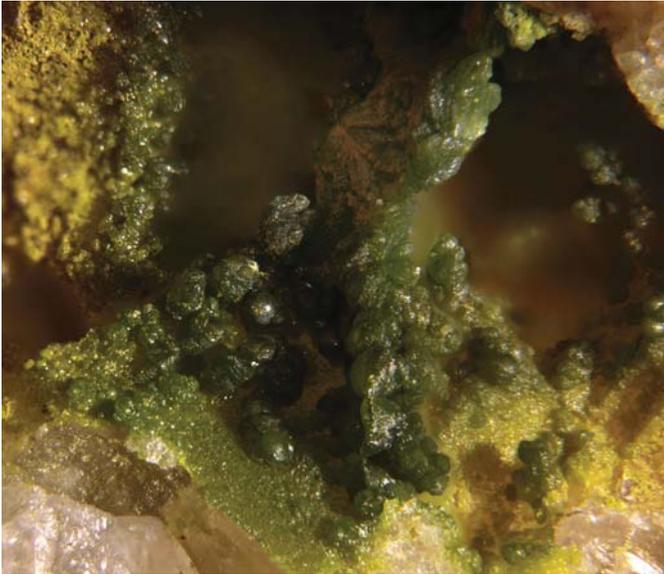
Imagen SEM de óxidos de manganeso. Foto: Joan Rosell.



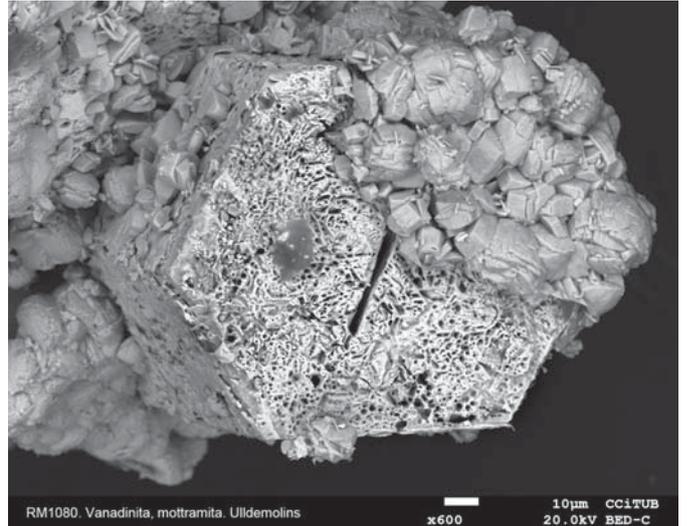


Cristales de mottramita, entre lenticulares e idiomorfos (gris claro), sobre fluorita. Imagen SEM (electrones retrodispersados-BSE). Col. y foto: Joan Rosell.

Agregados botrioidales de mottramita. C.V. 1,5 mm.  
Col. y foto: Carles Rubio.

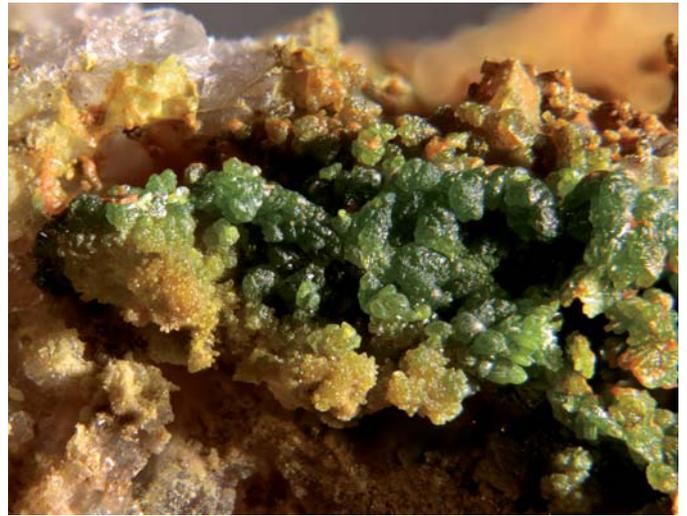


Agregados de cristales de mottramita. C.V. 2,5 mm.  
Col.: Jordi Carbonell; foto: Joan Rosell.



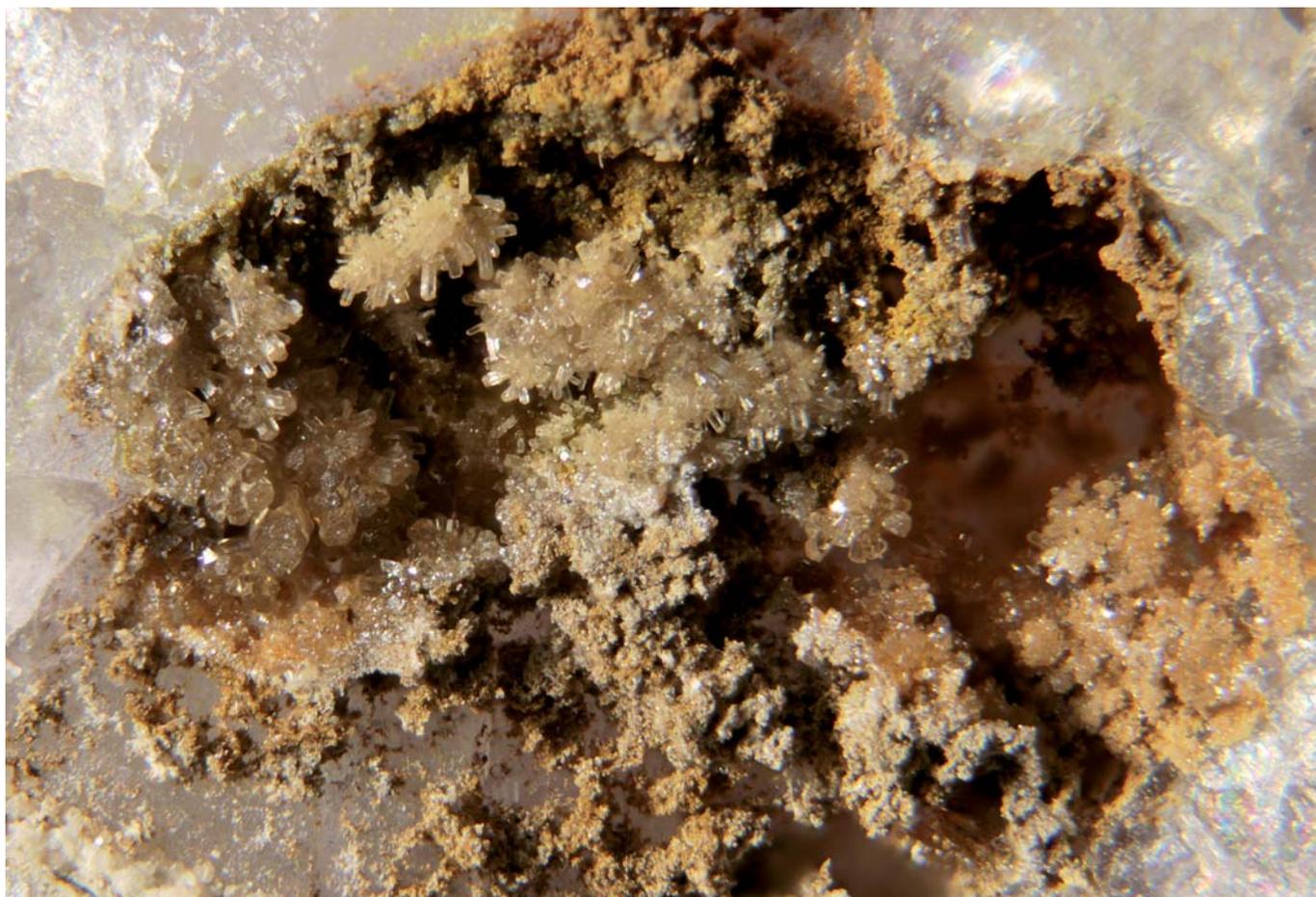
Cristal de vanadinita con mottramita. Se puede observar la alteración de la cara pinacoidal. Imagen SEM (BSE). Col. y foto: Joan Rosell.

Agregados botrioidales de mottramita. C.V. 3 mm.  
Col. y foto: Joan Rosell.



Cristales de vanadinita melados y formando rosetas, en una cavidad de fluorita violácea. C.V. 2 mm. Col. y foto: Joan Rosell.





Cristales de vanadinita, en una cavidad de fluorita de la calicata 'de l'Alzina'. C.V. 3 mm. Col.: Carles Rubio; foto: Joan Rosell.

Cristales de vanadinita melados y transparentes, en una cavidad de fluorita violácea de la calicata 'de l'Alzina'. C.V. 2 mm. Col. y foto: Joan Rosell.



algunos ejemplares los podemos encontrar sobre cristales de fluorita, en agregados esféricos formados por numerosos cristales. En un solo ejemplar encontramos unos agregados esféricos blancos de cerusita, formados por pequeños cristales, sobre la mottramita. En cuanto al otro término de la serie, la descloizita, no la hemos identificado en los ejemplares de la calicata 'de l'Alzina'.

También en las geodas podemos encontrar pequeños cristales prismáticos hexagonales, de tonos que van desde el beige y el amarillo verdoso hasta casi incoloros. Los análisis han confirmado que se trata de **vanadinita**. En los ejemplares de la calicata no hemos detectado, mediante SEM-EDS, la presencia ni de arsénico ni de fósforo. Este clorovanadato de plomo presenta una gran diversidad de formas en los ejemplares encontrados en las galerías 'del Pont': cristales de prisma muy desarrollado y de sección gruesa, agregados casi botrioidales

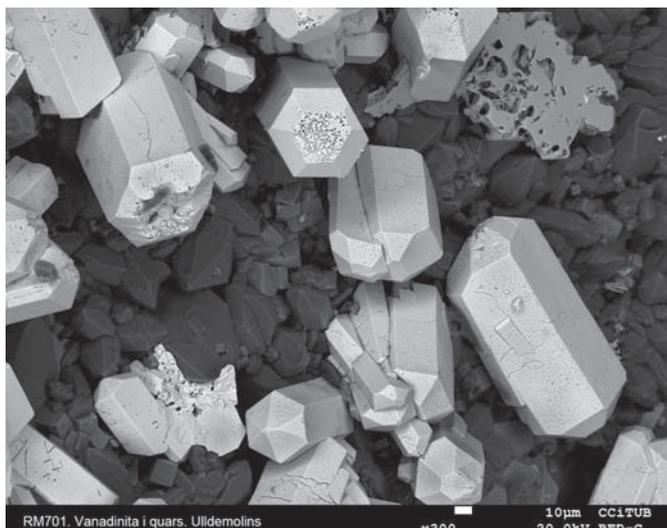


Imagen SEM (BSE) de varios cristales de vanadinita (gris claro), sobre cuarzo. Col. y foto: Joan Rosell.

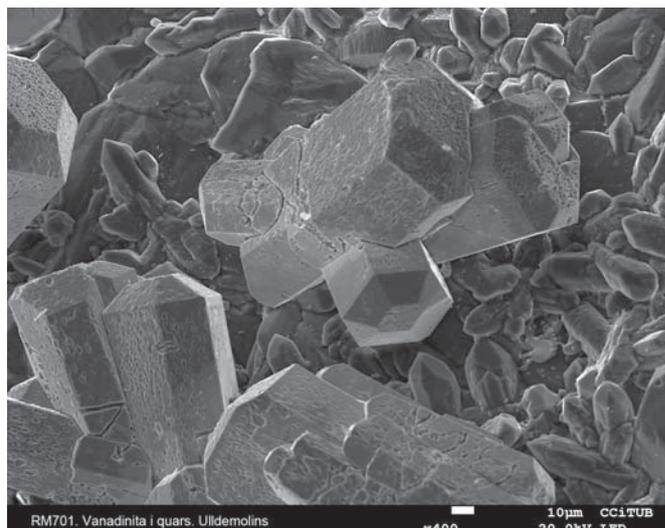


Imagen SEM de cristales de vanadinita. Col. y foto: Joan Rosell.

formados por numerosos cristales prismáticos, o finas agujas divergentes muy brillantes, sobre fluorita o mottramita. Las imágenes SEM nos permiten disfrutar de toda la belleza de estos ejemplares. Vemos cristales prismáticos con las caras de la dipirámide hexagonal truncadas por el pinacoide, otros con el prisma muy desarrollado y las caras dipiramidales que acaban en punta (sin pinacoide), mientras otros sólo presentan el prisma hexagonal y el pinacoide terminal.

