

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal

ISSN 2171-7788



V62015

MTIEEDIT

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal

ISSN 2171-7788



V62015

MTIEDIT

ACOPIOS
An Iberian Mineralogist Journal
Revista Ibérica de Mineralogía

Volumen 6, 2015 ISSN 2171-7788

DIRECTOR

C. Menor
Centro de Astrobiología (CSIC-INTA)

EDITOR JEFE

J. Alonso
Museo de Ciencias Naturales de Álava

COMITÉ ASESOR

J. González del Tánago
Universidad Complutense de Madrid

C. Curto
Museo de Ciencias Naturales de Barcelona

H. Cócera
Museo de Geología de la Universidad de Valencia

EDITA

MTIEDIT, Vitoria-Gasteiz, 2015

Versión impresa de su original *on line*
http://issuu.com/malacate/docs/V6_2015

Editada en España – Edited in Spain

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal
Revista Ibérica de Mineralogía
MTIEDIT ISSN 2171-7788

Sumario

C. MENOR-SALVÁN y J. ALONSO-RAMÍREZ

Caracterización mineralógica de las especies secundarias presentes en las ofitas de Peñacerrada 1-29

E. ORTIZ DE ZÁRATE

Catálogo fotográfico de especies 31-114

Caracterización mineralógica de las especies secundarias presentes en las ofitas de Peñacerrada

César MENOR SALVÁN⁽¹⁾ & Jesús ALONSO RAMÍREZ⁽²⁾

&

Catálogo fotográfico de especies

Enrique ORTIZ DE ZÁRATE⁽³⁾

⁽¹⁾ Georgia Institute of Technology.
cesar.menor@chemistry.gatech.edu

⁽²⁾ Museo de Ciencias Naturales de Álava
jalonso@alava.net

⁽³⁾ Museo de Ciencias Naturales de Álava
enriqueortizdezarate@gmail.com

Resumen

C. MENOR SALVÁN & J. ALONSO RAMÍREZ (2014) Caracterización mineralógica de las especies secundarias presentes en las ofitas de Peñacerrada (Álava). *Acopios*, **6**: 1-115.

Las ofitas del Cerro Galarreta, en Peñacerrada (Álava) son ricas en vacuolas de degasificación mineralizadas. Estas mineralizaciones están formadas por minerales de las últimas fases de deposición mineral, así como productos de alteración supergénica de la roca encajante. Estos minerales, al tener espacio disponible en las vacuolas, pueden formar cristales idiomorfos que en ocasiones forman cristalizaciones muy bellas. En este trabajo se describen las especies minerales contenidas en las vacuolas de la ofita de Peñacerrada. La mineralogía es la esperada para este tipo de roca, siendo la prehnita la especie más significativa, tanto por abundancia como por desarrollo de los cristales.

Palabras clave: Espectroscopía Raman; ofitas; vacuolas de degasificación; Peñacerrada; Álava.

INTRODUCCIÓN

El término “ofita”, muy utilizado sobre todo en la bibliografía española, hace referencia a un tipo de roca ígnea de tipo máfico formada por emplazamiento subvolcánico, esto es, el magma que forma la roca se enfría entre rocas sedimentarias a profundidad baja o media, en unidades sedimentarias del Mesozoico. Forman pequeños bloques tectónicos en forma de diques o *sills*, preservados en unidades del Triásico (en especial del Keuper; Morata et al., 1997; Navarro et al., 2000).

Aparte del uso tradicional del término “ofita”, éste carece de significado geoquímico o petrológico. Así, las ofitas se corresponden con un tipo de roca subvolcánica llamada diabasa o dolerita, y más modernamente, microgabro. Constituye el equivalente subvolcánico del basalto, con una tendencia geoquímica de tipo tholeiítico, rico en magnesio y pobre en calcio y sodio. Usualmente, éstas rocas están constituidas por

clinopiroxenos (augita, serie diópsido-hedenbergita), feldspatos de la serie de la plagioclasa (anortita-albita), olivino y con óxidos de titanio y hierro como principales minerales accesorios (Palero et al., 2005). El clinopiroxeno dominante es la augita y el olivino suele presentarse alterado debido a la alta reactividad en la roca durante su emplazamiento, debido a la interacción con los fluidos del encajante sedimentario. La textura de esta roca, muy característica, en la que los granos de clinopiroxeno son mayores y engloban a las plagioclasas, recibe el nombre de “ofítica”.

El encajante sedimentario de los cuerpos de ofitas es incompetente y de alta plasticidad. Esto favorece que los cuerpos de ofitas, de mucha mayor competencia y de poco volumen, resulten fracturados y desplazados desde su punto original de emplazamiento durante los procesos orogénicos posteriores. Así, los cuerpos de ofitas forman masas aisladas de tipo lenticular, envueltas por arcillas y yesos triásicos (Palero et al., 2005). Este proceso de compresión y movilización da lugar a un hidrotermalismo, debido a la liberación y calentamiento de fluidos contenidos en las rocas afectadas. La alteración hidrotermal de las ofitas, da lugar a la formación de una serie de minerales secundarios que se desarrollan en vacuolas, cavidades amigdaloides y fracturas de la roca. Esto da lugar a una gran diversidad de especies minerales, formadas en los diferentes episodios de los procesos de alteración. En este trabajo nos centraremos en esta diversidad mineralógica y describiremos la paragénesis secundaria asociada a la alteración de las ofitas de Peñacerrada (Álava).

MARCO GEOLÓGICO

El yacimiento ofítico cuya mineralogía abordamos en el presente trabajo se sitúa al S de la provincia de Álava, en las vertientes septentrionales de la Sierra de Cantabria que, de E a W, se dispone entre el Condado de Treviño al N y la Rioja al S. Se trata de una estrecha franja de materiales mesozóicos denominada “Franja móvil de la Sierra de Cantabria-Montes Obarenes” (Ramírez del Pozo, 1971) en la que se instalan los diapiros de Ocio-Salinillas de Buradón y de Peñacerrada. Dicha franja constituye el límite más meridional de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Fig. 1) quedando comprendida estructuralmente entre los materiales terciarios continentales del Sinclinal de Miranda-Treviño al N, y la Cuenca del Ebro al S (Fig. 2).

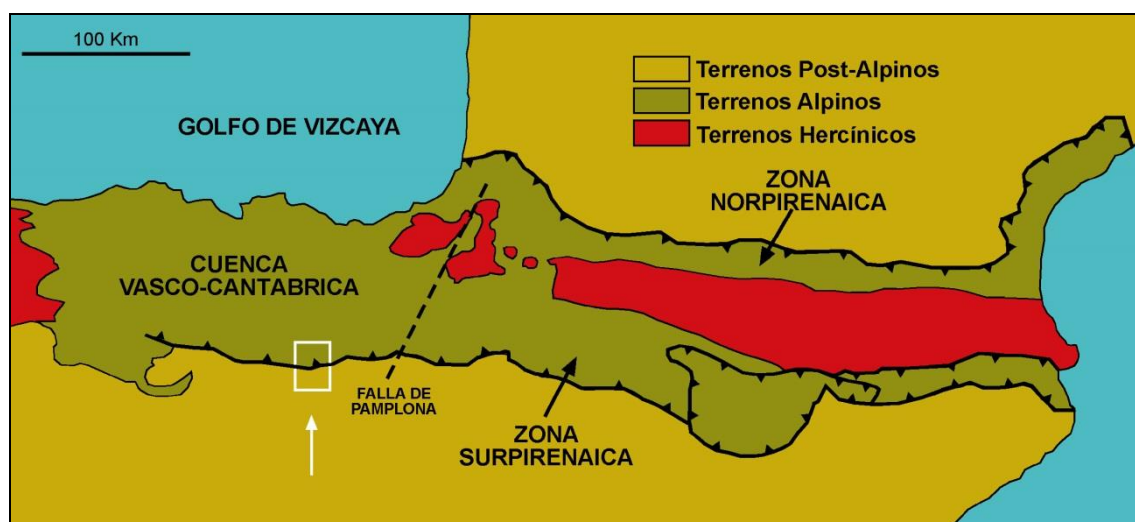


Figura 1: Situación del área sobre esquema estructural general en el norte de la Península Ibérica.

Encontramos aquí las últimas estructuras cabalgantes hacia el S de los Pirineos, cuyas superficies de despegue han sido favorecidas por los materiales plásticos, arcillas y yesos del Keuper. Dichas estructuras han dispuesto los materiales mesozóicos de la Sierra de Cantabria sobre los materiales terciarios de la Cuenca del Ebro mediante un cabalgamiento vergente al S que acumula un desplazamiento mínimo entre 15 y 20 km y un salto vertical de al menos 6 km. (Martínez-Torres, 1993).



Figura 2: Situación del área sobre el contexto geológico regional del País Vasco.

En la Fig. 3 representamos el afloramiento diapírico de Peñacerrada donde podemos apreciar ya la complejidad estructural de la zona y la distribución de los materiales arcillosos de facies Keuper. Se trata de arcillas de colores rojos y verdosos con intercalaciones de evaporitas (principalmente yesos) en las que es frecuente observar pequeños cristales biterminados de cuarzo en su variedad Jacinto de Compostela de tamaños milimétricos. El depósito de estos materiales se produjo, bajo un clima árido, en un ambiente evaporítico restringido tipo sabkha, con intermitentes suministros de agua marina. Dichos materiales se instalaron sobre las estructuras hercínicas en vías de peneplanización, en un contexto distensivo y progresivamente subsidente, con frecuentes manifestaciones ofíticas que testimonian una fracturación del zócalo (Rat, 1983). No obstante, la relación temporal entre el Trias y las ofitas no está bien establecida. Mientras unos abogan por una formación simultánea, otros postulan que las ofitas son posteriores, localizándose en el Trias por ser un nivel de poca resistencia (Walgenwitz, 1976).

En cartografía de detalle (Fig. 4) dicha complejidad se hace patente con la presencia de gran cantidad de fallas de diverso tipo, duplicaciones tectónicas, intrusiones y frentes de cabalgamiento.

Esta figura representa la zona sur del diapiro, donde se sitúa el afloramiento de rocas subvolcánicas basálticas en el que hemos centrado nuestras observaciones. De los dos asomos ofíticos presentes en la cartografía, es el situado más al S el de mayor tamaño. En su zona N se realizaron en la década de los 80 del pasado siglo labores extractivas

para áridos, existiendo ya indicios de actividad anterior (Fig. 5, 1968). Tras permanecer paralizada durante un periodo superior a los 30 años, retomó la actividad en abril de 2010 de la mano de la comercial Ofitas de San Felices, S.A., pudiéndose observar en la ortofoto correspondiente al 2012 de la Fig. 5 el alcance de los trabajos realizados en la zona S del afloramiento a esa fecha.

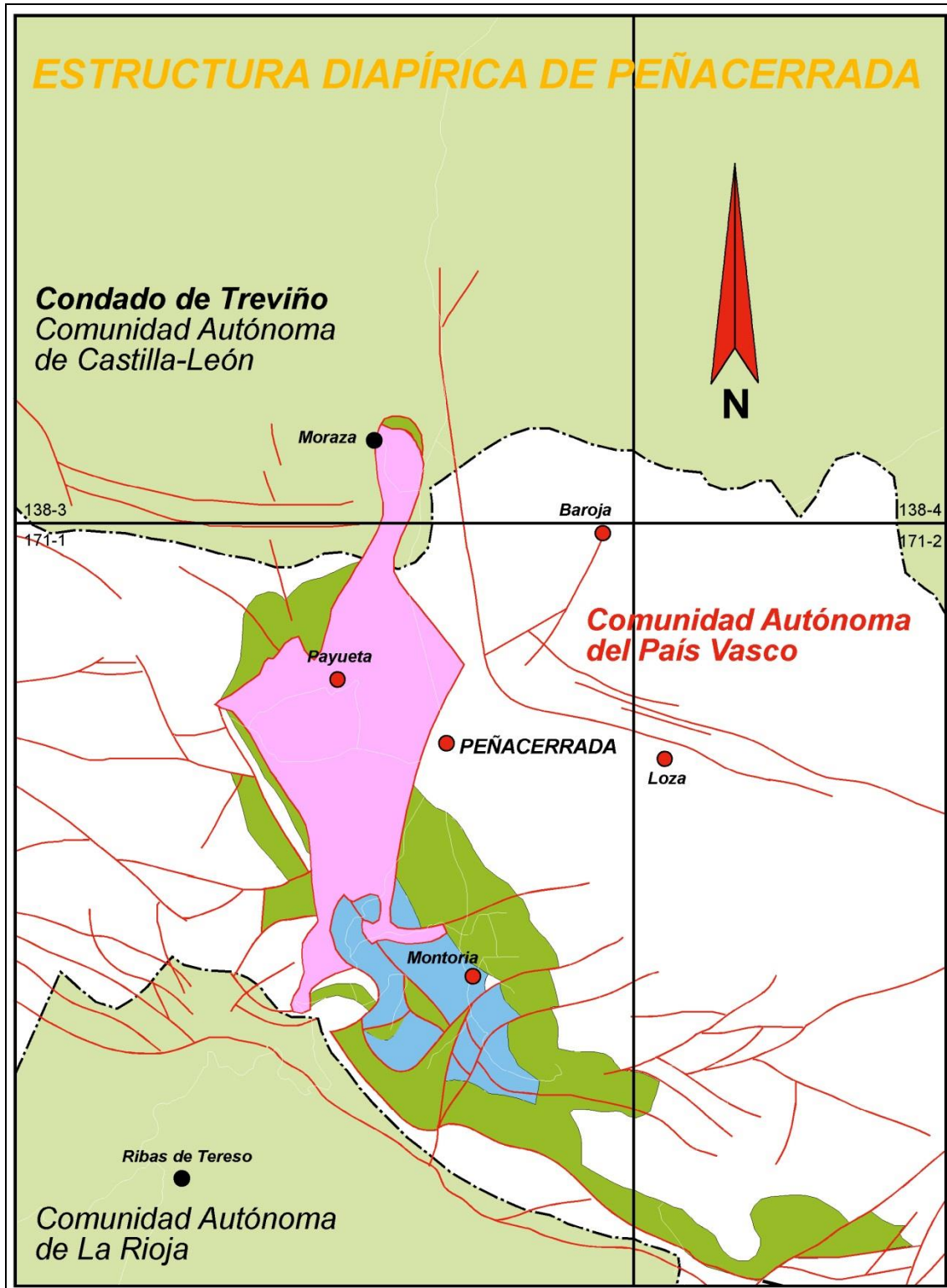


Figura 3

Esquema geológico local del diapir de Peñacerrada (en rosa), y materiales jurásicos (azul) y cretácicos (verde) anexos. En blanco, Cretácico superior indiferenciado.

