

## CAPÍTULO 3

# *PETROGRAFÍA*



### 3.- PETROGRAFÍA

En este capítulo se realiza una descripción de las rocas de las diferentes unidades litoestratigráficas basadas en el estudio al microscopio de láminas delgadas, dejando para el capítulo de metamorfismo el análisis más detallado de las distintas asociaciones y paragénesis de minerales índice. La petrología de las rocas graníticas variscas se trata en el Capítulo 7.

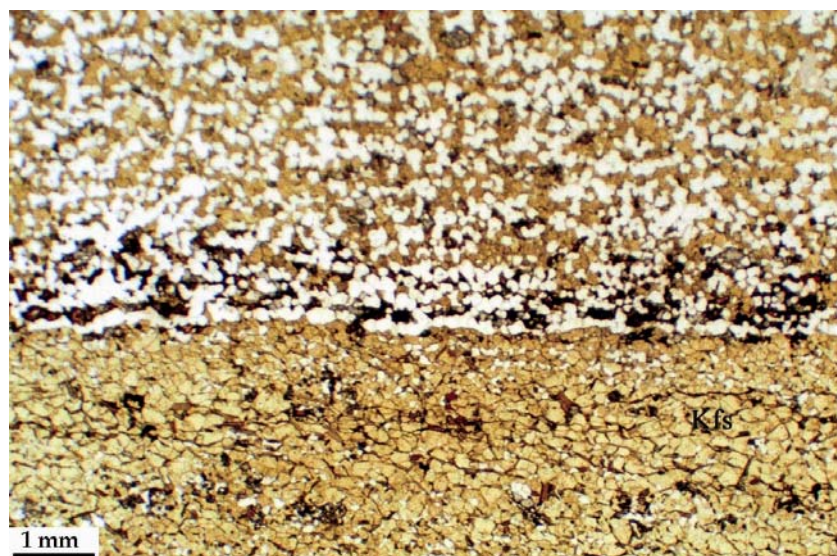
#### 3.1.- PETROGRAFÍA DE LA SERIE DE "VIANA DO BOLO"

Dentro de la Serie de "Viana do Bolo", se han diferenciado tres unidades litológicas principales, las cuarcitas de Dradelo, los micaesquistos con granate y los gneises bandeados. Además, en la última unidad se pueden distinguir como litologías peculiares, areniscas grises, capas de rocas carbonatadas (calizas, mármoles y dolomías) y capas y/o "boudins" de rocas calcosilicatadas. El grado metamórfico es siempre elevado, encontrándose estos materiales en la parte alta de la facies de las anfibolitas, lo cual condiciona sus características petrológicas.

##### 3.1.1.- Cuarcitas de Dradelo

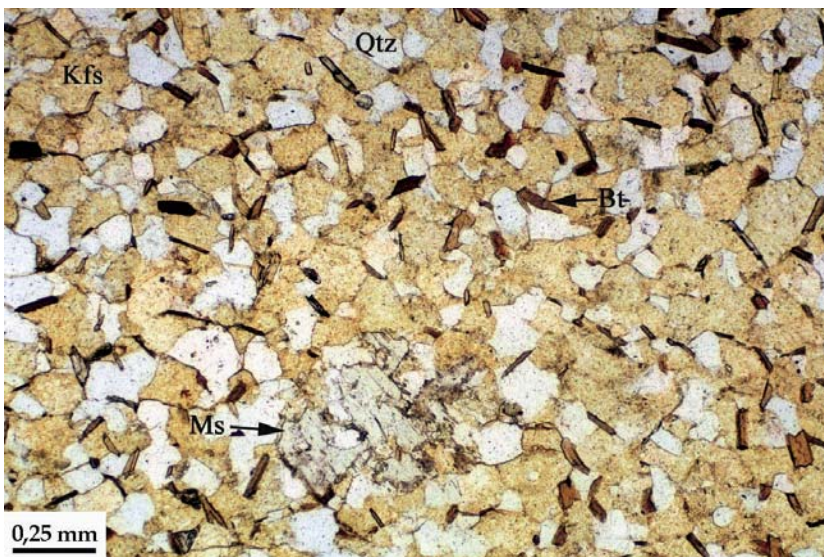
Se trata de areniscas y cuarcitas feldespáticas, donde el contenido en feldespatos, tanto feldespato potásico como plagioclasa, varía de forma considerable de unas muestras a otras. Así, hay muestras en las que el contenido en feldespato potásico es muy alto, incluso superior al del cuarzo (Foto 3.1).

**Foto 3.1:** En esta foto se puede apreciar cómo varía el contenido de feldespato potásico (Kfs); así, en la parte inferior la roca está compuesta por Kfs, mientras en la parte superior está formada por cuarzo más Kfs.



Los minerales principales son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y moscovita. Como minerales accesorios se encuentran opacos, circón y turmalina. Otros minerales desarrollados durante los procesos metamórficos son granate, zoisita-clinozoisita y moscovita.

La textura es granolepidoblástica y granoblástica-poligonal, con desarrollo de textura en mosaico (Foto 3.2), marcada por los cristales de cuarzo y feldespato potásico. Estos tienen un tamaño de grano bastante homogéneo, de 250 a 300  $\mu\text{m}$ , aunque de una muestra a otra el tamaño de grano es muy variable, en especial por lo que respecta al cuarzo, cuyos cristales tienen formas irregulares, pero con límites rectilíneos y uniones triples a  $120^\circ$ . En otras ocasiones, la roca tiene una esquistosidad marcada por la orientación de la biotita y la moscovita, dentro de una matriz de Qtz + Kfs + Pl. Hay muestras con grandes cristales de cuarzo que incluyen a pequeños cristales de moscovita y de biotita con formas tabulares y orientados estadísticamente, marcando una fábrica.

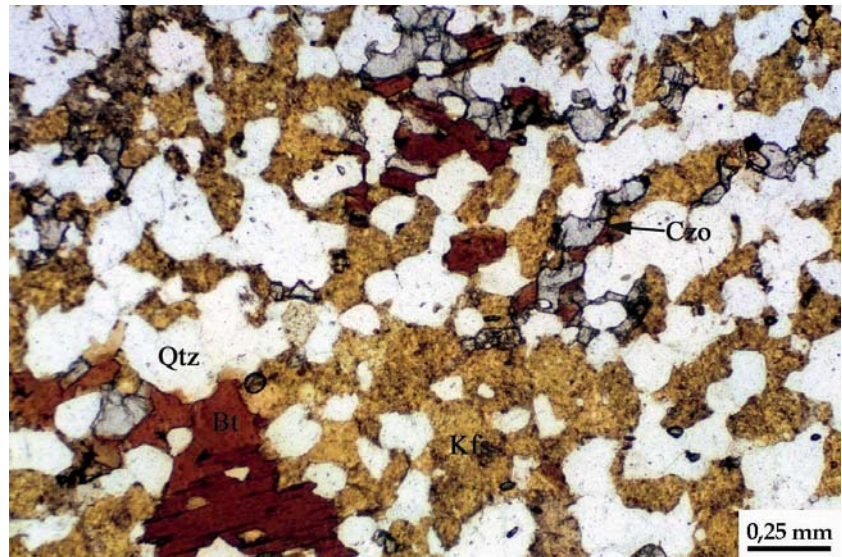


**Foto 3.2:** Textura granoblástica, poligonal (textura en mosaico) en las areniscas feldespáticas de Dradelo. Se observa cómo los cristales de feldespato potásico (Kfs) forman una textura en mosaico junto con el cuarzo (Qtz) y entre ellos se encuentran pequeñas láminas de biotita (Bt). En la parte inferior se observa un cristal de moscovita II (Ms) tardío que se superpone a la textura granoblástica (Muestra: 266-13B; nícoles paralelos).

La biotita se presenta en cristales tabulares con un pleocroísmo muy marcado, marrón oscuro a claro, y se caracteriza por definir la foliación de la roca. Para la moscovita se pueden diferenciar dos tipos. La moscovita I se presenta en cristales con forma tabular y se caracteriza por definir la foliación junto con la biotita. La moscovita II son placas de gran tamaño, con un marcado carácter tardío, muy poiquiloblásticas y que se disponen al azar (Foto 3.2). Estas rocas también se caracterizan por un alto porcentaje en minerales del grupo de la epidota (epidota y clinozoisita), que muestran un hábito anhedral, con un relieve mayor que el cuarzo y el Kfs y con los típicos colores de interferencia de primer orden para la zoisita (azul a gris azulado) y de segundo orden para la clinozoisita (azul y amarillo; Foto 3.3).

Dentro de los minerales accesorios, el más representativo es el circón, que tiene un tamaño medio de aproximadamente 100  $\mu\text{m}$  y en general forma redondeada. La turmalina se presenta en pequeños cristales con hábito euhedral y con fuerte pleocroísmo.

**Foto 3.3:** Aspecto de la textura de las areniscas cuarzo-feldespáticas de Dradelo. Se puede apreciar el relieve alto de los cristales de zoisita-clinozoisita (Czo). (Qtz = cuarzo; Kfs = feldespato potásico; Bt = biotita) (Muestra: 266-13; nícoles paralelos).



### 3.1.2.- Micaesquistos con granate

Sus constituyentes principales son: cuarzo, biotita, moscovita, estaurolita, granate, sillimanita, andalucita y cloritoide. Como minerales accesorios hay opacos (ilmenita), circón y turmalina. Una característica que llama la atención en esta litología es la ausencia de plagioclasa.

La textura es granolepidoblástica, con una fábrica definida por una alternancia de bandas compuestas por haces de sillimanita y biotita, y por bandas ricas en cuarzo ("ribbons"). En general, estas rocas han sufrido fuertes procesos de moscovitización secundaria.

