

MINERALIZACIONES DE Zn-Pb ASOCIADAS A LOS DIAPIROS DE MURGUÍA Y ORDUÑA (CUENCA VASCO-CANTÁBRICA)



Tesis doctoral
Joaquín Perona Moreno

Directores:
Esteve Cardellach López
Àngels Canals Sabaté

Unitat de Cristal·lografia i Mineralogia
Departament de Geologia
Facultat de Ciències
2016

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona

APÉNDICES

Apéndice I
Fotografías de muestras de mano y microscopía

Foto 1: Muestra FV-18 (ver figura 3.1 para localización). Subarcosa, Fm. Valmaseda. Aunque los clastos de cuarzo (Qz) son los más abundantes, también abundan feldespato potásico (Kfs), plagioclasa (Pl), moscovita (Ms) y fragmentos de roca (FR). Se trata de rocas muy compactadas, sin porosidad, en las que los contactos intergranulares acostumbran a ser suturados.

Foto 2: Muestra ALT-8 233,50 (Altube). Microconglomerado, Fm. Valmaseda. Algunos clastos superan 1 cm de tamaño.

Foto 3: Muestra ALT-4 133,85 (Altube). Nivel carbonatado intercalado en la serie detrítica de la Fm. Valmaseda, en las inmediaciones del indicio de Altube. Los componentes esqueléticos (orbitolinas) son muy abundantes.

Foto 4: Muestra ALT-6 205,80 (Altube). Ejemplo de ZCT con textura brechoide, la más habitual. Tanto los clastos como la matriz están constituidos por una mezcla de filosilicatos y dolomita en proporciones variables. Los cristales de color rojo son cuarzos del Keuper.

Foto 5: Muestra ALT-1 037,75 (Altube). Ejemplo de ZCT con fábrica bandeada. La composición de cada banda tiene distintas proporciones de filosilicatos y dolomita.

Foto 6: Muestra ALT-6 305,45 (Altube). Relicto de anhidrita (Anh) en cristal de yeso (Gp). Luz polarizada.

Foto 7: Muestra ALT-6 260,40 (Altube). Sección basal de cuarzo idiomórfico (Qz) con relictos blindados de anhidrita (Anh). La matriz es de yeso alabastrino (Gp) y dolomita (Dol). Luz polarizada.

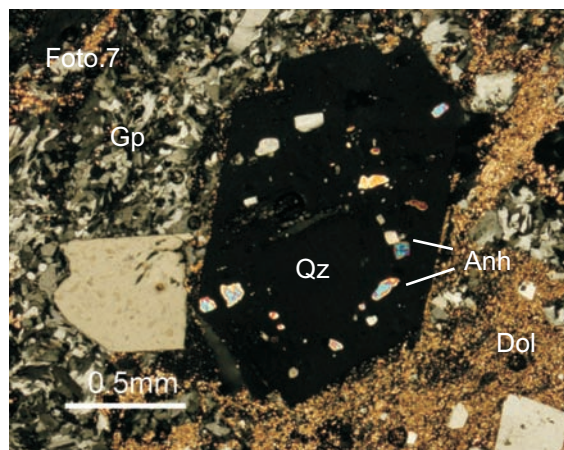
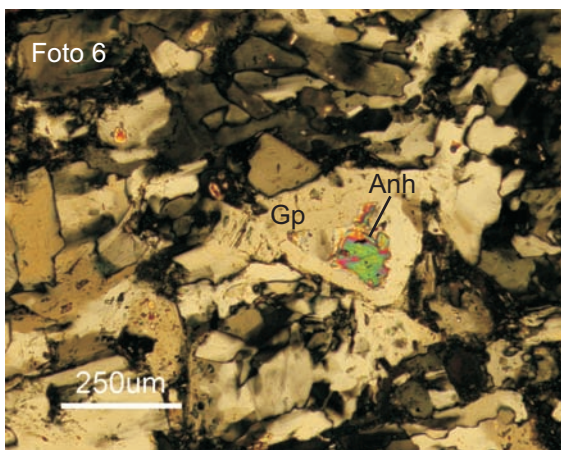
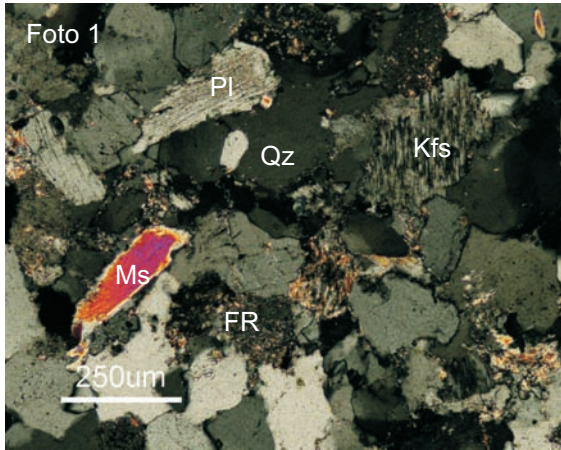


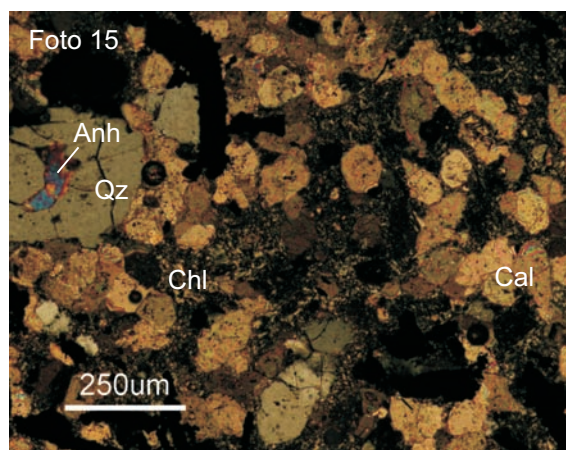
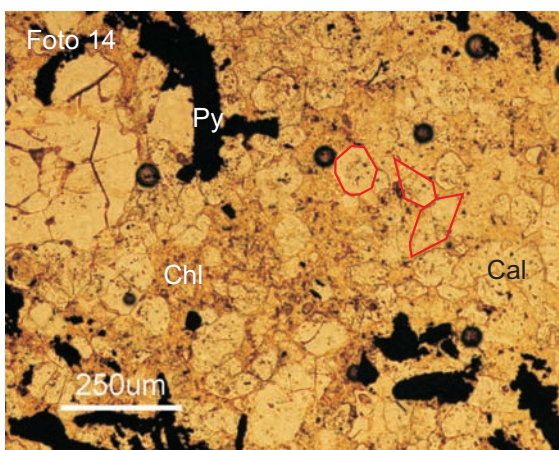
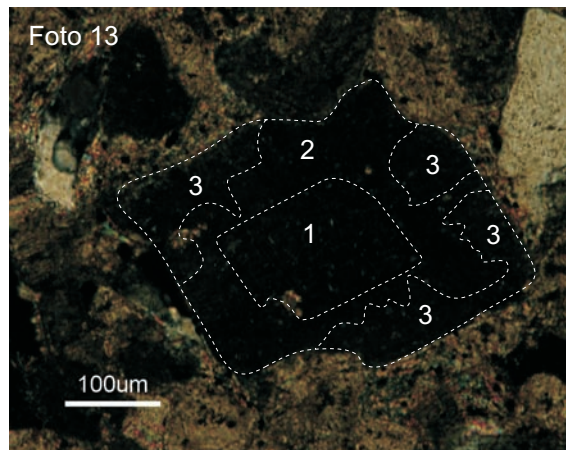
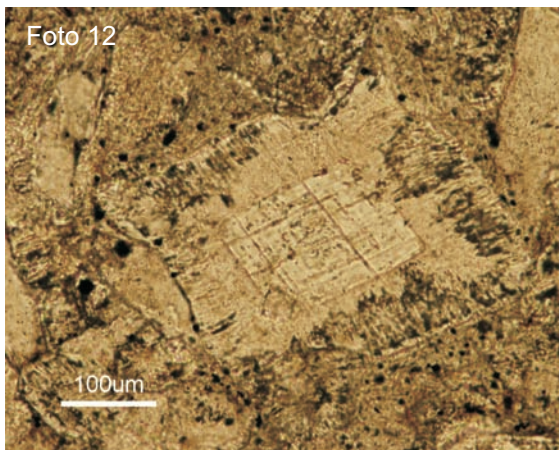
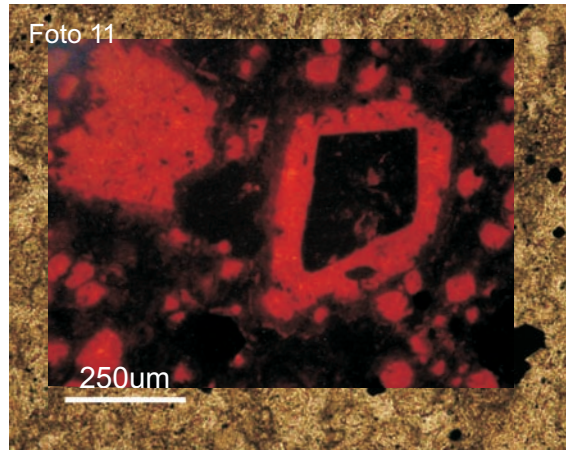
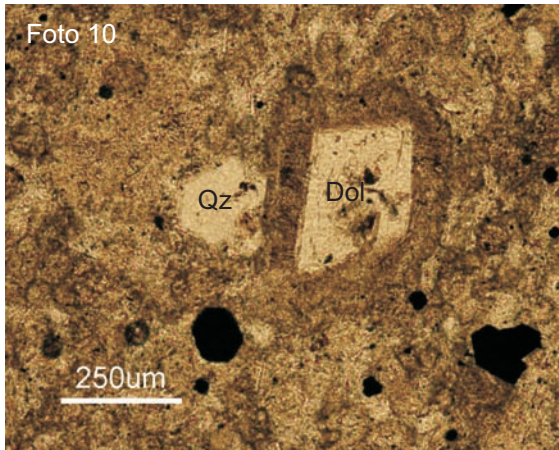
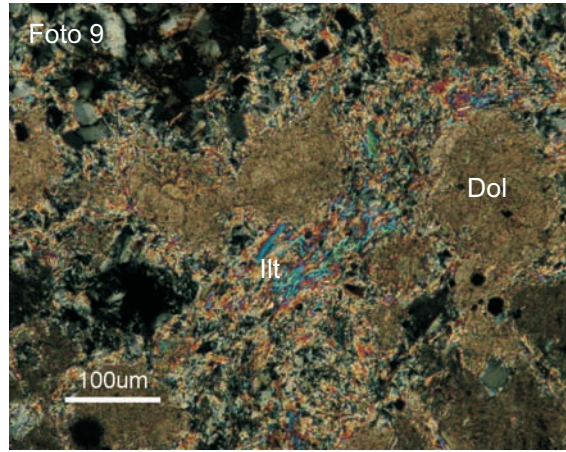
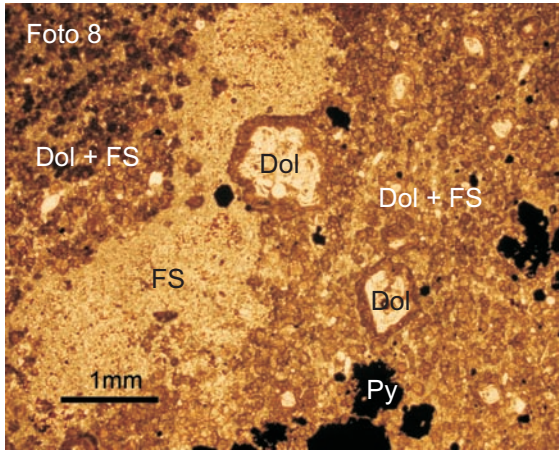
Foto 8: Muestra ALT-1 037,75 (Altube) ZCT. Los filosilicatos (FS) y la dolomita (Dol) definen bandas con predominio de una u otra especie. El límite entre bandas es difuso. Con frecuencia, existen cristales de dolomita de tamaño mayor y con una corona de sobrecrecimiento. El mineral opaco es pirita (Py).

Foto 9: Muestra ALT-1 037,75 (Altube). ZCT. Filosilicatos intersticiales (illita, Ilt) en una banda rica en dolomita (Dol).

Fotos 10 y 11: Muestra ALT-1 037,75 (Altube). ZCT. Típico cristal de dolomita con un núcleo nítido y una corona de color marrón. Los bordes de sobrecrecimiento y los cristales menores en la matriz son lumiscentes.

Fotos 12 y 13: Muestra ALT-3 338,10 (Altube). ZCT. Cristal de dolomita en matriz de illita-moscovita. Se observan tres ciclos distintos de crecimiento-corrosión (numerados de 1 a 3). Cada sobrecrecimiento sucesivo se ha desarrollado de manera sintaxial (observar que la extinción óptica es simultánea en todas las zonas).

Fotos 14 y 15: Muestra ALT-9 137,90 (Altube). ZCT, constituida por cristales escalenoédricos de calcita (ver secciones basales y longitudinales perfiladas en rojo) y clorita (Chl). Se trata de un ejemplo atípico de ZCT, que normalmente presenta la asociación dolomita – illita/moscovita. Abundan los cristales de cuarzo (Qz) con inclusiones sólidas de Anhidrita (Anh). También hay pirita (Py).



Fotos 16 y 17: Muestra ALT-6 239,50 (Altube). ZCT. Moldes con formas vagamente rectangulares, rellenos de calcita (teñida de color rosado). La matriz es dolomítica y no ha reaccionado a la tinción. Algunos moldes permanecen vacíos (a), lo que demuestra que existió una porosidad móldica previa al relleno de calcita. Cada molde ha sido relleno por varios cristales distintos, como se aprecia en la imagen con luz polarizada.

Foto 18: Muestra ALT-6 239,50 (Altube). Detalle de un molde relleno parcialmente de calcita (Cal) teñida. Se distinguen tres cristales distintos de calcita (1, 2 y 3), que se desarrollan a modo de geoda.

Foto 19: Muestra ALT-2 225,90 (Altube). ZCT. Banda constituidas por moldes de morfología rectangular-subrectangular que alternan con bandas de illita/moscovita (ill / Ms). Se ha indicado la localización de la foto 20 / 21.

Fotos 20 y 21: Muestra ALT-2 225,90 (Altube). Detalle de uno de los moldes señalados en la figura 19. Se observa que el relleno está constituido por cuarzo policristalino. La matriz entre los moldes está formada por dolomita (Dol). Los colores de polarización del cuarzo son anómalos debido a un grosor excesivo de la lámina.

Foto 22: Muestra ALT-1 031,05 (Altube). ZCT. Pirita mimetizando cristales tabulares radiales preexistentes, probablemente barita o celestina.

Foto 23: Muestra ALT-1 031,05 (Altube). Detalle en el que se aprecia mejor que cada uno de los cristales tabulares ha sido reemplazado por varios cristales de pirita.