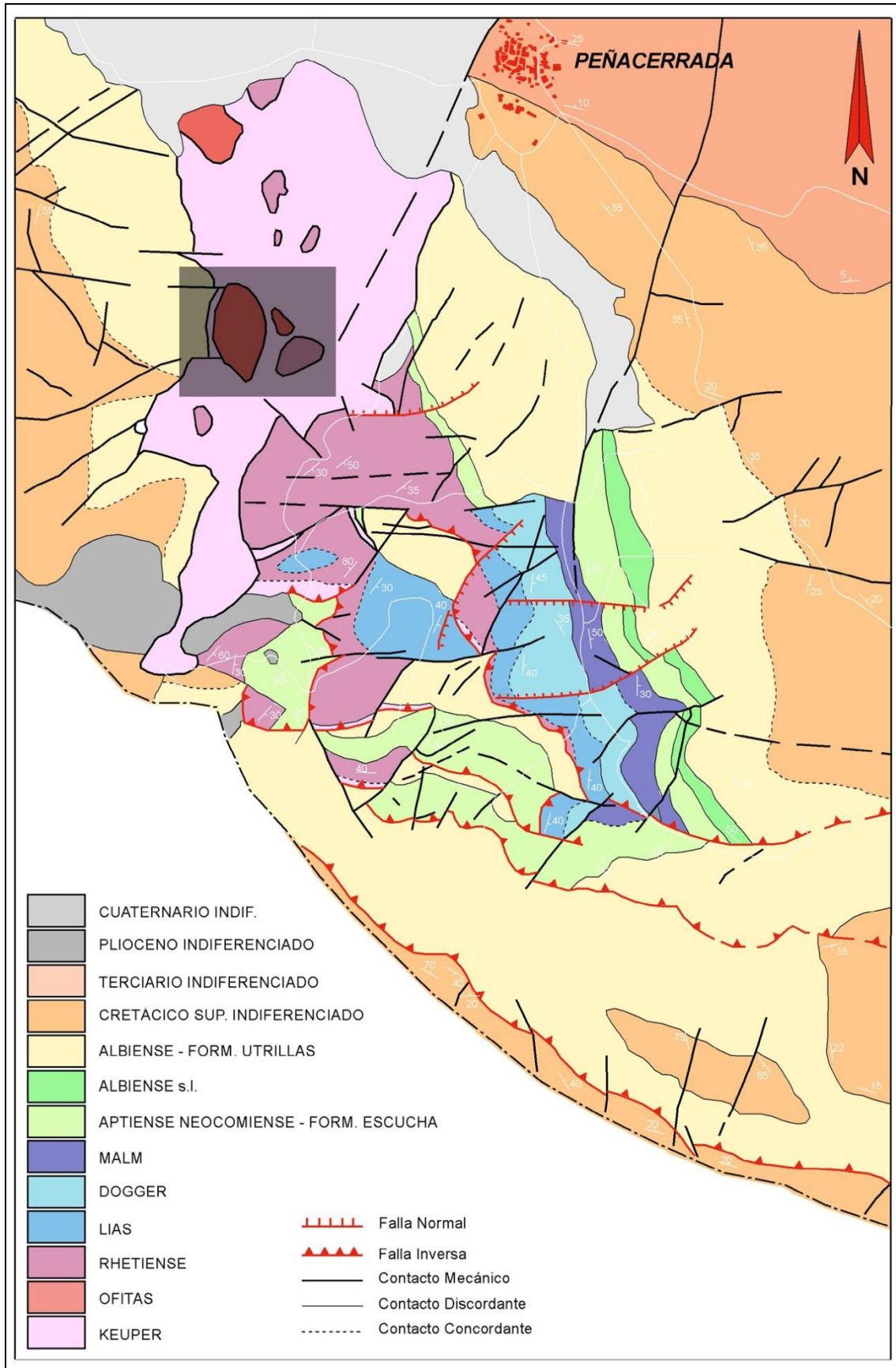


Figura 4

Cartografía de detalle de la zona meridional del Diapiro de Peñacerrada, con posicionamiento de los afloramientos ofíticos y delimitación del área estudiada (Modificado de MARTÍNEZ-TORRES, 2003 para este trabajo).



Figura 5

Evolución de la actividad minera en el afloramiento ofítico, entre los años 1968-2012 (Ortofotos de la Diputación Foral de Álava).

Las figuras 6 a 9 fueron tomadas en 2012 y muestran el aspecto y alcance de las nuevas labores en el flanco S del afloramiento ofítico. La explotación se denomina cantera Santutis y afecta al resalte ofítico denominado cerro Galarreta (803 m). El arroyo Santutis (antes Barranco del Molino) bordea el flanco occidental del cerro dando nombre a este paraje.

Aunque las primeras muestras de rocas ofíticas con presencia de vacuolas de desgasificación fueron detectadas e incorporadas a la colección petrológica del Museo de Ciencias Naturales de Álava en los últimos años de la década de los 80 del pasado siglo, todas ellas procedentes de antiguos acopios de la vieja cantera, no ha sido hasta el arranque de la nueva actividad canteril en la zona cuando se ha procedido a la realización de muestreos sistemáticos.



Figura 6: Aspecto general del flanco sur de la masa ofítica. Sobre los grandes bloques a la derecha de la machacadora observamos el contacto de la masa ofítica con las arcillas versicolores del Keuper (Fot. J. Alonso, 2012).



Figura 7: Contacto con el Keuper en el plano inferior de explotación (Fot. J. Alonso, 2012).



Figura 8

Cordal de la Sierra de Cantabria al sur de la explotación (Fot. J. Alonso, 2012).



Figura 9

Aspecto vacuolar de las ofitas en los bloques del nivel superior de explotación (Fot. J. Alonso, 2012).

Tal como se observa en la Fig. 10, la nueva actividad extractiva ha puesto de manifiesto la existencia de gran cantidad de estas vacuolas en las zonas más superficiales del afloramiento ofítico. Aunque su tamaño oscila entre 1 y 70 mm, el valor medio suele estar comprendido entre los 5 y 10 mm. Aunque su forma general es esférica o subsférica (en vacuolas subdecimétricas), tienden a aplanarse según aumenta su tamaño. En ocasiones se observan agrupaciones de ellas comunicadas por intrincadas superficies y canales.



Figura 10: *Aspecto de bloques y pedriza en frente de nivel superior de explotación (Fot. J. Alonso, 2012).*

MINERALOGÍA DESCRIPTIVA

Aunque en ocasiones las vacuolas se encuentran completamente rellenas de carbonato cálcico, lo más frecuente es que se presenten huecas con sus paredes bellamente tapizadas de infinidad de cristales, entre los que es fácilmente reconocible de visu la presencia de prehnita, epidota, actinolita-tremolita, magnetita, titanita, hematites, pirita, calcita, aragonito y cuarzo fundamentalmente.

SULFUROS

Calcopirita CuFeS

Mucho menos frecuente que la Pirita, a pesar de la presencia de cobre como sustituyente o impureza en muchos de los minerales presentes en las ofitas, como es el caso de la Augita o la Prehnita. Aparece en granos, pequeños crecimientos masivos o cristales muy pequeños.

Pirita FeS_2

El sulfuro más frecuente en las vacuolas mineralizadas de las ofitas de Peñacerrada. Forma cristales cubooctaédricos, a veces mostrando combinaciones más complejas, con estriados característicos y ocasionalmente con una capa superficial de óxido o limonitizados (Fig. 11), incluso totalmente, formando pseudomorfosis de goethita tras pirita.



Figura 11: *Cristal de Pirita de 1 mm con Calcita. Ejemplar MCNA 13851 (Fot. C. Menor-Salván).*

Ocasionalmente, los cristales de Pirita han sufrido procesos de redisolución posterior, apareciendo corroídos o parcialmente disueltos, revelando las líneas de crecimiento de los cristales (Fig. 12).



Figura 12: Cristales corroídos de Pirita de 1 mm. Ejemplar MCNA 14156 (Fot. C. Menor-Salván).

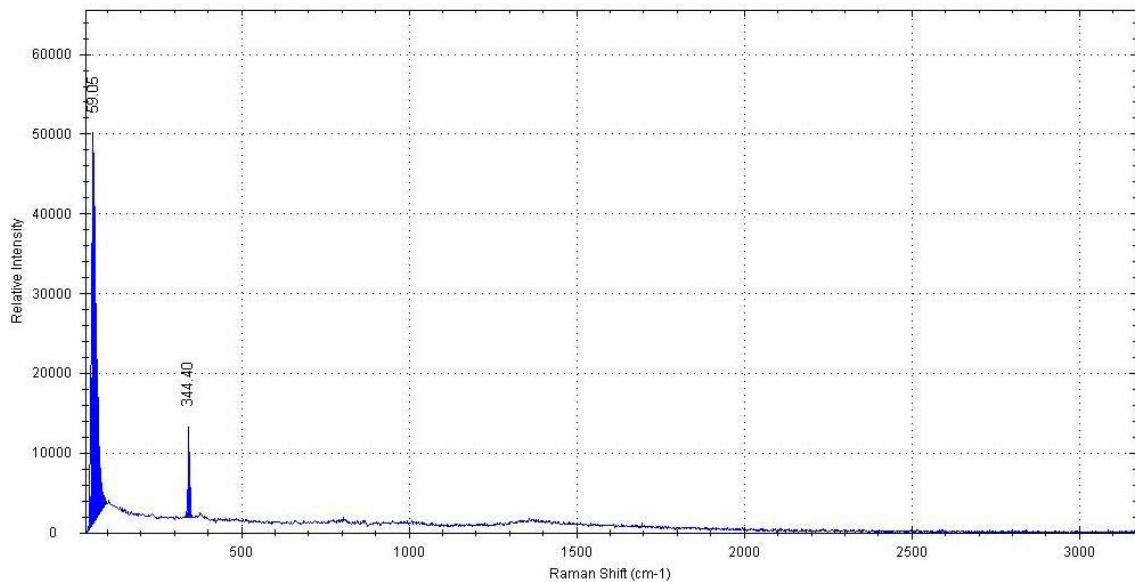


Figura 13: Espectro Raman, característico de Pirita, del cristal de sulfuro en el ejemplar MCNA 13851.

OXIDOS

Cuarzo SiO_2

Presente en prácticamente todas las muestras, ocasionalmente resulta significativo al presentarse cristales en forma de maclas según la ley del Japón. En general forma cristales idiomorfos, crecimientos cristalinos subeuhedrales, masas esferoidales

criptocristalinas y recubrimientos sobre minerales previos. Se han observado ocasionalmente costras de cuarzo manteniendo la forma de cristales de un mineral previo, disuelto durante alteraciones posteriores.



Figura 14: Grupo de cuarzos con prehnita salpicados de óxidos de hierro. Encuadre 3 mm. Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14055.

Hematites Fe_2O_3

Es relativamente frecuente en las vacuolas mineralizadas, en forma de cristales tabulares de color negro y brillo metálico. También se observa con frecuencia en forma de inclusiones en cuarzo.

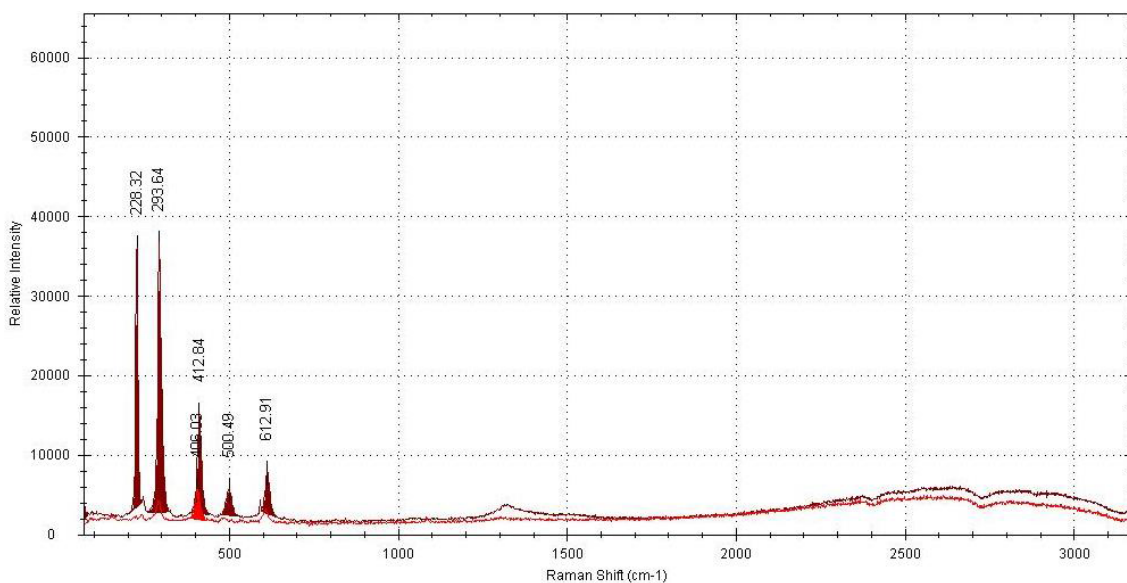


Figura 15: Espectro Raman del Hematites presente en la muestra MCNA 13994.