Las asociaciones minerales más características son:

Cuarzo-feldespato potásico-sillimanita-biotita-granate

Cuarzo-feldespato potásico- estaurolita-andalucita

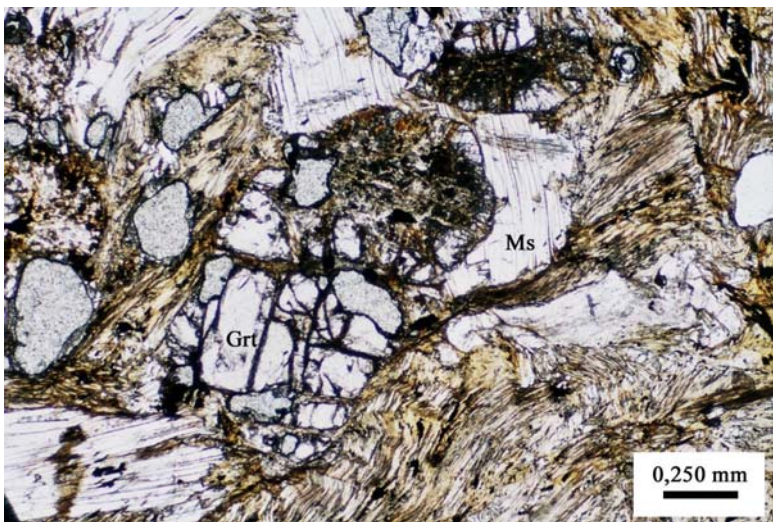
Cuarzo-feldespato potásico-moscovita-cloritoide

El cuarzo se encuentra formando cintas recrystalizadas, o bien pequeños cristales que definen una textura en mosaico, con formas poligonales y uniones triples. La extinción de estos cristales es limpia. La sillimanita se presenta en su variedad de fibrolita, formando haces que están marcando la foliación y la lineación principal de la roca (S2). Está en general fuertemente moscovitizada. La biotita se caracteriza por cristales con formas tabulares, asociados a la sillimanita. Al igual que aquella se encuentra muy transformada en moscovita. Los granates son abundantes y pueden encontrarse con dos tipos de hábitos. El primero, subhedral, con caras cristalinas bien desarrolladas, se caracteriza por tener abundantes inclusiones de agujas de rutilo. El segundo presenta hábito anhedral, es de menor tamaño que el anterior y no contiene inclusiones (Fotos 3.4 y 3.5).

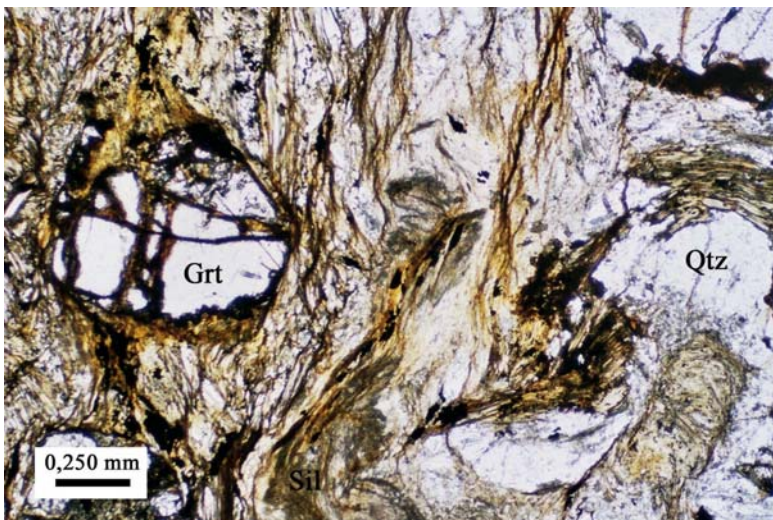
Los cristales de estaurolita son de tamaño pequeño, con hábito euhedral a subhedral y con el típico pleocroísmo en tonos amarillos. Un dato importante para el estudio de su historia

metamórfica es que tienen inclusiones de agujas de sillimanita. La andalucita tiene hábito subhedral a anhedral y puede incluir cristales de granate. Siempre, se encuentra asociada a la estauroлита, pareciendo ambos minerales contemporáneos en función de sus relaciones texturales. La moscovita es de carácter tardío con relación al resto de los minerales. Se presenta bien como cristales tabulares que marcan la foliación de la roca, bien como grandes placas que en su interior contienen gran cantidad de agujas de sillimanita. El cloritoide aparece en grandes blastos de hábito anhedral. Su crecimiento es posterior a los minerales descritos anteriormente y, por lo tanto, posterior al pico térmico, desarrollándose en las últimas etapas del metamorfismo. Los cristales suelen tener un ligero pleocroísmo que varía desde incoloro a tonos verdes muy claros, y muestran maclas polisintéticas.

Entre los minerales accesorios más característicos se encuentra la turmalina, en pequeños cristales con forma acicular, muy pleocroicos y que tienen una disposición al azar, indicando que su crecimiento es posterior al desarrollo de las principales fábricas de la roca.



**Foto 3.4:** Aspecto de la textura de los micaesquistos con granate. Se aprecia que las moscovitas tienen abundantes inclusiones de sillimanita (**Grt** = granate; **Ms** = moscovita. Muestra: 266-22; nícoles paralelos).



**Foto 3.5:** Aspecto de la textura de los micaesquistos con granate (**Grt**), en este caso está libre de inclusiones. El cuarzo (**Qtz**) está formando un "ribbon" plegado por D3. La sillimanita (**Sil**) que se puede observar es fibrolita.

### 3.1.3.- Gneises bandeados

La composición mineral completa de los gneises bandeados es: plagioclasa + cuarzo + biotita + moscovita + sillimanita  $\pm$  feldespato potásico  $\pm$  granate  $\pm$  ilmenita. Como minerales accesorios se encuentran circón, apatito y turmalina.

La textura es granolepidoblástica, con un tamaño de grano grueso y gnéisica-bandeada marcada por el desarrollo de dominios de leucosomas centimétricos a decimétricos y de dominios ricos en biotita + sillimanita y que marcan la foliación general de la roca.

Para la descripción se ha seguido la clásica terminología establecida por MEHNERT (1968), ASHWORTH (1985) y MCLELLAN (1988) para rocas migmatíticas, según la cual el leucosoma y el melanosoma se utilizan en un sentido no genético para describir las partes más claras y más oscuras de la roca, respectivamente, y el mesosoma para referirse a partes del conjunto migmatítico que han experimentado una limitada o nula movilización.

Los gneises bandeados se caracterizan por la alternancia de finas capas de leucosoma y melanosoma (claro-oscuro) y pueden clasificarse como metatexíticos y diatexíticos, términos que serán utilizados en la descripción. Los gneises metatexíticos son migmatitas estromáticas constituidas por tipos con proporción variable de leucosoma generado por bajas tasas de fusión parcial. Es decir, la cantidad de fundido generado nunca llega a sobrepasar el 50%, situándose por debajo del porcentaje del fundido reológicamente crítico (RCMP) de ARCI (1978), por lo que conserva casi todas las estructuras y texturas previas a los procesos migmatíticos. Las metatexitas están formadas por mesosoma y proporciones variables de leucosoma (componente cuarzo-feldespático) o segregaciones leucocráticas. En general, los leucosomas están desprovistos de un borde rico en biotita u otros minerales máficos (melanosoma).

Los gneises diatexíticos son migmatitas producidas por tasas moderadas y altas de fusión parcial. La generación de más del 50 % de fundido excede el RCMP y origina la interrupción de las estructuras migmatíticas. Las diatexitas aparecen como láminas concordantes o formando bolsadas y diques cortando las estructuras migmatíticas de las metatexitas. Consisten en un componente granítico, en el que se destacan "schlieren" máficos que marcan la foliación (S<sub>2</sub>) de la roca, o bien enclaves surmicáceos, biotíticos que están más o menos alineados con la foliación. Cuando se excede el RCMP, los "schlieren" pueden llegar a aparecer desestructurados como resultado de la interrupción y redistribución del melanosoma. Los "schlieren" están formados por biotita y sillimanita, observándose reemplazamientos tardíos de estos minerales por grandes placas de moscovita. Los constituyentes principales de la matriz de las diatexitas son plagioclasa + cuarzo + biotita + feldespato potásico  $\pm$  sillimanita  $\pm$  granate  $\pm$  ilmenita  $\pm$  apatito y, dentro de ella, se distribuyen "schlieren" biotíticos y agregados poliminerale con granate + biotita + sillimanita + plagioclasa + cuarzo.

La plagioclasa forma cristales cuyos hábitos varían desde anhedral a subhedral. Su composición es de oligoclasa, con un rango de variación en el contenido en anortita muy estrecho (27-33% An). Tiene maclado polisintético y ocasionalmente muestra un ligero zonado, que no queda reflejado en la composición de los cristales, por lo que éstos se encuentran muy homogeneizados. Dentro de las rocas con una composición más pelítica, la composición de la

plagioclasa varía un poco y el contenido en anortita es mayor, siendo su composición de andesina. Como inclusiones muestra cuarzo goticular, relictos de distena y granate, biotita con hábito subhedral a euhedral, acículas de sillimanita y apatitos de hábito acicular. De forma ocasional, se observa una plagioclasa albítica, con formas lobuladas y textura mirmequítica, desarrollada cuando está en contacto con feldespato potásico.

El cuarzo se presenta con una variedad de texturas, pero en general se encuentra en cristales de hábito anhedral, en agregados policristalinos o bien en cintas (“ribbons”) policristalinas. Tiene extinción ondulante a normal y puede estar subdividido a individuos menores con límites irregulares. Como inclusiones más frecuentes tiene pequeños cristales de biotita con hábito subhedral. Otro tipo de cuarzo se encuentra como inclusión en los feldespatos, principalmente la plagioclasa, y muestra formas redondeadas o bien hábito subhedral. Le hemos denominado cuarzo goticular, ya que se encuentra como gotas dentro de los cristales de los feldespatos, en especial en la plagioclasa.

Se pueden diferenciar dos tipos de biotita. La biotita I forma lepidoblastos que definen la foliación principal (S<sub>2</sub>) de la roca. Se presenta en agregados de gran número de cristales de hábito subhedral, tabulares, a veces con formas poligonales formando mosaicos, menos frecuente en cristales de hábito anhedral. Tiene un pleocroísmo muy marcado que varía de castaño rojizo a marrón claro, con una intensa coloración debido al alto contenido en Ti, propio de las biotitas de alto grado. Es muy pobre en inclusiones de circones con halos pleocroicos, y engloba parcialmente a apatitos anhedrales a subhedrales. De forma puntual muestra orlas parciales formadas por un gran número de minerales opacos (ilmenita). La biotita II se encuentra asociada a la transformación de los granates, en cristales de menor tamaño que los anteriores y aparece junto con la sillimanita.

Dentro de la moscovita pueden diferenciarse también dos tipos. La moscovita I forma lepidoblastos con formas tabulares y es de hábito subhedral, apareciendo asociada a la biotita, formando parte de la foliación principal (S<sub>2</sub>). La moscovita II forma grandes placas de carácter postcinemático con respecto al bandeo gnéisico que se caracterizan por abundantes inclusiones de fibrolita, junto con cuarzo. Es frecuente que en los bordes presenten texturas simplectíticas.

La sillimanita se encuentra principalmente en los dominios micáceos, aunque también se puede encontrar en los cuarzo-feldespáticos y como inclusiones en plagioclasa, cuarzo y, estauroлита. Se trata siempre de fibrolita formando haces que, junto con la biotita y la moscovita, definen la foliación S<sub>2</sub>.