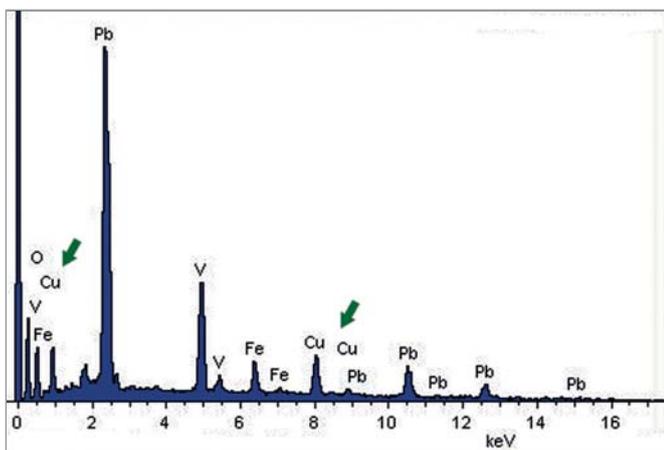
Los cristales no suelen sobrepasar los 3 mm de longitud y habitualmente son inferiores al milímetro. Algunos ejemplares muestran caras terminales con agujeros, probablemente debidos a la percolación de

fluidos químicamente agresivos. En la calicata 'de l'Alzina' se ha determinado uno de los minerales más interesantes del yacimiento y que creemos le dará importancia en el ámbito mineralógico mundial. Jordi Carbonell nos había comentado la presencia de unos cristales tabulares sobre la fluorita. En los primeros trabajos de prospección se identificaron más ejemplares de estos pequeños cristales de color negro, brillo céreo, tabulares y parecidos a un rombo. Aparecieron recubriendo y salpicando la fluorita del filón, a menudo asimismo recubiertos por un barro muy fino que dificultaba su localización. También se han encontrado dentro de pequeñas cavidades formadas por redisolución en la fluorita.

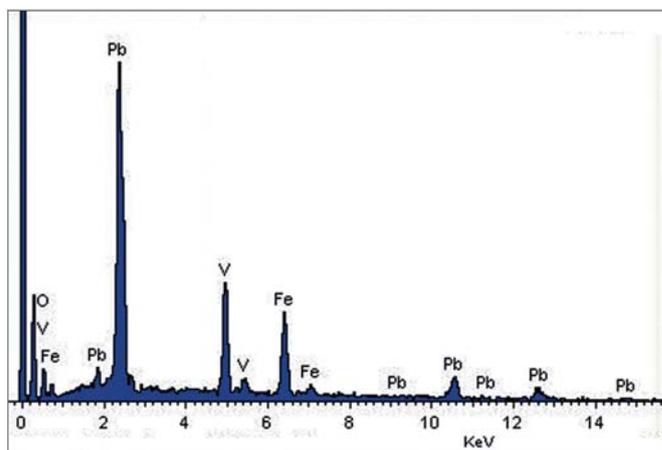
En un principio se pensó que podrían ser cristales de hematites, lo cual hizo que no se les diera mucha importancia, pero la particular forma de rombo nos hizo dudar que se tratara sólo de un óxido de hierro. Por esta razón se procedió a realizar estudios mediante SEM-EDS (ver los espectros debajo). Se extrajeron algunos cristales de su matriz y se recubrieron con carbono para ser analizados. Ya con los primeros resultados pudimos aseverar que no se trataba de hematites, ni nada similar. Los resultados indicaron la presencia de V, Pb, Fe, Cu y, en menor proporción, Zn. Esta combinación de elementos no se correspondía con ninguna especie conocida.

Ante esta disyuntiva decidimos

Espectro SEM de la superficie de los cristales de čechita, con presencia de cobre. Font: Joan Rosell.



Espectro SEM de la parte interna de los cristales de čechita, donde el cobre no se detecta. Font: Joan Rosell.





analizar la parte interna de uno de los cristales. Para nuestra sorpresa, el interior de los cristales nos daba unas proporciones elementales muy constantes, sólo con V, Pb y Fe. No se observaron variaciones de composición en la sección, excepto en la zona más cercana a la superficie del cristal, hasta unos 20  $\mu\text{m}$  (0,02 mm), donde sí que encontramos Cu en cantidades apreciables. Las proporciones de las zonas internas de Pb:Fe:V eran casi iguales a 1:1:1. Estos resultados se confirmaron al utilizar un sistema analítico cuantitativo más preciso: la microsonda electrónica EPMA (recordamos que el SEM-EDS es semicuantitativo).

Cuando ampliamos el abanico de investigación, vimos que había una especie bastante rara que podía coincidir: *čechita*. La fórmula química empírica del holotipo era  $\text{Pb}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})(\text{VO}_4)(\text{OH})$ . En ninguno de los cristales analizados de la calicata 'de l'Alzina' se observa la presencia de manganeso, hecho que los hace únicos respecto a los otros yacimientos conocidos, en los que siempre aparecen cantidades apreciables de  $\text{Mn}^{2+}$  substituyendo al  $\text{Fe}^{2+}$ . Por lo tanto, los ejemplares de la calicata 'de l'Alzina' de la mina "María Magdalena" de Ulldemolins son, por ahora, únicos a nivel mun-

Muy rico ejemplar de *čechita* procedente de la calicata 'de l'Alzina'. Medidas: 7,5 x 4,5 x 3,0 cm. Col.: Carles Rubio (excol.: Jordi Carbonell); foto: Joan Rosell.

Detalle del ejemplar anterior. C.V. 25 mm. Col.: Carles Rubio; foto: Joan Rosell.



Cristales de *čechita*, sobre fluorita. C.V. 10 mm. Col.: Carles Rubio; foto: Joan Rosell.





Vista general y de detalle de uno de los primeros ejemplares de čechita que se obtuvieron y estudiaron de la calicata 'de l'Alzina'.  
Medidas: 8,5 x 6,4 x 3,7 cm. El área mineralizada mide 3,2 x 1,5 cm. Col. y foto: Jordi Carbonell.



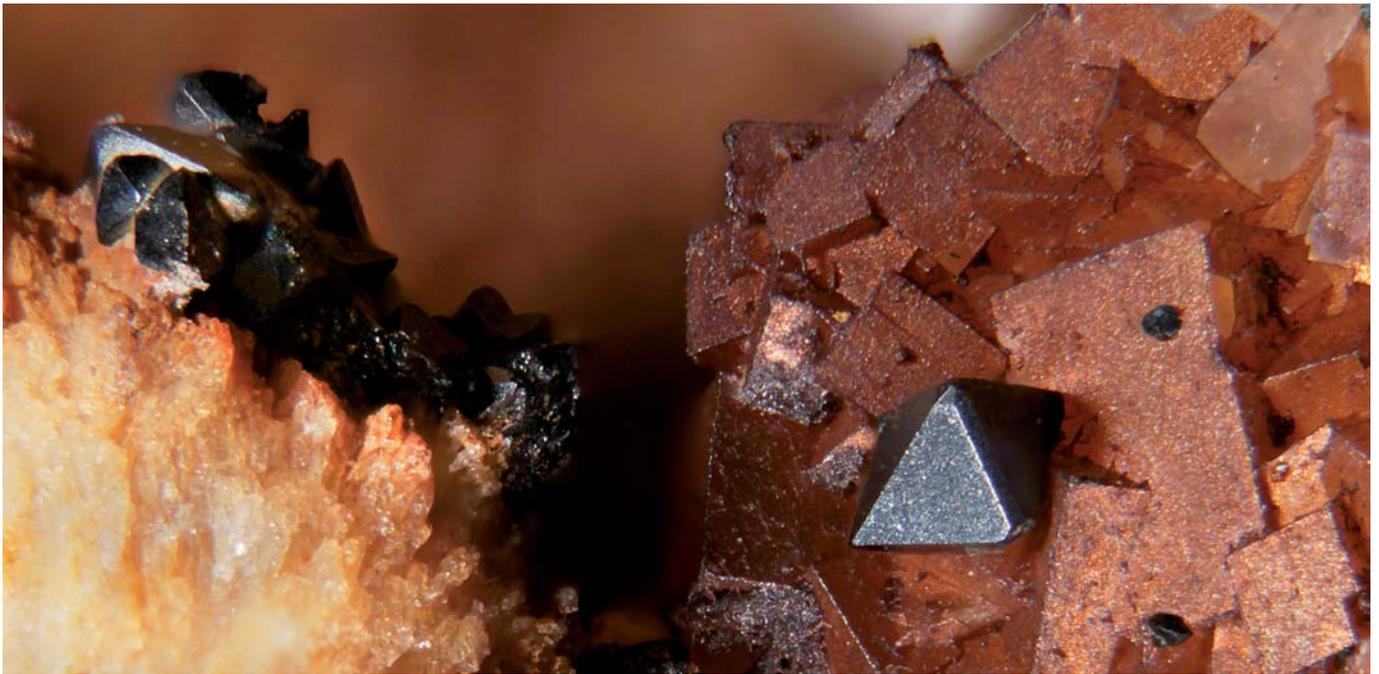
dial por su composición. Son también la primera cita en Cataluña y el resto de la península Ibérica para la especie. En el interior de uno de los cristales de čechita pudimos observar una cavidad parcialmente recubierta de unos cristales prismáticos, el análisis de los cuales nos indicó unas proporciones Pb:-

Fe:V de 2:1:2, perfectamente consistentes con la *calderonita*,  $Pb_2Fe^{3+}(VO_4)_2(OH)$ . Es un mineral del grupo brackebuschita y aparece asociado a čechita en el yacimiento italiano de Isallo. Los cristales de nuestra muestra no superan los 30  $\mu m$  (0,03 mm). Es la primera cita en Cataluña.

Es frecuente encontrar *pirita* goethitizada, a veces recubierta de limonita. Se presenta en forma de pequeños octaedros y cubooctaedros, con un color pardusco oscuro, casi negro, que se podrían confundir con la čechita, pero esta es de color negro intenso y tiene una cristalografía diferente. En la misma calicata

Grupo de cristales de čechita, uno de ellos mucho más desarrollado y rico en facetas. CV: 2,5 mm. Col y foto: Carles Rubio.





Cristales de čechita, sobre fluorita y baritina. C.V. 2 mm. Col. y foto: Joan Rosell.

Cristales de čechita, sobre fluorita. C.V. 4 mm. Col.: Carles Rubio; foto: Joan Rosell.

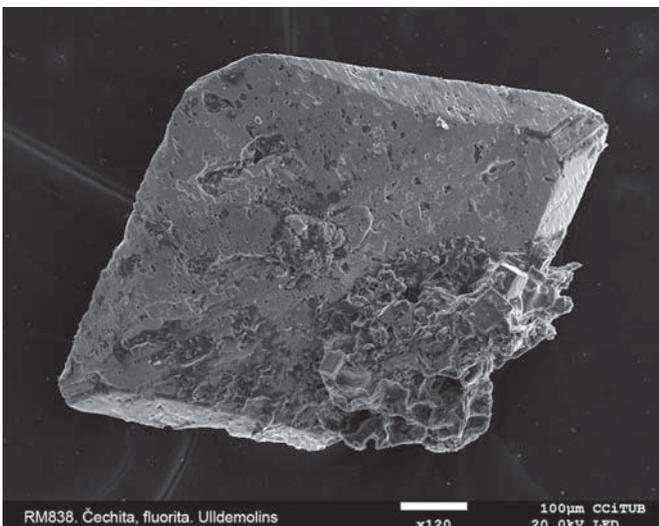
Grupo de cristales de čechita, sobre fluorita. C.V. 2 mm. Col. y foto: Carles Rubio.



Imagen SEM de un cristal de čechita. Se puede observar la superficie muy alterada y parcialmente recubierta de otras mineralizaciones. Foto: Joan Rosell.