Figura 16: *Hematites* variedad *oligisto*. Detalle del ejemplar anterior. Encuadre 3,8 mm. Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13931.

Ocasionalmente, el Hematites forma agrupaciones de cristales tabulares muy finos, de color negro rojizo y brillo metálico o acharolado (Fig. 17), o como agrupaciones de pequeños cristales tabulares de intenso color rojo (Fig 18).



Figura 17 (izquierda): *Hematites* sobre *aragonito*. Encuadre 2 mm.
Figura 18 (derecha): *Hematites* sobre filamento de *actinolita-tremolita*. Encuadre 2 mm.

Goethita $\text{FeO}(\text{OH})$

Este óxido aparece como producto de alteración final de minerales previos, como la Pirita o Hematites. Se observa en forma pulverulenta o granular, de colores amarillo u ocre, así como recubrimientos en cristales de Hematites y pseudomorfizando cristales de Pirita.



Figura 19: Vacuola con cuarzos recubiertos de goethita. Encuadre 13 mm.

Ilmenita FeTiO_3

Además de ser un componente de la roca, en las vacuolas mineralizadas la Ilmenita se observa con frecuencia en forma de cristales bien formados, de color negro grisáceo a negro metálico.

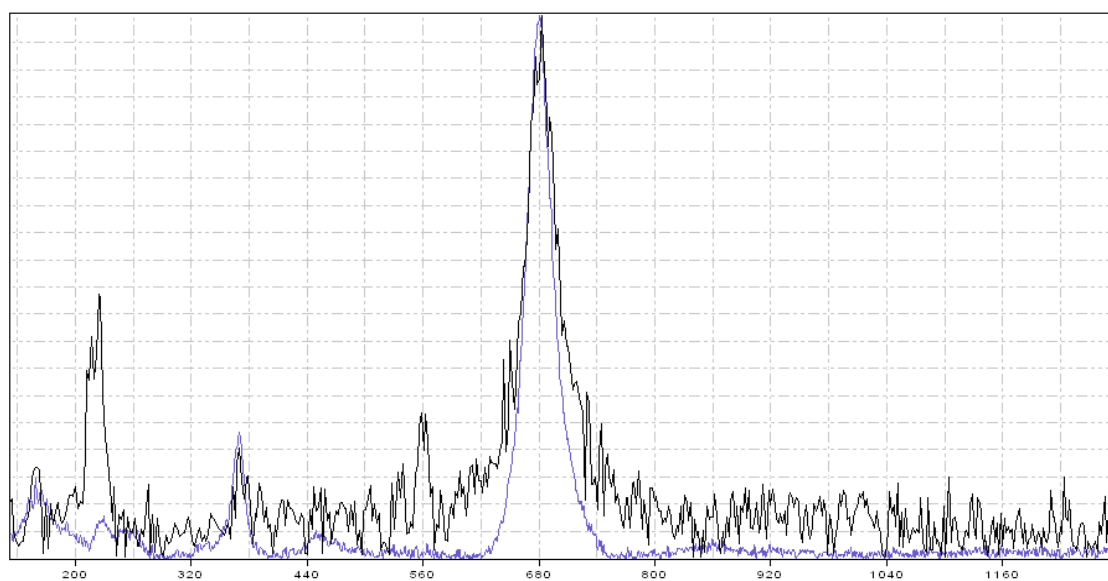


Figura 20: Análisis de un cristal de Ilmenita en la muestra MCNA 13994, mostrando además de las bandas características que identifican al mineral (en azul), bandas de óxido de hierro, probablemente por alteración posterior.

Los cristales observados son romboédricos modificados, con formas complejas, así como tabulares gruesos, con contorno hexagonal y que pueden confundirse fácilmente con Hematites.



Figura 21 (izquierda): Cuarzo con dos cristales de ilmenita y pequeña roseta de epidota. Encuadre 2 mm. Ejemplar MCNA 13994.

Figura 24 (derecha): Cristales de Ilmenita. Encuadre 0,3 mm. Ejemplar MCNA 14651.

Magnetita $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$

Se observan cristales de Magnetita con formas de dodecaedros modificados y octaedros implantados en la matriz, así como posibles pseudomorfos tras Hematites o Pirita. De color negro e intenso brillo metálico. El análisis revela la asociación íntima con Hematites, indicando una posible transformación parcial.



Figura 22: Magnetita. Encuadre 2,6 mm. Ejemplar MCNA 14108.



Figura 23: Magnetita. Encuadre 5,25 mm. Ejemplar MCNA 14077.

Rutilo TiO_2

Ocasionalmente, se identifica en forma de cristales de color negro y brillo submetálico, de tamaño submilimétrico.

CARBONATOS

Aragonito CaCO_3

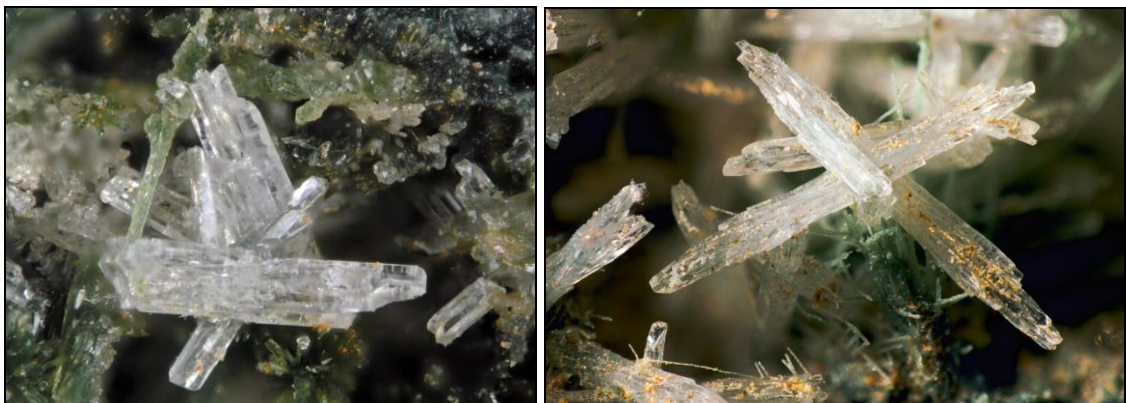


Figura 25 (izquierda): Aragonito y pequeños grupos de cristales de Augita. FOV 1 cm. Ejemplar MCNA 13844. (Fot. C. Menor-Salván).

Figura 26 (derecha): Aragonito. Encuadre 6,3 mm. Ejemplar MCNA 14047.

El menos abundante de los polimorfos del carbonato cálcico, el aragonito se presenta en las ofitas de Peñacerrada usualmente en forma de cristales prismáticos aplanados,

aislados elongados en [100], en crecimientos radiales y en grupos de cristales aciculares. Su identidad ha sido confirmada mediante espectroscopía Raman.

El aragonito es un mineral tardío y posiblemente se ha formado en las últimas fases de alteración de la ofita o en procesos de meteorización posterior.

Calcita CaCO_3

Los carbonatos cálcicos y magnésicos (aragonito, calcita, dolomita y magnesita) son productos de alteración hidrotermal y de meteorización muy habituales en rocas máficas. La Calcita es el carbonato más abundante en las ofitas de Peñacerrada y, junto con la Prehnita, el mineral más común en las cavidades amigdaloides y vacuolas de la ofita.

Se presenta en múltiples hábitos: escalenoedros, romboedros ocasionalmente con evidencias de corrosión y recristalización, cristales romboédricos deformados que pueden confundirse con fluorita y crecimientos pseudo hexagonales. Son muy frecuentes los cristales formados por una agrupación paralela de escalenoedros muy finos, que les da la apariencia de un romboedro parcialmente disuelto.



Figura 27: *Aspecto típico de la calcita en las ofitas estudiadas: agrupación paralela de cristales escalenoédricos. Este tipo de ejemplares puede confundirse fácilmente con Aragonito. En la foto junto con pirita. Ejemplar MCNA 14079.*

El estudio Raman muestra que es ocasionalmente magnésica, basándose en los desplazamientos de las bandas de 1082 cm^{-1} , característica del stretching del carbonato en la calcita hacia frecuencias próximas a 1090 cm^{-1} , así como el desplazamiento de las bandas de baja frecuencia, de vibración de la red cristalina.

La distinción entre los dos carbonatos identificados en las vacuolas de las ofitas de Peñacerrada es posible sin alteración de las muestras, utilizando espectroscopía Raman. En la Fig. 29, se muestra el espectro de los carbonatos en la muestra MCNA 13852.



Figura 30: Romboedro corroído de calcita, con cuarzo y cloritas. Ejemplar MCNA 14091.

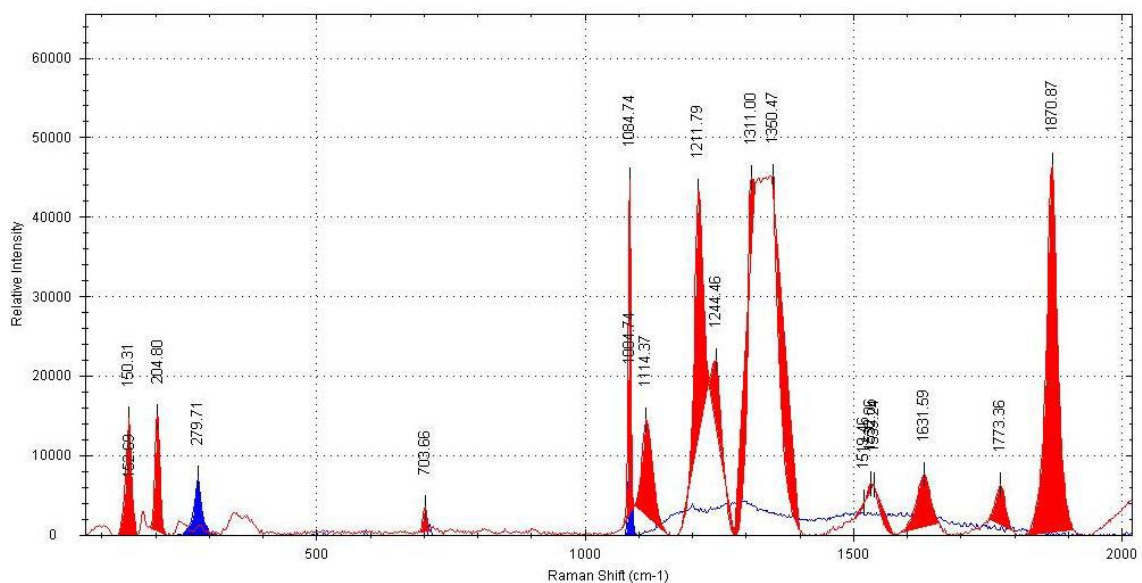


Figura 29: Espectro Raman de los carbonatos presente en la muestra MCNA 13852.

En rojo, los cristales de Aragonito, formando los cristales prismáticos elongados en [100], típicos de la especie, incoloros y transparentes. Muestran intensas bandas de fotoluminiscencia, típicas de Aragonito. En azul, Calcita, formando grupos cristalinos y romboedros muy redondeados, de color amarillo anaranjado. Si bien la vibración principal correspondiente al carbonato se manifiesta en el mismo desplazamiento Raman, una de las bandas principales debidas a la vibración de la red cristalina es diagnóstica de ambas especies (204 cm^{-1} en Aragonito y 279 cm^{-1} en Calcita), además de la baja fotoluminiscencia de la Calcita respecto al Aragonito.



Figura 31: *Crecimientos de Calcita. Ejemplar MCNA 14095.*

SILICATOS

Augita (Ca, Na) (Mg, Fe²⁺, Al, Fe³⁺, Ti) [(Si, Al)₂O₆]

La Augita es un mineral perteneciente al grupo de los clinopiroxenos y es uno de los minerales más frecuentes en las vacuolas de las ofitas de Peñacerrada, además de constituir uno de los componentes de la roca. La Augita se muestra en las vacuolas de las ofitas en prácticamente todos los hábitos y morfologías de la especie, desde cristales idiomorfos de color marrón oscuro hasta grupos radiales y abanicos de cristales prismáticos de color verde con caras terminales visibles o bien en forma de cristales de hábito bacilar o aciculares, en ocasiones recubiertos de Prehnita o sílice. También forman tapices formados por la agrupación desordenada de cristales, sobre los cuales se implantan grupos de Prehnita, cloritas u otros minerales secundarios.