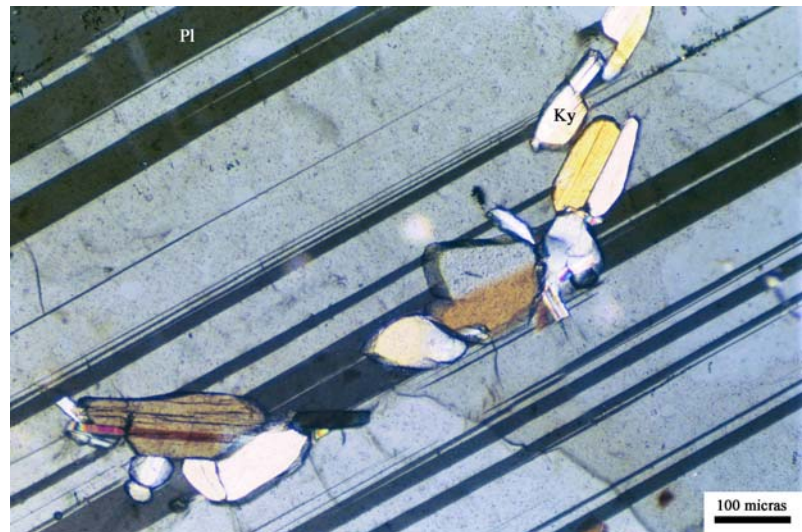
El feldespato potásico no es abundante y más bien se encuentra como un componente accesorio. Se presenta en cristales de hábito anhedral y con carácter intersticial, muestra macla de microclina y carece de inclusiones.

Para el granate pueden diferenciarse dos tipos en función de sus características texturales. El granate I forma grandes blastos, generalmente con formas redondeadas, aunque a veces se observan cristales de hábito subhedral. Se caracteriza por un núcleo libre de inclusiones, mientras hacia la zona externa aumenta el contenido en inclusiones de cuarzo con formas redondeadas, biotita y opacos (ilmenita). El granate II forma pequeños cristales de hábito anhedral que representan relictos de un primer metamorfismo de características progradas asociado al

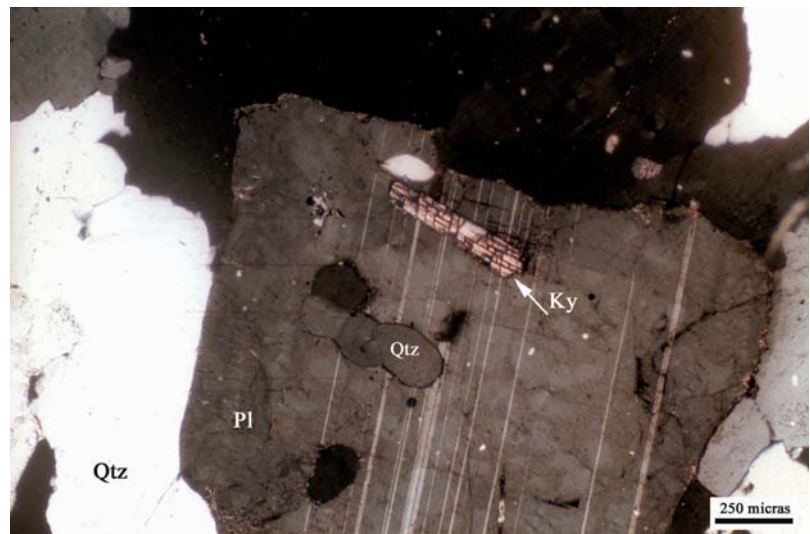


desarrollo de la asociación Ky+St+Grt, y es común observar restos de Grt y Ky (Fotos 3.6 a 3.8) incluidos en plagioclasa.

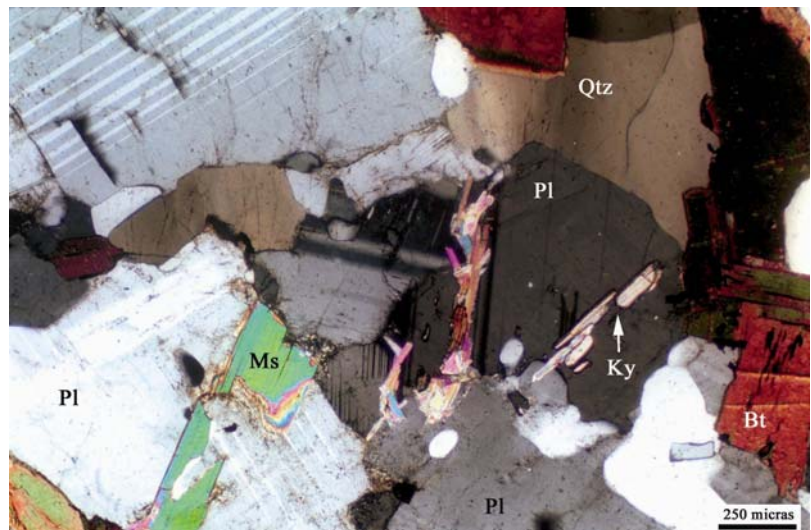
**Foto 3.6:** Una característica importante de los gneises bandeados es la presencia de distena (Ky), como inclusiones en cristales de plagioclasa (Pl). En este caso se observan abundantes restos de distena incluidos en la plagioclasa (Muestra: 228-115, perteneciente al fondo documental del IGME; nícoles cruzados).



**Foto 3.7:** Otro ejemplo de la existencia de distena (Ky) dentro de los gneises bandeados, blindada en los cristales de plagioclasa (Pl). En la plagioclasa se observan los típicos cuarzos (Qtz) redondeados (nícoles cruzados).



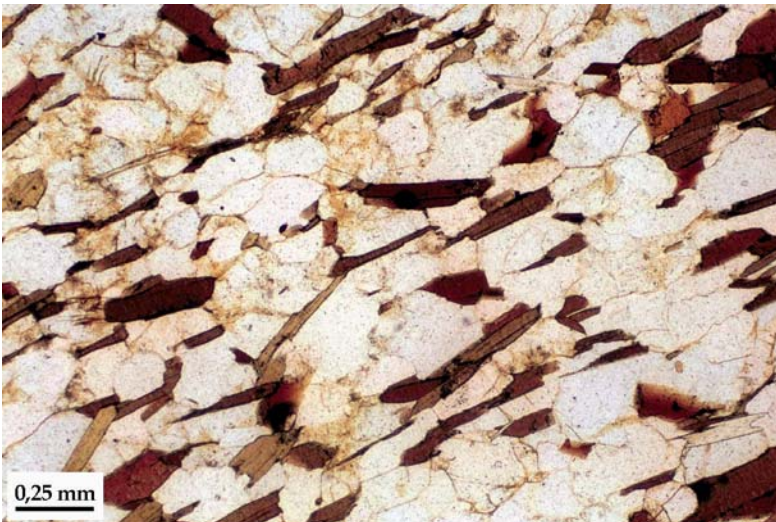
**Foto 3.8:** Un ejemplo de distena (Ky) incluida en plagioclasa (Pl). También puede observarse el desarrollo de moscovita tardía (Ms) a partir de la plagioclasa (Qtz = cuarzo; Bt = biotita; nícoles cruzados).



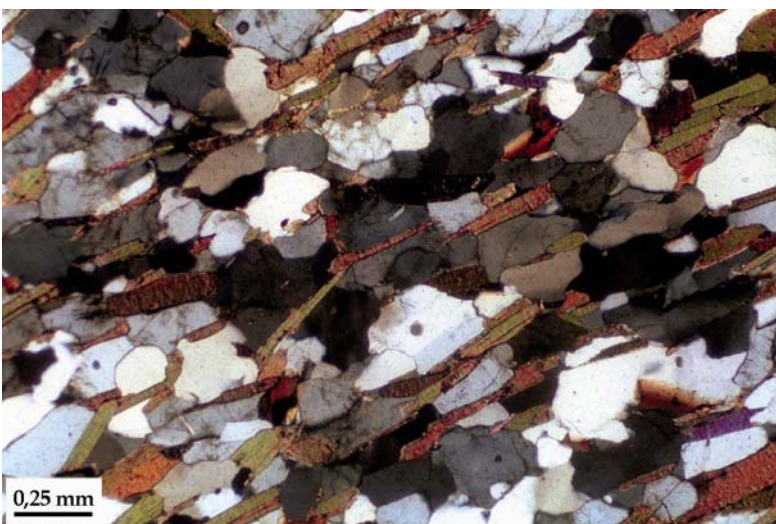
### 3.1.4.- Areniscas grises

Esta litología no tiene representación cartográfica, ya que se encuentra en capas poco potentes y/o “boudins” intercalados en los gneises bandeados. Son rocas de color gris oscuro y un tamaño de grano medio muy homogéneo, compuestas principalmente por cuarzo, plagioclasa y biotita, con cantidades subordinadas de moscovita tardía (Fotos 3.9 y 3.10). Como minerales accesorios se pueden observar granate, opacos y circón. Las texturas son granolepidoblásticas de grano medio, definidas por un agregado poligonal en mosaico de cristales de cuarzo y plagioclasa muy homométricos, entre los que se encuentran dispersas pequeñas láminas orientadas de biotita.

El cuarzo tiene formas poligonales con bordes rectos y uniones triples, junto con la plagioclasa. Otra característica es la presencia de pequeños cristales de cuarzo con secciones redondeadas (cuarzo goticular) incluidos, principalmente, en plagioclasa. La plagioclasa se presenta, al igual que el cuarzo, en cristales alotomorfos con formas poligonales. Tiene maclas polisintéticas y su composición es de Oligoclasa. La biotita se encuentra en cristales aislados, con formas listonadas que tienen un fuerte pleocroísmo, que varía desde marrón oscuro a marrón amarillento claro, debido al alto contenido en Ti. La moscovita forma grandes placas de carácter tardío, con una disposición al azar, que se superponen al resto de los minerales principales.



**Foto 3.9:** Aspecto de la textura de las areniscas grises. Se observa muy bien cómo la biotita se encuentra marcando la foliación. Los otros minerales que forman la roca son cuarzo y plagioclasa (Muestra: 266-82; nícoles paralelos).