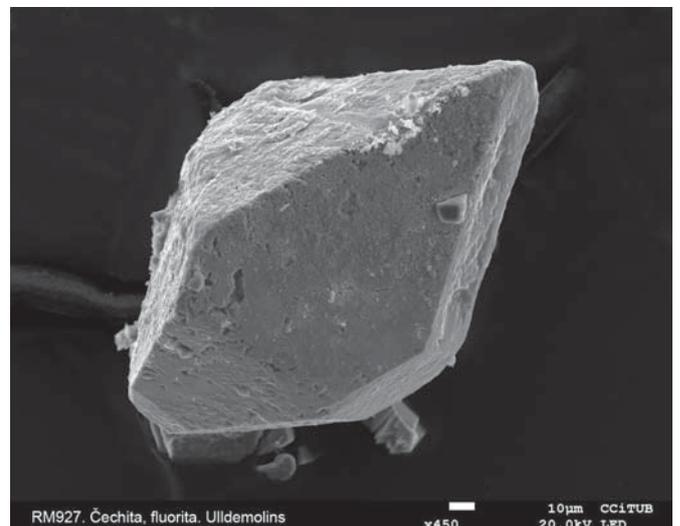
Imagen SEM de un cristal de čechita. Podemos ver un pequeño cubo de fluorita que se encuentra parcialmente incluido en el vanadato. Foto: Joan Rosell.



RM838. Čechita, fluorita. Ulldemolins

x120

100µm CCITUB  
20.0kV LED



RM927. Čechita, fluorita. Ulldemolins

x450

10µm CCITUB  
20.0kV LED



Grupo de cristales de čechita, sobre fluorita. C.V. 4 mm.  
Col. y foto: Joan Rosell.



Cristal de čechita, sobre fluorita. C.V. 2 mm.  
Col.: Jordi Carbonell; foto: Joan Rosell.



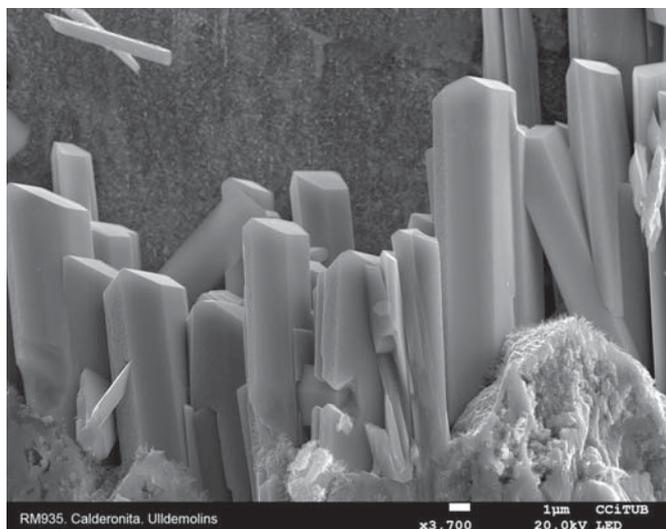
Cristales octaédricos de pirita goethitzada recubiertos de limonita. Col. y foto: Joan Rosell.



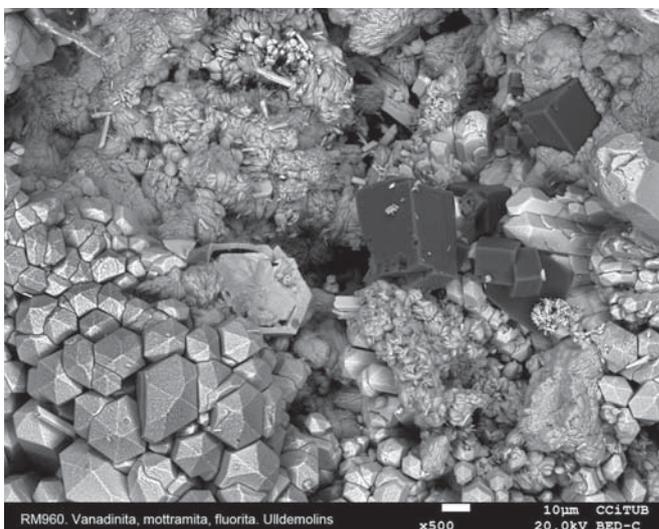
Agregados blancos de gearsutita sobre vanadinita, en matriz con fluorita. C.V. 2 mm. Col. y foto: Carles Rubio.

Imagen SEM de cristales de calderonita que han crecido en una cavidad dentro de un cristal de čechita. Foto: Joan Rosell.

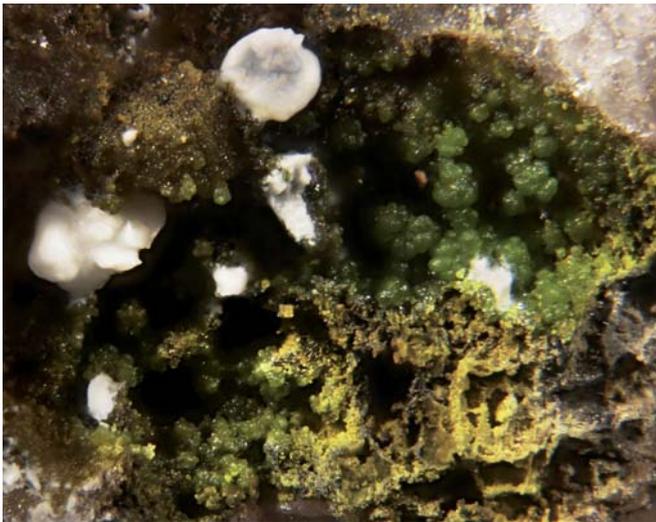
Cristales prismáticos de vanadinita, lenticulares de mottramita y cúbicos de fluorita. Imagen SEM (BSE). Foto: Joan Rosell.



RM935. Calderonita. Ulldemolins x3,700 1µm CC1TUB 20.0kV LED



RM960. Vanadinita, mottramita, fluorita. Ulldemolins x500 10µm CC1TUB 20.0kV BED-C



Agregados blancos de gearksutita, sobre mottramita. C.V. 2,5 mm. Col. y foto: Joan Rosell.

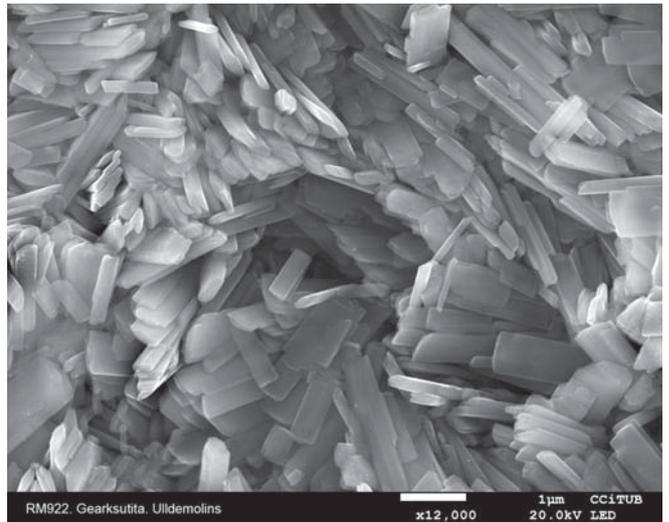


Imagen SEM donde se observan los cristales tabulares de gearksutita. Foto: Joan Rosell.

'de l'Alzina' pudimos recoger algunos ejemplares de un mineral de color blanco y de aspecto fibroso, que formaban pequeños agregados globulares y estructuras en "telaraña". Muy sensibles al agua y asociados a

las pizarras encajantes del filón de fluorita. Su génesis se puede considerar como reciente. La imagen SEM nos muestra que son agregados de cristales tabulares, casi laminares. El análisis indica que se trata de

gearksutita, un poco habitual aluminofluoruro de calcio. En Cataluña se ha citado en las minas de Can Magre, Girona (Rodríguez *et al.*, 2016), únicas citas en toda la península Ibérica y determinadas casi al mismo tiempo.

Agregados blancos de gearksutita. Mides: 5,8 x 4,5 x 4,0 cm. Col. y foto: Joan Rosell.



Agregados blancos de gearksutita sobre mottramita, en matriz con fluorita y galena. C.V. 20 mm. Col. y foto: Joan Rosell.



## Socavón 'de la Sala esfondrada'

Un atento estudio de los planos topográficos de los años 90 nos permite deducir que el entramado de galerías y salas de las galerías 'del Pont' de la mina "María Magdalena" era mucho más extenso que el actual. A unos 30 metros de distancia por debajo de la calicata 'de l'Alzina' se observa un socavón elíptico, de unos 15 por 10 m, que corresponde a un derrumbe, relativamente reciente, de salas y galerías. En la zona NE del socavón aflora un filón de fluorita que, en su momento, se trabajó y muy probablemente fue el que siguieron los mineros para prospectar en la calicata 'de l'Alzina', puesto que parece ser una posible continuación del filón principal de la mina. En el plano y sección de debajo observamos que había dos salas de grandes dimensiones hacia el este. Ninguna de las dos ha sido encontrada. La paragénesis parece ser más pobre que la de la calicata 'de l'Alzina' y la de las galerías 'del Pont', a buen seguro por su reducida sección visible

actualmente. Los minerales que se encuentran asociados a la fluorita son: **galena**, **mottramita**, **vanadinita** y óxidos de manganeso y de hierro. El filón presenta una facies brechoide de **fluorita** amarilla y violeta, tal como sucede en la parte más profunda del filón de la calicata 'de l'Alzina'. No hemos encontrado **čechita**.

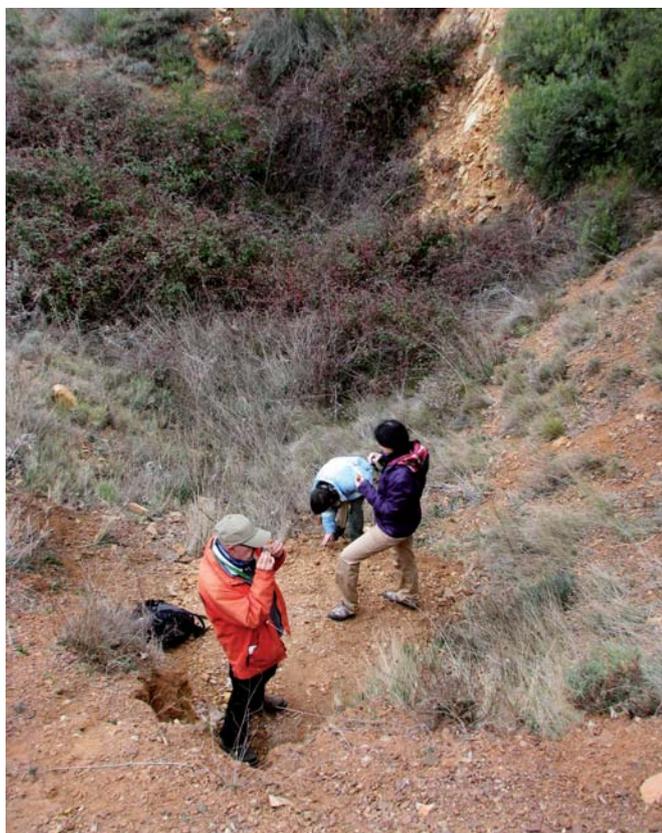
## Galerías 'del Pont'

Según la topografía levantada por el Dr. Joan Carles Melgarejo, a principios de los 90, la mina "María Magdalena" estaba formada por hasta 4 niveles. Si consideramos la bocamina cercana al río como la cota 0, las galerías inferiores se encontrarían a una veintena de metros más abajo y, por lo tanto, bajo el nivel freático, lo cual ha provocado, después del abandono de las explotaciones, la inundación de estas galerías inferiores.