Figura 32 (izquierda): *Cristales de Augita de color pardo rojizo y aspecto tabular. Encuadre 4.3 mm. Ejemplar MCNA 14651.*

Figura 33 (derecha): *Cristales de Augita de color verde y aspecto prismático. Encuadre 3 mm. Ejemplar MCNA 14058.*

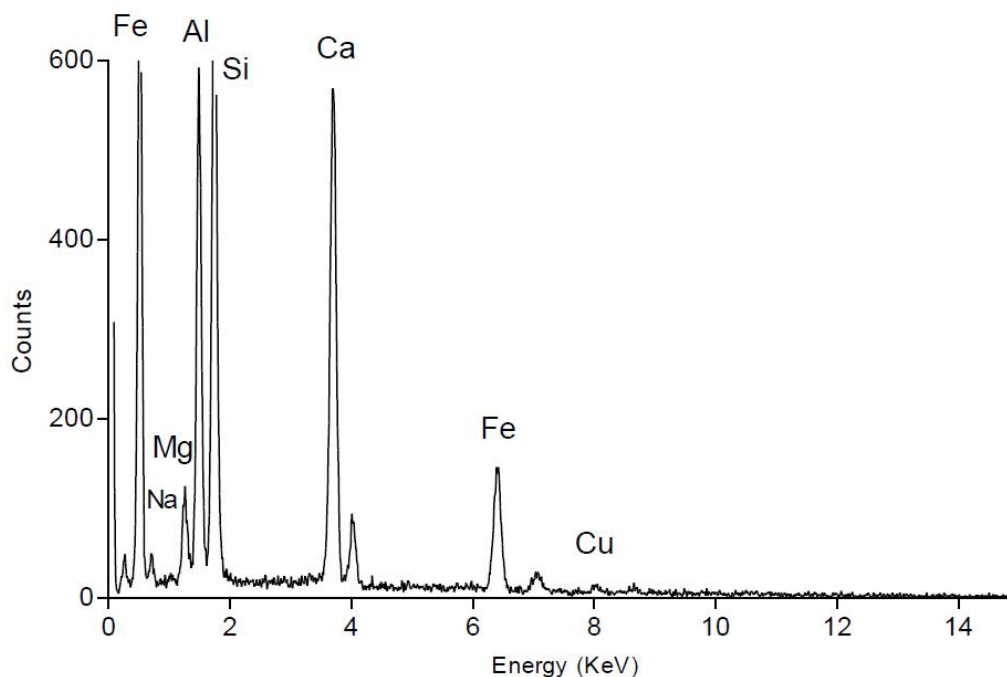


Figura 34: Espectro EDS de la Augita de Peñacerrada.

El análisis de la Augita de Peñacerrada revela un cierto grado de sustitución por cobre, que llega a superar el 1%. La presencia de cobre es común en las vacuolas de las ofitas de Peñacerrada, confiriendo los tonos verdes a la Prehnita y apareciendo como Calcopirita.

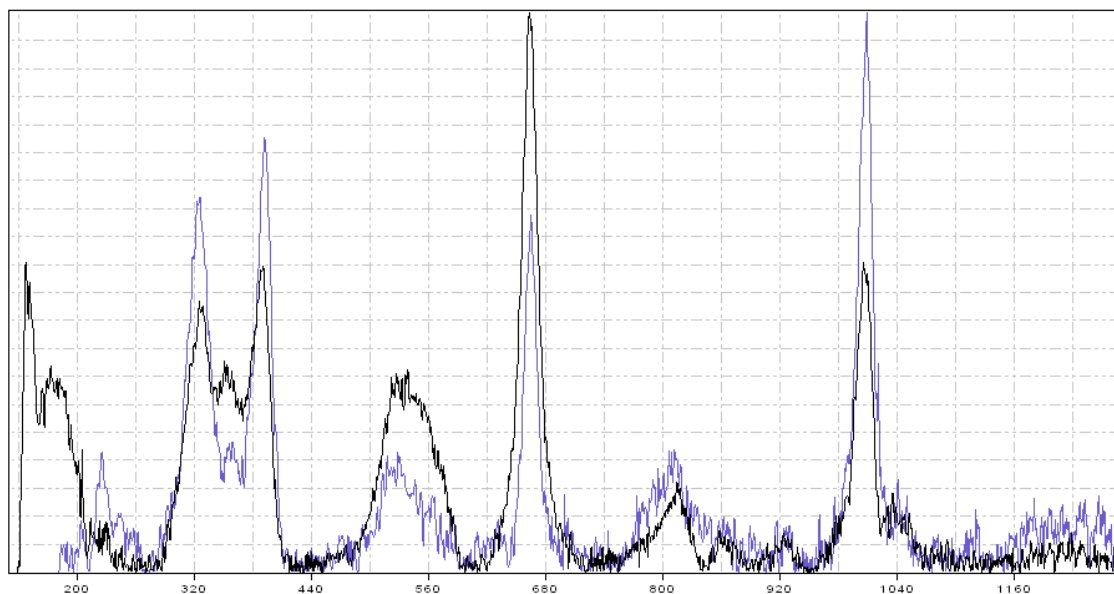


Figura 35: Confirmación de la identidad de la Augita mediante espectroscopía Raman (en azul, patrón de Augita según la base de datos Ruff).

Dióxido $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ – Hedenbergita $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$

Mineral del grupo de los clinopiroxenos, componente de la ofita y que ocasionalmente se presenta en forma de cristales idiomorfos en las vacuolas. Los cristales son prismáticos, a veces aplanados asemejando cristales tabulares, y de color desde blanco, formando cristales de tamaño submilimétrico, hasta verde oscuro o marrón casi negro.



Figura 36: Cristales de Diópsido-Hedenbergita en el ejemplar MCNA 14652. FOV 12.5 mm.

El Diópsido forma una serie con la Hedenbergita, según su contenido en hierro. En Peñacerrada se observan intermedios de la serie, aunque prevalece el extremo Diópsido.

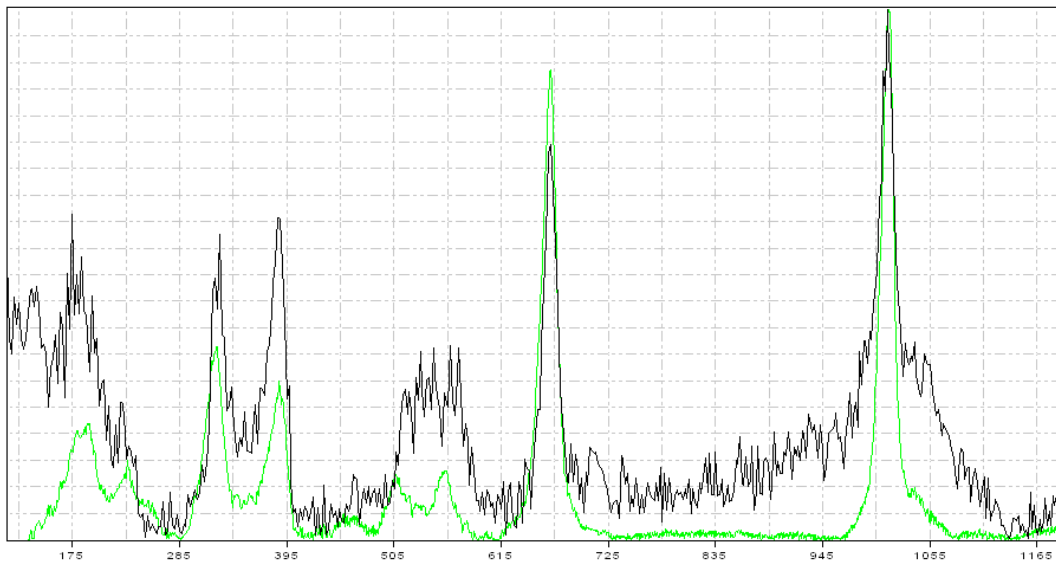


Figura 37: Identificación, mediante espectroscopía Raman, del Diópsido de Peñacerrada (línea amarilla: patrón de referencia de Diópsido).

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

La Prehnita fue descrita por primera vez en las doleritas de Karoo (Sudáfrica) en 1788 por el mineralogista y pionero de la Geología moderna alemán Abraham Gottlieb Werner. Es un mineral secundario típico en rocas volcánicas máficas. Se forma por alteración hidrotermal a baja temperatura y, en las ofitas de Peñacerrada, aparece asociada ocasionalmente con pumpellyita, indicativo de la alteración hidrotermal o metamorfismo de grado muy bajo.

Constituye el mineral más frecuente y llamativo dentro de la paragénesis secundaria de las ofitas de Peñacerrada. Forma frecuentes y muy bellas cristalizaciones en cavidades de la ofita y se encuentra en prácticamente todos los hábitos posibles para el mineral: en forma de grupos esferoidales formados por crecimientos radiales de cristales, ocasionalmente en forma de cristales euhedrales bien definidos y frecuentemente en forma de grupos subparalelos de cristales tabulares con las caras {001} bien desarrolladas. También se encuentra en forma de crecimientos botroidales, recubrimientos y reemplazamientos, que hacen que el mineral adopte morfologías variadas. El color varía desde el incoloro o blanco al verde y marrón.



Figura 38: Grupo de cristales de Prehnita. Campo de visión 6.1 mm. Ejemplar MCNA 13878.

La determinación de la Prehnita se ha llevado a cabo mediante espectroscopía Raman con excitación láser a una longitud de onda de 785 nm. Se han analizado un total de 100 cristales y crecimientos de mineral, cubriendo todos los posibles hábitos, encontrándose en todos los casos el mismo espectro, con pequeñas variaciones de intensidad o desplazamientos. Se han observado un total de 35 picos en el espectro, caracterizado por dos picos principales a 522 y 390 cm^{-1} , diagnósticos de Prehnita y debidos a modos vibracionales debidos al calcio presente en la estructura y vibraciones de la celda cristalina. La frecuencia principal de 522 cm^{-1} es inferior a la frecuencia esperable teniendo en cuenta una red cristalina sin sustitución del aluminio, lo que indica un cierto grado de sustitución con hierro, en especial en los ejemplares más coloreados. Se observan bandas en torno a 1000 cm^{-1} , representativas de las vibraciones de stretching tetraédrico y flexión de estructuras Si-O y Al-O, complementaria con una banda de stretching octaédrico que se observa a 600 cm^{-1} . Todas las bandas observadas pueden ser explicadas con la estructura de la prehnita, lo que indica que el mineral se presenta puro y la identificación carece de ambigüedad.

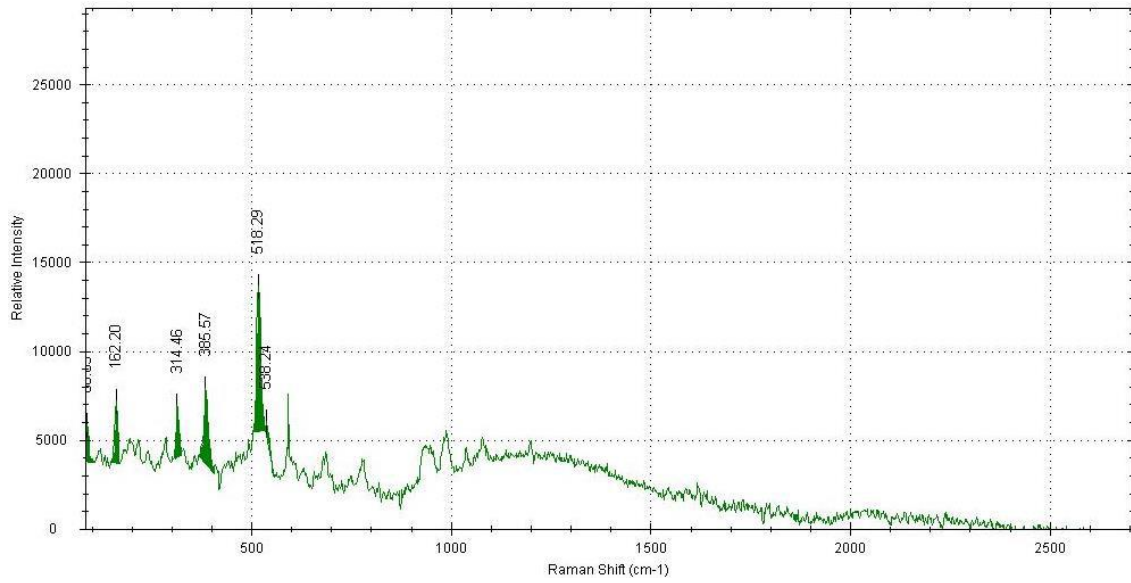


Figura 39: *Espectro Raman en baja frecuencia de la Prehnita de las ofitas de Peñacerrada.*

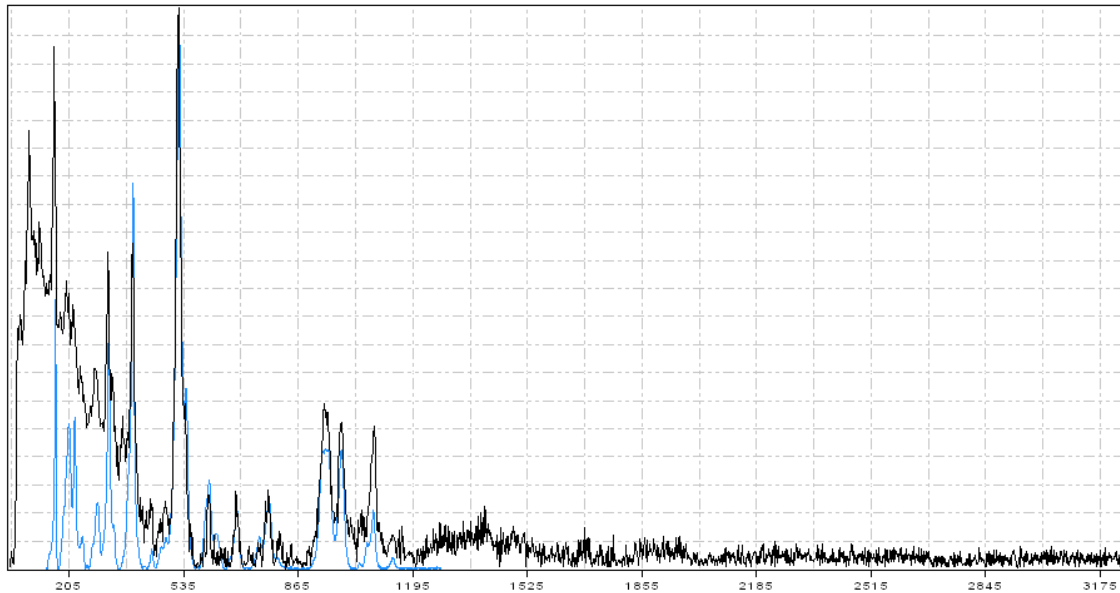


Figura 40: *Análisis de los cristales observados en el ejemplar MCNA 14655 y comparación con un patrón autenticado de Prehnita.*



Figura 40 (izquierda): *Prehnita. Encuadre 8 mm. Ejemplar MCNA 14096.*

Figura 41 (derecha): *Prehnita. Encuadre 11 mm. Ejemplar MCNA 14083.*



Figura 42: *Ejemplar MCNA 14084, mostrando crecimientos paralelos o subparalelos de cristales tabulares de Prehnita.*

Titanita $\text{CaTi}(\text{SiO}_4)\text{O}$

Se observa con frecuencia en las vacuolas mineralizadas en forma de cristales de colores amarillo anaranjado, brillantes y bien formados, con tamaños que pueden alcanzar varios milímetros. Presentan morfologías típicas de la especie, como cristales lenticulares y prismáticos de forma {111}.