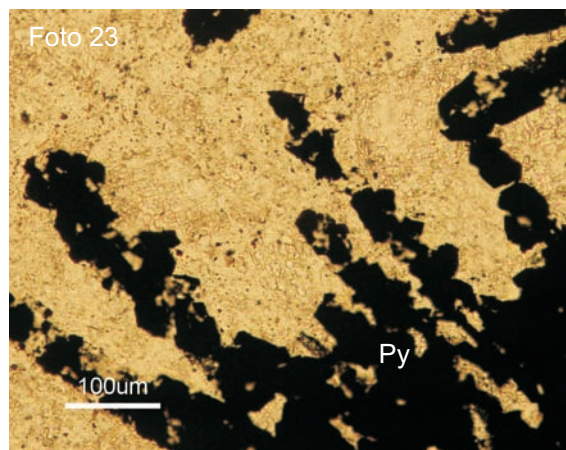
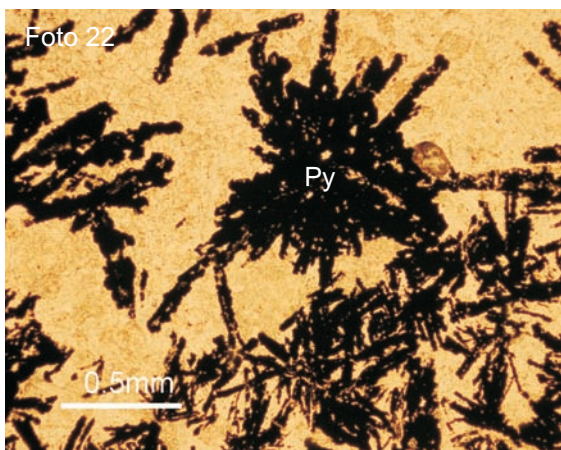
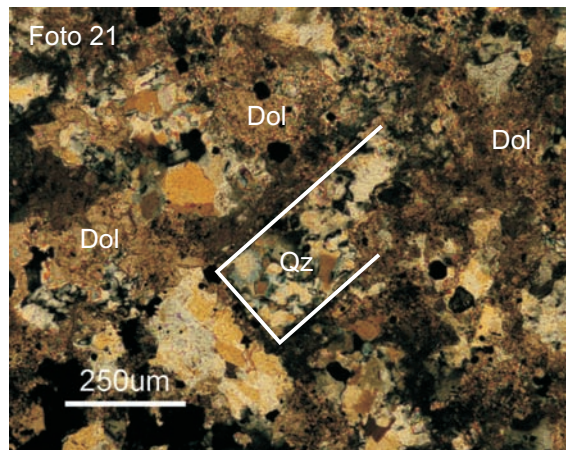
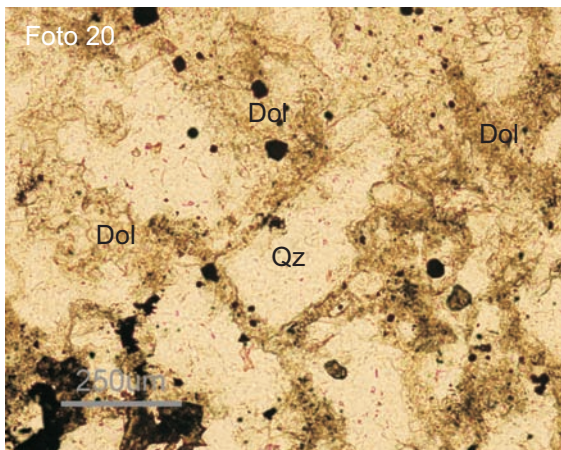
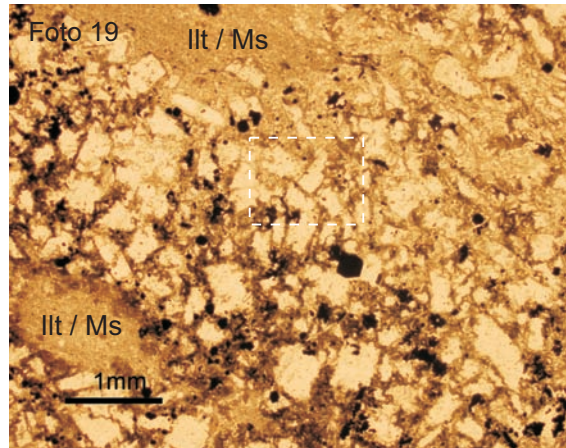
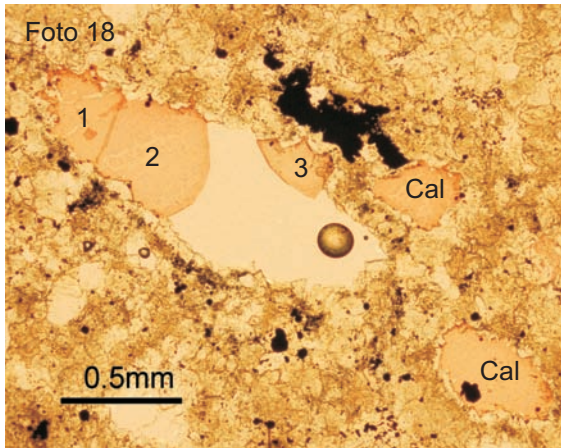
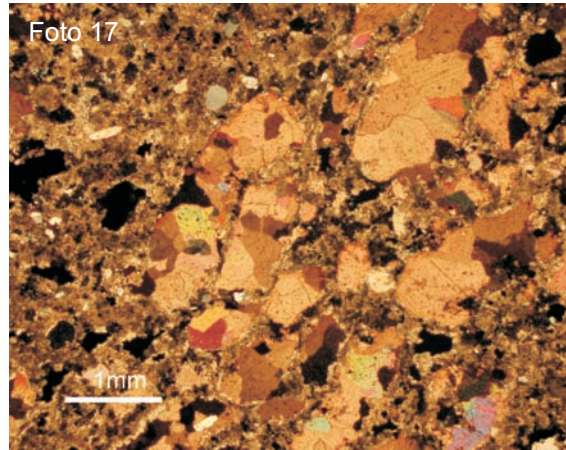
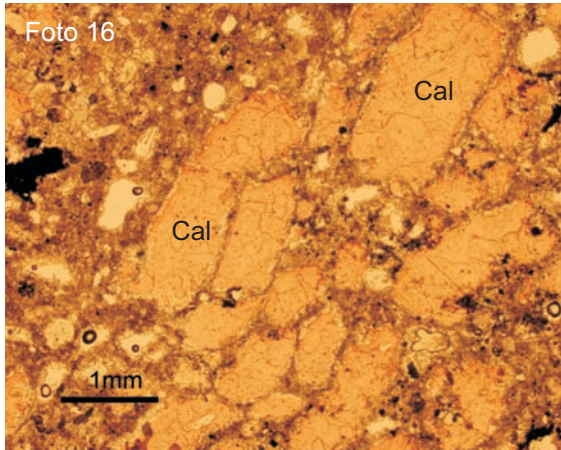
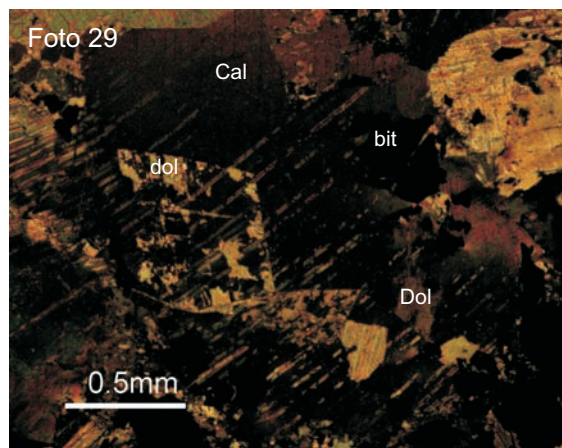
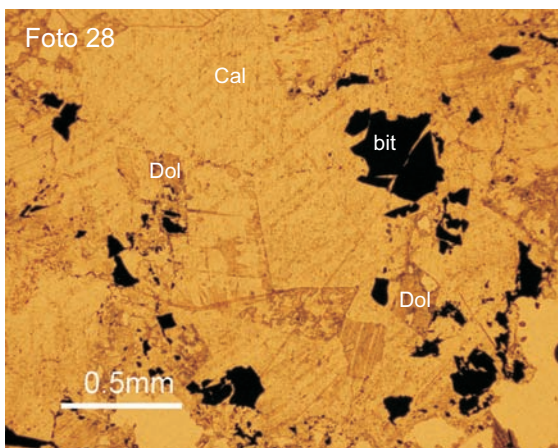
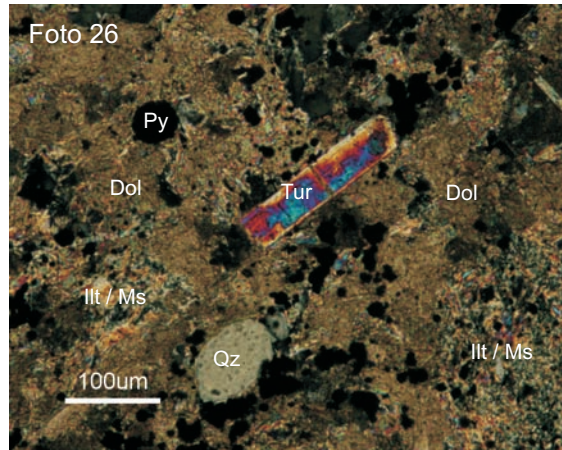
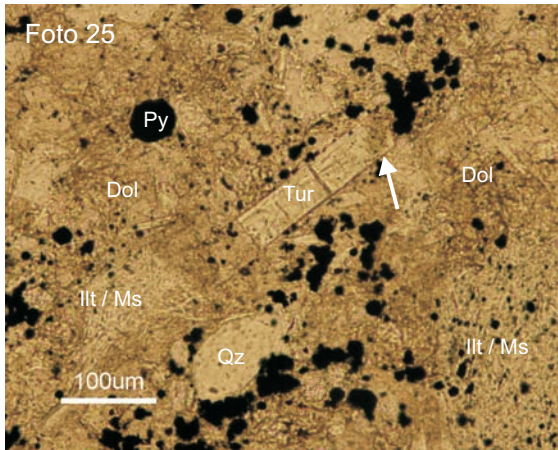
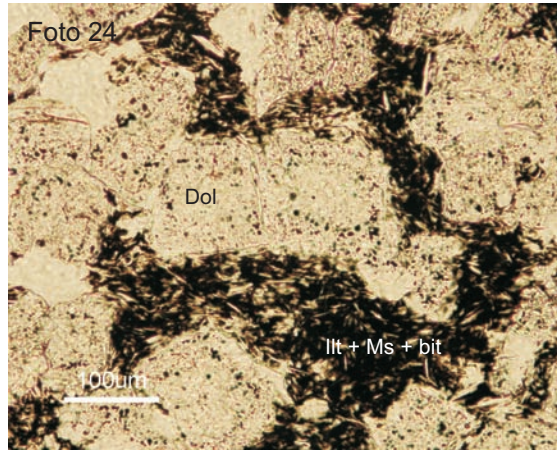


Foto 24: Muestra ALT-6 224,00. ZCT. Cristales de dolomita idiomórfica-subidiomórfica en matriz de illita-moscovita impregnada de betún (Ilt + Ms + bit).

Fotos 25 y 26: Muestra ALT-1 041,35. ZCT. Cristal de turmalina. En un extremo del cristal, se observa una zona verde pleocroica (señalada con una flecha), mientras que la mayor parte del cristal es incoloro. Existe continuidad óptica entre la zona verde y la incolora, como se aprecia en la imagen con luz polarizada. La matriz es típica de la ZCT: dolomita (Dol), illita / moscovita (Ilt / Ms) y cuarzo (Qz).

Foto 27: Muestra ALT-9 160,60. Filón de Calcita Gris, asociada a la ZCT, y que se caracteriza por un color gris parduzco no homogéneo, y una gran cantidad de superficies de presión – disolución. Se han señalado un par de estas superficies de disolución a modo de ejemplo.

Fotos 28 y 29: Muestra ALT-6 201,40. Filón de Calcita Gris. Una característica observada en las superficies de disolución es la presencia de cristales idiomórficos de dolomita (Dol), en ocasiones esqueléticos, como en el caso de la imagen, y fragmentos de betún sólido (bit).



Fotos 30 y 31: Muestra ALT-1 061,60 (Altube). En la imagen, se pueden distinguir clastos de feldespatos en proceso de alteración (A), y completamente alterados a filosilicatos (B).

Foto 32: Muestra ALT-7 233,70 (Altube). Diseminaciones de sulfuros en las areniscas de la Fm. Valmaseda, con pequeños cristales de esfalerita de tamaño milimétrico, de color marrón claro, que destacan sobre el color oscuro de la matriz. El color oscuro es debido a la presencia de materia orgánica en forma de betunes solidificados.

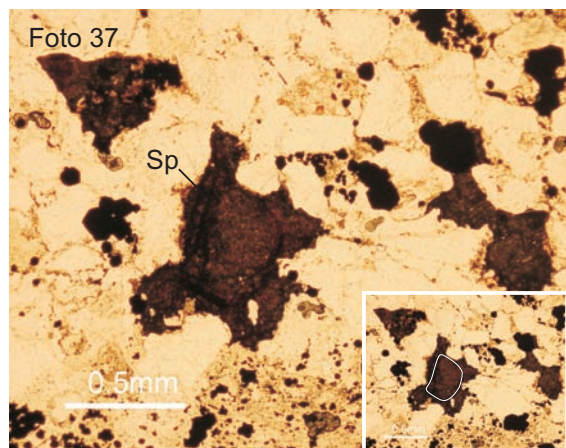
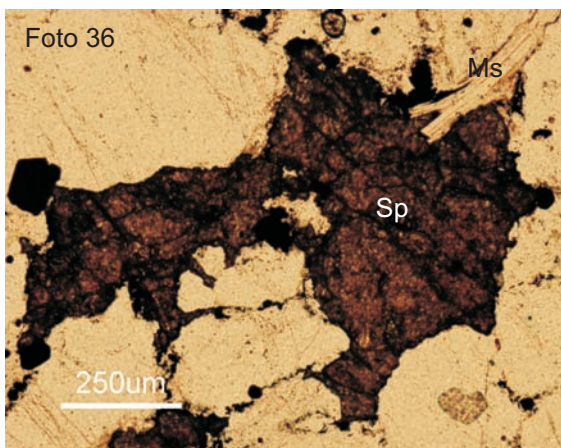
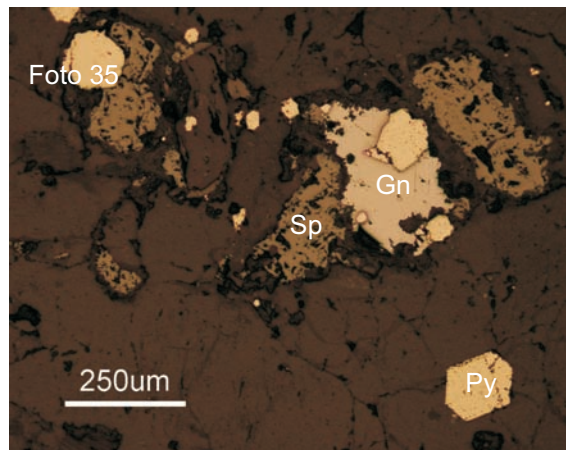
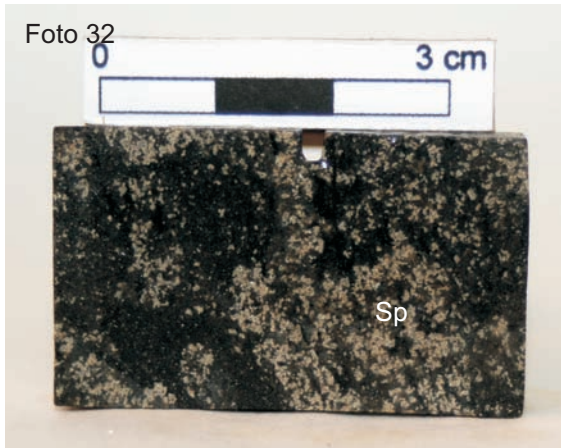
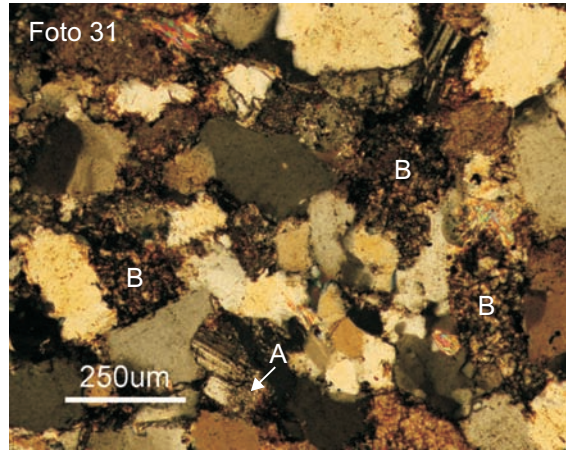
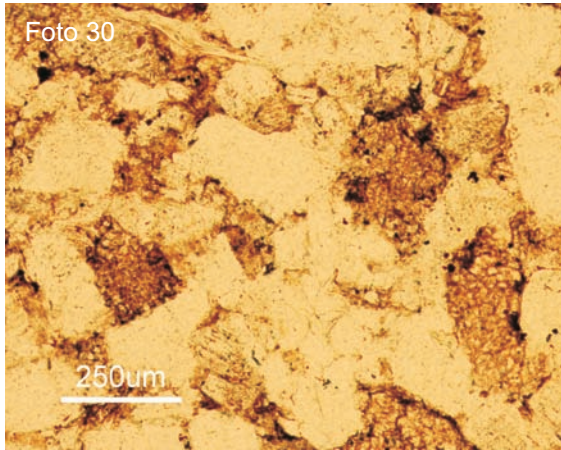
Foto 33: Muestra ALT-8 231,60 (Altube). Diseminaciones en microconglomerados de la Fm. Valmaseda. Se distinguen cristales milimétricos de esfalerita (Sp) y pirita (Py).