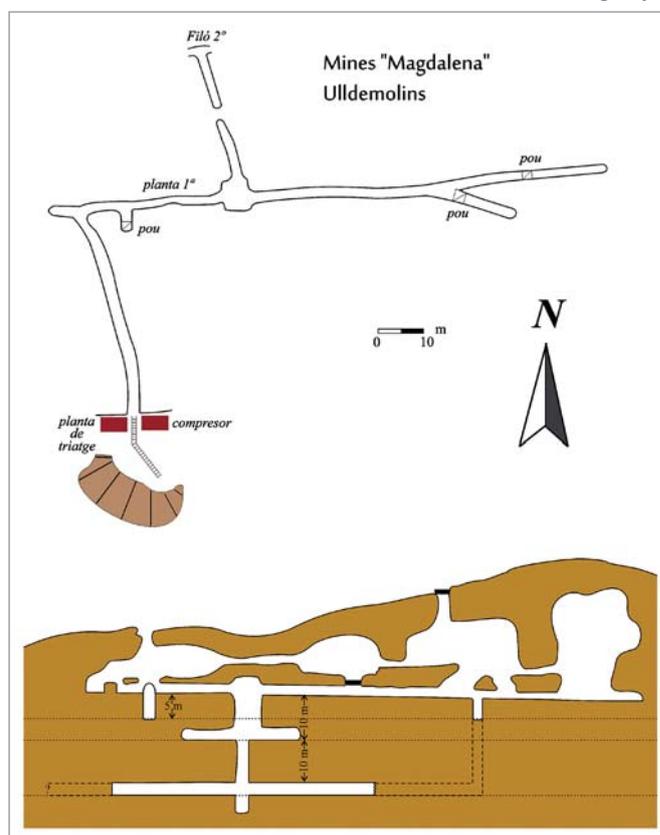
Hoy en día todavía podemos ver las ruinas de las construcciones alrededor de la bocamina. Se trata de varios edificios con utilidades específicas, como la caseta del compre-

sor que daba energía a las máquinas, dos balsas de obra que servían para lavar el mineral y habitáculos de los mineros. Según lo que nos explicaron Ramon Nogués y Ton Queralt, el sistema para lavar el mineral elegido era muy sencillo y consistía en sumergir el mineral, mediante unas cribas, dentro de estos depósitos llenos de agua y, con un sistema de poleas, hacerlo subir y bajar para que fuera liberando la tierra. En cuanto a la zona mineralizada más interesante, esta se encuentra en el filón principal y en los asociados cercanos al pozo 'Gran'. En el filón explotado en este pozo podemos observar una paragénesis similar a la de la calicata 'de l'Alzina', pero con la ausencia de **čechita**. Encontramos **galena**, **cerusita** y las coloraciones verdosas a parduscas de la serie **mottramita-descloizita**. En este filón las cavidades de la fluorita están tapizadas de pequeños agregados de cristales de color verde de **mottramita**, que pasan a un tono melado oscuro y que han sido determinados como **descloizita** ligeramente

En busca de micros en el socavón 'de la Sala esfondrada' (febrero de 2016). Foto: Agustí Asensi.



Plano de planta y perfil de las galerías 'del Pont' (años 90). Fuente: cortesía del Dr. Joan Carles Melgarejo.



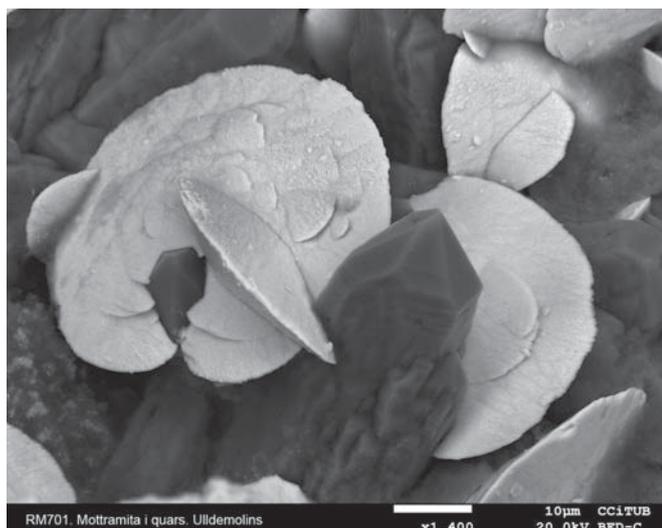


Imagen SEM (BSE) de cristales lenticulares de mottramita, sobre cuarzo. Foto: Joan Rosell.

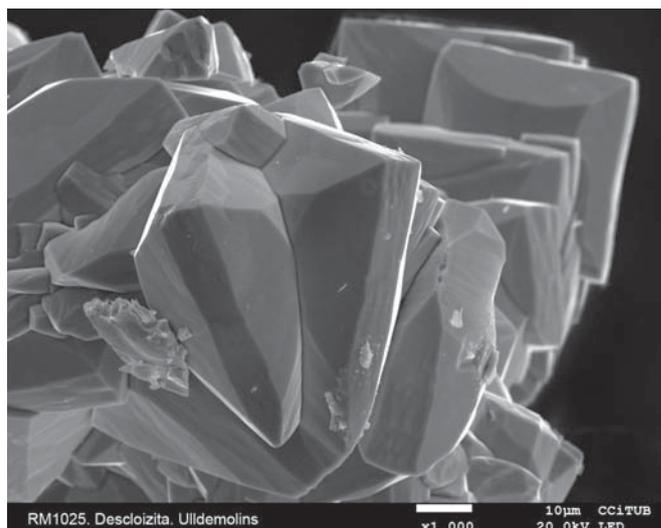


Imagen SEM de una "macla" de cristales de descloizita. Foto: Joan Rosell.



Ruinas de las casas de la mina, con el puente al fondo (enero de 2017). Foto: Joan Rosell.



Drusa de cristales de descloizita. Col.: Joan Rosell; foto: Carles Rubio.

Curiosos agregados de pequeños cristales verdes de mottramita, que pasan a pardo, de descloizita. Col.: Jordi Carbonell; foto: Carles Rubio.

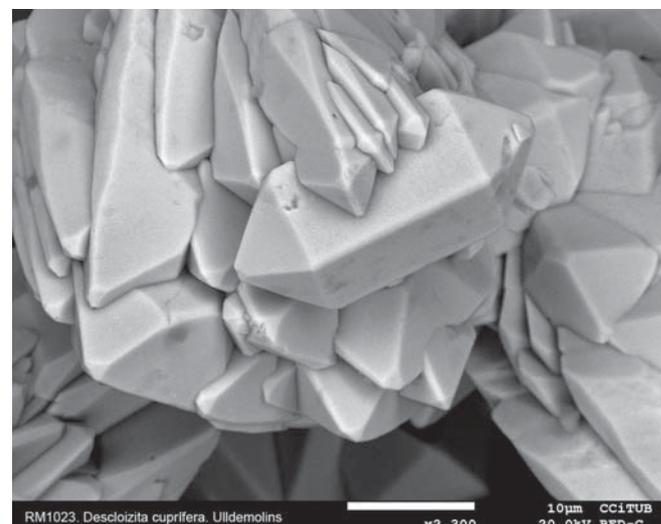
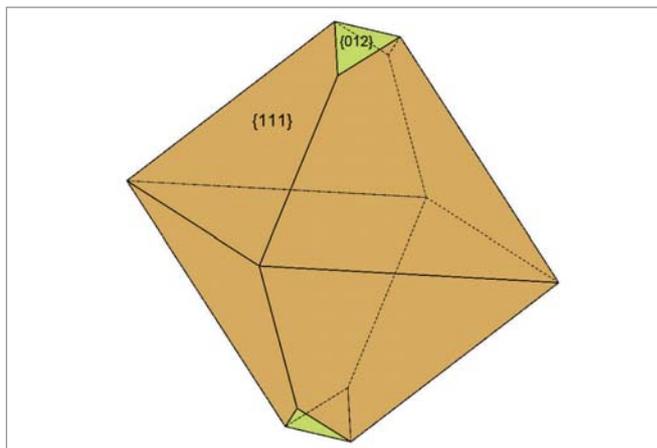


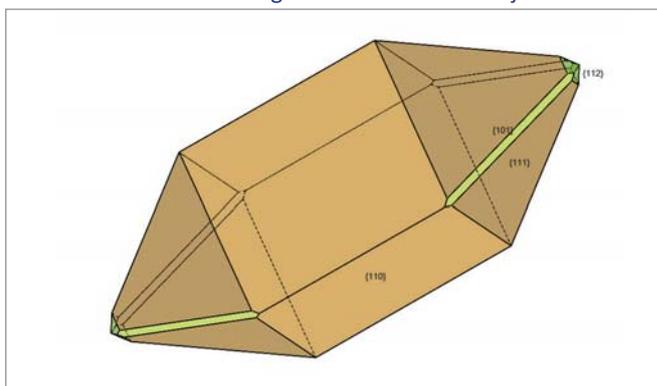
Imagen SEM (BSE) de un cristal biterminado de descloizita. Foto: Joan Rosell.



Vanadinita: prisma hexagonal, dipirámide y pinacoide. C.V. 1 mm. Col. y foto: Joan Rosell.

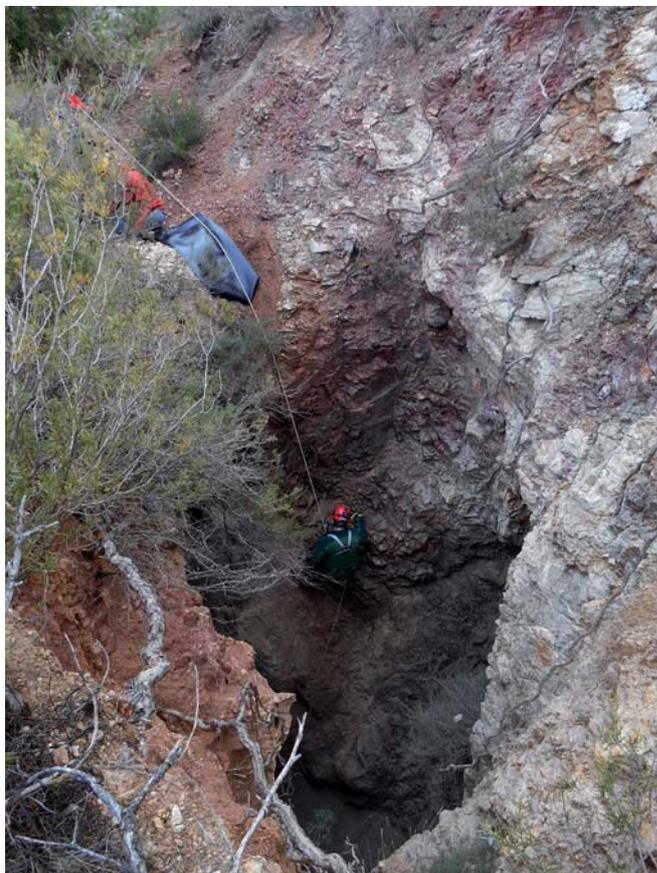


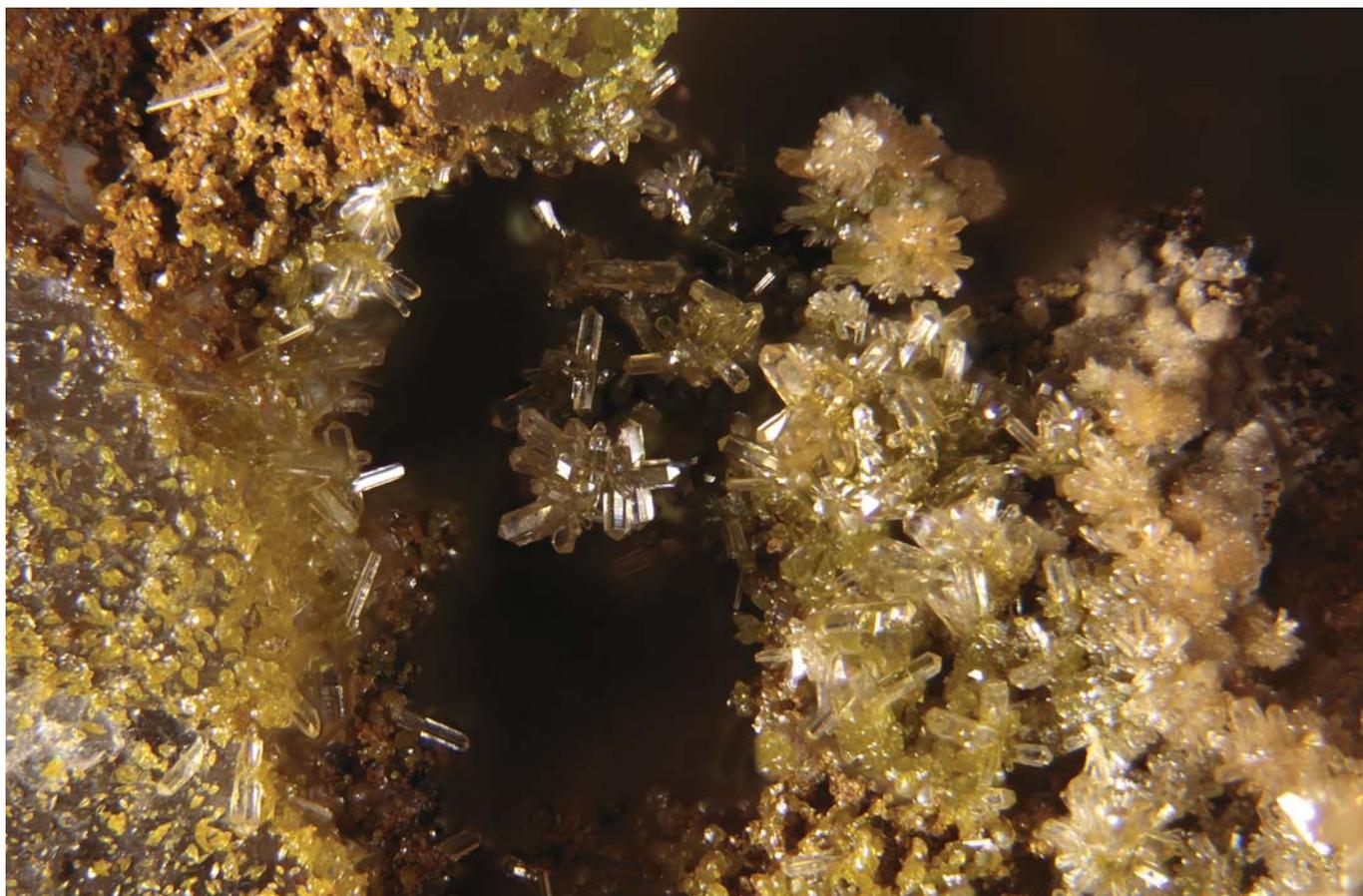
Esquemas de cristales de descloizita observados en las galerías 'del Pont'. Dibujo: Joan Rosell.