Figura 43: *Titanita en el ejemplar MCNA 14656.*

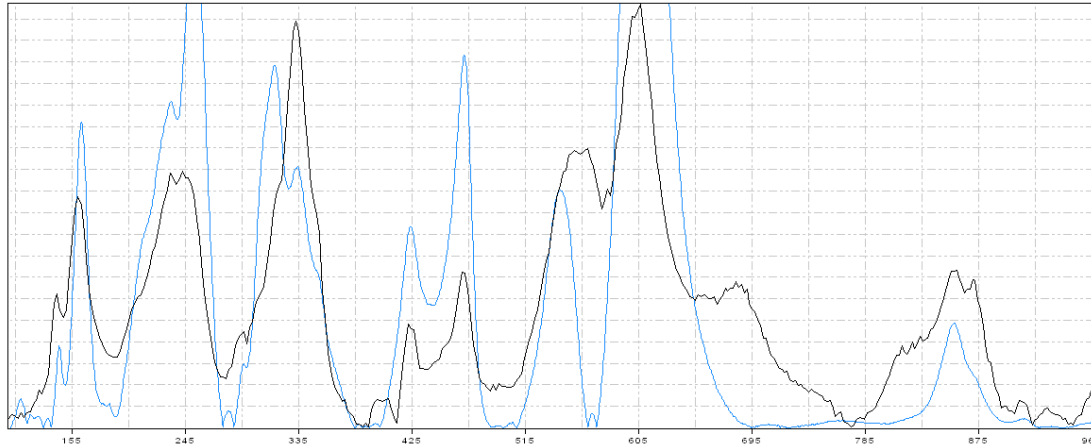


Figura 44: Identificación de la Titanita de Peñacerrada (línea azul: patrón autenticado) mediante espectroscopía Raman. Ejemplar MCNA 14656.

La Titanita aparece asociada sobre todo a Cuarzo y a grupos de cristales de Augita. La identificación se basa en el análisis del espectro Raman y de fotoluminiscencia, característico del mineral.

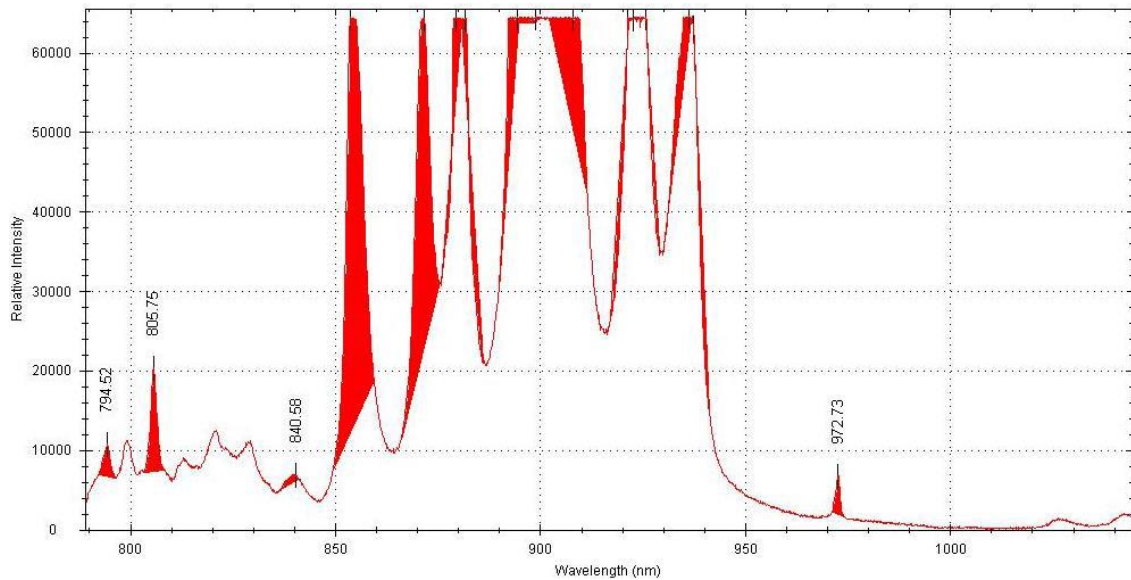


Figura 45: Espectro de fotoluminiscencia de la Titanita (ejemplar MCNA 14077).



Figura 46 (izquierda): Titanita. Ejemplar MCNA 14077. (Fot. C. Menor-Salván).

Figura 47 (derecha): Titanita. Encuadre 0,9 mm. Ejemplar MCNA 14145.

Otros silicatos

Además de las especies anteriormente descritas, en las vacuolas de las ofitas de Peñacerrada se observan otras especies que, debido a su rareza o características, no constituyen elementos significativos en los ejemplares estudiados. Estas incluyen silicatos del grupo de las cloritas, que aparecen en pequeños grupos esferoidales de cristales tabulares muy alterados. También se observan esmectitas, producto de la alteración supergénica de materiales previos, en forma pulverulenta o como costras cristalinas o esférulas de pequeño tamaño.

Con más frecuencia, se identifica Actinolita, en forma de cristales aciculares muy finos, normalmente recubiertos de Prehnita, sílice amorfa o Cuarzo criptocristalino. También se observan ocasionalmente cristales prismáticos alargados, de tamaño muy pequeño, blancos y muy brillantes de la zeolita Natrolita.

NOTAS

Todas las identificaciones efectuadas mediante espectroscopía Raman han sido realizadas por los autores en base a patrones propios autenticados, salvo indicación al respecto.

REFERENCIAS

- MARTÍNEZ-TORRES, L.M. (1993) Corte balanceado de la Sierra Cantabria (cabalgamiento de la Cuenca Vasco-Cantábrica sobre la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, **13**: 113-115.
- MARTÍNEZ-TORRES, L.M. (2003) Cartografía geológica de la estructura de Montoria (Sierra Cantabria, Cuenca Vasco-Cantábrica. Anexo a: *Est. Mus. Cienc. Nat. De Álava*, **18** (Núm. Especial 1).
- MORATA, D.; PUGA, E.; DEMANT, A. & AGUIRRE, L. (1997) Geochemistry and tectonic setting of the ophites from the external zones of the Betic Cordilleras (Spain). *Est. Geol.*, **120**: 107–120.
- NAVARRO, R.V. & IMAZ, A.G. (2000) Triassic tholeiitic dolerites («ophites») of the el grado diapir (Pyrenees, Huesca, Spain): emplacement and composition, *Est. Geol.*, **18**: 3–18.
- PALERO, F. & CALVO, M. (2005) Las Prehnitas de Carchelejo (Jaén). *Bocamina*, **16**: 12-25.
- RAMÍREZ DEL POZO (1971) Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica). *Mem. del Inst. Geol. Min. de España*, **78** (en 3 vol.). Madrid.
- RAT, P. (1983) Les régions Basco-Cantabriques et Nord-Ibériques. In: Vue sur le Crétacé Basco-Cantabrique et Nord-Ibérique. *Memoires Géologiques de l'Université de Dijon*, **9**: 1-18.
- WALGENWITZ, F. (1976) *Etude pétrologique des roches intrusives triasiques, des écalles du socle profond et des gîtes de chlorite de la région d'Elizondo (Navarra española)*. Thèse de la Faculté des sciences et des Techniques de l'Université de Berangon. 72 pp.

SUMARIO DE MUESTRAS ANALIZADAS

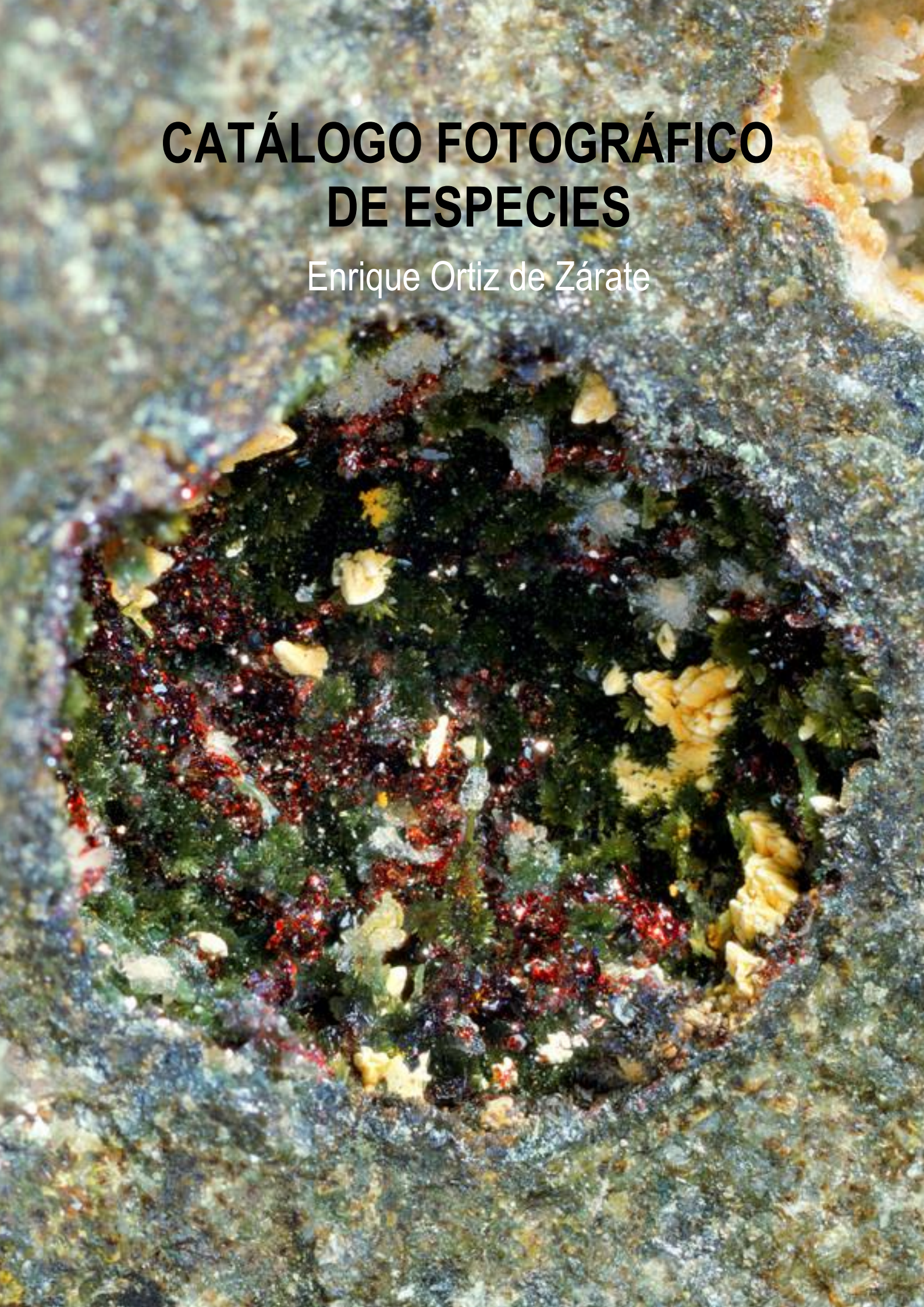
#	Nº Catálogo MCNA	Especies principales observadas
1	13844	Aragonito, Augita
2	13846	Hematites
3	13848	Prehnita. Ejemplar significativo.
4	13849	Hematites, Calcita, Augita
5	13850	Prehnita
6	13851	Pirita, Calcita
7	13852	Aragonito, Calcita
8	13856	Prehnita, Calcita, Hematites
9	13854	Pirita (parcialmente limonitizada)
10	13864	Prehnita, Rutilo
11	13878	Prehnita y esférulas de calcita
12	13880	Prehnita
13	13886	Prehnita
14	13889	Calcita
15	13890	Augita, Prehnita
16	13893	Prehnita, Hematites
17	13897	Calcita, Aragonito
18	13904	Augita
19	13906	Augita
20	13914	Prehnita
21	13915	Diopsido, Pirita
22	13917	Prehnita
23	13923	Prehnita
24	13936	Prehnita
25	13938	Prehnita
26	13940	Calcita
27	13944	Prehnita, Augita, Pirita
28	13993	Magnetita
29	13994	Hematites, Pirita, Magnetita, Ilmenita
30	14033	Cuarzo en maclas (ley del Japon)
31	14036	Pirita, Augita