Foto 34: Muestra ALT-7 275,50 (Altube). Diseminaciones en niveles carbonatados de la Fm. Valmaseda. Se distinguen esfalerita (Sp) y galena (Gn).

Foto 35: Muestra DM-01-03 (Altube), arenisca procedente de la escombrera de Altube, con la típica asociación esfalerita-galena-pirita de las diseminaciones en la Fm. Valmaseda.

Foto 36: Muestra ALT-2 109,10 (Altube). Esfalerita progresando a través de los límites intergranulares. Es frecuente ver cómo la moscovita permanece como residuo insoluble, englobada en los sulfuros.

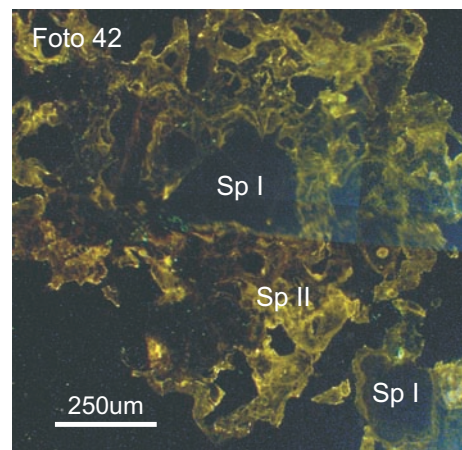
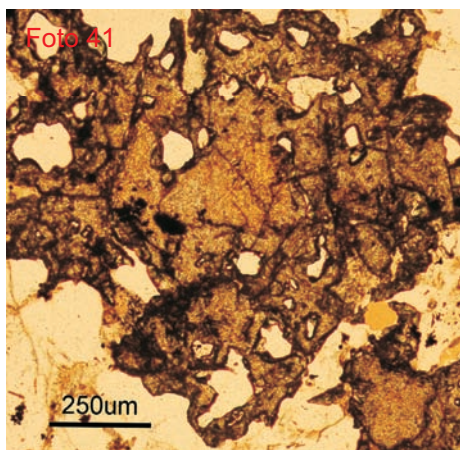
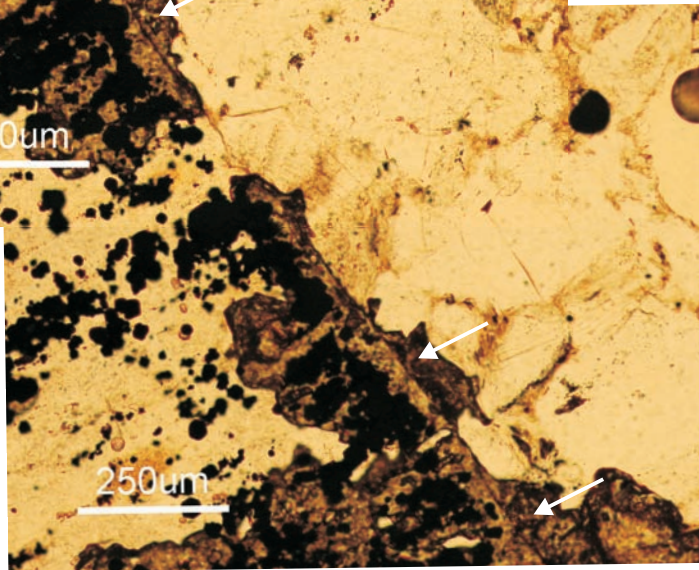
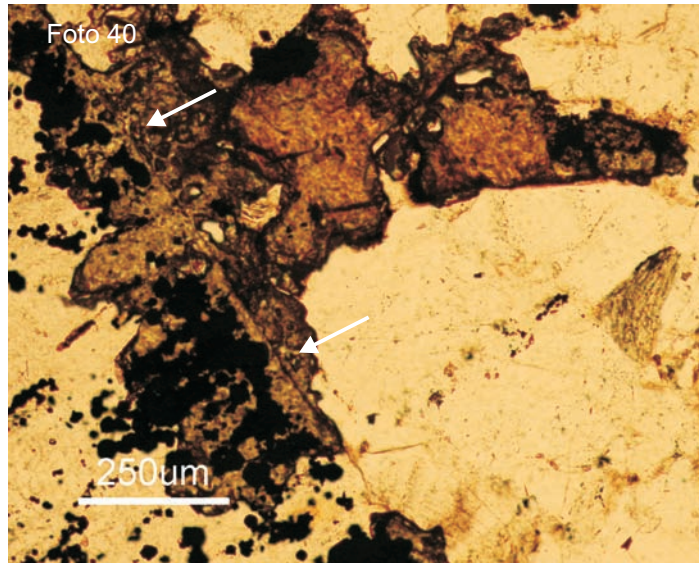
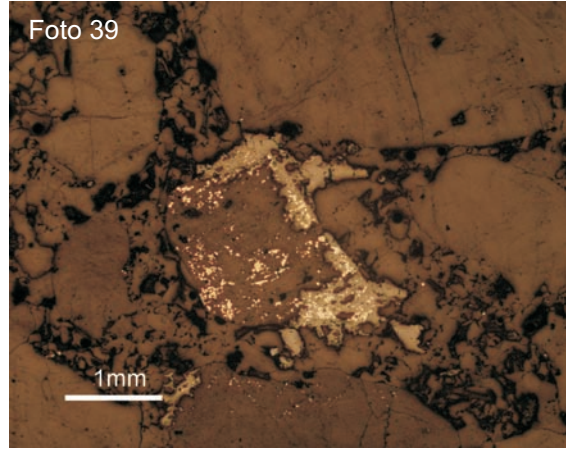
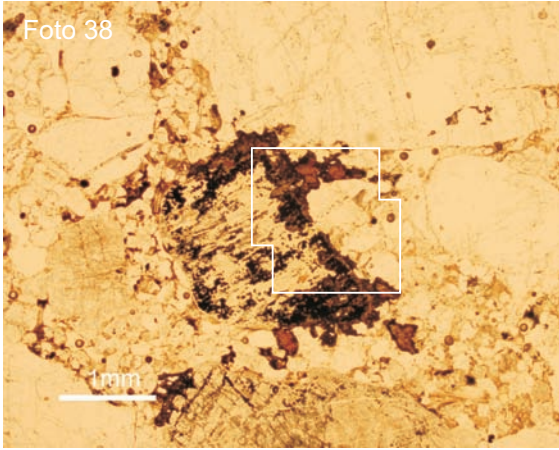
Foto 37: Muestra ALT-2 109,10 (Altube). Esfalerita que ha reemplazado completamente a un clasto de cuarzo. El perfil del antiguo clasto (fantasma) se adivina en el interior de la esfalerita. Para que esto sea posible, el reemplazamiento tuvo que tener lugar en estado sólido (sin relleno de cavidad previa) y conservando el volumen.



Fotos 38 y 39: Muestra ALT-8 231,60 (Altube). Esfalerita y pirita que cristalizan a favor del límite de un clasto de cuarcita y al que parecen reemplazar de manera selectiva.

Foto 40: Muestra ALT-8 231,60 (Altube). Imagen ampliada de la foto 38. Dentro de la esfalerita, se aprecia claramente el antiguo límite del clasto, que se ha conservado como un fantasma.

Fotos 41 y 42: Muestra ALT-7 210,00 (Altube). En luz transmitida no polarizada, la diferencia entre esfalerita I y II es muy sutil y no es posible distinguirlas. Sin embargo la catodoluminiscencia discrimina entre ambas, gracias a la luminiscencia amarilla de la esfalerita II (Sp II).



Fotos 43 y 44: Muestra ALT-7 194,30 (Altube). Mineralización diseminación de esfalerita (Sp) y calcita poiquilítica (Cal I). Ambos minerales reemplazan a los clastos de cuarzo.

Foto 45: Muestra ALT-7 194,30 (Altube). Calcita poiquilítica asociada a mineralización diseminada. Presenta catodoluminiscencia de color rojo anaranjado.

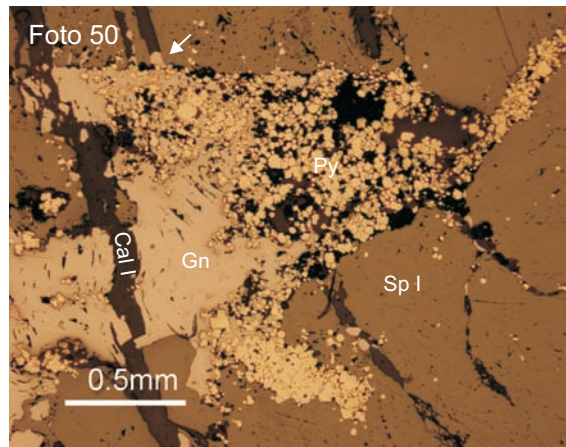
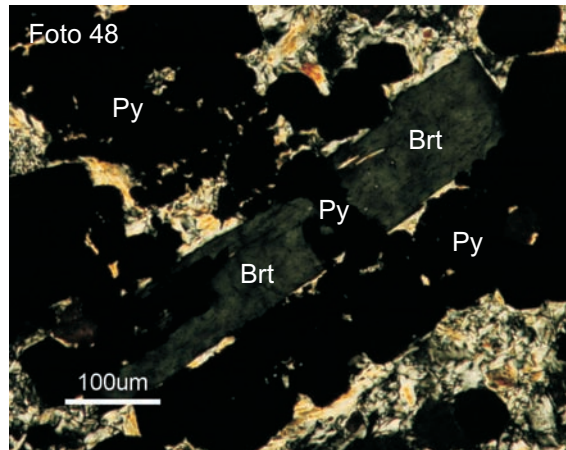
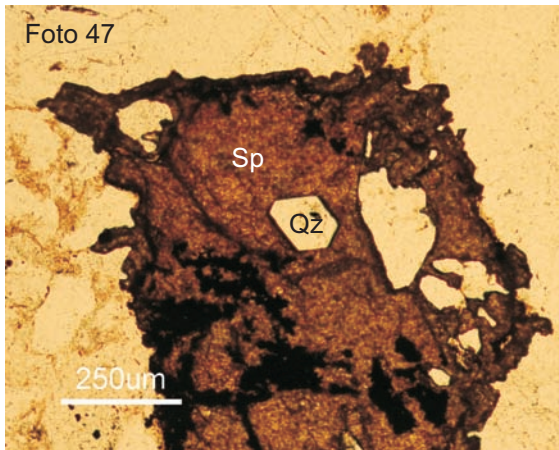
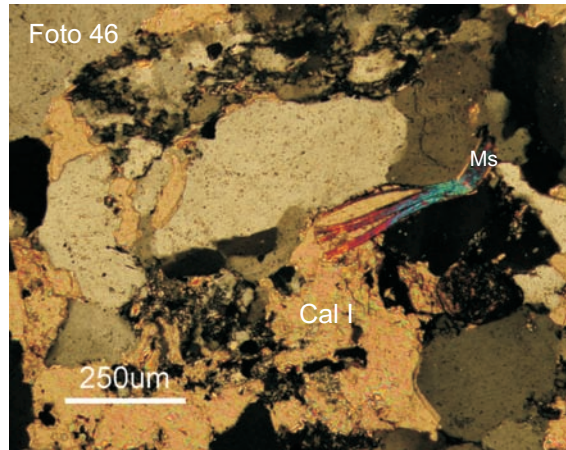
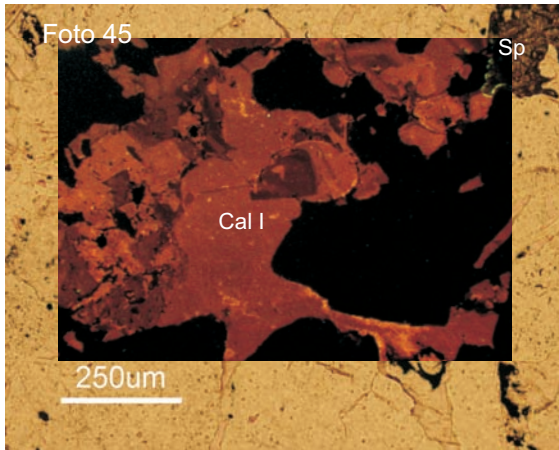
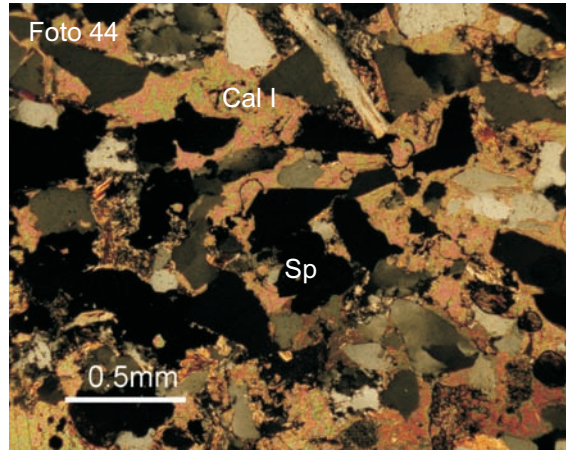
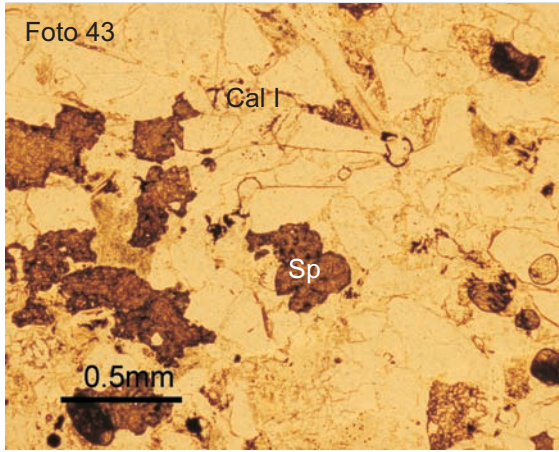
Foto 46: Muestra ALT-7 194,30 (Altube). La calcita I penetra a favor de la exfoliación de la moscovita (Ms), pero no la reemplaza, cosa que sí hace con los clastos de cuarzo.

Foto 47: Muestra ALT-8 231,60 (Altube). La relación entre la esfalerita y el cuarzo resulta curiosa: el sulfuro reemplaza claramente a los clastos de cuarzo de la roca encajante, pero a la vez se asocia con cristales de cuarzo idiomófico (Qz), que parecen haber cristalizado junto a la esfalerita como mineral de ganga.

Foto 48: Muestra ALT-2 174,85 (Altube). Cristal de barita (Brt) en la ZCT (observar la composición filosilicatada del encajante), asociada a una mineralización de sulfuros. La barita parece ser anterior a la pirita (Py), ya que la segunda se adapta a la morfología de la primera.

Foto 49: Muestra ALT-2 198,35 (Altube). Ejemplo de sulfuros masivos de Altube. Están constituidos por esfalerita, galena y pirita. También hay pequeños filoncillos de calcita con cantidades subordinadas de cuarzo.