Bajando por el pozo 'Gran'. Foto: Joan Rosell.

Detalle de un ejemplar de fluorita recubierta de rosetas de bari-tina y óxidos de manganeso, de las galerías 'del Pont' (sala de la galería de los murciélagos). C.V. 4 cm. Col. y foto: Joan Rosell.





Agregados de cristales de vanadinita acompañados de cristales de mottramita. C.V. 1,5 mm. Col. y foto: Carles Rubio.

Agregados de cristales de vanadinita acompañados de mottramita. C.V. 3 mm. Col. y foto: Carles Rubio.





Crecimiento muy curioso de vanadinita melada, acompañada de cristales prismáticos de la misma especie y de mottramita verde. C.V. 2,5 mm. Col. y foto: Joan Rosell.



Fluorita recubierta de barita y óxidos de manganeso, de las galerías 'del Pont' (sala de la galería de los murciélagos). Medidas: 5,4 x 4,5 x 3,7 cm. Col. y foto: Joan Rosell.

arsenical en la mayoría de casos (As: 2,7% peso). Algunos de los cristales de mottramita presentan maclas, pero habitualmente se encuentran aislados, con formas lenticulares o formando agregados estalactíticos.

En esta zona del filón se han recogido excelentes ejemplares de vanadinita, en agregados radiales formados por cristales de color me-

lado, y los mejores de mottramita y descloizita. Algunos cristales de vanadinita presentan crecimientos en tolva, con un contenido en As bastante notable (análisis RM1021, V:As casi igual a 1:1). En los filones interiores, a los cuales se accede desde el pozo 'Gran', podemos encontrar también la misma paragénesis que en la zona anterior, pero

con más baritina, que forma agregados globulares de cristales lenticulares, muy estéticos. Algunos de estos ejemplares presentan la baritina resiguiendo las aristas de los cubos de fluorita, recubriéndolos parcialmente. Los cristales de fluorita de esta parte de la mina pueden alcanzar los 3 cm de arista y una transparencia bastante notable, con

Imagen SEM (BSE) de prismas hexagonales de vanadinita con la bipirámide en las caras terminales, sobre fluorita. Foto: Joan Rosell.

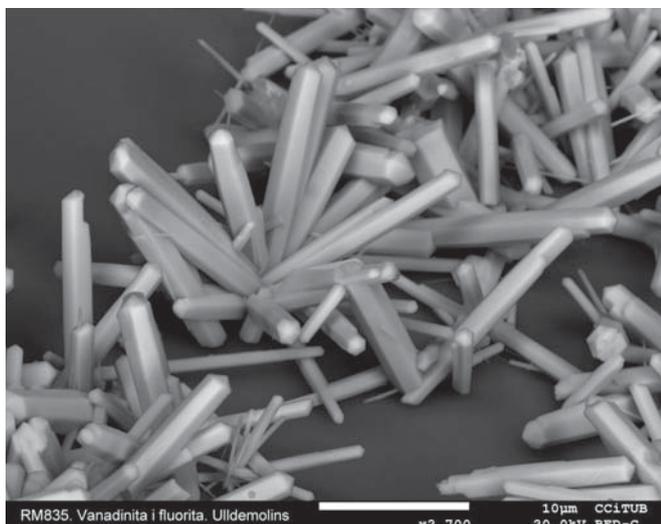


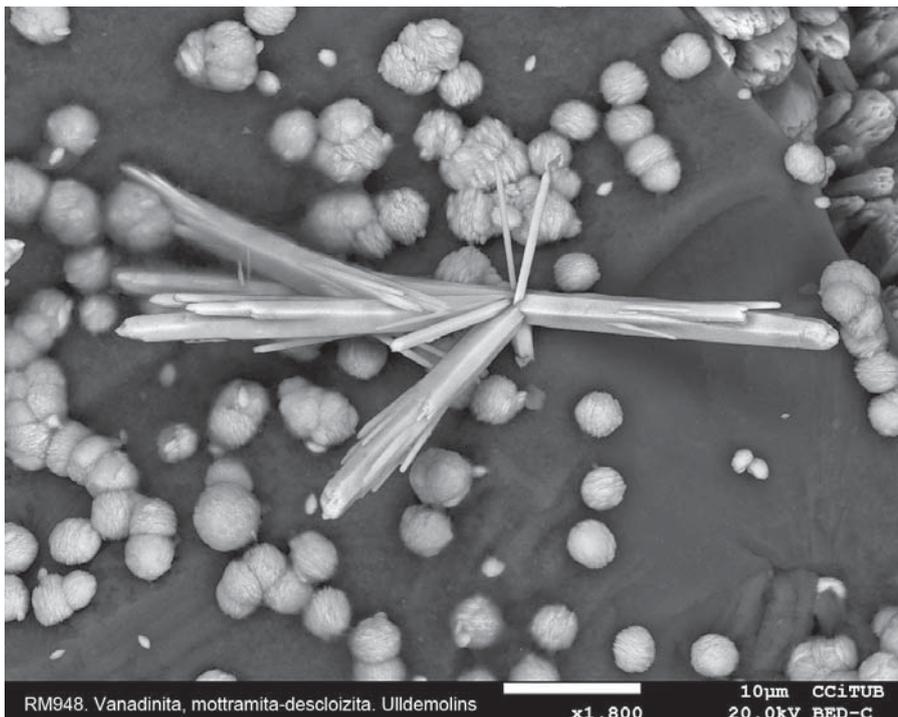
Imagen de un agregado de cristales de vanadinita. Foto: Joan Rosell.





Fluorita recubierta de baritina, de las galerías 'del Pont' (sala de la galería de los murciélagos). Medidas: 5,8 x 4,0 x 3,5 cm. Col.: Jordi Carbonell; foto: Joan Rosell.

Imagen SEM (BSE) de cristales de vanadinita con bolitas de mottramita-descloizita, sobre fluorita. Foto: Joan Rosell.



RM948. Vanadinita, mottramita-descloizita. Ulldemolins

x1,800

10µm CCiTUB  
20.0kV BED-C

un color amarillo uniforme o con zonación geométrica, y se encuentran parcialmente recubiertos de óxidos de manganeso. Raramente se encuentran pequeños agregados de cristales de malaquita de aspecto fibroso y formando glóbulos. No hemos encontrado azurita. Algunas alteraciones verde-azuladas, asociadas a galena y fluorita, han resultado ser un sulfato de cobre no identificado.

También podemos ver cavidades tapizadas de pequeños cristales fibrosos de goethita de color dorado, tal como se da en la calicata 'de l'Alzina'. Hay que citar la presencia de hematites-goethita en agregados globulares de color rojo sobre cristales de fluorita. La cerusita suele presentarse como alteración de la galena, en cristales prismáticos muy definidos y ricos en caras, entre incolora y de tonos parduscos a casi negros. Se encuentra asociada a mottramita, descloizita y vanadinita. Algunas de las cavidades de las paredes de la zona más interna de la mina están recubiertas por costuras de color negro intenso, a veces formando agregados botrioidales bastante estéticos. Se trata de óxidos de manganeso, donde predomina la coronadita, pero también con hollandita y posible asbolana, de forma análoga a la calicata 'de l'Alzina'. La esfalerita es extremadamente escasa y sólo hemos encontrado un pequeño ejemplar de la especie en la galería de entrada, con cuarzo y galena.

### Galería de la Font del Metge

A unos 500 m en línea recta desde las labores de las galerías 'del Pont', en dirección NE, encontramos una galería junto al río de Prades, en el paraje Font del Metge, por una fuente cercana. En esta galería, de unos cincuenta metros y casi rectilínea, se explotó un filón subvertical de fluorita amarilla y violeta con galena.

Muchos de los ejemplares de fluorita que han recogido los coleccionistas proceden de estos trabajos. En su interior observamos un potente



Fluorita "nevada" de barita, de las galerías 'del Pont' (sala de la galería de los murciélagos). Medidas: 6,5 x 5,5 x 4,0 cm.  
Col.: Jordi Carbonell; foto: Joan Rosell.

filón de fluorita amarilla y violácea de hasta 50 cm de grosor. Se observa muy bien la deposición genética hidrotermal, con cristales de fluorita centimétricos, galena alterada en la parte externa, pero también incluida en el filón, tal como sucede

en las galerías 'del Pont'. La parte central del filón está relleno de material lutítico con cuarzo. No se observa la presencia de minerales de vanadio. La galena, al alterarse, ha permitido la formación de **cerusita** y **azufre** nativo. Esta sería la galería

que, según hemos comentado anteriormente, estuvo a punto de provocar una tragedia al inundarse. Se puede entender fácilmente, puesto que se encuentra orientada de cara a la corriente del río y a unos pocos metros sobre su cauce.



Filón encajado de fluorita amarilla y violácea, en la galería de la Font del Metge. Foto: Carles Rubio.



Pequeño cristal de azufre (0,2 mm) en galena cariada, de la galería de la Font del Metge. Col. y foto: Joan Rosell.

Grandes cubos de fluorita violácea, de la galería de la Font del Metge.  
Medidas: 18,0 x 6,5 x 6,5 cm.  
Col. y foto: Joan Niella.





Fluorita con rosetas de baritina. Medidas: 10,5 x 7,4 x 3,5 cm.  
Col. y foto: Joan Rosell.



Fluorita violácea. Medidas: 8,4 x 6,8 x 4,5 cm.  
Col. y foto: Joan Niella.

Fluorita violácea. Medidas: 11,5 x 7,5 x 4,0 cm. Col. y foto: Joan Niella.



## Antiguas prospecciones mineras y calicatas

En los alrededores de las partes de la mina citadas se encuentran varios indicios de prospección minera. Destacamos dos tipologías: la que explora filones de **fluorita** que afloran en superficie y las que se hicieron en afloramientos de minerales secundarios de cobre. Ante la mina "María Magdalena", en terrenos de la concesión "Teresa", en Los Seglerets, afloran varios filones de **baritina**, pero no hemos observado fluorita.



Calicata sobre la galería de la Font del Metge. Hay fluorita en pequeños cristales cúbicos muy brillantes. Foto: Joan Rosell.

Vista de una trinchera sobre la galería de la Font del Metge. Foto: Joan Rosell.



Prospección por encima del cerro del Molí del Pont. Las pizarras se encuentran impregnadas de mineralizaciones de cobre, principalmente azurita y malaquita. Foto: Joan Rosell.



Cristales cubooctaédricos de galena con fluorita y cuarzo, procedentes de las escombreras de las galerías 'del Pont'. C.V. 3,5 cm. Col.: Joan Niella; foto: Joan Rosell.

Impregnaciones de secundarios de cobre, recogidos en la prospección del cerro del Molí del Pont. Foto: Joan Rosell.