**Foto 3.10:** La misma imagen, pero con nícoles cruzados.

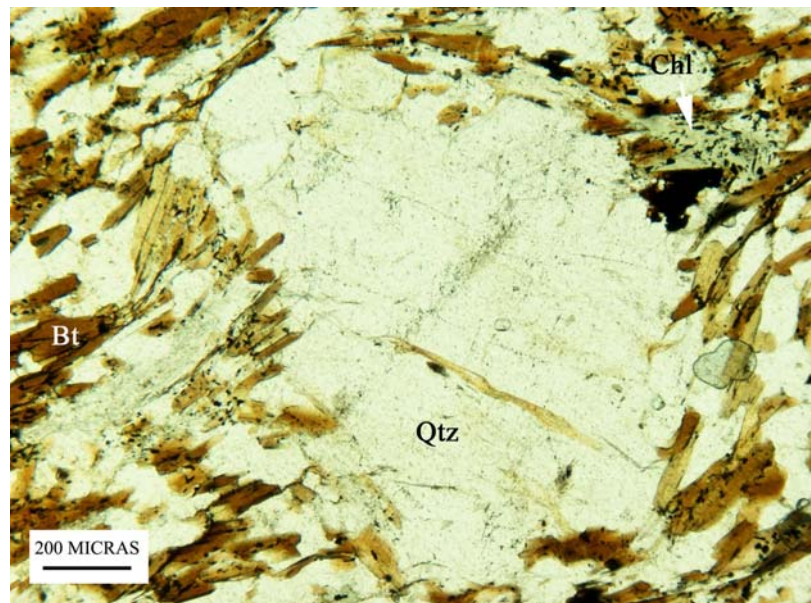
### 3.1.5.- Blastomilonitas

Esta litología no se ha representado cartográficamente. Los afloramientos se encuentran en varios puntos, pero los principales están en la carretera que va desde Pías a Porto, o a Barjacoba.

Los minerales principales son cuarzo, biotita, plagioclasa y moscovita. Entre los minerales aparecen granate, sillimanita, opacos, apatito, circón, turmalina y clorita. Las texturas son granolepidoblástica y microporfídica. Esta última viene marcada por pequeños fenocristales de cuarzo y plagioclasa.

El cuarzo se presenta en dos formas. El cuarzo I se encuentra formando la matriz de la roca, con textura granoblástica, en mosaico, con uniones triples. El cuarzo II forma fenocristales (1-2 mm) con formas redondeadas. Los de menor tamaño pueden ser monocristalinos y los de mayor tamaño, policristalinos. En ambos casos han desarrollado sombras de presión asimétricas (Foto 3.11) y “ribbons” de cuarzo.

**Foto 3.11:** Fenocristal de cuarzo (Qtz de tipo II) con forma redondeada (Bt = biotita; Chl = clorita) (Muestra: 266-85; nícoles paralelos).



La biotita aparece como pequeños cristales con hábito subhedral, marcando la foliación principal de la roca. Es muy característico el gran número de inclusiones de minerales opacos que tienden a disponerse de forma paralela a la exfoliación.

La moscovita se presenta en cristales tabulares cortos, equidimensionales, de carácter tardío, con bordes simplectíticos que están sobreimponiéndose a los cristales de biotita que marcan la foliación. También suelen tener inclusiones de sillimanita. El granate aparece como cristales aislados de hábito anhedral a subhedral (Foto 3.12). La clorita se encuentra en cristales aislados, es ligeramente pleocrónica en tonos verdes claros y muestra un maclado en nícoles cruzados (Fotos 3.13 y 3.14). Tiene un carácter tardío ya que se sobreimpone a la foliación principal de la roca (S2).

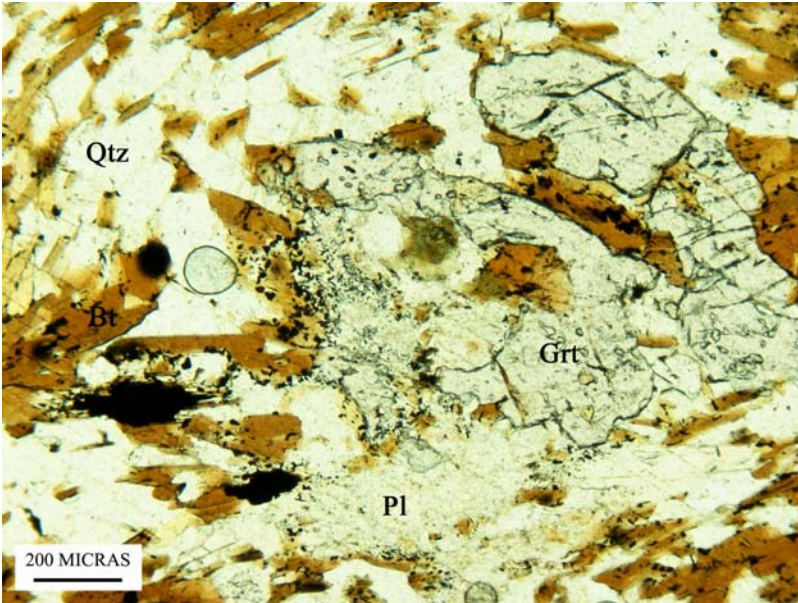


Foto 3.12: Aspecto textural de los granates (Grt) de la blastomilonita (Muestra: 266-85; nicoles paralelos).

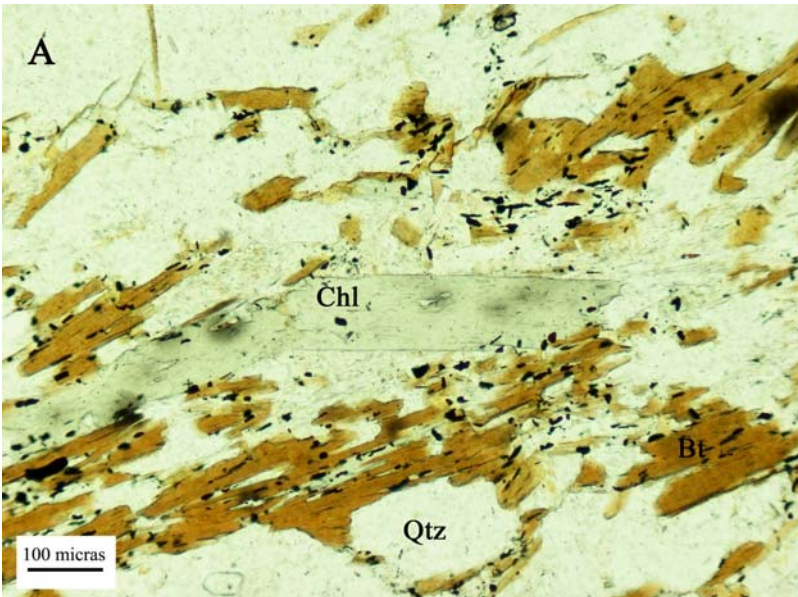


Foto 3.13: Aspecto textural de una blastomilonita. La biotita (Bt) se caracteriza por la abundancia de inclusiones de minerales opacos que tienden a disponerse entre los planos de exfoliación. El cuarzo (Qtz) es de tipo I, formando parte de la matriz de la roca. La clorita (Chl) tiene un pleocroísmo que varía desde el verde pálido al incoloro (Muestra: 266-85; nicoles paralelos).

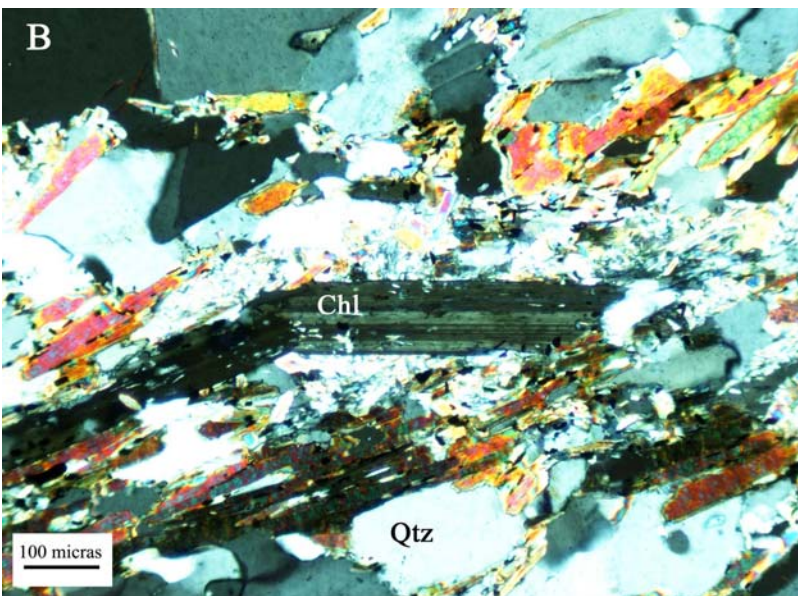


Foto 3.14: Misma imagen, pero con nicoles cruzados.

### 3.1.6.- Mármoles

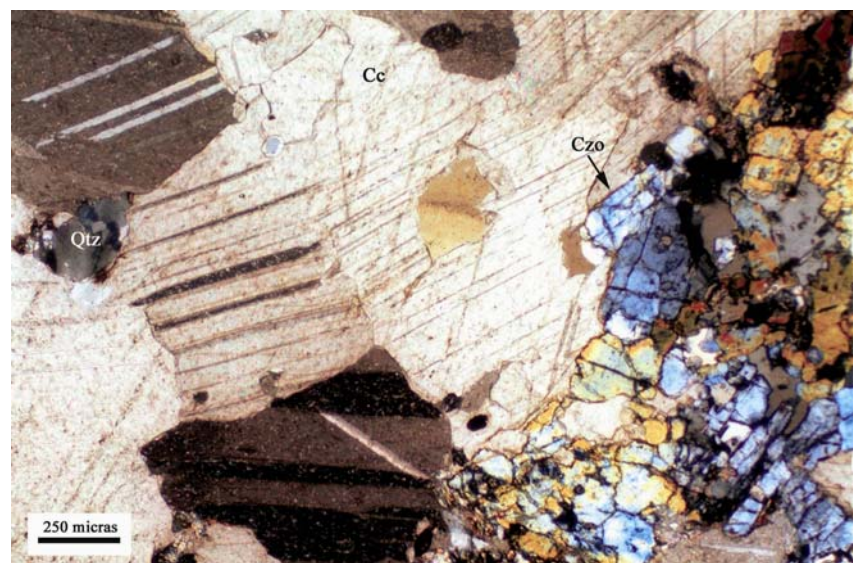
Los mármoles son rocas de tonos claros, granudas, que a simple vista carecen de orientación, pero que sí poseen un marcado bandeo concordante con la estructura metamórfica regional. Los minerales principales son calcita, cuarzo y zoisita-clinozoisita y, como minerales accesorios, hay opacos, circón, biotita-flogopita y olivino. Las texturas son granoblásticas-poligonales, con un tamaño de grano grueso y a veces muy grueso.