Foto 50: Muestra ALT-2 198,35 (Altube). Relación mutua entre sulfuros y calcita en nivel masivo. Las fracturas en la esfalerita (Sp I) están rellenas por pirita (Py) y galena (Gn). La calcita (Cal I) es la última fase que cristaliza y rellena fracturas tanto en esfalerita como galena.



Fotos 51, 52 y 53: Muestra ALT-2 198,30 (Altube). Filón de 1 mm de potencia de esfalerita II (Sp II) rellenando una fractura en los sulfuros masivos, constituidos por pirita (Py), galena (Gn) y esfalerita I (Sp I). Asociados a la esfalerita II hay también cuarzo idiomórfico (Qz) y calcita espática (Cal I). La masa de color anaranjado a luz paralela es resina que adquirió un color tostado tras su exposición a la catodoluminiscencia.

Foto 54: Muestra ALT-3 036,70 (Altube). Filón constituido por esfalerita y calcita espática (Cal I). También hay filones tardíos de calcita esparítica (Cal II). El encajante es un nivel carbonatado de la Fm. Valmaseda.

Foto 55: Muestra ALT-6 209,00 (Altube). Filón encajado en la ZCT y constituido casi exclusivamente por por esfalerita y algo de calcita I.

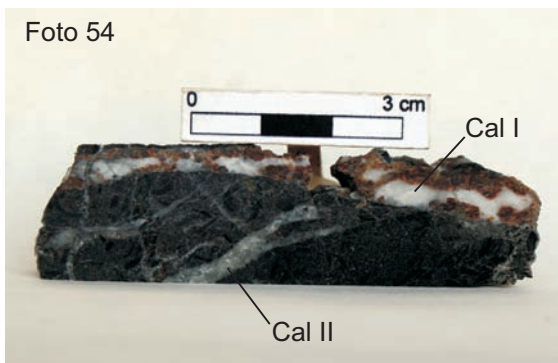
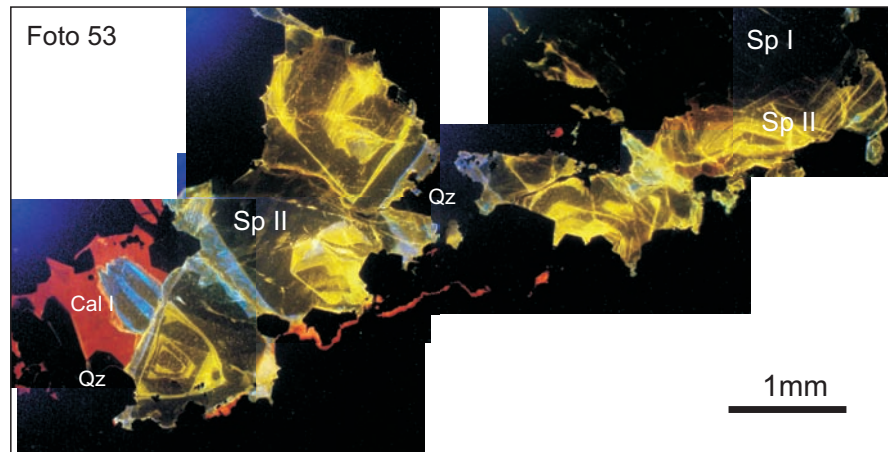
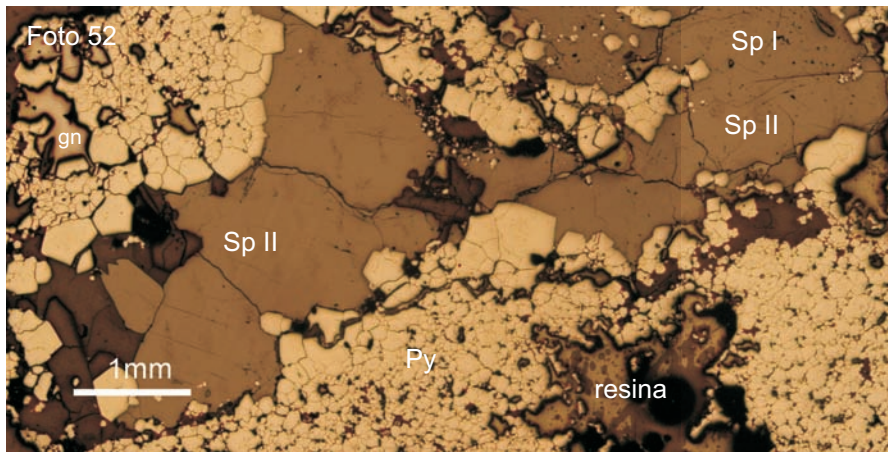
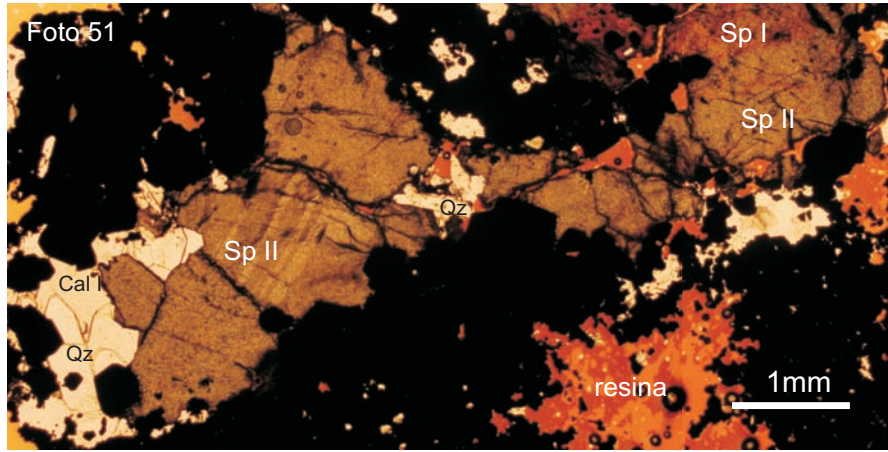
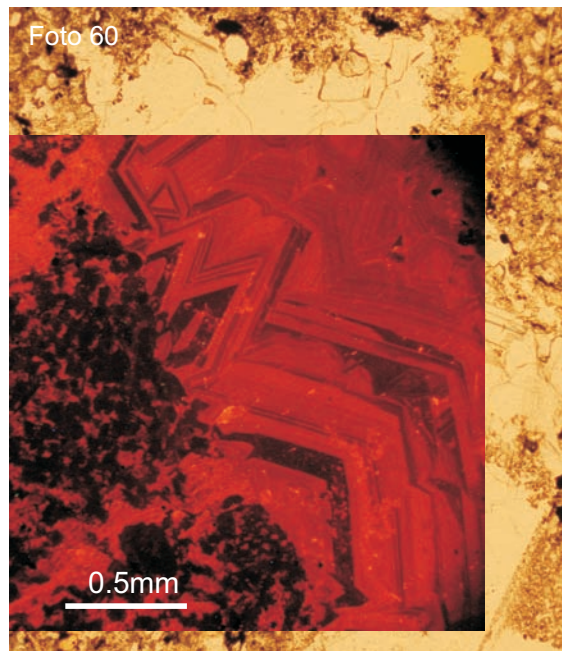
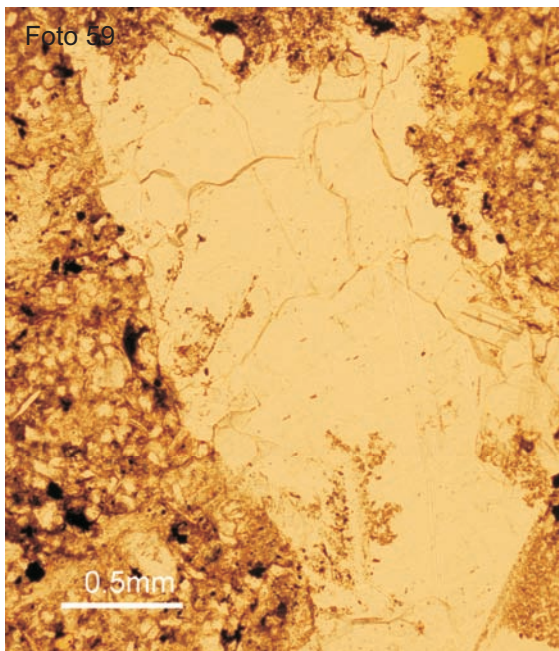
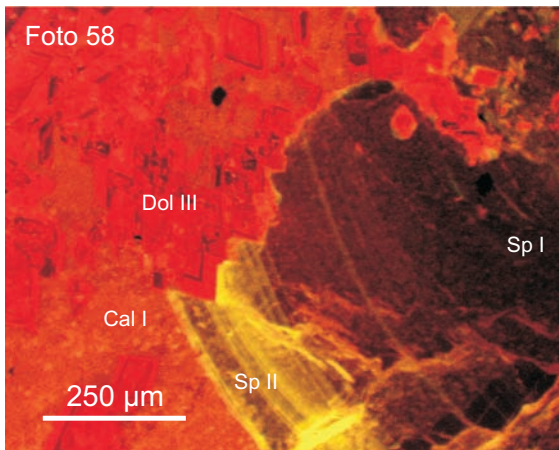
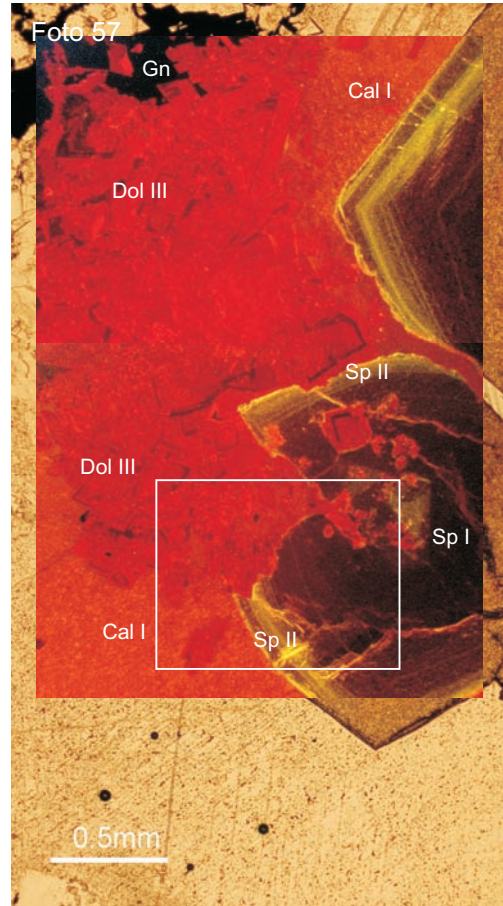
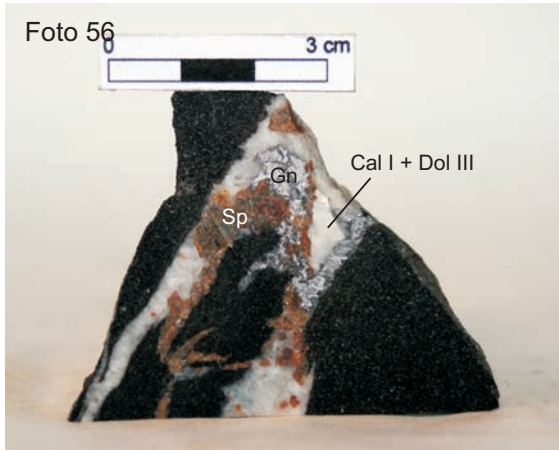


Foto 56: Muestra ALT-7 313,25 (Altube): filón de esfalerita, galena y calcita, encajado en areniscas de la Fm. Valmaseda.

Foto 57: Muestra ALT-6 198,50 (Altube). Filón constituido por esfalerita (Sp), dolomita III (Dol III) y calcita espática (Cal I), con cantidades menores de galena (Gn). La luminiscencia de la dolomita III es de color rojo intenso, y revela una zonación de crecimiento. La calcita I presenta luminiscencia homogénea, de color rojo anaranjado. En la esfalerita es posible apreciar un tránsito progresivo de Sp I (esfalerita no luminiscente) en el núcleo a Sp II (luminiscente de color amarillo) en el borde.

Foto 58: Detalle de la muestra ALT-6 198,50. Las relaciones texturales parecen indicar que la dolomita III reemplaza a la calcita I. A su vez, la esfalerita reemplaza a ambos carbonatos. El caso contrario (carbonatos reemplazando a la esfalerita) queda descartado, ya no se observan relictos de esfalerita en la dolomita y la calcita.

Fotos 59 y 60: Muestra ALT-3 036,70 (Altube). Filón de calcita espática (Cal II), en una barra carbonatada de la Fm. Valmaseda. Se caracteriza por presentar unos cristales de tamaño milimétrico, de aspecto nítido, que al ser observados a catodoluminiscencia revelan una zonación evidente, que contrasta con la homogeneidad de la calcita espática (calcita I) asociada a los sulfuros.