## La čechita de Ulldemolins

La čechita es un raro hidroxilvanadato de plomo y hierro, del grupo adelita-descloizita, que se identificó por primera vez en Vraniče, cerca de Příbram, en la República Checa, en un depósito polimetálico de Pb-Zn-Cu-(Ag), en el plutón de la Bohemia Central (Mrázek y Táborský, 1981; Pertlik, 1989; Effenberger, 2002). La localidad tipo está compartida entre la mina Alexander y unos afloramientos en la zona próxima al filón Pošepný, ambas cercanas a Vraniče. El nombre de la especie fue otorgado en 1981, a propuesta de Zdeněk Mrázek y Zdeněk Táborský, en honor a František Čech (1929-1995). El Dr. Čech fue jefe del departamento de Mineralogía, Geoquímica y Cristalografía de la facultad de Ciencias de la Univerzita Karlova de Praga, desde 1976 hasta 1990. Sus trabajos mineralógicos y geoquímicos se centraron principalmente en el estudio de los minerales de las pegmatitas (Povondra, 1997).

La čechita checa se presenta habitualmente en agregados microcristalinos o como cristales lenticulares a prismáticos redondeados, anédricos, raramente con caras definidas. De color negro, brillo resinoso a submetálico, sin exfoliación y con fractura concoide. Aparte



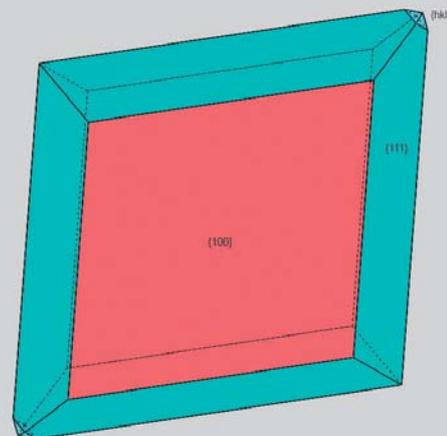
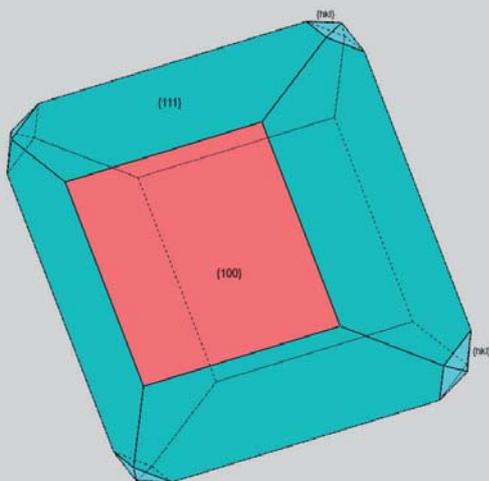
Dr. František Čech (1929-1995).

de la República Checa, se conocen sólo dos localidades: la mina Silver Coin, en Nevada, EE.UU., y una cantera abandonada de baritina en Isallo, en la Liguria, Italia, donde se encuentra asociada a calderonita. Los cristales encontrados en Ulldemolins, tal como hemos dicho, se identificaron mediante SEM-EDS, LIBS y EPMA. Su composición es  $\text{PbFe}^{2+}(\text{VO}_4)(\text{OH})$ , sin  $\text{Mn}^{2+}$ . Decimos esto porque uno de los miembros del grupo es la pirobelenita, de fórmula  $\text{PbMn}^{2+}(\text{VO}_4)(\text{OH})$ , análogo de  $\text{Mn}^{2+}$  de la čechita. Las implicaciones mineralógicas de los resultados de los ejemplares de Ull-



Cristal de čechita de los afloramientos del filón Pošepný, Vraniče, Rep. Checa. C.V. 0,7 mm. Col. y foto: Stephan Wolfsried.

demolins serían que los especímenes que hemos determinado en la calicata 'de l'Alzina' corresponden al término "puro" en  $\text{Fe}^{2+}$ . El mineral descrito, hasta no hace mucho tiempo, como čechita por la IMA era  $\text{Pb}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})(\text{VO}_4)(\text{OH})$  pero, curiosamente, pocos meses después de consultar con otros científicos el hallazgo de Ulldemolins, la IMA redefinió la fórmula como  $\text{PbFe}^{2+}(\text{VO}_4)(\text{OH})$ , eliminando el  $\text{Mn}^{2+}$ . Todavía podemos encontrar en algunas páginas web de consulta mineralógica la fórmula antigua. Hay que decir que los ejemplares de los pocos yacimientos donde



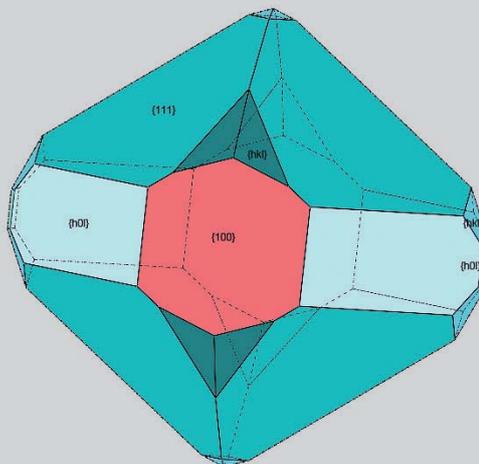
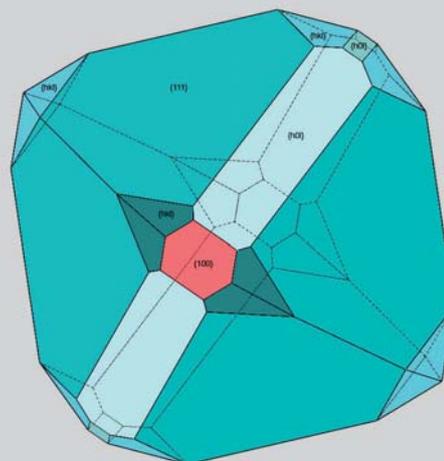
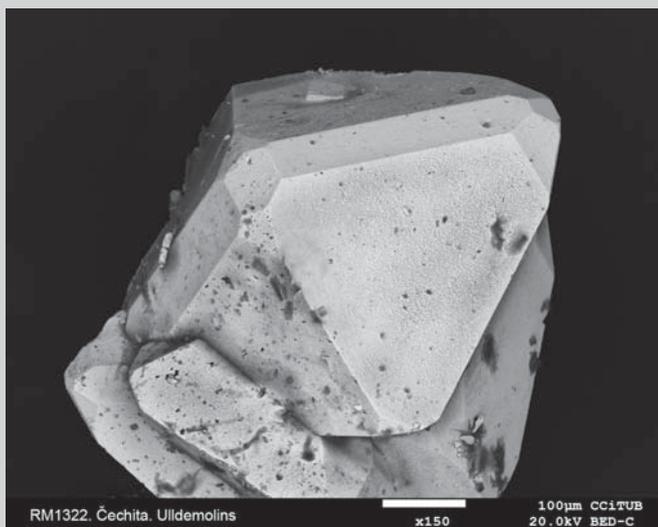
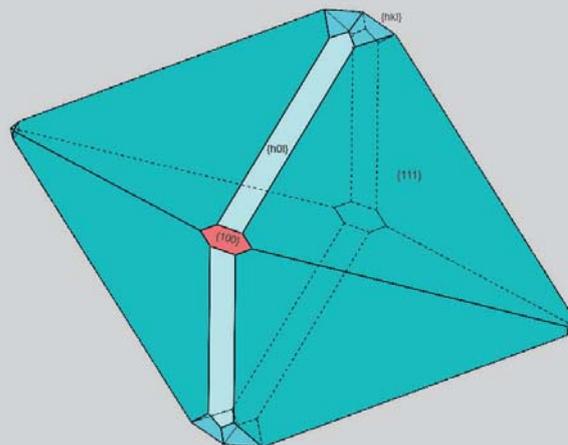
se encuentra la especie presentan contenidos de  $Mn^{2+}$  destacables.

Muy probablemente, el hecho de que la composición de los ejemplares ulldemolinenses sea "pura" (libre de Mn) favorece la formación de cristales euédricos para la espe-

cie. Podemos decir que los cristales de la mina "María Magdalena" se encuentran entre los más bien definidos a nivel mundial. Presentan una riqueza de facetas visible bajo la lupa y todavía más con el SEM.

Los cristales de čechita de Ull-

demolins siempre están asociados a la fluorita, en las fisuras, en pequeñas cavidades o bien en drusas de cristales del halogenuro. Muy raramente se acompaña de otros minerales como mottramita, galeña o vanadinita. Por la disposición



superficial de los cristales de čechita, se le puede asignar una formación bastante tardía respecto a los otros minerales que lo acompañan. Para confirmarlo, citar los pequeños cristales cúbicos de fluorita incluidos dentro de cristales de čechita.

## Cristalografía

(dibujos págs. 44 y 45: Joan Rosell)

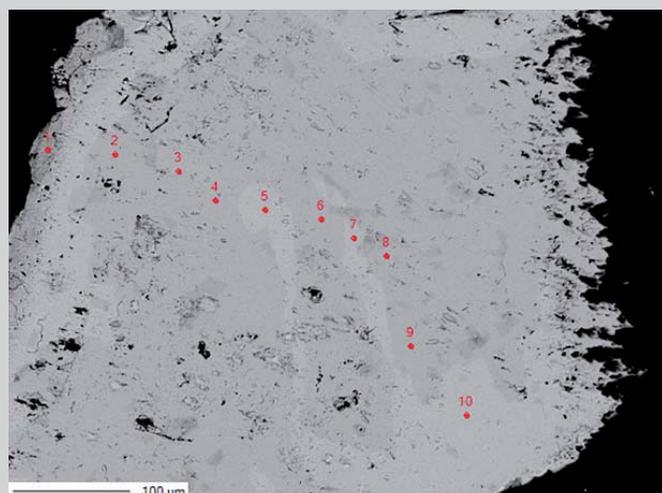
La čechita cristaliza en el sistema rómbico, en la clase rómbica dipiramidal,  $2/m\ 2/m\ 2/m$  (en nomenclatura Hermann-Mauguin). Los cristales de Ulldemolins muestran habitualmente una dipirámide  $\{111\}$  muy definida y desarrollada, truncada por las formas del pinacoide  $\{100\}$ , con indicios del prisma de segundo orden  $\{h0l\}$  y/o

otras dipirámides  $\{hkl\}$ . Los cristales son ricos en caras y muestran las caras de la dipirámide  $\{111\}$ , dipirámides  $\{hkl\}$ , la del pinacoide  $\{100\}$  y las de diferentes órdenes de prisma  $\{h0l\}$ .

## Espectroscopia SEM-EDS, EPMA

A pesar de que los resultados semicuantitativos obtenidos con el FE-SEM-EDS eran más que consistentes con la čechita, procedimos a estudiar su composición mediante la microsonda electrónica (EPMA). Esta técnica espectroscópica emplea muestras pulidas y permite cuantificar diferentes elementos con una precisión considerable. Los elementos seleccionados fueron: As, Mn, Fe, Cu, Zn, Ca, Sb, V y

Pb. ¿Por qué estos y no otros? Los análisis de las muestras del yacimiento determinaron la posibilidad de que algunos elementos, aparte de Pb, Fe y V, estuvieran presentes: Cu, Zn y As. Los otros se escogieron porque otros análisis de muestras de otros yacimientos habían indicado su presencia, como el Mn de los ejemplares de la localidad tipo, o bien por encontrarse en otras especies del grupo. Los aparatos empleados de los Centros Científicos y Tecnológicos de la UB (CCiTUB) han sido el microscopio electrónico de barrido FESEM JEOL JSM-7100F (con detectores EDS y de electrones retrodispersados, BSE) y la microsonda JEOL JXA-8230 (con cinco espectrómetros WDS y un EDS).



Imágenes SEM de la sección de un cristal pulido de čechita. En rojo, los puntos del análisis EPMA. Fotos: Xavier Llobet.

Se hicieron 19 análisis de diferentes partes de dos cristales. Dado que las partes externas de algunos de los

cristales habían indicado la presencia de Cu, se hicieron lecturas en el extremo de las muestras (puntos 1,

11 y 19). En cuanto a las medidas en las partes internas de los cristales, se obtuvieron los siguientes resultados:

	As	Mn	Fe	Cu	Zn	Ca	Sb	V	Pb	O calc.	Total
% peso elem.	<LOD	<LOD	13,735	<LOD	0,094	<LOD	<LOD	13,366	54,117	18,644	99,976
% atómico	<LOD	<LOD	12,700	<LOD	0,074	<LOD	<LOD	13,548	13,548	60,173	
átomos-fórm.	-	-	0,971	-	0,006	-	-	1,000	0,997	4,480	

Elementos como el Ca, el Cu y el Mn se detectan en algunos análisis, pero en cantidades casi inapreciables, por debajo del límite de detección (Limit of Detection, LOD). En las imágenes SEM vemos unas

zonas más oscuras que han mostrado composiciones ligeramente diferenciadas de su entorno. Así tenemos que el muestreo núm. 13 presenta una composición ligeramente más rica en Fe. En el caso de

los 14 y 15 se detecta algo más de Zn. Aun así estas variaciones son coherentes con otros análisis y no afectan a la fórmula final.