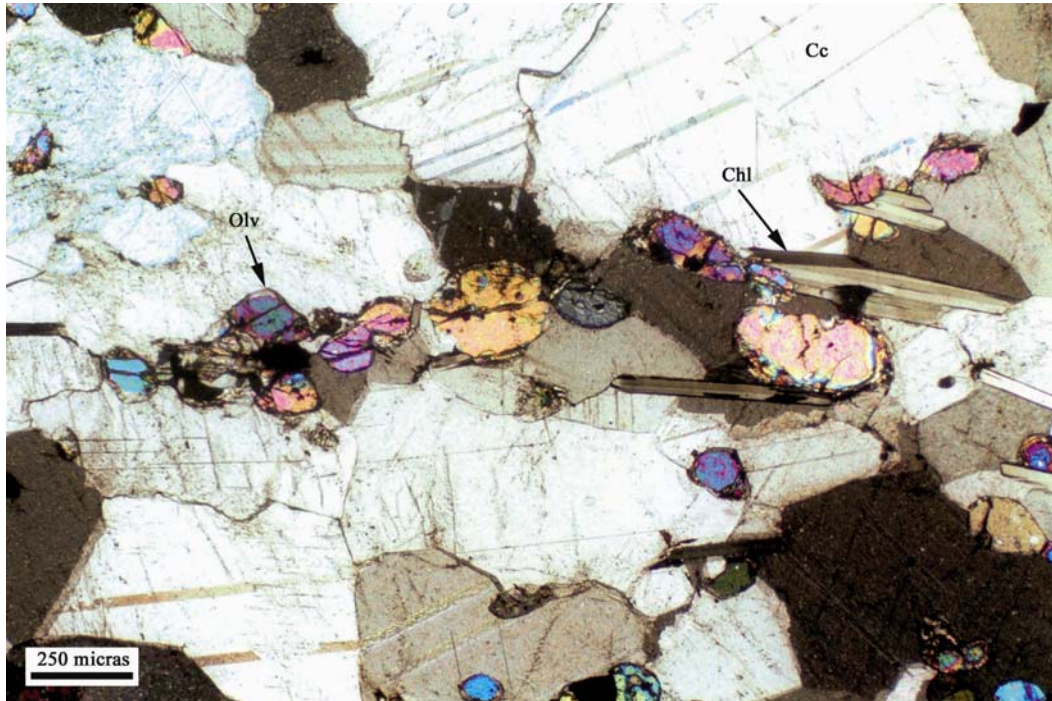
El componente mayoritario, con mucha diferencia, es la calcita, aunque en algunas láminas delgadas puede observarse dolomita. La calcita presenta las típicas líneas de exfoliación romboédricas que se intersectan entre sí con ángulos a  $120^\circ$ ; también pueden observarse maclados polisintéticos.

El cuarzo puede presentarse bajo dos formas. La principal es un tipo muy común en la facies de las anfibolitas, el cuarzo goticular, con formas redondeadas, aunque llega a tener caras cristalinas bien desarrolladas, monocristalino y con extinción normal. El otro tipo son agregados de cristales con los bordes suturados o como agregados de grano fino, de cristales con bordes rectos que a veces desarrollan texturas en mosaico.

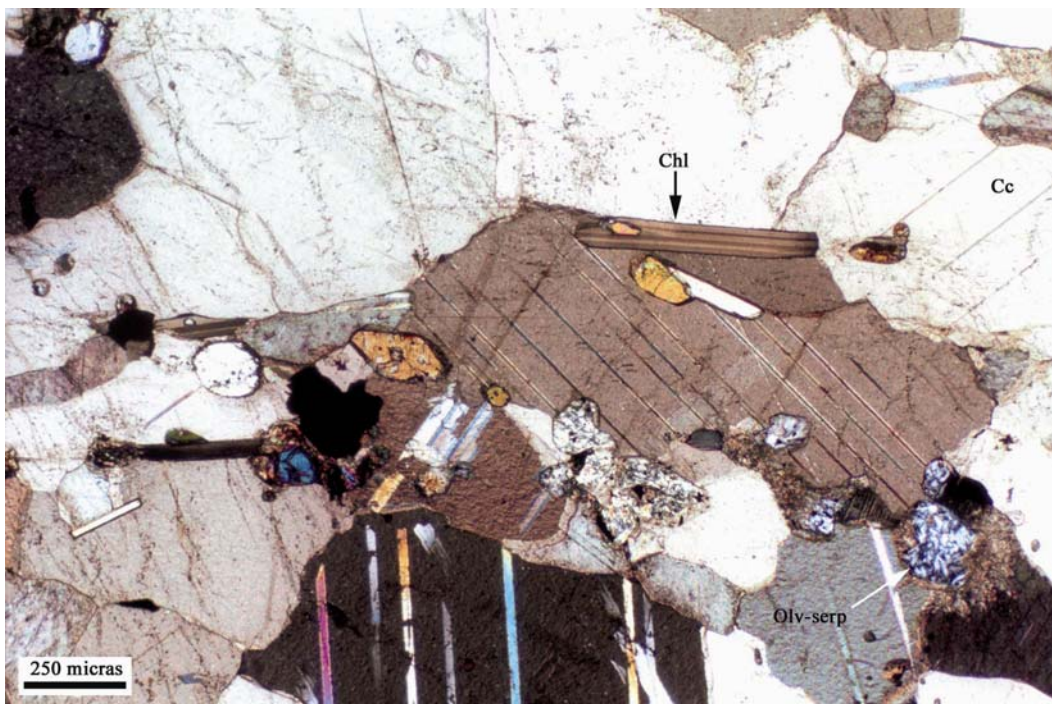
Los minerales del grupo de la epidota (zoisita-clinozoisita) se presentan en agregados, con cristales de hábito anhedral. En algunos niveles de mármoles se ha encontrado clorita y olivino (Fotos 3.15 a 3.17). Los cristales de clorita tienen formas tabulares y están orientados marcando la foliación de la roca. Presentan un pleocroísmo que varía desde verde pálido a incoloro, y tienen maclado polisintético. Proceden de la retrogradación de biotita. El olivino se presenta en pequeños cristales de hábito anhedral, con formas subredondeadas, que llegan a estar serpentinizados. Casi siempre se encuentra formando pequeñas alineaciones subparalelas a la foliación marcada por la clorita, aunque también pueden encontrarse cristales aislados.

**Foto 3.15:** Aspecto textural de los mármoles. La calcita (Cc) presenta líneas de exfoliación, que forman ángulos de  $120^\circ$ . Además, se puede comprobar que son muy abundantes los agregados de clinozoisita (Czo) con colores de interferencia amarillos y azulados. Los cristales de cuarzo (Qtz) tienen carácter intersticial (nícoles cruzados).





**Foto 3.16:** Aspecto textural de un mármol compuesto principalmente por calcita (Cc) con olivino (Olv) y clorita (Chl), esta última marcando la foliación. Los cristales de olivino se encuentran concentrados formando delgados nivelillos (Muestra: 266-41; nícoles cruzados).



**Foto 3.17:** Aspecto textural de un mármol con olivino y clorita (Chl), esta última se encuentra marcando la foliación de la roca (Muestra: 266-41; nícoles cruzados) (Olv-serp = olivino serpentinizado).

### 3.1.7.- Capas y “boudins” de rocas calcosilicatadas

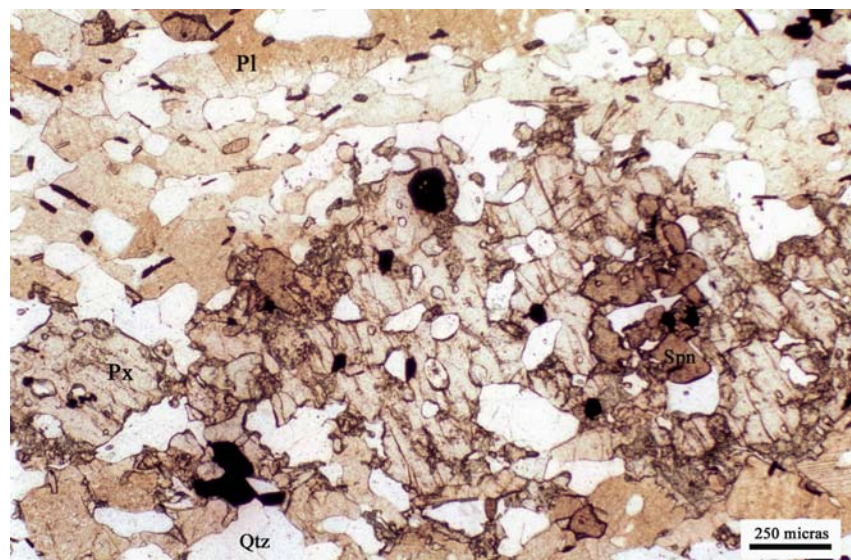
La mineralogía principal de los “boudins” granatífero-piroxénicos consiste en cuarzo, plagioclasa, clinopiroxeno, granate, titanita y zoisita-clinozoisita. Como minerales accesorios se encuentran opacos y circón. La textura es granoblástica-poligonal, porfidoblástica, definida por los cristales de cuarzo, plagioclasa y granate.

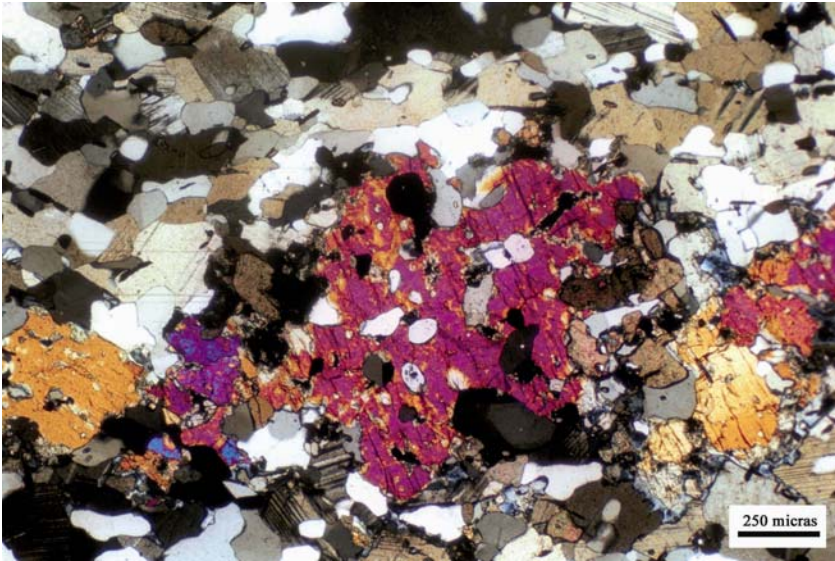
Para el cuarzo se pueden distinguir dos tipos bien diferenciados. El principal presenta formas irregulares a poligonales, con bordes rectos y con desarrollo de puntos triples de contacto entre cristales. El segundo tipo se caracteriza por formas redondeadas, aunque a veces desarrollan caras cristalinas bien desarrolladas. Siempre es de menor tamaño que el anterior y se presenta como inclusión en casi todos los minerales principales. Este tipo de cuarzo se puede considerar de alta temperatura y sólo aparece en la zona de la facies de las anfibolitas.