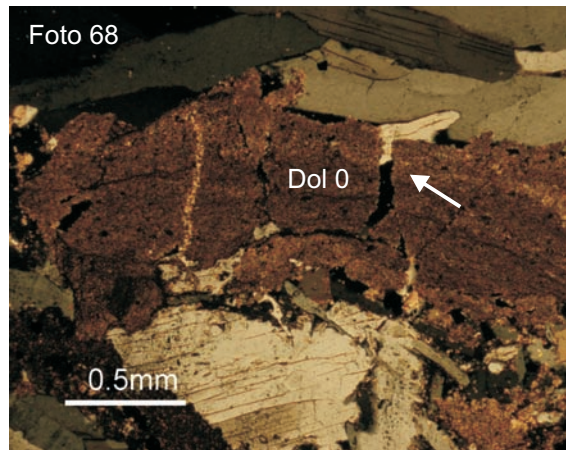
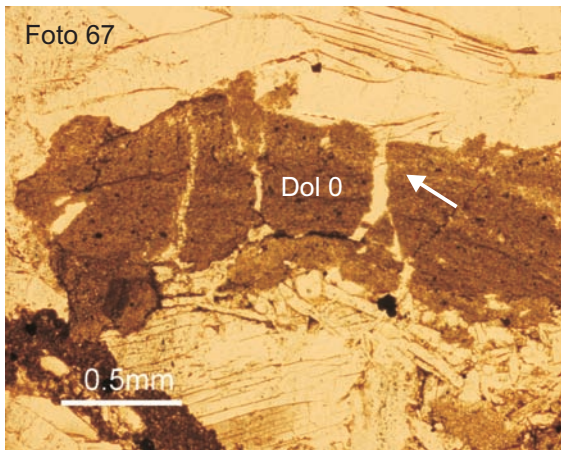
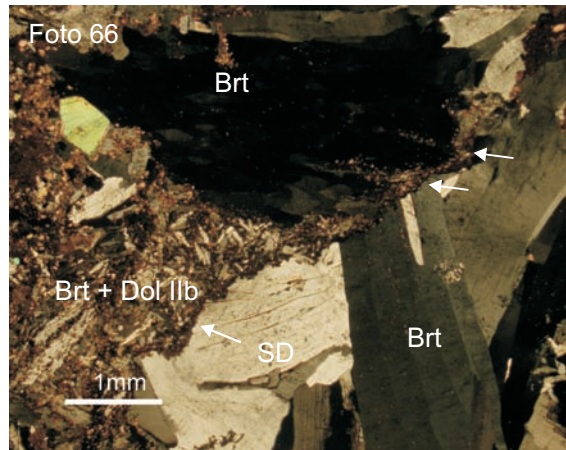
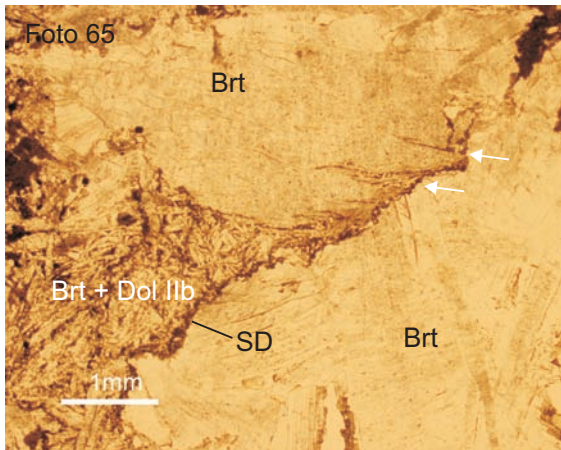
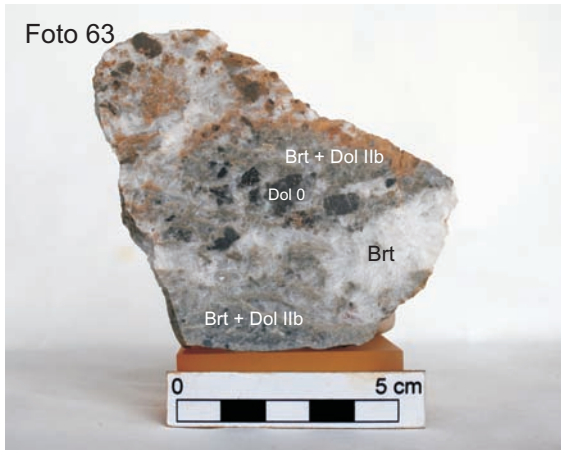
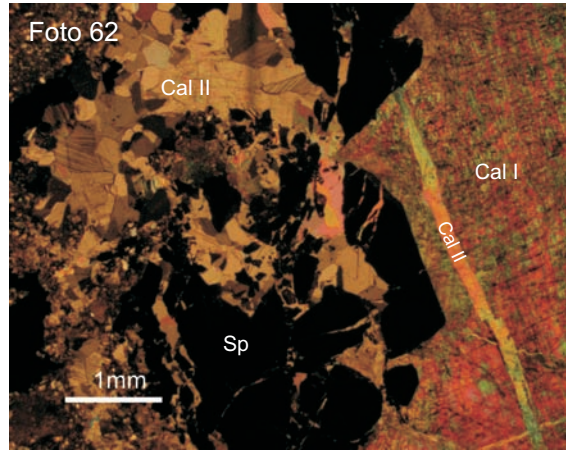
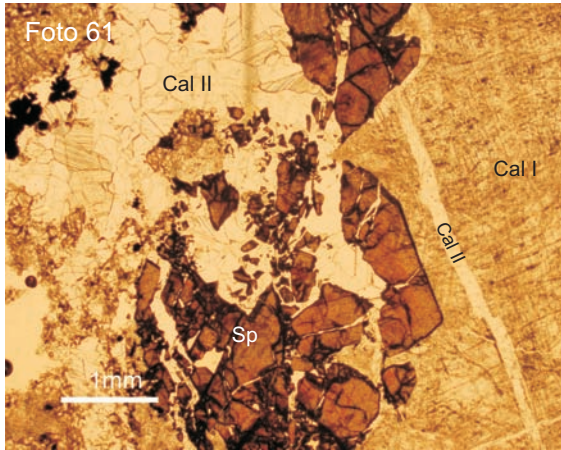
Fotos 61 y 62: Muestra ALT-3 036,70 (Altube). Filón de esfalerita (Sp) y calcita espática (Cal I). A menudo, los bordes de los filones actúan como plano de fracturación preferente, a favor de los cuales se produce la brechificación de los sulfuros y el emplazamiento de nuevos filones. En la imagen se observa un filón tardío de calcita espática (Cal II) emplazado en el límite entre el encajante y el filón mineralizado. La calcita II cementa a la esfalerita brechificada, y también rellena fracturas en la calcita I. Con frecuencia, cuando la calcita II rellena fracturas en la calcita I, lo hace con continuidad óptica, tal como se observa en la imagen con luz polarizada.

Foto 63: Muestra DM-02-01 (Iturlum). Mineralización de barita en cristales tabulares de orientación aleatoria. Normalmente, aparece mezclada con dolomita (Brt + Dol II). También hay clastos de encajante dolomítico (Dol 0) englobados en la barita.

Foto 64: Muestra DM-01-02 (Iturlum). En algunas muestras se observan clastos con laminación interna, constituidas por clastos de color marrón (Dol 0).

Fotos 65 y 66: Muestra DM-02-01 (Iturlum). Grandes cristales de barita (Brt) y asociación de barita de menor tamaño y dolomita X (Brt + Dol X). Ambas se ven afectadas por una superficie de disolución (SD). La barita microcristalina y la dolomita penetran en la barita microcristalina a favor de la exfoliación (indicado con flechas).

Fotos 67 y 68: Muestra DM-02-01 (Iturlum). Clasto dolomítico con relictos de laminación interna (Dol 0) englobado en la barita. La barita rellena las fracturas del clasto.



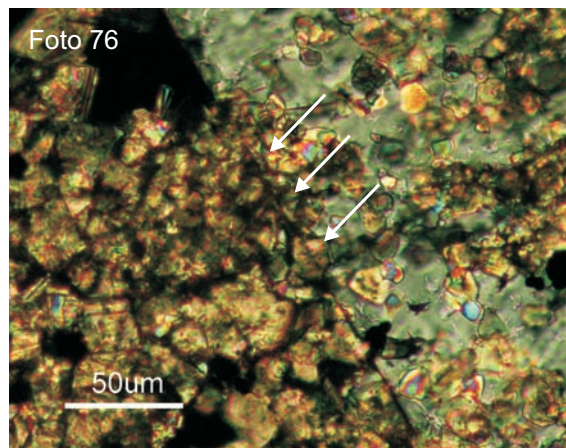
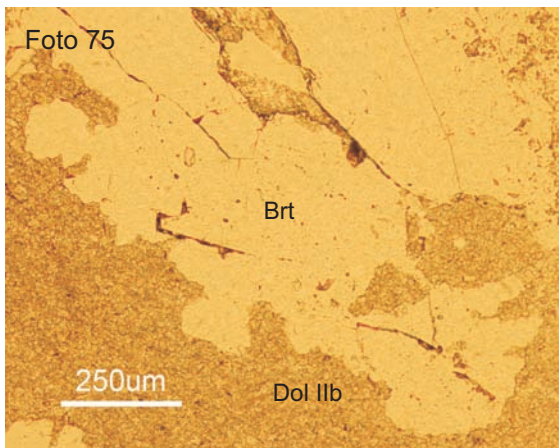
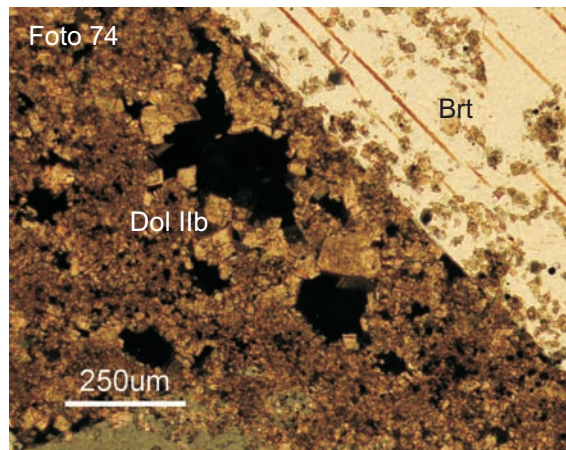
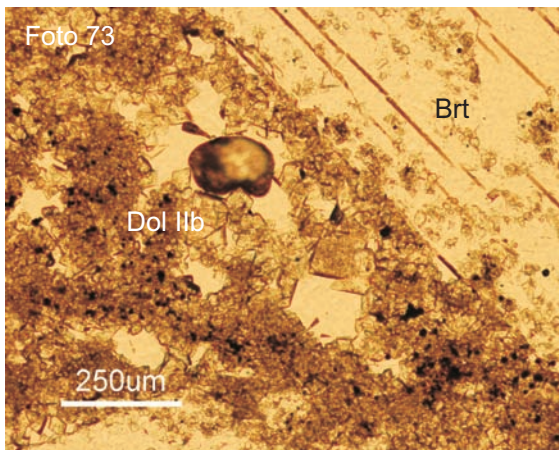
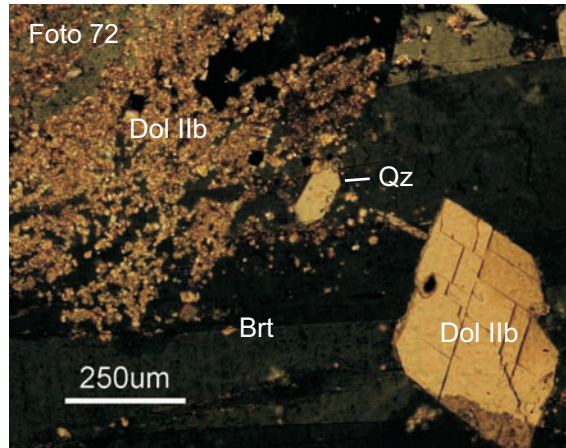
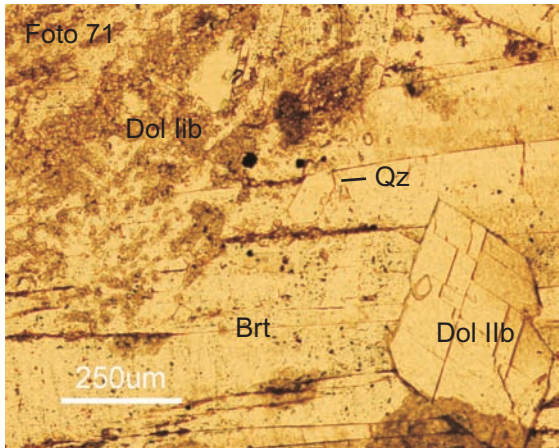
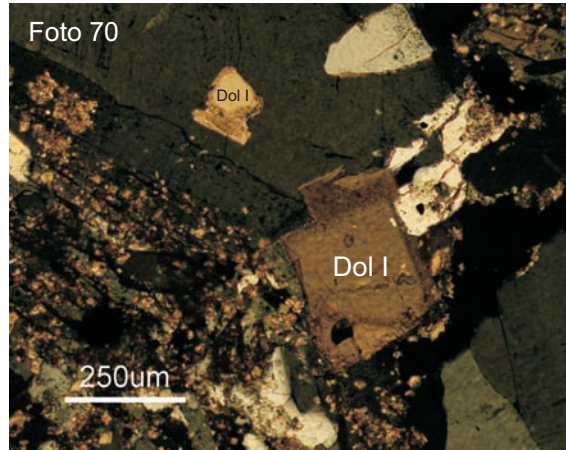
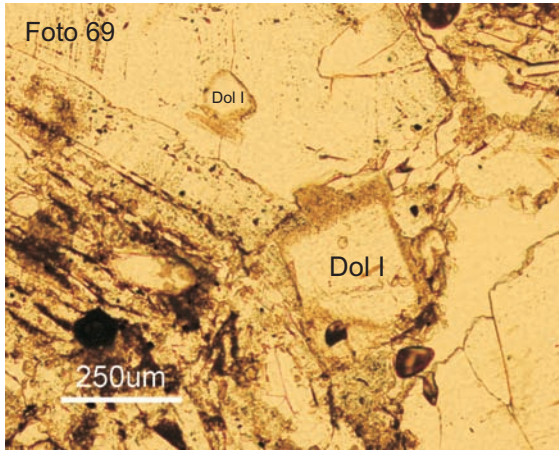
Fotos 69 y 70: Muestra DM-02-01 (Iturlum). Cristales de dolomita zonada (Dol I). Podría tratarse de cristales incorporados a partir del Keuper, equivalentes a los megacristales de la ZCT de Altube. El perfil sinuoso de los cristales sugiere que han sido parcialmente reemplazados por la barita.

Fotos 71 y 72: Muestra DM-02-01 (Iturlum). Cristales de dolomita IIb (Dol IIb) englobados en barita (Brt). Normalmente son pequeños cristales de algunas micras, pero ocasionalmente pueden llegar a alcanzar los 0,5 mm. No presenta zonación ni signos de corrosión, lo que la diferencia de la dolomita I. Se ha indicado cristal idiomórfico de cuarzo (Qz), que parece estar siendo reemplazado por la dolomita IIb.

Fotos 73 y 74: Muestra DM-02-02. Cristales de dolomita II (Dol IIb) que rellenan una cavidad intercristalina entre cristales de barita (Brt) y también la reemplazan parcialmente.

Foto 75: Muestra DM-02-01. Golfos de corrosión en el cristal de barita (Brt), parcialmente reemplazado por dolomita IIb (Dol IIb).

Foto 76: Muestra DM-02-02. Cristales de dolomita IIb que reemplazan a la barita. En el interior de los cristales de dolomita se reconoce el antiguo límite del cristal de barita (señalado con flechas).



Fotos 77 y 78: Muestra DM-02-02 (Iturlum). Sección basal de cuarzo (Qz) y turmalina (tur), en matriz de barita (Brt) y de dolomita I Ib (Dol I Ib) reemplazante. También se observan algunos cristales de pirita (Py).

Foto 79: Muestra DM-02-02 (Iturlum). Sección basal de turmalina (tur), incluido en barita (Brt). Abundan los cristales de dolomita I Ib (Dol I Ib). El núcleo del cristal de turmalina es de color verde, mientras que los bordes son transparentes.

Foto 80: Muestra DM-02-02 (Iturlum). Cristal de plagioclasa (Pl), incluido en barita.

Foto 81: Muestra DM-03-01 (Jugo). Mineralización asociada a la ZCT de Jugo (brechas dolomíticas). Existen diferentes generaciones de dolomita: clastos de composición dolomítica (Dol 0); dolomita I Ib (Dol I Ib), de color gris, es la litología típica de la ZCT; dolomita I (Dol I) asociada a barita (Brt), se trata sólo de cristales aislados. La calcita *ore stage* de Jugo se ha denominado Cal Ib para diferenciarla de la típicamente espática (Cal I) descrita en otras localidades. Ha destacar el bandeo (textura zebra) que se puede apreciar en la dolomita I Ib.

Fotos 82 y 83: Muestra DM-03-02. Mineralización asociada a la ZCT de Jugo (brechas dolomíticas). Se muestran diferentes generaciones de dolomita y sus relaciones mutuas: clastos de composición dolomítica (Dol 0); dolomita I Ib (Dol I Ib) de color gris, representa la litología característica de la ZCT; dolomita III, blanca, *saddle*, asociada a esfalerita (Sp), galena (Gn), barita (Brt) y betún (Bit); dolomita IV (Dol IV), *saddle*, blanca, en pequeños filones que cortan a todas las otras fases. También se observa un filón de calcita espática (Cal Ib) asociada a la mineralización. El betún está asociado a un filón de aproximadamente un centímetro de potencia. En la foto 82 se muestra el filón observado de manera paralela, por eso aparente ocupar un volumen mucho más grande que el real. En la foto 83 se muestra el mismo filón en sección perpendicular, en la que se aprecia la potencia real.

Foto 84: Muestra DM-03-03. Mineralización asociada a la ZCT de Jugo (brechas dolomíticas). Se muestran diferentes generaciones de dolomita: clastos de composición dolomítica (Dol 0); dolomita I Ib (Dol I Ib); dolomita III asociada a esfalerita (Sp) y galena (Gn); dolomita IV (Dol IV).