El promedio de los resultados de las lecturas nos indica una fórmula

para la čechita de Ulldemolins:



En la sección pulida de la čechita observamos, gracias a los electrones retrodispersados (BSE), zonas y cavidades rodeadas con una fase más oscura. Esta fase, por las imágenes SEM, parece ser más rica en Fe y se presenta, dentro de la vacuola, como pequeñas acículas de goethita-mottramita, sobre las cuales se han desarrollado cristales de calderonita. En varios ejemplares analizados con el FE-SEM-EDS se observa la presencia de Cu, de forma muy superficial (<20 μm). En algunas imágenes SEM vemos que encima de los cristales de čechita se da la formación epigenética de otros minerales.

Uno de estos casos (RM1324) muestra unas costras criptocristalinas, el análisis de las cuales nos da una proporción con Cu > Fe (% atómico): Pb 14,42%, Cu 11,63%, Fe 5,72%, V 17,13%, bastante coherente con la mottramita, pero con Fe sustituyendo al Cu; donde (Fe+Cu) = 17,35%. O algunas, como la RM1322, indican una pequeña proporción de Zn, junto con el Cu y el Fe (% atómico): Pb 11,18%, Cu 7,29%, Fe 2,71%, Zn 1,00%, V 11,38%; dónde (Fe+Cu+Zn)=11,00%, también coherente con una posible

mottramita. Otros cristales muestran la presencia de Cu superficial, pero con Fe > Cu, como en la RM916 (% atómico): Pb 12,63%, Fe 9,71%, Cu 3,64%, V 13,64%; donde (Fe+Cu)=13,35%. Estos resultados nos indican que hay una sustitución Fe ↔ Cu debida, muy probablemente, a la circulación de fluidos mineralizantes ricos en Cu. Esta y otras particularidades de la čechita de Ulldemolins se encuentran todavía en proceso de estudio.

### Espectroscopia LIBS

El análisis LIBS en la región UV, empleando un láser de pulsos Kidgre Nd:YAG de 1064 nm con un detector Ocean Optics USB200(UV), revela la presencia de 3 metales: vanadio, hierro y plomo. No se observan líneas correspondientes a otros metales en esta región y en particular no se detecta manganeso, sin descartar que pueda haber en una pequeña proporción. No se ha explorado la región VIS-IR para detectar posibles metales alcalinos y/o hidrógeno. La comparación del espectro LIBS de la muestra con el de la mottramita (muestra de las minas de Cerro Gordo, Almería, cedida por José F. Castro, confirmada con espectrometría Raman) indica una relación similar entre las líneas espectrales de V y Cu en ambos minerales, lo

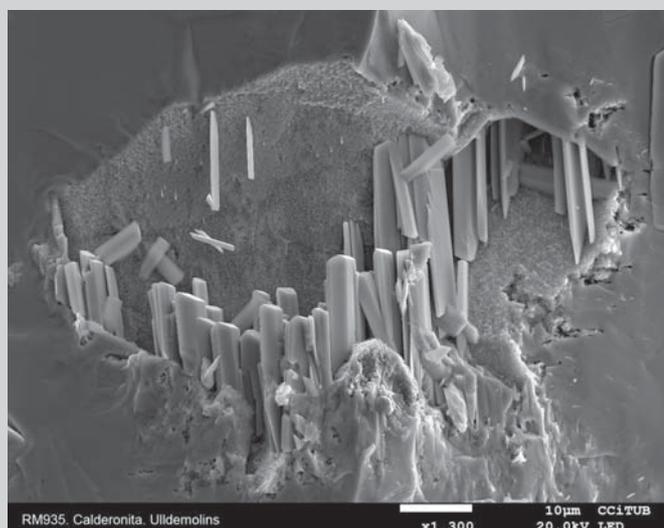
que parece indicar la misma relación atómica V:Pb, que es 1:1. Con esto las posibilidades se limitan a calderonita y čechita. El aspecto de la muestra apunta a čechita. Con un imán se ha comprobado que la muestra tiene un paramagnetismo débil pero es difícil de decir si corresponde a Fe<sup>2+</sup> o Fe<sup>3+</sup>, puesto que el mineral tiene en algunos lugares una pátina de óxido que puede enmascarar el comportamiento del Fe<sup>2+</sup> (com. pers. Adolf Cortel).

### Espectroscopia Raman

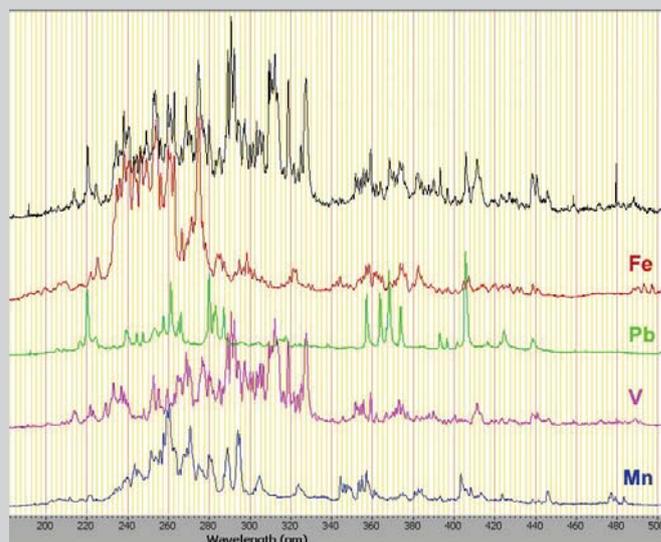
A fin y efecto de caracterizar de forma más completa este vanadato, procedimos a realizar estudios mediante la espectroscopia Raman. Los trabajos se hicieron en el micro-Raman de los Centros Científicos i Tecnológicos de la UB (CCiTUB). El aparato es un espectrómetro dispersivo Jobin-Yvon LabRam HR800, acoplado a un microscopio óptico Olympus BXFM, con un detector CCD enfriado a -70°C y una rejilla de difracción de 600 líneas/mm. La línea láser empleada fue la roja de 532 nm con una potencia de 2,5 mW (50%) y un objetivo de 50x. Los espectros se calibraron con una pastilla de silicio a 520,5 cm<sup>-1</sup>.

El intervalo estudiado fue entre los 100 y los 1.700 cm<sup>-1</sup> porque las bandas generadas por los

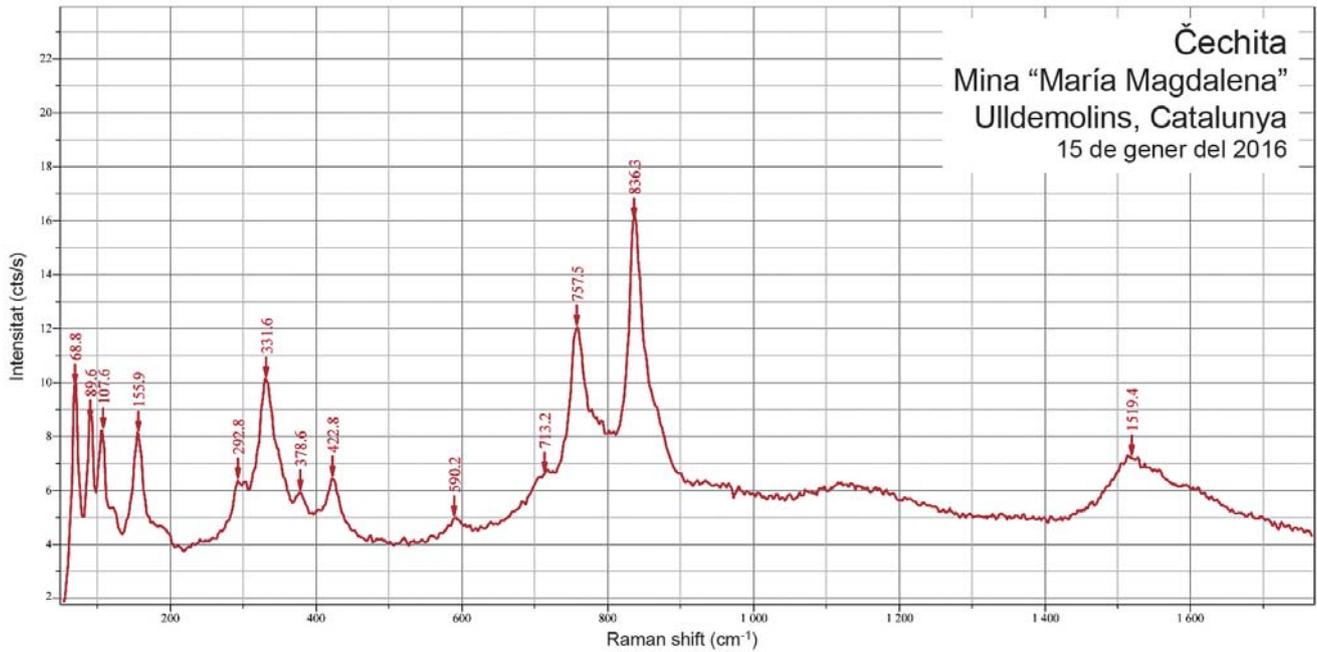
Imagen SEM de una vacuola dentro de un cristal de čechita, donde se observan cristales de calderonita. Foto: Joan Rosell.



Espectro LIBS de una muestra de čechita de Ulldemolins. Fuente: cortesía de Adolf Cortel.



Čechita  
Mina "María Magdalena"  
Ulldemolins, Catalunya  
15 de gener del 2016



Espectro Raman de una čechita de Ulldemolins. Fuente: cortesía del Dr. Tariq Jawhari (CCiU-UB).

modos vibracionales internos de los tetraedros  $\text{VO}_4$  y los modos externos se encuentran en este rango del espectro. Las bandas entre  $700\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$  se asignan a los modos de tensión simétrica y asimétrica de los grupos  $(\text{VO}_4)^{3-}$ , mientras que por debajo de los  $600\text{ cm}^{-1}$  se relacionan con modos de flexión del tetraedro, parcialmente sobrepuestos por varios modos externos. Las bandas observadas son:  $836\text{ (mI)}$ ,  $757\text{ (I)}$ ,  $713\text{ (s)}$ ,  $590\text{ (s)}$ ,  $422\text{ (i)}$ ,  $378\text{ (s)}$ ,  $331\text{ (I)}$ ,  $292\text{ (s)}$ ,  $156\text{ (i)}$ ,  $107\text{ (i)}$ ,  $90\text{ (i)}$  y  $67\text{ (i)}\text{ cm}^{-1}$ .

La banda más intensa se puede asignar a la tensión simétrica  $\nu_1$  del  $\text{VO}_4$ , y se encuentra en  $836\text{ cm}^{-1}$  (pirobelonita  $854\text{ cm}^{-1}$ , descloizita  $844\text{ cm}^{-1}$ , mottramita  $814$

$\text{cm}^{-1}$ ). La tensión asimétrica  $\nu_3$  del  $\text{VO}_4$  se encuentra a  $757\text{ cm}^{-1}$  (pirobelonita  $753\text{ cm}^{-1}$ , descloizita  $777\text{ cm}^{-1}$ , mottramita  $766$  y  $781\text{ cm}^{-1}$ ).