32	14039	Prehnita
33	14047	Aragonito
34	14048	Calcita
35	14049	Pirita
36	14056	Augita
37	14074	Calcita, Augita, Diópsido.
38	14077	Magnetita y Titanita (cristales bien formados). Ejemplar significativo.
39	14079	Calcita
40	14081	Prehnita. Ejemplar significativo.
41	14082	Prehnita. Pequeños cristales de Titanita.
42	14083	Prehnita
43	14084	Prehnita
44	14087	Hematites, Calcita
45	14088	Aragonito (muy bello). Esférulas silíceas.
46	14091	Calcita
47	14095	Pirita, Calcita y Aragonito.
48	14096	Prehnita. Buena pureza y cristalinidad.
49	14106	Prehnita
50	14110	Filamentos recubiertos de Prehnita.
51	14111	Aragonito
52	14112	Aragonito, Calcita
53	14114	Calcita (no confundir este tipo de morfología con Aragonito)
54	14123	Pirita
55	14137	Calcita
56	14138	Calcita
57	14147	Calcita (hábito curioso) y aragonito.
58	14154	Prehnita
59	14156	Pirita
60	14158	Aragonito, Calcita
61	14160	Prehnita
62	14161	Prehnita
63	14167	Prehnita
64	14648	Ilmenita, Titanita
65	14650	Hematites

66	14651	Augita, Diópsido, Ilmenita
67	14652	Serie Diópsido-Hedenbergita
68	14655	Prehnita. Cristales individuales.
69	14656	Titanita
70	14658	Aragonito
71	14659	Rosas de Hematites
72	14660	Hematites
73	14662	Ilmenita
74	14663	Prehnita, pequeño cristal de Magnetita
75	14702	Calcita
76	14703	Cuarzo
77	14791	Titanita, Diópsido-Hedenbergita

CATÁLOGO FOTOGRÁFICO DE ESPECIES

Enrique Ortiz de Zárate





*Filamentos de actinolita-tremolita con aragonito y prehnita. Encuadre 7 mm.
Naturales de Álava MCNA 14106.*



*Actinolita-tremolita en vacuola, con cristal de magnetita en zona inferior derecha de la imagen. Encuadre 11,2 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13927.*



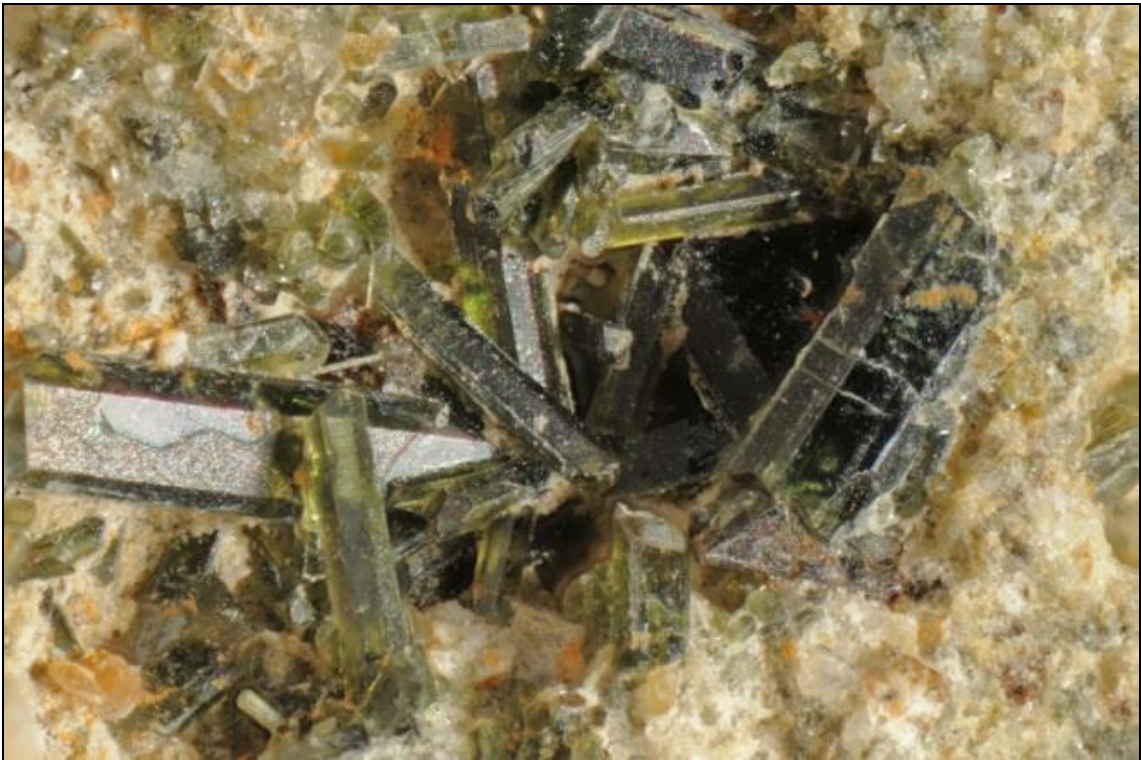
Augita. Encuadre 4,3 mm. Col.
Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14651.



Augita. Encuadre 4,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14651.



Cristales de Augita de color verde y aspecto prismático. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14058.



Cristales de Augita de color verde y aspecto prismático. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14058.



*Cristales de Augita de color verde y aspecto prismático. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14058.*



*Magnetita sobre diopsido-hedenbergita. Encuadre 4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14055.*



Magnetita sobre diopsido-hedenbergita. Encuadre 4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14055.



*Vacuola con cristales de diopsido-hedenbergita y pirita, cuarzo y prehnita.
Encuadre 8,3 mm.*

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14652.



Prehnita. Encuadre 4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13923.



Prehnita. Encuadre 6,1 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13850.



Prehnita. Encuadre 4,6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13848.



Prehnita. Encuadre 11 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13850.



Prehnita. Encuadre 13 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13917.



Prehnita. Encuadre 13 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13917.



Prehnita. Encuadre 8,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13878.



Prehnita. Encuadre 6,1 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13878.



Prehnita. Encuadre 8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14083.



Prehnita. Encuadre 11 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14083.



Prehnita. Encuadre 35 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14084.



Prehnita. Encuadre 8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14096.



Prehnita. Encuadre 16 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14081.



Prehnita. Encuadre 8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14081.



Prehnita. Encuadre 2,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13878.



Prehnita. Encuadre 2,6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13866.



*Titanita con cuarzo. Encuadre 4,25 mm.
Col. Enrique Ortiz de Zárate G 0099.*



*Titanita con cuarzo. Encuadre 4,25 mm.
Col. Enrique Ortiz de Zárate G 0099.*



Titanita con cuarzo. Encuadre 5,3 mm.
Col. Enrique Ortiz de Zárate G 0099.



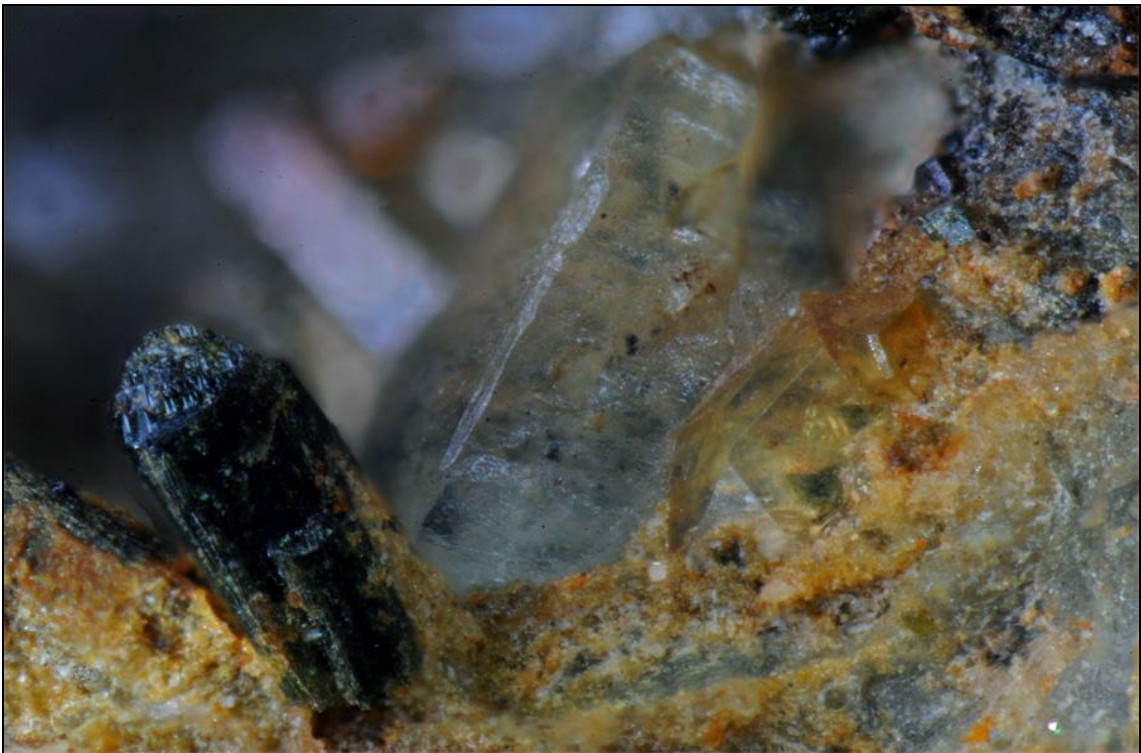
Titanita con cuarzo. Encuadre 11,2 mm.
Col. Enrique Ortiz de Zárate G 0099.



Titanita con augita y cuarzo. Encuadre 1 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita con augita y cuarzo. Encuadre 2,4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita con augita y cuarzo. Encuadre 2 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita y augita. Encuadre 1,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita y augita. Encuadre 1 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita y augita. Encuadre 1,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita y augita. Encuadre 4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



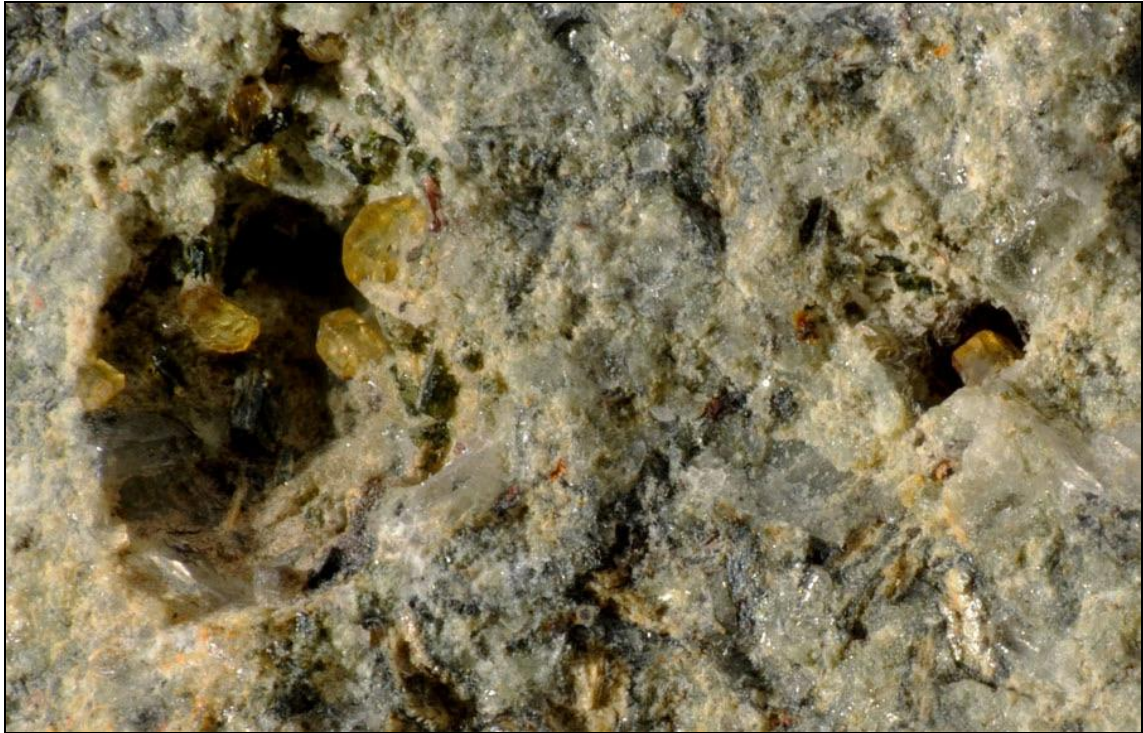
Titanita y augita. Encuadre 4,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita. Encuadre 0,9 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita y augita. Encuadre 11 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita. Encuadre 6,4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Titanita y augita. Encuadre 6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14145.



Cristales de ilmenita. Encuadre 2 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14662.



*Cuarzo con dos cristales de ilmenita. Encuadre 2,4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13994.*



*Cristal de ilmenita con prehnita, cuarzo y actinolita-tremolita. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13996.*



*Cuarzo con dos cristales de ilmenita y roseta de epidota.
Encuadre 1,9 mm.*

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13994.



Cristales de ilmenita. Encuadre 4,25 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14648.



Cristales de ilmenita. Encuadre 1,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14648.



Cristales de ilmenita. Encuadre 0,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14651.



Hematites variedad oligisto. Encuadre 12,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13931.



*Hematites variedad oligisto. Detalle del ejemplar anterior. Encuadre 3,8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13931.*



*Hematites con prehnita y cuarzo. Encuadre 6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13931.*



Hematites. Encuadre 3,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14092.