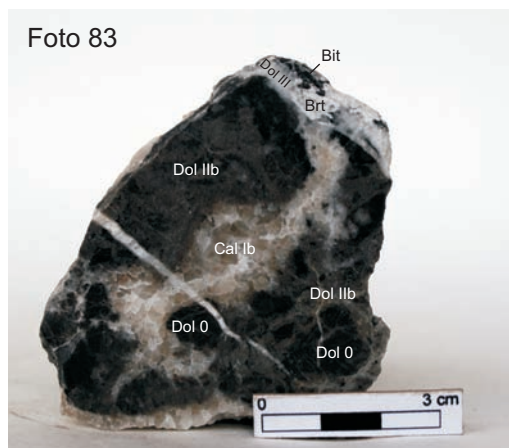
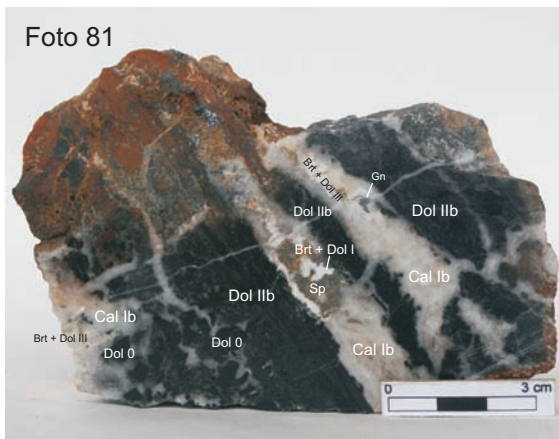
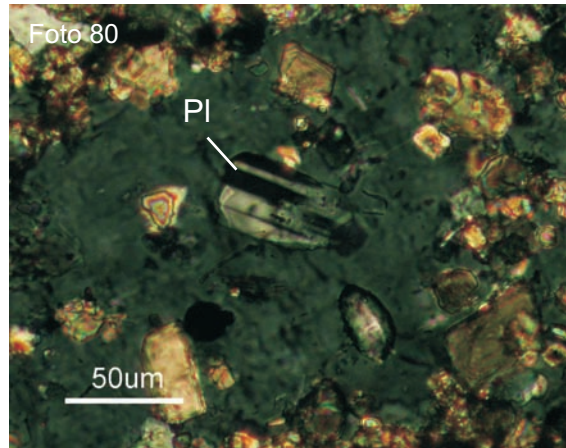
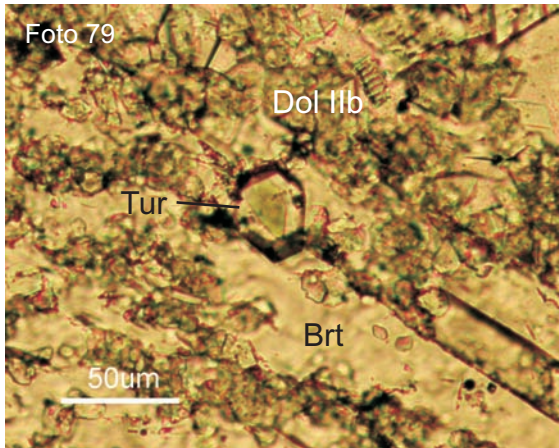
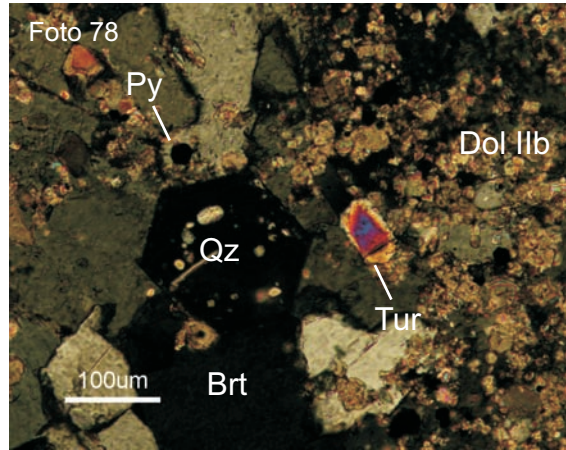
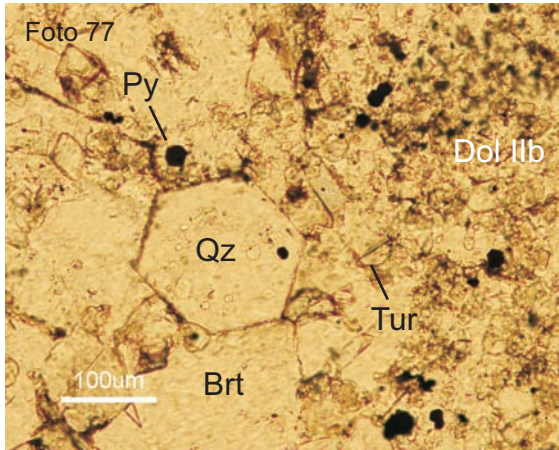


Foto 85: Muestra DM-03-03 (Jugo). El límite entre los clastos dolomíticos (Dol 0) y el filón de dolomita III (Dol III) es difuso. Se observa un cristal de albita (Ab).

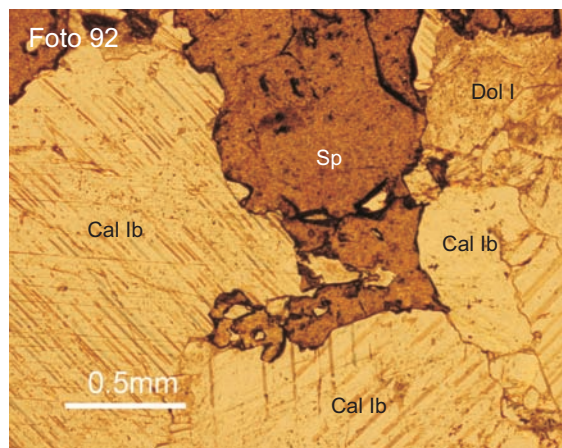
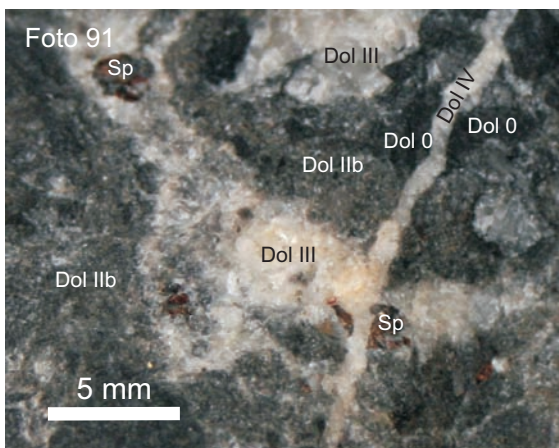
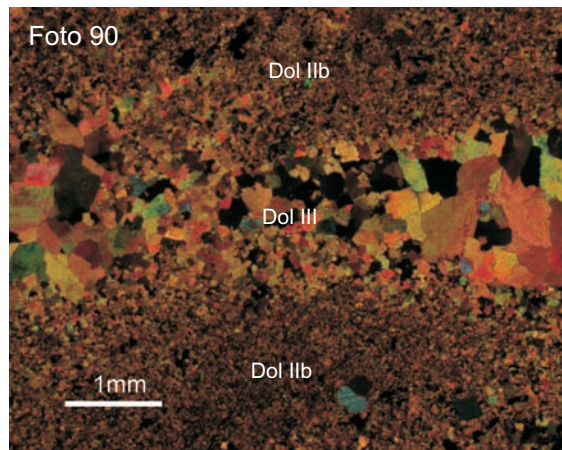
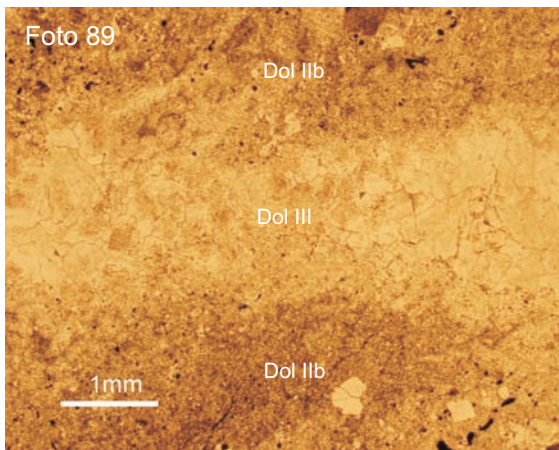
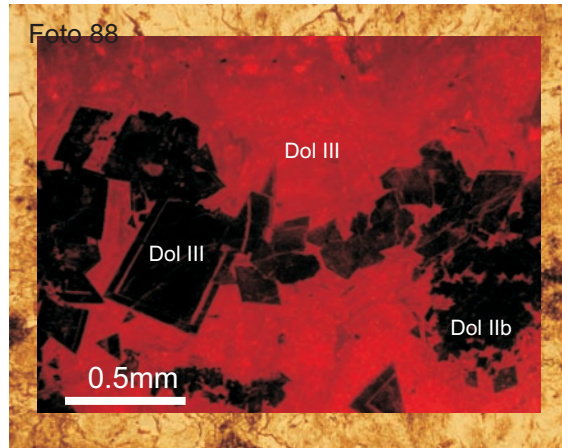
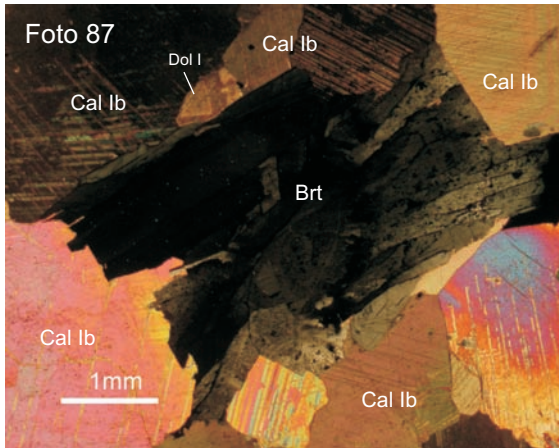
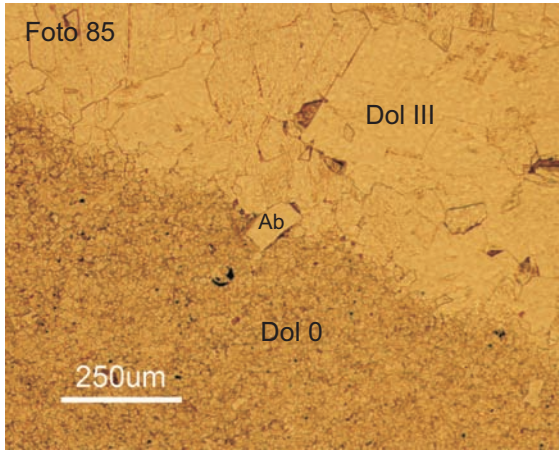
Fotos 86 y 87: Muestra DM-03-01 (Jugo). Cristales de barita (Brt) y dolomita I (Dol I) englobados en un filón de calcita Ib. Aparentemente, las dos primeras fases son tempranas, y están siendo reemplazadas por la calcita.

Foto 88: Muestra DM-03-03 (Jugo). La dolomita III presenta catodoluminiscencia de color rojo, con núcleos no luminiscentes. La dolomita IIb no es luminiscente.

Fotos 89 y 90: Muestra DM-03-03 (Jugo). Filón de dolomita III encajado en dolomita IIb. El tránsito entre ambas es progresivo, con un incremento gradual de tamaño de grano entre Dol IIb y III. Es el mismo tipo de relación existente entre las bandas de los sistemas auto-organizados (Merino et al., 2006).

Foto 91: Muestra DM-03-03 (Jugo). Filón de dolomita IV (Dol IV), de carácter tardío.

Foto 92: Muestra DM-03-01 (Jugo). Dolomita I (Dol I) englobada en calcita Ib (Cal Ib). Aparentemente, la dolomita I es una fase temprana, tal vez cristales heredados del Keuper, que es reemplazada por la calcita Ib. A su vez, esta última es reemplazada por esfalerita, que cristaliza a favor de los límites intercristalinos.



Fotos 93 y 94: Muestra DM-03-03 (Jugo). Las características de la esfalerita son equivalentes a las del indicio de Altube: los cristales de esfalerita presentan un núcleo no luminiscente (Sp I) y una corona catodoluminiscente (Sp II). En algunos cristales existe una sutura entre ambas, que se aprecia a luz paralela. Otras características destacadas son la diferencia entre la dolomita IIb (no luminiscente) y la III (luminiscente, color rojo).

Foto 95: Muestra DM-03-01 (Jugo). Con frecuencia, se observa un halo alrededor de la galena (Gn), que podría corresponder a impregnaciones de hidrocarburos.

Foto 96: Muestra DM-03-03 (Jugo). Cristales maclados de albita (señalados con flechas) asociados a dolomita III.

Fotos 97 y 98: Muestra DM-03-03 (Jugo). Superficies de disolución entre dominios de dolomita IIb y III.

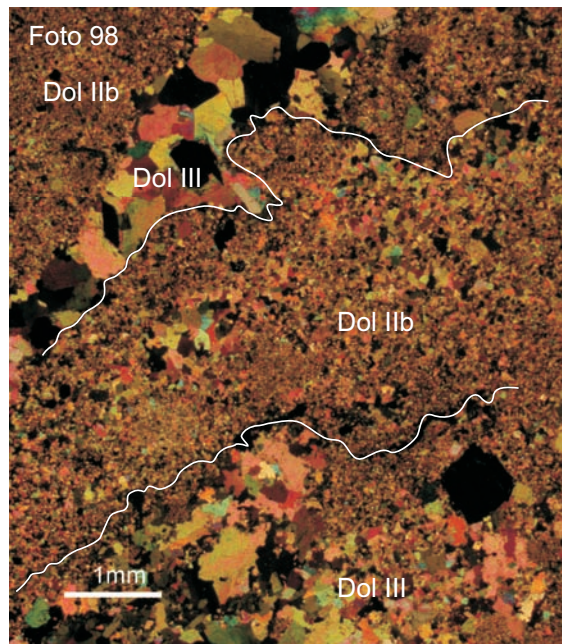
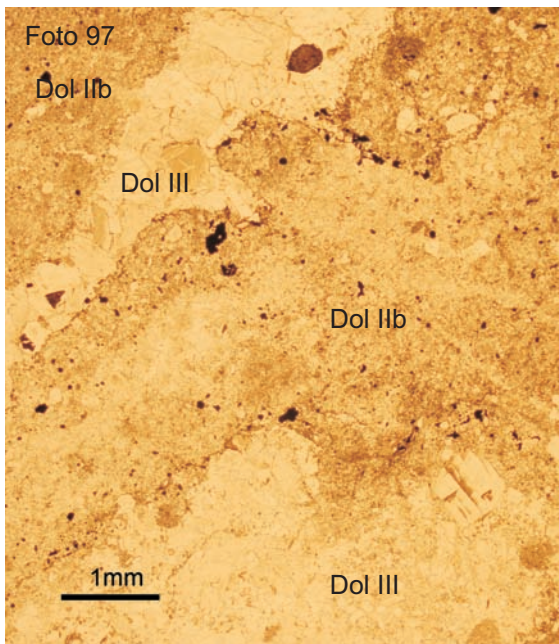
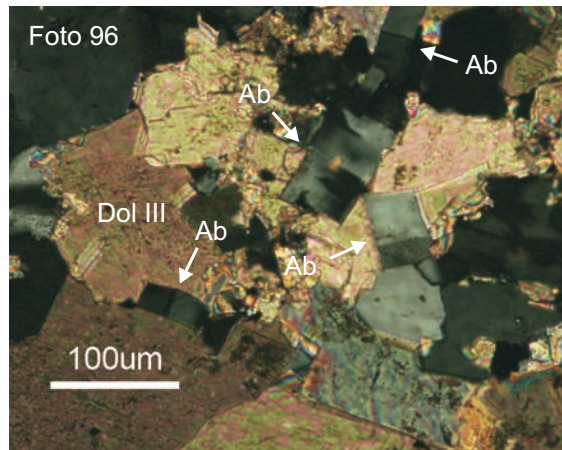
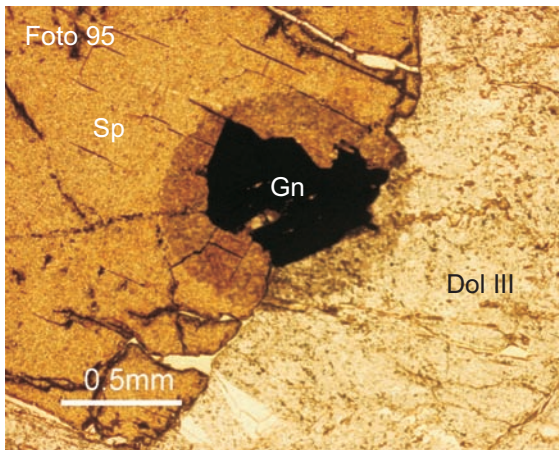
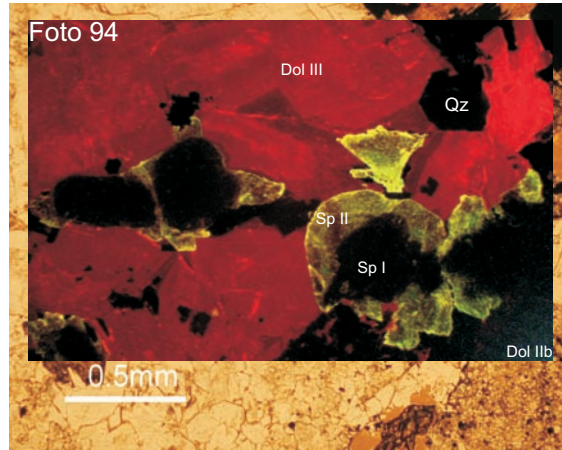
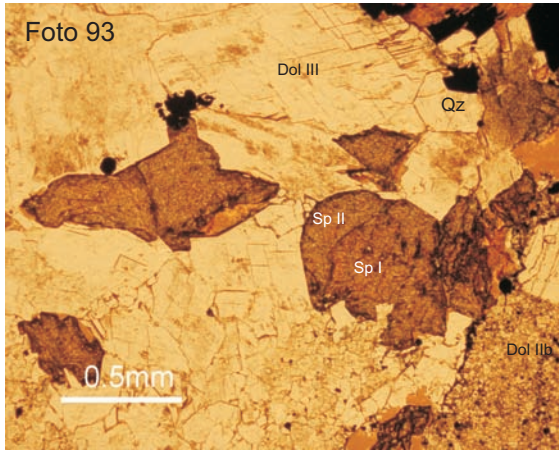