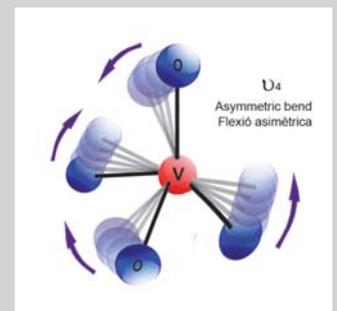
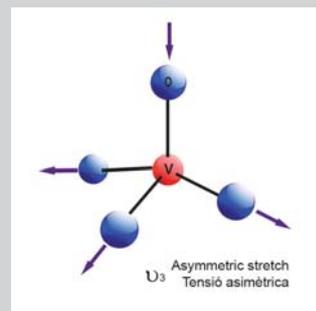
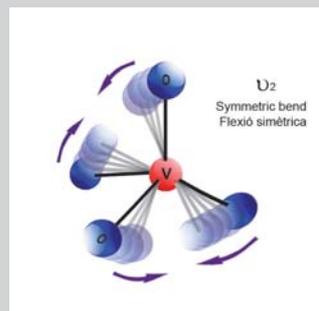
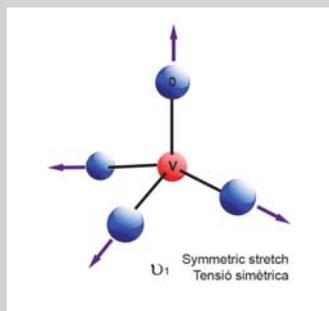
La región del espectro Raman entre los  $100$  y los  $600\text{ cm}^{-1}$ , tal como hemos dicho, incluye modos de flexión  $\nu_2$  del vanadato y vibracionales  $\nu_4$ . La banda más intensa en esta zona se encuentra en  $332\text{ cm}^{-1}$  y se puede asociar, conjuntamente con la  $422\text{ cm}^{-1}$ , al modo de flexión  $\nu_2$  (pirobelonita  $331$  y  $424\text{ cm}^{-1}$ ; descloizita  $339$  y  $433\text{ cm}^{-1}$ ). Otras bandas en esta región, a  $378$  y  $292\text{ cm}^{-1}$ , se pueden asignar al modo vibracional  $\nu_4$ . Por debajo de  $200\text{ cm}^{-1}$  observamos estrechas bandas correspondientes a enlaces M-O y vibraciones de la red cristalina.

Cómo podemos ver, los valores se correlacionan bastante bien con las bandas Raman aportadas por otros vanadatos como la pirobelonita, la descloizita o la mottramita (RRUFF; Frost et al., 2001; Martens et al., 2003). Cuando se trabaja con potencias del láser superiores ( $5\text{ mW}$ ) se dan importantes efectos de amorfización en la muestra, apareciendo una ancha banda (de unos  $150\text{ cm}^{-1}$ ) con un máximo a  $855\text{ cm}^{-1}$  y bandas solapadas a  $796$  y  $750\text{ cm}^{-1}$ .



Grup de treball  
d'Ulldemolins

Modos vibracionales del tetraedro. Dibujo: Joan Rosell.





Jordi Carbonell, Joan Rosell y Carles Rubio en la calicata 'de l'Alzina' (enero de 2016). Foto: Carles Rubio.

## Especies minerales determinadas en la mina "María Magdalena"

Asbolana  $(\text{Ni}, \text{Co}, \text{Mg}, \text{Ca})_x(\text{OH})_x \cdot \text{Mn}^{4+}(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$   
 Azufre S  
 Baritina  $\text{Ba}(\text{SO}_4)$   
 Calderonita  $\text{Pb}_2\text{Fe}^{3+}(\text{VO}_4)_2(\text{OH})$   
 Čechita  $\text{PbFe}^{2+}(\text{VO}_4)(\text{OH})$   
 Cerusita  $\text{Pb}(\text{CO}_3)$   
 Coronadita  $\text{PbMn}^{3+}_2\text{Mn}^{4+}_6\text{O}_{16}$   
 Cuarzo  $\text{SiO}_2$   
 Descloizita  $\text{PbZn}(\text{VO}_4)(\text{OH})$   
 Esfalerita ZnS

Fluorita  $\text{CaF}_2$   
 Galena PbS  
 Gearksutita  $\text{CaAlF}_4(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 Goethita  $\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$   
 Hematites  $\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_3$   
 Hydrocerusita  $\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$   
 Hollandita  $\text{BaMn}^{3+}_2\text{Mn}^{4+}_6\text{O}_{16}$   
 Mottramita  $\text{PbCu}(\text{VO}_4)(\text{OH})$   
 Pirita  $\text{FeS}_2$   
 Vanadinita  $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$

### Consideraciones finales

Con este trabajo hemos intentado poner luz a la parte histórica y mineralógica de la mina "María Magdalena". Por un lado, definiendo los topónimos correctos de las explotaciones y, por otro, recuperando la información depositada en los archivos y, mucho más importante para nosotros, las vivencias de personas que tuvieron relación directa con las explotaciones.

El hallazgo de minerales de vanadio, en especial de la čechita, ha despertado el interés tanto de los coleccionistas como del mundo académico. La identificación de la čechita ha sido uno de los hitos que nos hace sentir orgullosos de haber estado trabajando y haciendo de puente, durando casi dos años, entre los "buscadores" y los científicos. El estudio de la čechita todavía no está cerrado; se seguirá investigando para aclarar algunas peculiaridades que presentan los ejemplares uildemolinenses. También nos ha permitido conocer a muchas personas que aman su tierra y que se muestran totalmente ilusionados en divulgar su patrimonio histórico y natural. Y además, por si fuera poco, hemos podido degustar la gastronomía local. Por todo esto nos gusta tanto "perder" el tiempo entre montañas, minerales y la extraordinaria gente de nuestro país.

### Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los miembros del servicio de microscopía electrónica de barrido de los Centros Científicos y Tecnológicos de la UB (CCiTUB). También perteneciente a los CCiTUB, al Dr. Tariq Jawhari, del servicio de espectroscopia Raman, por su amabilidad y disponibilidad a llevar a cabo los estudios y ayudarnos a interpretar resultados, y al Dr. Xavier Llobet, del servicio de microsonda electrónica, por haber dedicado su tiempo a llevar a buen término la caracterización de la čechita. Especialmente al Dr. Joan Carles Melgarejo, por la extensa información e interés en este trabajo y por facilitarnos realizar los análisis SEM-EDS. Al Dr. Roca, de la facultad de Química de la UB, y al Grup Mineralògic Català, por apoyar el estudio por microsonda electrónica (EPMA).

Al Sr. Ton Queralt, de Cal Pere-sastre, y al Sr. Ramon Nogués, de Ca la Tuís, vecinos de Uildemolins, por su amabilidad

al explicarnos un trozo de la historia de su pueblo, y al Sr. Josep Casas, por ponernos en contacto. A la Sra. Misericòrdia Montlleó, alcaldesa de Ulldemolins, por su amabilidad al atendernos y por su apoyo ilusionado para dar a conocer su pueblo. A las familias del bar Ca la Montserrat, de Vilanova de Prades, y de la Fonda Toldrà, de Ulldemolins, por el buen trato que siempre nos han dado, tanto de acogida como gastronómico.

Al compañero Jordi Carbonell, por ser el primero en poner en entredicho unos cristales negros que resultaron ser un mineral muy raro y por las muestras con las cuales se iniciaron los estudios analíticos. A los compañeros del GMC: Adolf Cortel, por sus comentarios y estudios con la espectroscopia LIBS, Joan Niella, por dejarnos fotografiar algunos de los ejemplares de su colección, Enric Vintró, por ayudarnos con la cristalografía, y Jordi Gil, por la información y la imagen bibliófila.

Al Dr. Carles Flaquer, del Museo de Ciencias Naturales de Granollers, por su ayuda a identificar los murciélagos. A Christian Rewitzer y Stephan Wolfsried, por cedernos fotos. A los miembros del equipo Espeleodijous, por haberse mostrado tan dispuestos a bajar a la mina y “ponerse a remojo” para hacer una topografía actual y cuidadosa.

Al Sr. Salvador Domingo, a la Sra. Isabel Alonso, a la Sra. África Anaya y, especialmente, a la Sra. Maria Josep Albareda, de la Sección de Actividades Radiactivas y Extractivas y Energía de los Servicios Territoriales de Tarragona del departamento de Empresa y Conocimiento, de la Generalitat de Cataluña. A la Sra. Inmaculada Ramos, por ayudarnos en los primeros pasos de la investigación documental.

### Referencias bibliográficas

- ALFONSO, P., CANET, C., MELGAREJO, J.C., MATA-PERELLÓ, J.M., FALLICK, A.E. (2012): “Stable isotope geochemistry of the Ulldemolins Pb-Zn-Cu deposit (SW Catalan Coastal Ranges, Spain)”. *Geologica Acta*, 10(2):145-157.
- BAYO, F.E. (1930): *Estadística minera y metalúrgica de España de 1929. Consejo de Minería*. Ministerio de Fomento, Madrid.
- DIARIO DE REUS DE AVISOS Y NOTICIAS (1930): “Nota de prensa”. *Diario de Reus*, 25 julio, núm. 168.
- EFFENBERGER, H. (2002): IMA 18th Meeting, Session A12, MM9.
- FLEISCHER, M., CABRI, L.J., CHAO, G.Y., MANDARINO, J.A., PABST, A. (1982): “New mineral names”. *Amer. Mineralogist*, 67:1074.
- FLORES, M., GONZÁLEZ, A. (2002): *Els molins hidràulics fariners de la conca alta dels rius Siurana i Montsant. Dins de Jornada d'Estudi Arquitectura rural i vida quotidiana al Priorat*. Oeganiza Carrutxa, dentro del programa de investigación Petjades sobre el coster. Torroja, 19 pág.
- FROST, R. L., PALMER, S. J., BAHFENNE, S., KEEFFE, E.C., CEJKA, J., SEJKORA, J., PLASIL, J. (2011): “A Raman spectroscopic study of the different vanadate-groups in solid-state compounds, model case: mineral phases vésigniéite,  $\text{BaCu}_3(\text{VO}_4)_2(\text{OH})_2$ , and volborthite,  $\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ”. *Journal of Raman Spectroscopy*, 42: 1701-1710.
- FROST, R.L., WILLIAMS, P.A., KLOPROGGE, J.T., LEVERETT, P. (2001): “Raman spectroscopy of descloizite and mottramite at 298 and 77 K”. *Journal of Raman Spectroscopy*, 32: 906-911.
- IGME (1975): *Investigación minera en el area Vimbadí-Selva. Tarragona*. Instituto Geológico y Minero de España. Colección Informe. Ministerio de Industria, Servicio de Publicaciones. Madrid, 64 pág.
- MARTENS, W., FROST, R.L., WILLIAMS, P.A. (2003): “Molecular structure of the adelite group of minerals - A Raman spectroscopic study”. *Journal of Raman Spectroscopy*, 34: 104-111.
- MELGAREJO, J.C. (1992): *Estudio geológico y metalogenético del Paleozoico del sur de las Cordilleras Costeras Catalanas*. Memoria del Inst. Tecnológico Geominero de España. Madrid, t. 103, 605 pág.
- MOORE, P.B. (1967): “Gabrielsonite,  $\text{PbFe}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$ , a new member of the descloizite-pyrobelonite group, from Långban”. *Arkiv för Mineralogi Och Geologi*, 4: 401-405.
- MRÁZEK, Z., TÁBORSKÝ, Z. (1981): “Čechite,  $\text{Pb}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})(\text{VO}_4)(\text{OH})$ , a new mineral of the descloizite-pyrobelonite group”. *Neues Jahrb. Mineral., Mh.*, 520-528.
- PERE, R., AMIGÓ, R. (2009): *Onomàstica del terme municipal d'Ulldemolins*. Ed. Institut Cartogràfic de Catalunya. Societat d'Onomàstica. Barcelona, 390 pág.
- PERTLIK, F. (1989): “The crystal structure of čechite,  $\text{Pb}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})(\text{VO}_4)(\text{OH})$  with  $\text{Fe} > \text{Mn}$ . A mineral of descloizite group”. *Neues Jahrb. Mineral., Mh.*, 34-40.
- POVONDRA, P. (1997): “Memorial of František Čech (1929-1995)”. *Amer. Mineralogist*, 82: 211-212.
- RODRÍGUEZ, X., TÉLLEZ, E., IGNACIO, J.A., FORMIGA, J. (2016): “Les mines de Can Magre, Vidreres, La Selva, Girona”. *Mineralogistes de Catalunya*, 12 (2016-2): 3-46.

Joan ROSELL RIBA  
Grup Mineralògic Català  
(El Prat de Llobregat)  
info@rosellminerals.com

Carles RUBIO RODRÍGUEZ  
Grup Mineralògic Català (Abrera)  
carles.rubio@gmail.com

Frederic VARELA BALCELLS  
Grup Mineralògic Català (Terrassa)  
fredericvarela@hotmail.com