La plagioclasa se encuentra en cristales de hábito anhedral a subhedral, con maclas polisintéticas y su composición es de anortita. Tienen inclusiones de cuarzo goticular, esfena y circón. El clinopiroxeno (diópsido) se encuentra en cristales de gran tamaño, de hábito anhedral o, a veces, con formas redondeadas. Es muy poiquiloblástico, incluyendo cuarzo goticular y minerales opacos (Fotos 3.18 y 3.19). El granate presenta tamaños muy variables, con hábito anhedral, muy poiquiloblástico y, como el resto de los minerales principales, incluye al cuarzo goticular, tan característico de la zona metamórfica de alto grado.

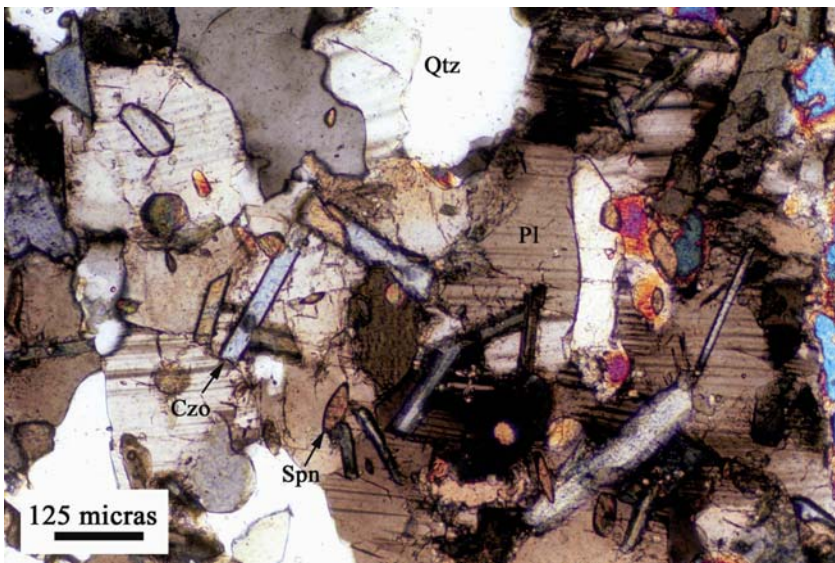
La titanita forma cristales de hábito anhedral a subhedral, con formas irregulares a redondeadas y que suelen incluir al cuarzo. Se puede diferenciar otra variedad, que se encuentra como cristales de menor tamaño y con hábito euhedral, con secciones rómbicas y sin inclusiones. En general, tiene un color pardo-rojizo, con un ligero pleocroísmo. Por último, la zoisita-clinozoisita se presenta con dos tipos de hábito: el primero, en cristales de gran tamaño de hábito anhedral a subhedral, a veces euhedral. Pueden formar cristales aislados o bien aparecen en agregados. El segundo tipo corresponde a cristales euhedrales, con formas tabulares que se presentan bien individualizados (Foto 3.20).

**Foto 3.18:** Aspecto textural de un “boudin” granatífero-piroxénico. El piroxeno (Px) tiene carácter poiquiloblástico y contiene abundantes inclusiones de cuarzo (Qtz) (Spn = titanita, Pl = plagioclasa. Muestra: 266-18; nícoles paralelos).





**Foto 3.19:** Misma imagen que la foto anterior, con nícoles cruzados (Muestra: 266-18; nícoles cruzados).



**Foto 3.20:** Otra de las características de las rocas calcosilicadas es la abundancia de cristales de clinozoisita (Czo). En este caso los cristales tienen un hábito subhedral-euhedral, con formas tabulares. También se observan pequeños cristales de titanita (Spn) con las típicas secciones en rombos (Qtz = cuarzo; Pl = plagioclase. Muestra: 266-48, nícoles cruzados).

Los “boudins” anfibólico-granatíferos presentan características similares a las de los anteriores, siendo la principal diferencia la presencia de anfíbol y la ausencia de clinopiroxeno.

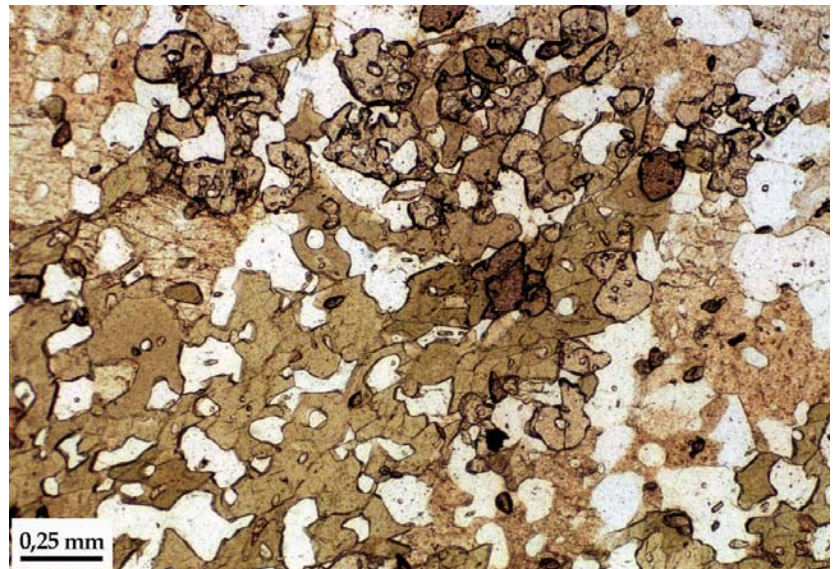
El anfíbol se presenta en agregados con un tamaño que varía desde 2 a 5 mm. Los cristales son de color verde, con un pleocroísmo que va desde verde oscuro a verde claro. Estos agregados se caracterizan por ser muy poiquiloblásticos, incluyendo sobre todo cristales de cuarzo y opacos (Fotos 3.21 a 3.23). Es frecuente observar que las partes externas de estos agregados de anfíbol tengan abundantes cristales de granate, formando orlas parciales. La plagioclase tiene una composición anortítica.



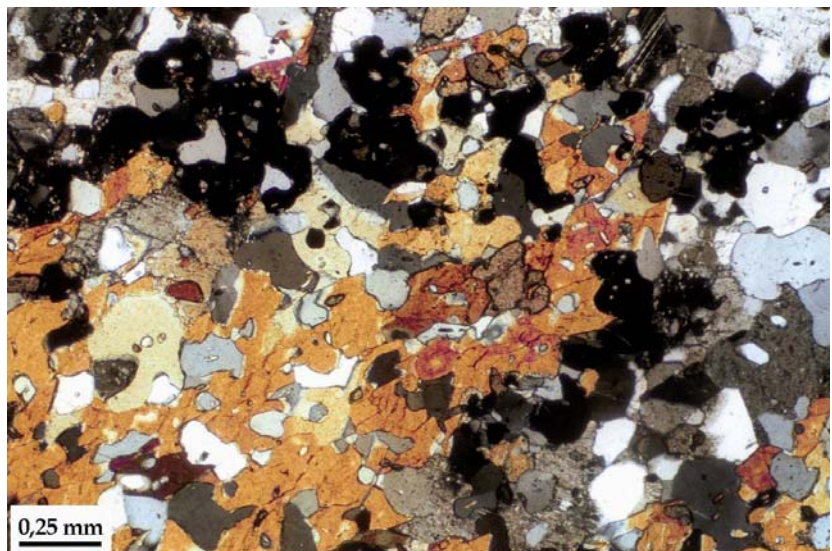
**Foto 3.21:** Detalle textural de un “boudin” anfibólico-granatífero, donde se puede apreciar muy bien el carácter poiquiloblástico de los anfíboles (Muestra: 266-34; nícoles paralelos).

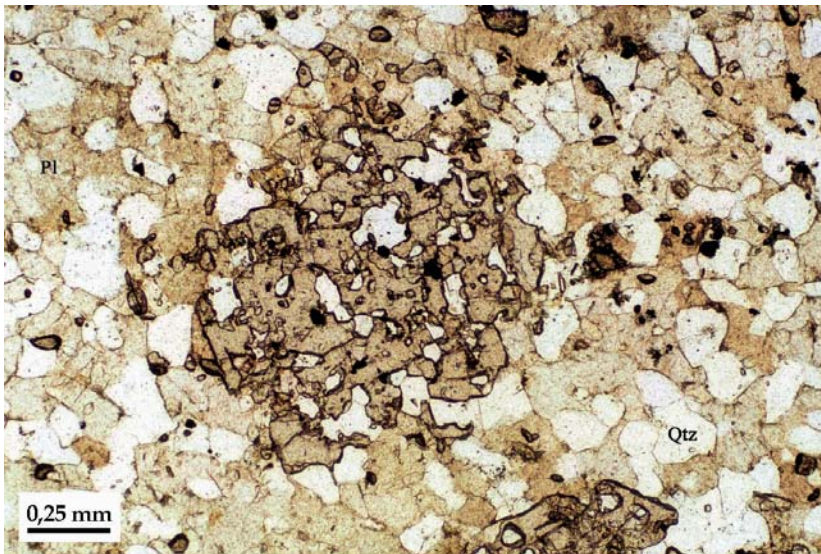


**Foto 3.22:** Aspectos texturales de un “boudin” anfibólico-granatífero. El anfíbol de color verde se presenta como grandes cristales poiquiloblásticos que engloban principalmente al cuarzo. La roca está compuesta, principalmente por cuarzo + anfíbol + granate + plagioclasa + titanita (Muestra: 266-34; nícoles paralelos)



**Foto 3.23:** La misma imagen, en este caso con nícoles cruzados.





**Foto 3.24:** Detalle textural de un granate, en el centro de la foto, mostrando su carácter poiquiloblástico; principalmente incluye cuarzo (Qtz). Los cristales de cuarzo y de plagioclasa (Pl) definen una textura en mosaico (Muestra: 266-34; nícoles paralelos).

### 3.2.- PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN “OLLO DE SAPO”

Muchas de las características primarias de los materiales volcánicos afectados por eventos tectónicos y metamórficos han sido borradas o se encuentran enmascaradas por las estructuras deformativas y la neoformación de minerales, por lo que el estudio de este tipo de materiales resulta difícil y a veces la interpretación de las texturas es especulativa. En nuestro caso vamos a describir las características texturales de las distintas facies cartografiadas, ciñéndonos a la zona oriental, donde están menos afectadas por el metamorfismo y la deformación, y se han podido identificar facies volcánicas. Sólo en el caso de los ortogneises glandulares se describirán también los de la zona occidental.

#### 3.2.1.- Ortogneises glandulares de la zona metamórfica de bajo grado

Dentro de la zona de bajo grado metamórfico (facies de los esquistos verdes), que abarca principalmente la mitad oriental de la zona de estudio, las características tanto macroscópicas como microscópicas son muy homogéneas. Los fenocristales son de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, agregados de biotita y placas de mica blanca. Dentro de la matriz se encuentran cuarzo, plagioclasa, biotita, moscovita,  $\pm$  feldespato potásico. Como minerales accesorios hay opacos, circón, monacita, xenotima, apatito y turmalina. Entre los minerales secundarios hay clorita, feldespato potásico, agujas de rutilo, esfena, sericita–moscovita, calcita, epidota, zoisita y clinozoisita.