Foto 99: Muestra DM-03-04 (Jugo). Mineralización filoniana, constituida por una dolomita *saddle*, de color marrón (Dol X), asociada con galena (Gn). En el centro, se abre un pequeño filón con dolomita *saddle* blanca (¿Dol III?) y calcita esparítica (¿Cal II?).

Foto 100: Muestra DM-03-05 (Jugo). Mineralización filoniana, consiste en un filón de barita con cantidades menores de esfalerita (Sp I), calcita espática (¿Cal I?) y dolomita *saddle* (¿Dol III?).

Foto 101: Muestra DM-04-02 (Mina de Vila) en la que se observa dolomita gris (Dol IIb) y dolomita *saddle* blanca (Dol III). En el centro de la dolomita *saddle*, se desarrolla una geoda con cristales escalenoédricos de calcita (Cal II). En el límite entre la dolomita gris y la *saddle* blanca, se observan cristales idiomórficos de esfalerita (Sp).

Foto 102: Muestra DM-05-05 (Aperregui). Mineralización asociada a la ZCT (brecha de clastos dolomíticos, Dol 0). El relleno de la brecha está constituido por dolomita *saddle* blanca (Dol III), esfalerita (Sp) y pirita (Py). No se trata de un simple relleno pasivo: además, también reemplazan a los clastos (ver ampliación).

Foto 103: Muestra DM-05-01 (Aperregui). Mineralización asociada a la ZCT (brecha de clastos dolomíticos, Dol 0). En algunas muestras el cemento de las brechas consiste en una combinación de dolomita gris (Dol IIb, característica de la ZCT) y dolomita *saddle* blanca (dolomita III). La dolomita IIb presenta una gradación de colores entre gris oscuro (parecido al de Dol 0) y gris medio. En la ampliación se puede observar variaciones en el color de la dolomita IIb alrededor de un clasto. La capa en contacto con el clasto es de un color gris medio, mientras que la banda externa es de color oscuro. Destaca también la existencia de filones tardíos, de potencia milimétrica y rellenos de dolomita *saddle* blanca (dolomita IV). Se ha señalado la localización de la foto 104.

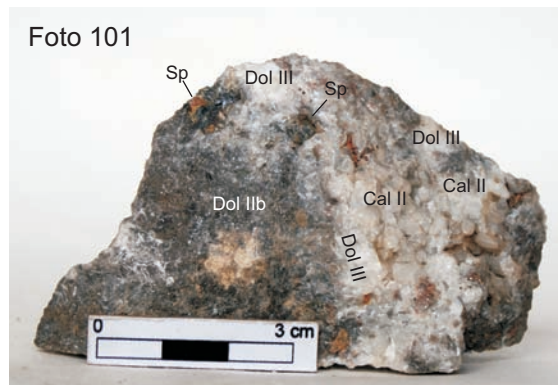
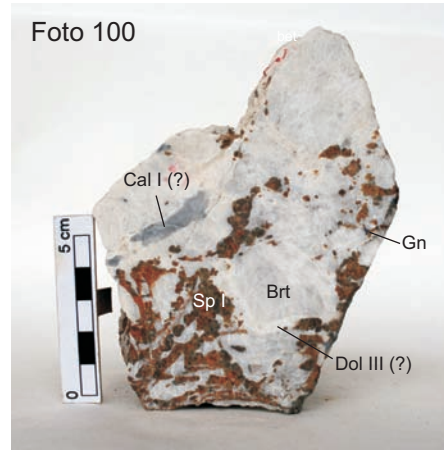
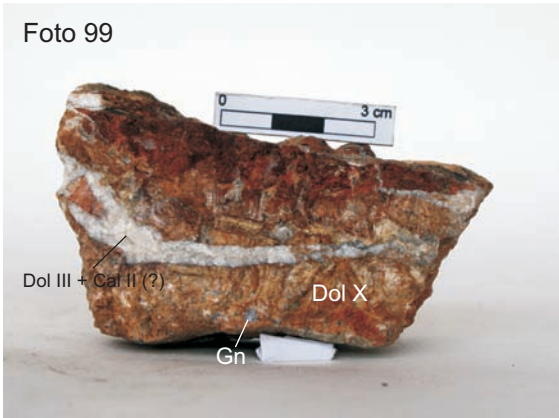


Foto 102

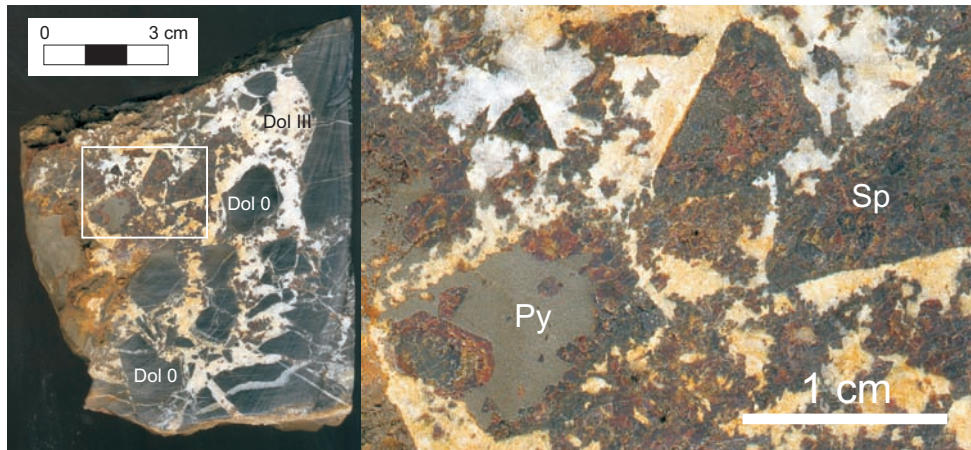


Foto 103

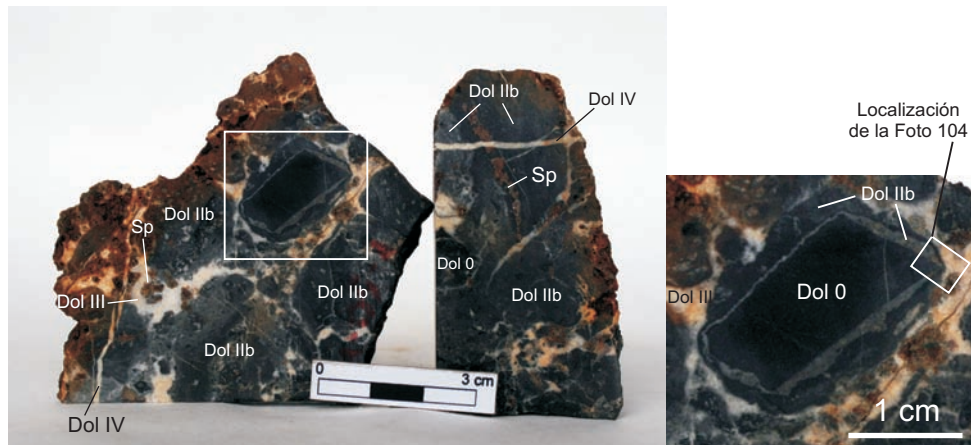


Foto 104: Muestra DM-05-01 (Aperregui). Ampliación del recuadro señalado en el detalle de la foto 103. La dolomita I**b** de color gris oscuro tiene un tamaño de grano menor que la dolomita I**b** de color gris medio. La esfalerita está asociada exclusivamente a la zona de dolomita I**b** gris medio (a la que reemplaza) y de dolomita III. Se ha indicado la ampliación mostrada en las fotos 105 y 106.

Fotos 105 y 106: Muestra DM-05-01 (Aperregui). Detalle de la Foto 104. La Dol 0 y la Dol I**b** gris oscuro no son luminiscentes, mientras que la Dol I**b** gris medio y III sí lo son. Existe un tránsito progresivo entre la Dol I**b** gris oscuro y la Dol I**b** gris medio: a partir de cristales no luminiscentes de la primera se desarrolla un sobrecrecimiento luminiscente de la segunda (ver flechas). La esfalerita está asociada a la Dol III, y reemplaza a la Dol I**b**. También destaca la presencia de halos o aureolas alrededor de la esfalerita, que han sido interpretados como impregnaciones de hidrocarburos.

Fotos 107 y 108: Muestra DM-05-01 (Aperregui). Descifrar la relación entre la esfalerita (Sp) y las diferentes generaciones de dolomita es una tarea complicada. En esta imagen, se ha interpretado que la esfalerita y la dolomita III (cristales idiomórficos englobados en el sulfuro) han cristalizado simultáneamente. A la vez, la esfalerita reemplaza a la dolomita I**b**, dando como resultado una textura cariada (ver franja delimitado por una línea discontinua, en la que abundan los relictos de Dol I**b**).

Fotos 109 y 110: Muestra DM-05-01 (Aperregui). Se han observado superficies de presión-disolución (p-d) en el interior de los clastos de Dol 0, así como en el límite entre la dolomita II y los clastos. Es importante destacar que las superficies de presión-disolución intra-clasto son paralelas a las existentes extra-clasto, y al límite entre Dol I**b** gris medio / Dol I**b** gris oscuro / Dol III. Todo ello sugiere que los clastos podrían no ser de naturaleza física, sino relictos de disolución.

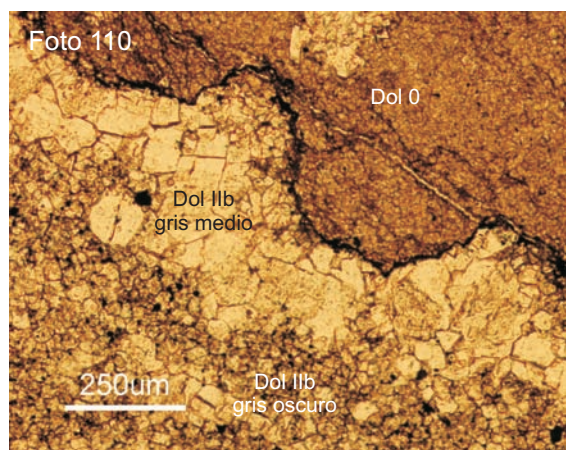
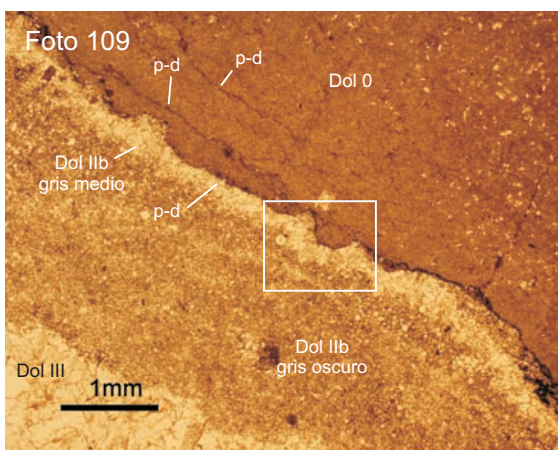
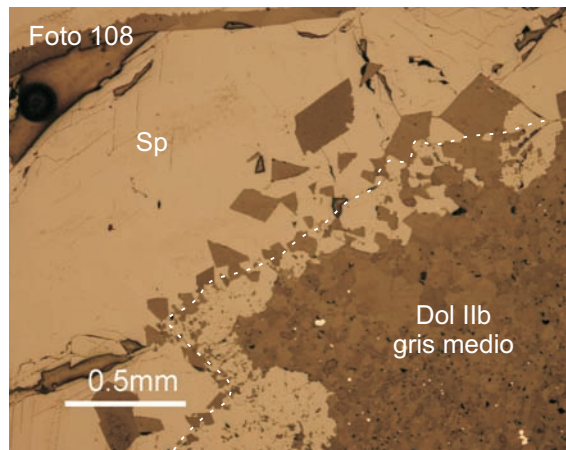
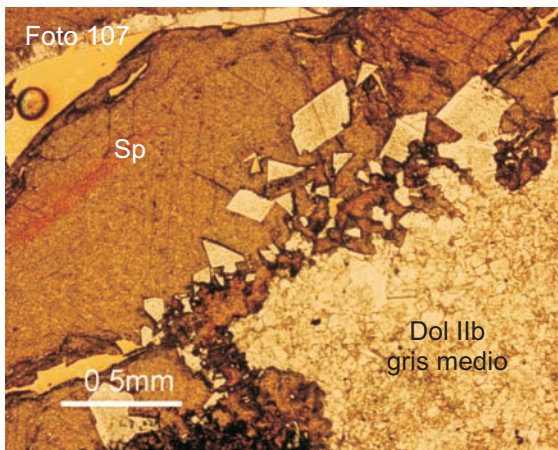
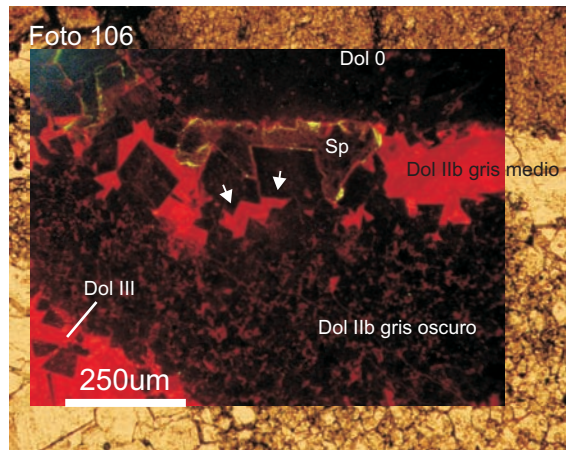
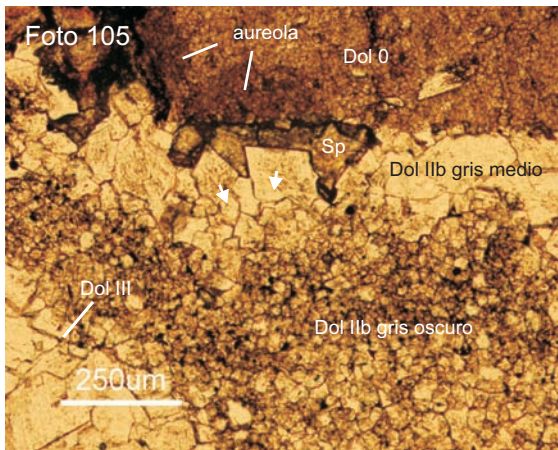
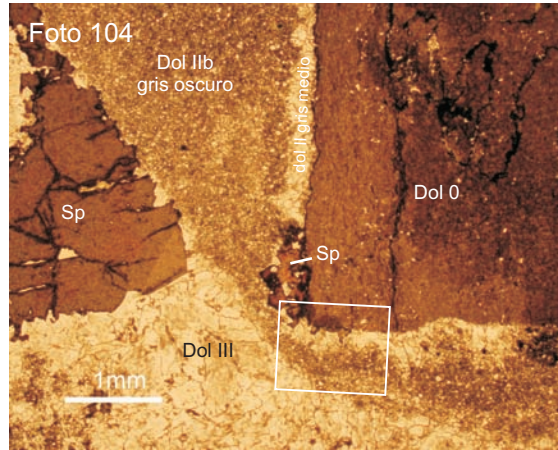


Foto 111: Muestra DM-06-02 (Beluntza). Mineralización filoniana, constituida por calcita espática (Cal), esfalerita (Sp) y galena (Gn). El encajante consiste en Calizas de edad Turoniense Inferior.