Hematites sobre aragonito. Encuadre 2 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14053.



*Hematites, prehnita y epidota sobre filamento de actinolita-tremolita.
Encuadre 2 mm.*

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13875.



Pirita, aragonito y actinolita-tremolita. Encuadre 5,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14094.



Pirita. Encuadre 13 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13924.



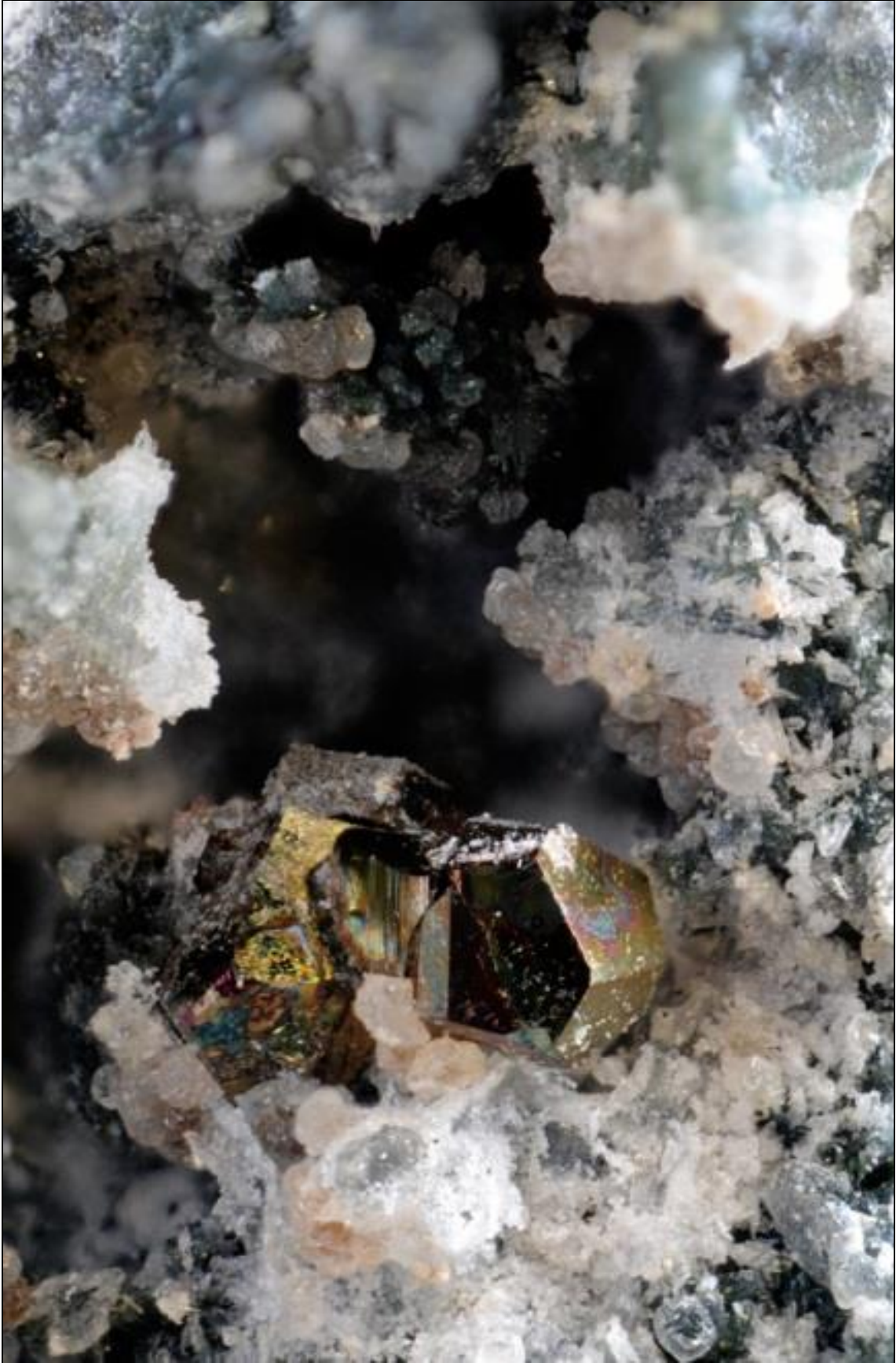
Pirita y prehnita. Encuadre 4,1 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13890.



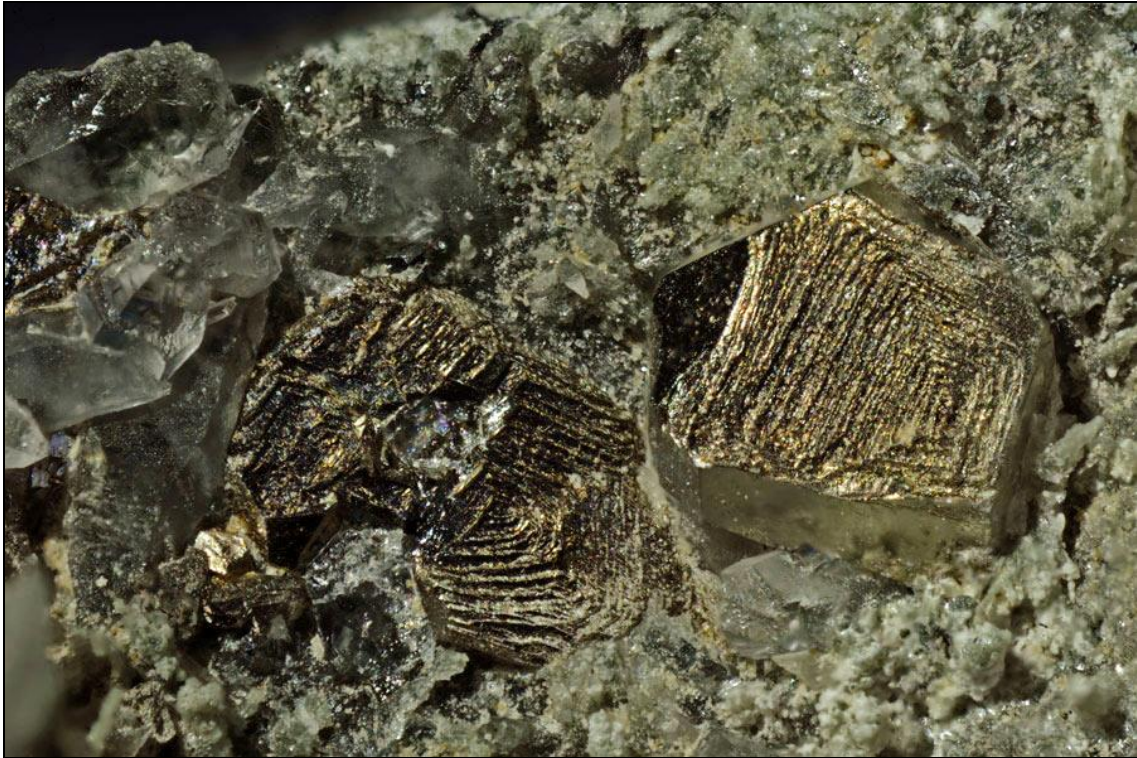
Pirita y prehnita. Encuadre 5,4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13918.



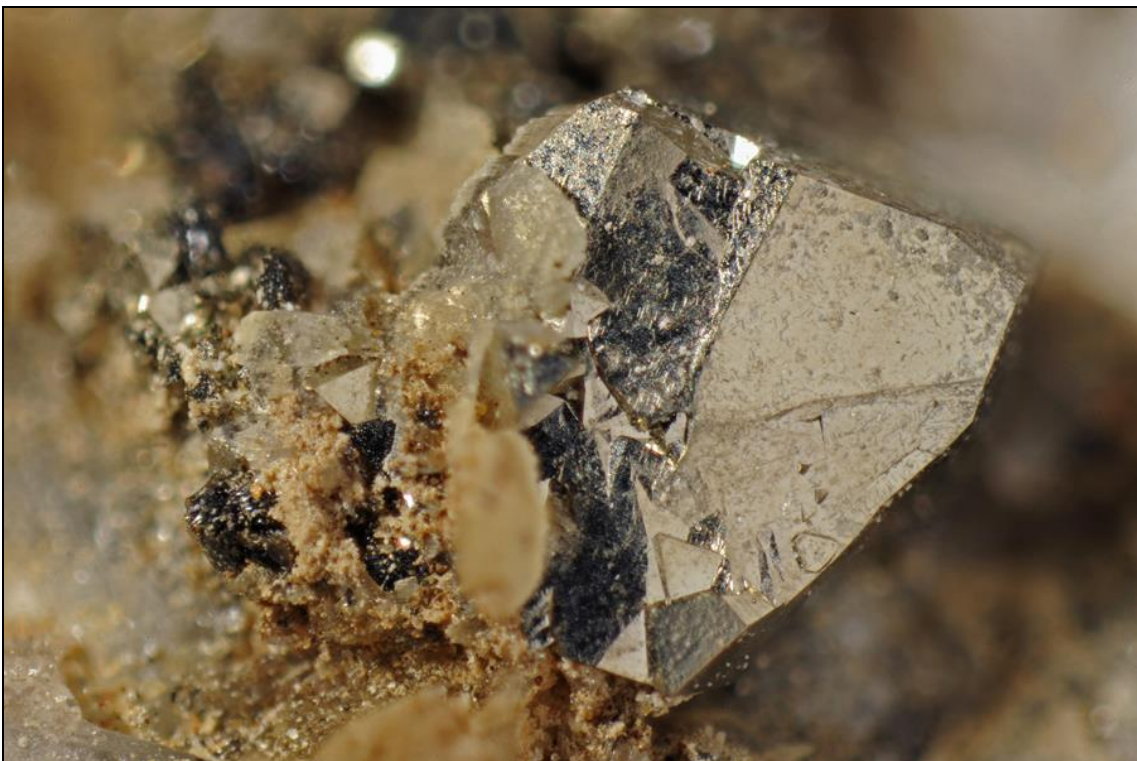
Pirita. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13995.



Pirita y prehnita. Encuadre 4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13915.



Pirita. Encuadre 5,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14156.



Pirita. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13995.



Pirita. Encuadre 0,85 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13995.



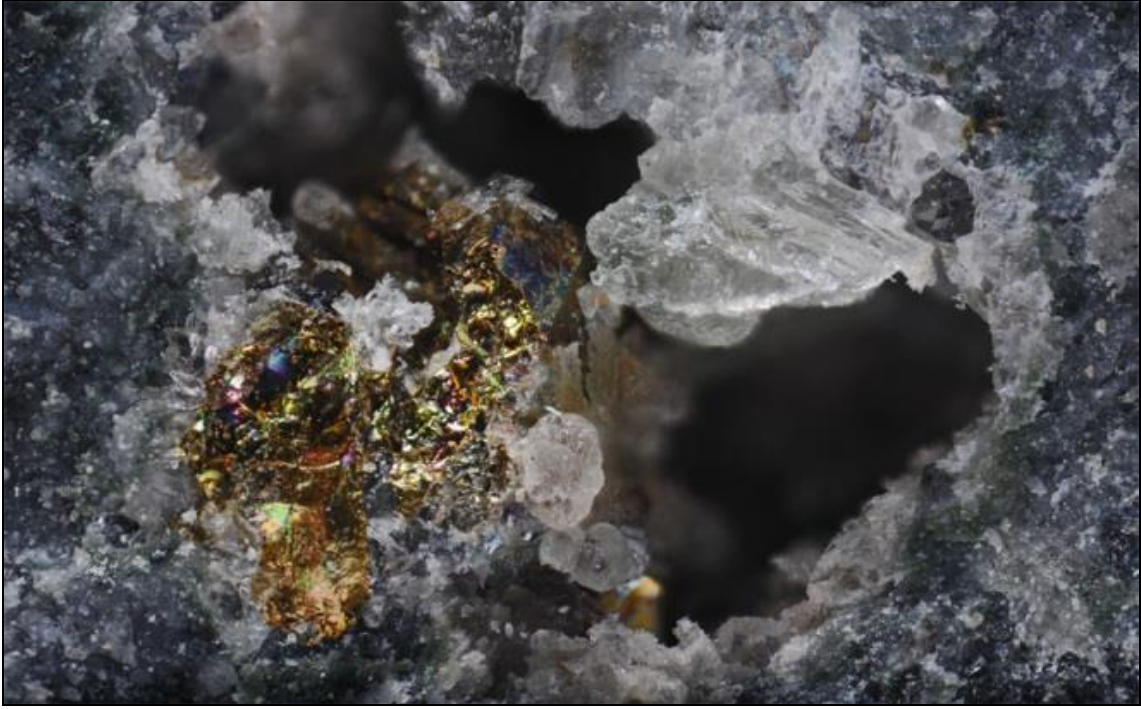
Pirita. Encuadre 6,2 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13933.



Hematites seudomórfico de pirita. Encuadre 13 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13881.



Hematites seudomórfico de pirita. Encuadre 4,9 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13881.



Calcopirita con prehnita. Encuadre 6,1 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13889.



Calcopirita con prehnita. Encuadre 6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13884.



Magnetita y cuarzo. Encuadre 13 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14706.



Magnetita. Encuadre 5,25 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14077.