Al microscopio, la textura puede definirse como porfídica, foliada (“augen-gneis”), con una matriz muy fina y megacristales y fenocristales que presentan una distribución bimodal de tamaños.

Los fenocristales de cuarzo tienen un tamaño medio que oscila entre 0,5 y 1 cm de diámetro (Fotos 3.25 y 3.26). Suelen ser monocristalinos, con extinción normal o ligeramente ondulante, dependiendo esta última del grado de deformación. Tienen hábito anhedral a subhedral, a veces con caras cristalinas bien desarrolladas, pero en general tienen secciones redondeadas o bien ligeramente elípticas debido a la deformación, pero aún conservan gran parte de sus características originales como, por ejemplo, el carácter monocristalino. Una de sus características más llamativas son los golfos de corrosión, en los que se puede observar la textura original de la matriz, que tiene un tamaño de grano fino y está compuesta por cuarzo, plagioclasa y biotita (Foto 3.27). En general, los fenocristales de cuarzo tienen sombras de presión, en las que se desarrolla una textura en mosaico, constituida principalmente por cuarzo y biotita, aunque esto depende de la zona.

Los fenocristales de plagioclasa presentan tamaños semejantes a los del cuarzo, entre 0,5 y 1 cm. Tienen hábito subhedral a euhedral, con macla polisintética y su composición es de albita. Otra característica es la escasez o ausencia de inclusiones, lo cual nos va a ayudar a establecer las condiciones metamórficas. En general, presentan procesos de sericitización y saussuritización en grado variable.

Los fenocristales de feldespato potásico tienen hábito subhedral y poseen maclas de microclina y microclina–Carlsbad. Una de las características más llamativas es su comportamiento frágil ante la deformación, creándose grietas de tensión, que se rellenan de cuarzo y micas, tanto biotita como moscovita. Cuando el grado metamórfico es de la facies de los esquistos verdes, es normal observar procesos de despotasificación, siendo sustituida total o parcialmente la glándula de feldespato potásico por albita con maclado en damero (Foto 3.28).

En las láminas delgadas realizadas a las glándulas y fenocristales de Kfs se ha comprobado que tienen una fina orla de cristales de plagioclasa (Foto 3.29), característica de la textura rapakivi.

EKLUND y SHEBANOV (1999) establecen un modelo para la formación de la textura rapakivi a partir de termobarometría realizada sobre las inclusiones minerales que se encuentran en distintas posiciones dentro de las glándulas de Kfs y fenocristales de cuarzo. Las inclusiones de biotita y plagioclasa que se encuentran en los núcleos de los megacristales de feldespato potásico y cuarzo fueron formadas en unas condiciones de bajas temperaturas (~680-720°C) y altas presiones (5-6 kbar), mientras las inclusiones que se encuentran en las partes más externas se han formado en unas condiciones de alta temperatura (~780°C) y presiones bajas a intermedias (3,5 a 1 kbar). Estas bajas presiones son comparables a las ambientales durante la solidificación de la matriz.

Los agregados de biotita están formados por un gran número de cristales, mostrando una textura decusada. Tienen una forma alargada, que marca la lineación mineral que se aprecia en el campo. Es en estos agregados donde se encuentran concentrados casi todos los minerales accesorios, como apatito y circón.

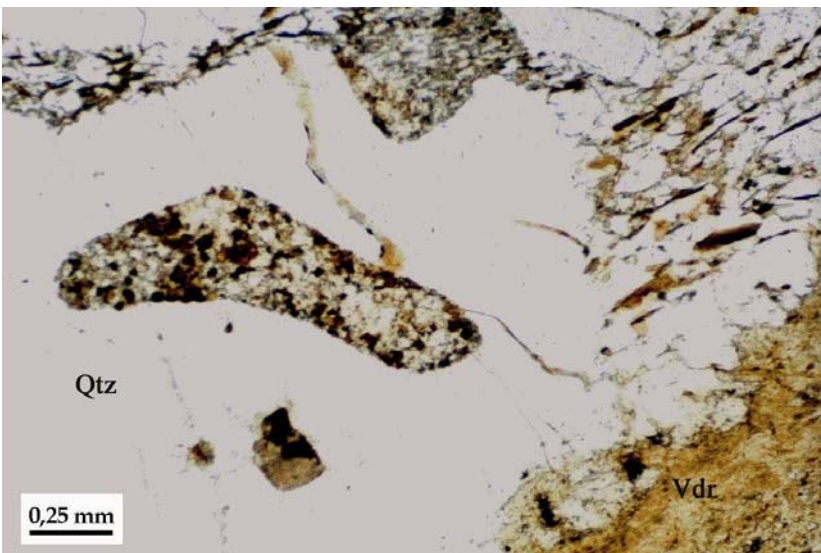
Considerado individualmente, cada cristal de biotita tiene hábito subhedral (subidioblástico) presentando secciones listonadas a tabulares, con un pleocroísmo que varía de marrón oscuro a claro y amarillo pálido. Las biotitas son bastante ricas en inclusiones de minerales accesorios primarios, que son más patentes en las caras (001). Las más comunes son de



**Foto 3.25:** Fenocristal de cuarzo con forma redondeada y golfos de corrosión. Obsérvese el tamaño del cristal (Muestra: 268-33; nícoles paralelos).

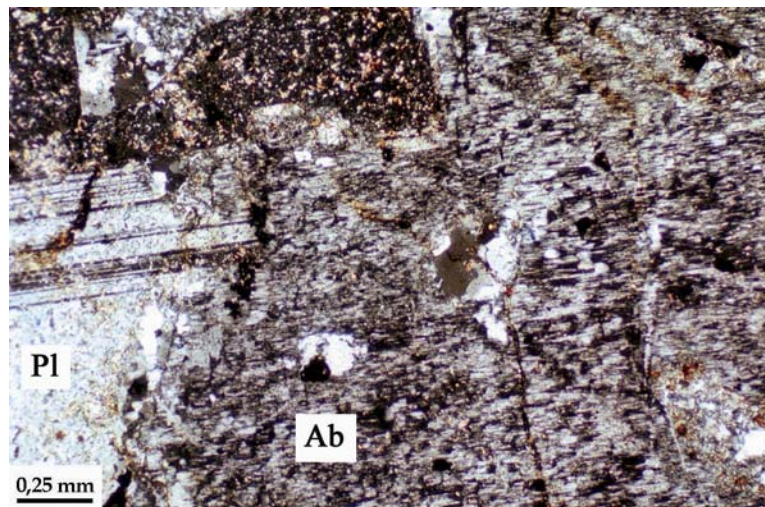


**Foto 3.26:** Fenocristal de cuarzo con abundantes golfos de corrosión. La parte inferior del fenocristal tiene un borde recto con acumulación de minerales opacos, típico de zonas de disolución por presión (Muestra: 268-33; nícoles paralelos).

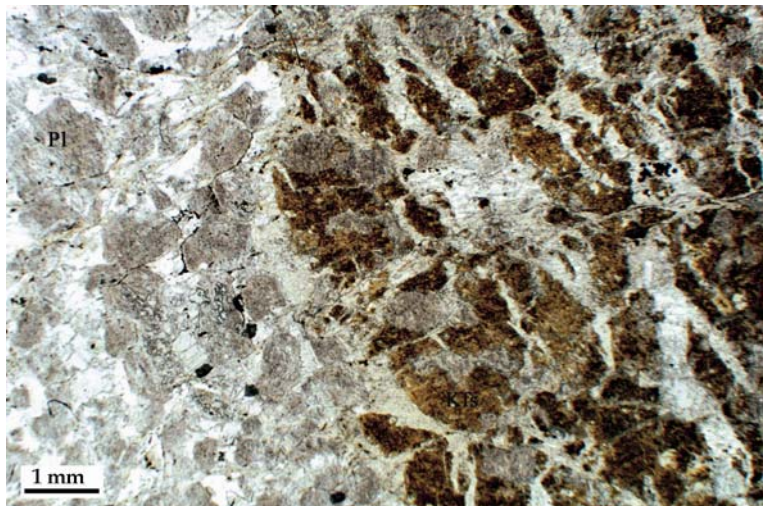


**Foto 3.27:** Fenocristal de cuarzo (Qtz). En la parte derecha de la foto se observa la sombra de presión, constituida por cuarzo y biotita. Obsérvese la matriz original, sin deformar, preservada en un golfo de corrosión (Muestra: 268-3; nícoles paralelos).

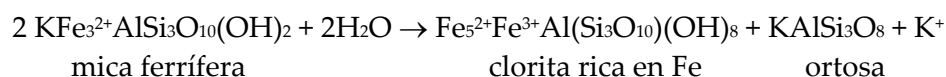
**Foto 3.28:** Se puede observar una plagioclasa (Pl) con un maclado polisintético en la parte izquierda, mientras a la derecha hay una albita (Ab) con textura en damero procedente de una despotasificación de un fenocristal de feldespato potásico (nícoles cruzados).



**Foto 3.29:** Detalle textural del borde de una glándula de feldespato potásico (Kfs), en que hay una orla de cristales de plagioclasa (Pl), dentro de la zona de la clorita. Además, se aprecia que la glándula de Kfs tiene cierto carácter fragmentario (Muestra: 268-17; nícoles paralelos).



circón, que desarrolla halos pleocroicos negruzcos sobre la biotita. El tipo de alteración más frecuente es la cloritización, que va acompañada de la formación de minerales secundarios como esfena, leucoxeno, epidotas y agujas de rutilo con disposición sagenítica. También es común la presencia de feldespato potásico secundario con formas ahusadas que se disponen entre los planos de exfoliación (001) de la biotita. Este feldespato potásico se formaría de acuerdo con la reacción propuesta por CHAYES (1955):

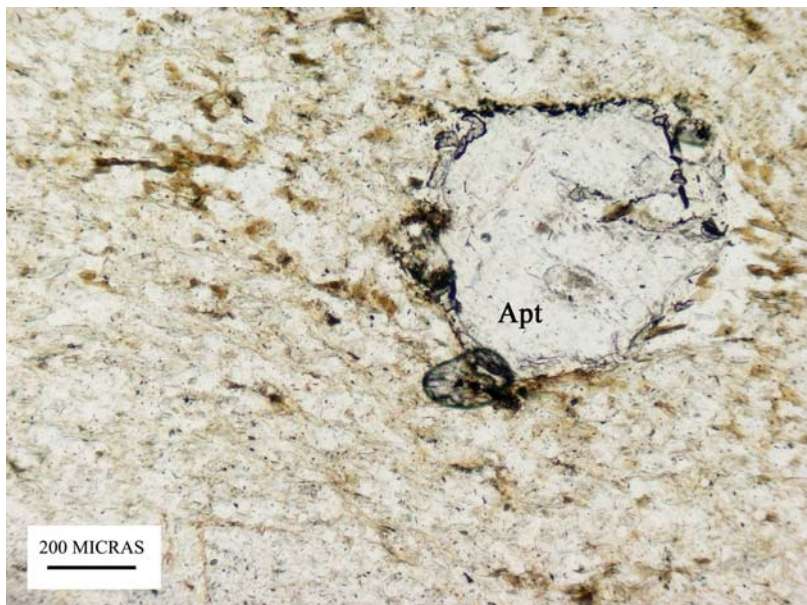


Es bastante frecuente en los ortogneises glandulares de la zona de los esquistos verdes la presencia de grandes placas de mica blanca, con formas fusiformes y con una orientación paralela a la fábrica principal. Tienen color amarillento y un ligero pleocroísmo hacia tonos más claros, y no presentan unos planos de exfoliación claros o bien definidos.