Foto 112: Muestra DM-06-04 (Beluntza). Mineralización filoniana, constituida por barita (Brt), esfalerita (Sp) y galena (Gn).

Foto 113: Muestra DO-01-02 (Artomaña). Brecha cementada por betún sólido. El betún (Bit) está asociado con calcita (Cal). Los clastos están constituidos por calizas micríticas, de edad Cenomaniense. Con frecuencia, los clastos presentan decoloraciones puntuales de color beige, ampliamente distribuidas.

Foto 114: Muestra DO-01-02 (Artomaña). Clasto en el que se observan impregnaciones (A), tal vez de hidrocarburos, a favor de fracturas. Los puntos de color beige que se observan en los clastos (foto 113) consisten en zonas con un mayor tamaño cristalino (B). El cemento entre los clastos está compuesto por betún solidificado (Bit) y calcita (Cal).

Foto 115: Muestra DO-01-02 (Artomaña). Cristal de dolomita (Dol) englobado en calcita (Cal). Aparemente, la dolomita es anterior a calcita y betún.

Foto 116: Muestra DO-01-02 (Artomaña). Calcita nítida (Cal-t), de carácter tardío, que rellena fracturas en el betún.

Foto 117: Muestra DO-02-06 (La Antigua). Mineralización filoniana constituida por calcita espática (Cal) y galena (Gn).

Foto 118: Muestra DO-02-05 (La Antigua). Mineralizaciones filoniana y diseminada. Las bandas que se observan en el filón de calcita consisten en superficies de presión-disolución. A lo largo de estas superficies han precipitado esfalerita, pirita, y dolomita *saddle* blanca (visibles al microscopio). En el encajante hay una diseminación de esfalerita, cuya concentración aumenta progresivamente hacia el contacto con el filón.

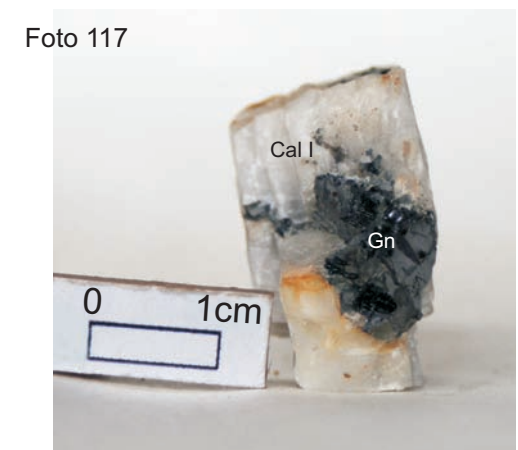
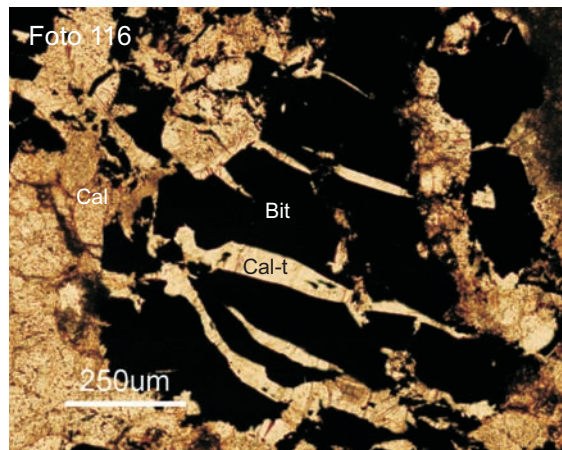
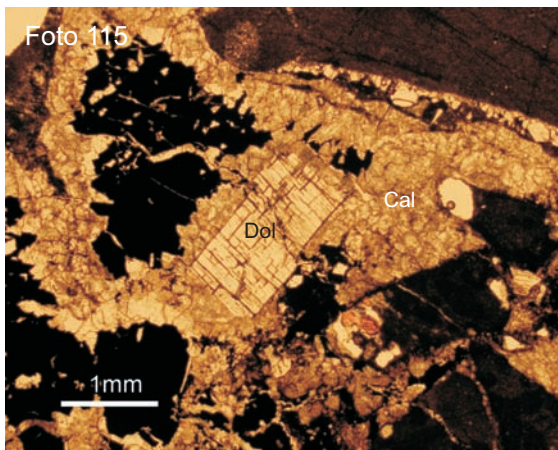
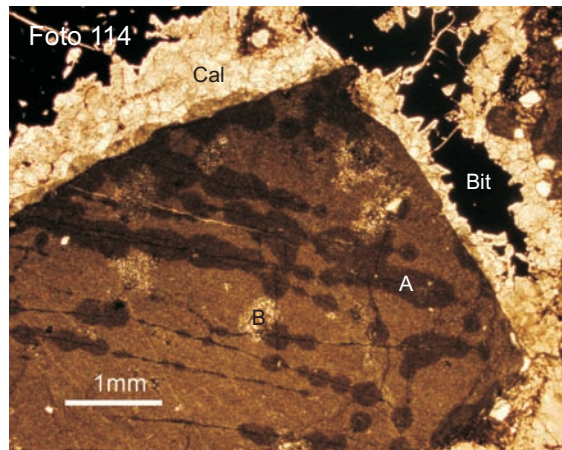
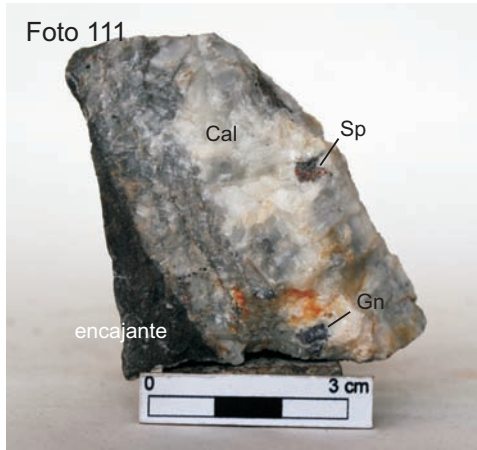


Foto 119: Muestra DO-02-01 (La Antigua). Localmente, la concentración de las diseminaciones aumenta y da lugar a mineralizaciones semimasivas de esfalerita (Sp) y pirita (Py).

Foto 120: Muestra DO-02-03 (La Antigua): Encajante de la mineralización de La Antigua (Calizas de Gárate), en el que se identifican restos fósiles (A). Destaca la presencia de cristales diseminados de esfalerita (Sp) y pirita (Py).

Foto 121: Muestra DO-02-03 (La Antigua): Cristal de dolomita (Dol) asociado a la mineralización diseminada. La esfalerita se adapta al perfil de la dolomita (ver flechas), indicando que el sulfuro es un ligeramente posterior a la dolomita.

Fotos 122 y 123: Muestra DO-02-04 (La Antigua): Superficies de disolución paralelas al contacto con el encajante. A lo largo de estas superficies han precipitado esfalerita y pirita y dolomita. Existe continuidad óptica entre las diferentes franjas de calcita. Se ha interpretado como un único cristal espático afectado por procesos de presión-disolución. Las superficies generadas fueron aprovechadas por fluidos, que circularon a través y favorecieron la precipitación de sulfuros.

Foto 124: Muestra DO-03-12 (Montaleón). Mineralización diseminada constituida por esfalerita (Sp) y galena (Gn). Asociadas a la mineralización hay dos tipos de dolomita saddle: una tiene inclusiones de pirita de grano fino (Dol IIIa), lo que le da un color verdoso oscuro, mientras que la otra es blanca, libre de pirita (Dol IIIb). El encajante (Calizas de Gárate) está dolomitizado.

Foto 125: Muestra DO-03-04 (Montaleón). Mineralización diseminada, con cristales de esfalerita de hasta 1 centímetro de tamaño y galena. El encajante está dolomitizado.

Foto 126: Muestra DO-03-05 (Montaleón). Mineralización diseminada. Los cristales de esfalerita (Sp) están siendo reemplazados por dolomita saddle blanca (Dol IIIb). En algunos casos, el reemplazamiento ha sido completo y sólo queda un pseudomorfo de dolomita (A).

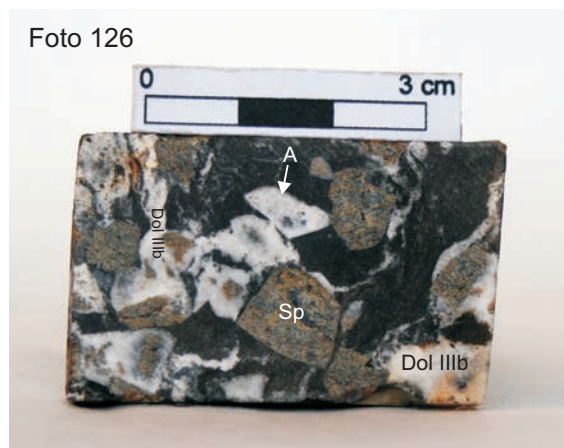
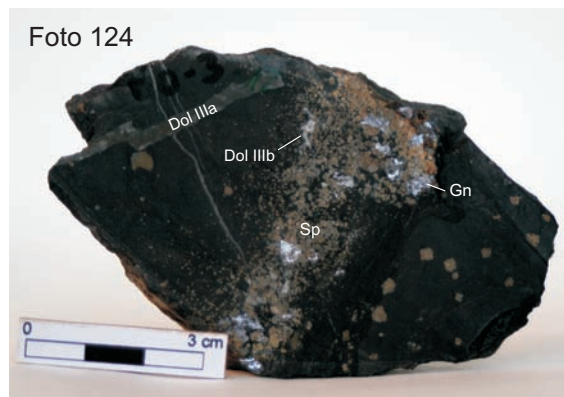
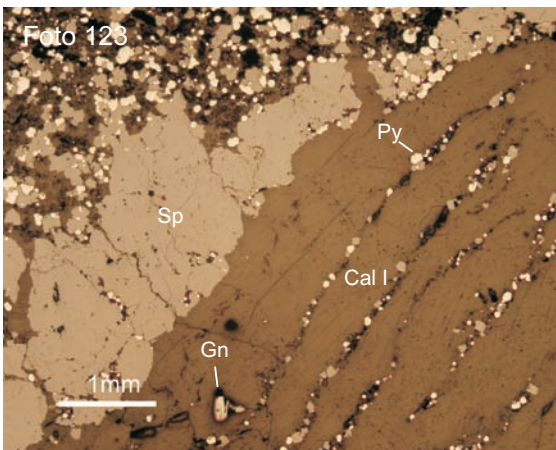
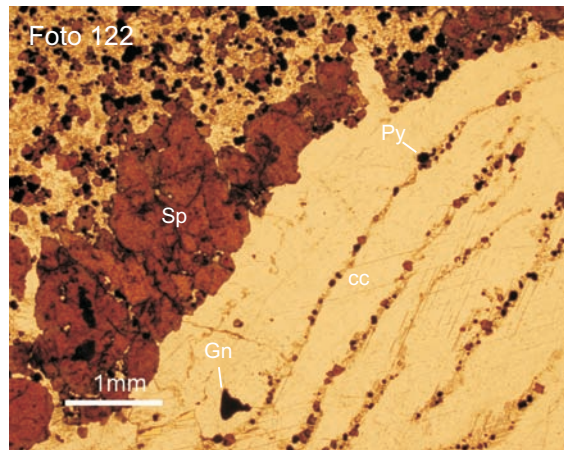
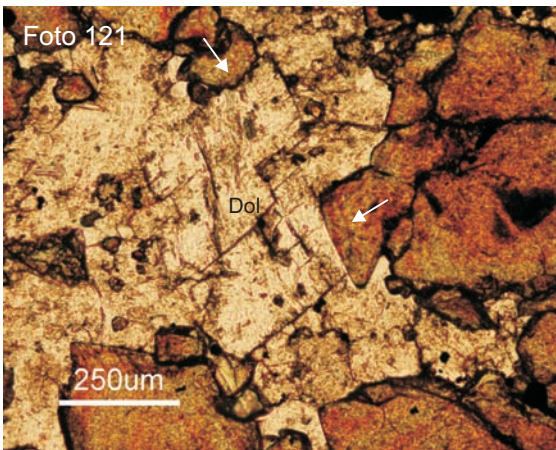
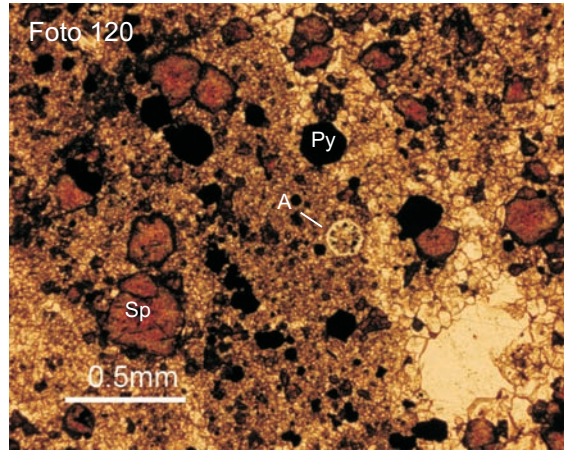


Foto 127: Muestra DO-03-00 (Montaleón). Mineralizaciones filoniana y diseminada. El filón está constituido por calcita espática (Cal I), dolomita saddle con pirita asociada (Dol IIIa), y cristales de esfalerita (Sp I) y galena (Gn) de tamaño centimétrico. La mineralización diseminada está formada por esfalerita y galena de menor tamaño de grano (menos de 5 milímetros), asociada a pequeños filones de dolomita IIIa. Atravesando el conjunto, hay filoncillos tardíos de potencia milimétrica de dolomita saddle blanca (Dol IV).

Foto 128: Muestra DO-03-00 (Montaleón). Fragmento correspondiente al mismo filón de la foto 127. Un pequeño filón de dolomita saddle tardía (Dol IV) atraviesa un cristal de esfalerita (Sp I). Destaca la existencia de filoncillos de dolomita saddle con pirita (Dol IIIa) que se han desarrollado siguiendo la exfoliación de la calcita espática (Cal I).

Foto 129: Muestra DO-03-00 (Montaleón). Aspecto que presenta la dolomita IIIa. Los cristales de pirita se desarrollaron a favor de la exfoliación de la dolomita.

Fotos 130 y 131: Muestra DO-03-02 (Montaleón). Filones paralelos de dolomita IIIa y IIIb. A destacar la existencia de una delgada franja de encajante entre los dos filones. Se ha interpretado que el límite del filón de dolomita IIIa actuó como superficie de fractura a favor del cual se generó un nuevo filón de dolomita IIIb.