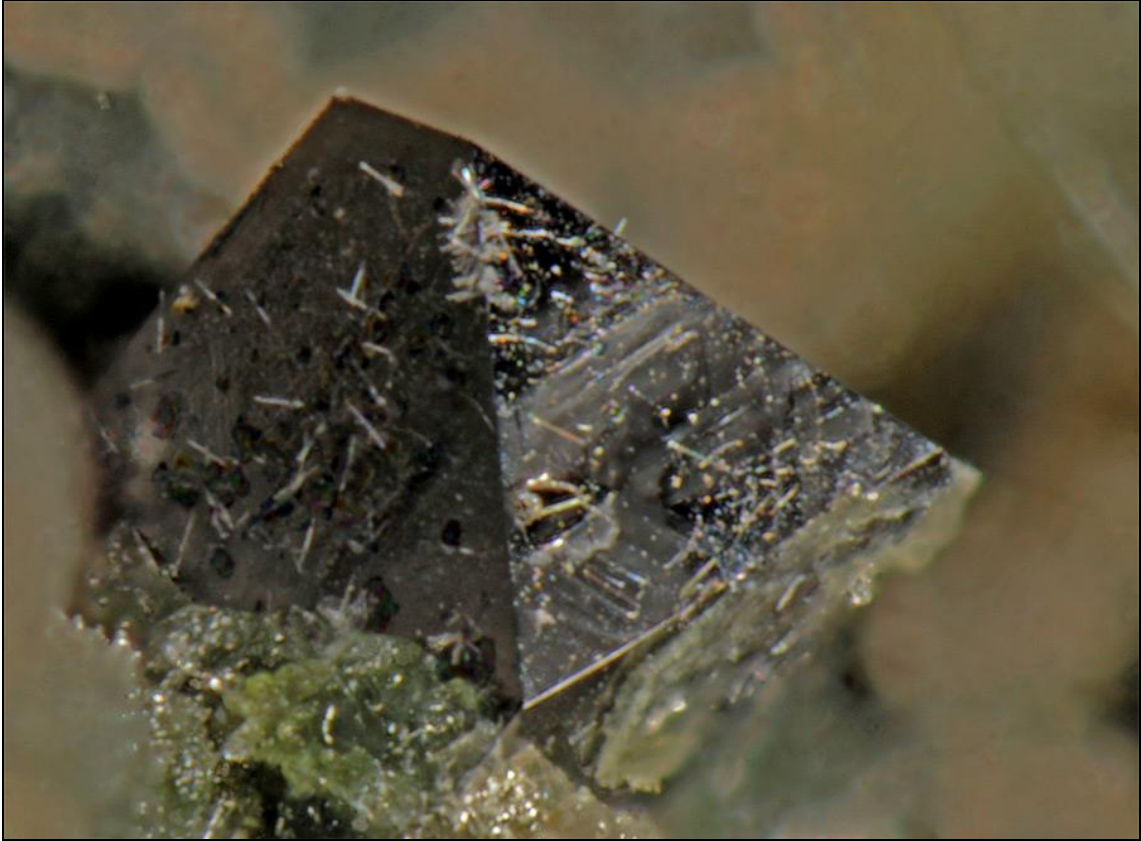
Magnetita con prehnita y pirita. Encuadre 2,6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13926.



Magnetita. Encuadre 2,6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14108.



Magnetita con calcita y prehnita. Encuadre 4,25 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14039.



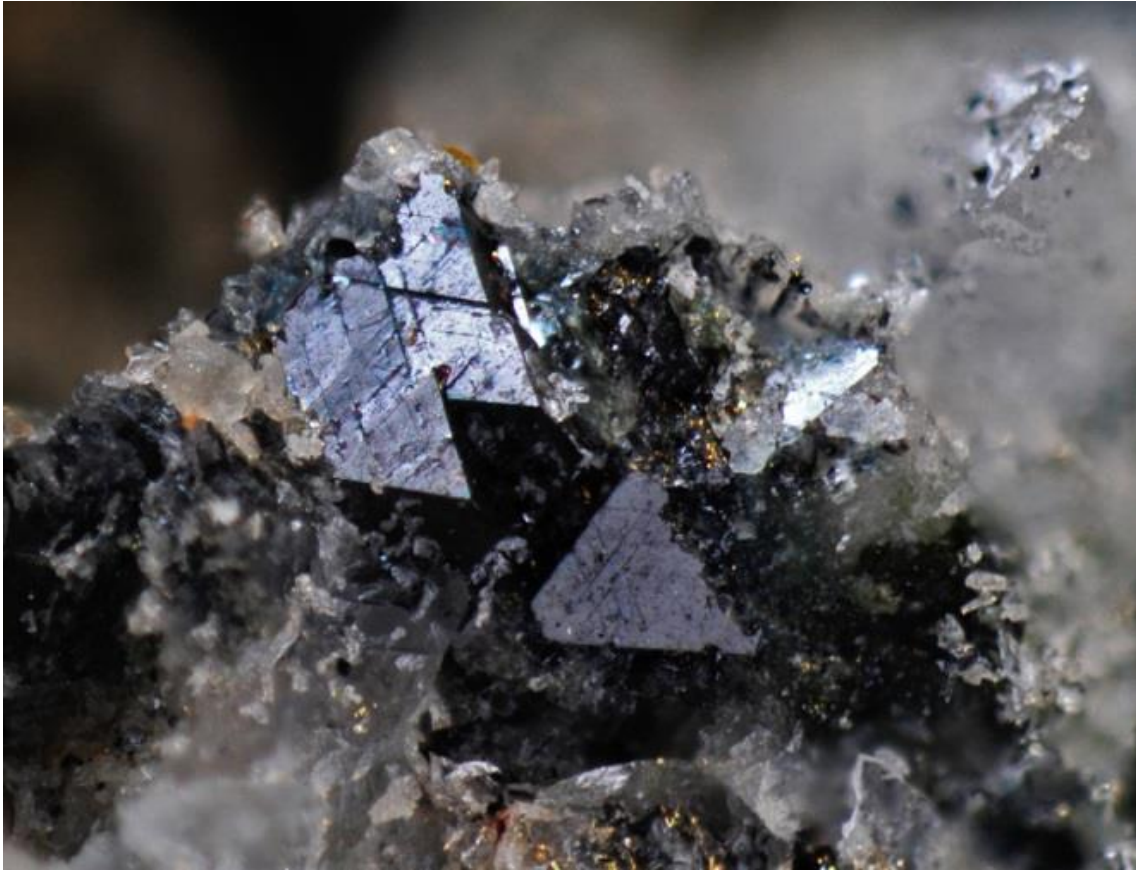
Magnetita. Encuadre 1,1 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13993.



Magnetita. Encuadre 2,8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13993.



*Magnetita. Detalle del ejemplar anterior. Encuadre 1,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13993.*



Magnetita. Encuadre 2,6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13915.



Vacuola con cuarzos recubiertos de goethita. Encuadre 13 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13934.



Cuarzo. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14105.



Grupo de cuarzo con sus caras disueltas, con hematites, magnetita y actinolita-tremolita. Encuadre 3,6 mm.

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13990.



Cuarzo y aragonito. Encuadre 2,7 mm.

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14062.



Cuarzo. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14104.



Cuarzo con actinolita-tremolita. Encuadre 6,1 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13885.



*Grupo de cuarzos con prehnita salpicados de óxidos de hierro. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14055.*



*Calcita con magnetita y pirita. Encuadre 8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14051.*



*Calcita con magnetita y pirita. Detalle de la fotografía anterior.
Encuadre 6 mm.*

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14051.



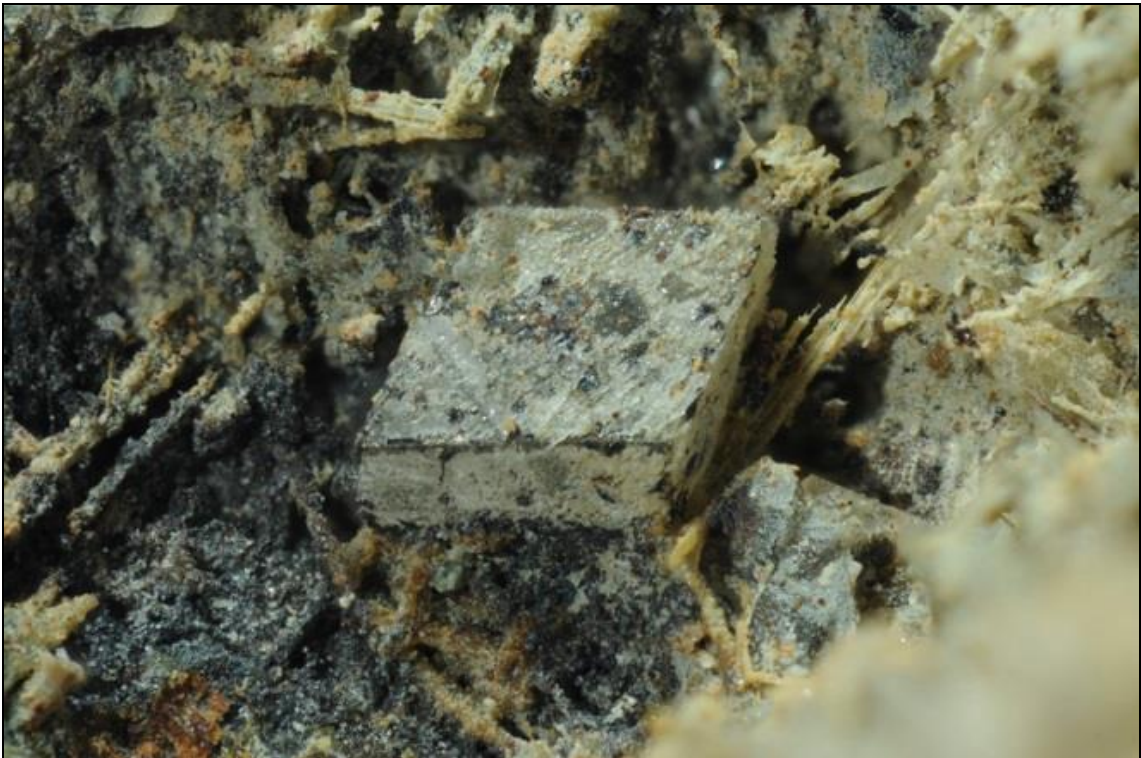
*Romboedros de calcita relleno vacuola. Encuadre 7 mm.
Col. Enrique Ortiz de Zárate G 0050.*



*Romboedros de calcita relleno vacuola. Encuadre 4,25 mm.
Col. Enrique Ortiz de Zárate G 0050.*



Calcita y cuarzo. Encuadre 6,9 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14091.



Calcita. Encuadre 5,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14147.



Calcita. Encuadre 10,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14137.



Calcita. Encuadre 10,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14137.



*Calcita, detalle de la fotografía anterior. Encuadre 5,25 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14137.*



Calcita relleno de un cristal cubo-octaédrico disuelto. Los filamentos que rellenan la escena son anfíboles de la serie actinolita-tremolita recubiertos de prehnita. Encuadre 5,25 mm.

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14110.



Calcita. Encuadre 5,3 mm.

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14147.



Calcita. Encuadre 8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14138.



Calcita. Encuadre 5,25 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14138.



Calcita y cuarzo. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14039.



Calcita y cuarzo. Encuadre 4,25 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14039.



Calcita. Encuadre 2,65 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14039.



Calcita. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14039.



Calcita y hematites var. oligisto. Encuadre 8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14074.



*Calcita con hematites var. oligisto y cuarzo. Detalle de la fotografía anterior.
Encuadre 5,3 mm.*

Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14074.



Calcita. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14087.



Calcita. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14087.



Calcita. Encuadre 5,6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14139.



Calcita. Encuadre 23 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14095



Calcita. Encuadre 13,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14095.



Calcita. Encuadre 8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14095.



Calcita. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14095.



Calcita con aragonito. Encuadre 4,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14147.



Calcita y prehnita sobre filamentos de actinolita-tremolita. Encuadre 5,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14152.



*Calcita y prehnita sobre filamentos de actinolita-tremolita. Encuadre 3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14152.*



*Calcita y prehnita sobre filamentos de actinolita-tremolita. Encuadre 13 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13880.*



*Agregados radiales de aragonito en el interior de vacuola, con epidota, cuarzo, prehnita y hematites fundamentalmente.
Col. Enrique Ortiz de Zárate G 0023.*



*Aragonito con pirita, cuarzo y hematites. Encuadre 6,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14035.*



Aragonito. Encuadre 6,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14047.



Cristales de aragonito sobre actinilita-tremolita con prehnita. Encuadre 10,5 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14111.



Aragonito y actinolita-tremolita. Encuadre 8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14109.



Cristal aislado de aragonito. Encuadre 3,3 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 113852.



*Aragonito con actinolita-tremolita. Encuadre 6,4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 14033.*



Aragonito. Encuadre 5,8 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13989.



Cristales aciculares de aragonito acompañados de magnetita, pirita, cuarzo, calcita, prehnita y filamentos de la serie tremolita-actinolita. Encuadre 6 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava NRL 1003.



Aragonito. Encuadre 13 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13991.



Aragonito. Encuadre 4 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 13852.



*Aragonito sobre prehnita y tremolita-actinolita. Encuadre 7 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava NRL 1001.*



*Aragonito. Detalle de la foto anterior. Encuadre 4,25 mm.
Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava NRL 1001.*

*Manuscrito original recibido el 10 de agosto de 2015.
Publicado: 6 de septiembre de 2015.*

ACOPIOS

Revista Ibérica de Mineralogía



ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal

ISSN 2171-7788



V62015

MTIEDIT

Foto Portada:

Aragonito

Mina Santutis, Peñacerrada, Álava

Fot. Enrique Ortiz de Zárate

ACOPIOS

Revista Ibérica de Mineralogía

ISSN 2171-7788



<http://mti-acopios.blogspot.com.es>

http://issuu.com/malacate/docs/V6_2015

V62015

MTIEDIT