Por lo que respecta a la matriz, está completamente recristalizada y se compone de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y sericita-moscovita, dependiendo de la zona metamórfica. En general tiene una textura en mosaico y un tamaño de grano mayor que la matriz original preservada en los golfos de corrosión de los fenocristales de cuarzo (Foto 3.27).

Entre los minerales accesorios más comunes se encuentra el circón que aparece como inclusiones en la biotita y en las placas de mica blanca. Muestra hábito euhedral, con formas bipiramidales. El apatito es otro de los minerales accesorios. Presenta dos hábitos muy diferentes, pero en ambos con un grado de idiomorfismo muy alto (Foto 3.30). El primero corresponde a cristales de gran tamaño, de hábito subhedral a euhedral, a veces con formas redondeadas y con escasas o nulas inclusiones. El otro tipo es más escaso y se presenta como cristales aciculares, que son la evidencia de una cristalización rápida, o bien como secciones basales o prismáticas bien desarrolladas. La xenotima se presenta con hábito euhedral, con las típicas secciones cuadradas y con relieve alto.

Otra característica de los ortogneises glandulares de bajo grado son unos pequeños enclaves con formas redondeadas, con aspecto de enclaves microgranudos. Su tamaño varía desde microscópico hasta varios centímetros, sin superar los 10 cm de diámetro; tienen color oscuro a negro y en ellos resaltan unos cristales de color blanquecino, con formas aciculares y dispuestas al azar.



**Foto 3.30:** Aspecto textural de un cristal de apatito (**Apt**) de hábito euhedral; es uno de los minerales accesorios más característicos del ortogneis glandular dentro de la zona de bajo grado metamórfico (Muestra: 268-34; nícoles paralelos).

### 3.2.2.- Ortogneises glandulares de la zona metamórfica de alto grado

En la mitad occidental de la zona de estudio, las características microscópicas de los ortogneises difieren mucho de las que presentan en la zona de bajo grado metamórfico. Los minerales principales son cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita, moscovita. Como

minerales accesorios se encuentran sillimanita, apatito, circón, monacita, xenotima, turmalina, opacos, y como secundarios, clorita, feldespato potásico, esfena-epidota y agujas de rutilo procedentes de la cloritización de la biotita. También hay sericita, calcita y epidota-clinozoisita procedentes de la plagioclasa. La textura es holocristalina, inequigranular de grano medio-grueso a grueso y orientada.

El cuarzo se encuentra en cristales de hábito anhedral, heterométricos, variablemente cuarteados y con límites irregulares o suturados entre los subgranos, o bien muestra bordes rectos con uniones triples y tiene extinción ondulante irregular. Cuando la deformación es más intensa, se observa estiramiento de los cristales y formación de dominios poligonizados (Fotos 3.31 y 3.32), constituidos por agregados policristalinos granoblásticos de grano fino-medio, con formación de “ribbons” recristalizados.

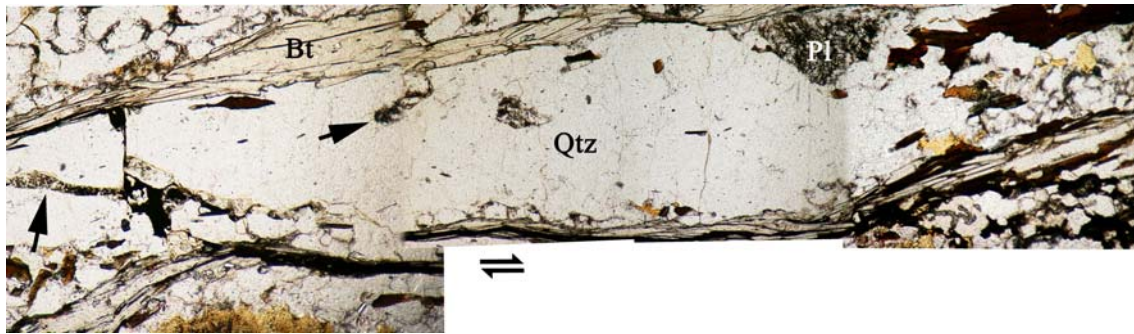
Cuarzo goticular, caracterizado por hábito subhedral, con formas redondeadas y a veces con caras cristalinas bien desarrolladas. Es monocristalino, con extinción normal y siempre se encuentra como inclusiones en otros cuarzos, plagioclasa y feldespato potásico.

La plagioclasa se presenta en cristales de hábito subhedral a euhedral con macla polisintética. Son frecuentes los parches de sustitución de feldespato potásico, e inclusiones de cuarzo redondeado. Cuando está en contacto con el feldespato potásico puede desarrollar una albita mirmequítica. También se observa una albita intergranular, desarrollada entre dos cristales de Kfs y que muestra macla polisintética. El feldespato potásico está en cristales de hábito subhedral o con hábito anhedral formando parte de la matriz. En ambos casos muestra la macla en enrejado de la microclina. Tiene inclusiones de cuarzo con formas redondeadas y a veces con hábito subhedral con caras cristalinas bien desarrolladas.

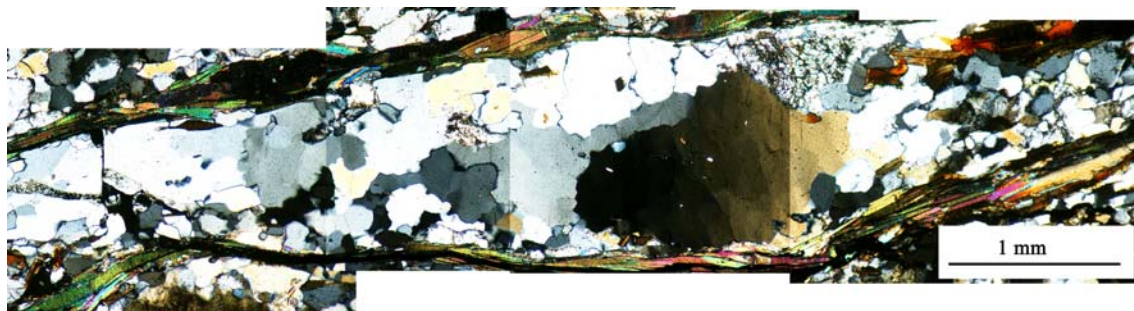
La biotita se encuentra formando agregados de numerosos cristales tabulares, de hábito subhedral, pleocroísmo muy marcado desde marrón oscuro a marrón claro y con un tamaño mayor que las biotitas de la zona de bajo grado metamórfico. Presenta escasos procesos de cloritización y da lugar a la formación de minerales secundarios de opaco y rutilo sagenítico. También está afectada por moscovitizaciones. Por las características texturales se pueden diferenciar dos tipos de moscovita. El primero aparece como cristales de hábito subhedral y forma tabular alargada que está definiendo la foliación principal junto con la biotita. A veces se encuentra sillimanita (fibrolita) en su interior (Foto 3.33). El segundo tipo forma grandes placas que pueden tener bordes simplectíticos, que a veces muestran formas tabulares cortas y que tienden a orientarse perpendicularmente a la foliación principal de la roca.

La sillimanita se presenta en su variedad de fibrolita y marca junto con las micas la foliación principal de la roca. En otros casos la sillimanita es escasa y sólo se encuentran agujas en inclusiones en moscovita, cuarzo y plagioclasa.

Uno de los minerales accesorios más característicos es el apatito, que se presenta en cristales de gran tamaño con formas redondeadas y en ocasiones muestra inclusiones de circón y pequeñas biotitas. La monacita es bastante escasa y se han encontrado algunos cristales de hábito subhedral, con mayor tamaño que el circón y también incluidos en la biotita, donde desarrollan halos pleocroicos oscuros.



**Foto 3.31:** Fenocristal de cuarzo (Qtz), estirado por la foliación S2 varisca, dando lugar al inicio de un “ribbon” dentro del ortogneis glandular en el inicio de la zona metamórfica de las anfibolitas, donde toda la matriz de este tipo de roca ya está completamente recrystalizada. A pesar del estiramiento, el fenocristal aún conserva los golfos de corrosión, señalados con las flechas de color negro (Bt = biotita; Pl = plagioclasa. Muestra: 228-25; nícoles paralelos).



**Foto 3.32:** La misma imagen que la foto anterior, pero con nícoles cruzados. Aquí se puede observar cómo el fenocristal de cuarzo está formado por subgranos con límites irregulares y extinción ondulante.



**Foto 3.33:** Detalle textural del ortogneis glandular en la zona de alto grado metamórfico. Esta muestra contiene sillimanita incluida en la moscovita (Ms). En este caso las biotitas (Bt) tienen un hábito tabular corto (Qtz = cuarzo; Pl = plagioclasa. Muestra: 267-77; nícoles paralelos).



### 3.2.3.- Tobas de grano grueso

Los componentes principales (cristales y porfiroclastos) que componen la roca son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita, además de fragmentos de vidrio volcánico. La matriz está compuesta por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y micas (clorita, sericita, biotita). Como minerales accesorios se encuentran opacos, apatito, circón-monacita, xenotima, turmalina y óxidos de Fe. Los minerales secundarios se generaron a partir de los procesos metamórficos que acompañan al desarrollo de las distintas fases deformativas variscas y los más característicos son clorita, sericita, biotita, minerales del grupo de la epidota (epidota-clinozoisita) y calcita. Las texturas son holocristalina, porfídica, fragmentaria y una foliación de tipo eutaxítico.

Los fenocristales de cuarzo presentan las mismas características que los de los ortogneises glandulares de bajo grado y las ignimbritas soldadas. Pueden variar desde cristales con hábito subhedral con golfos de corrosión hasta individuos de carácter fragmentario, con formas angulosas (Fotos 3.34 y 3.35).

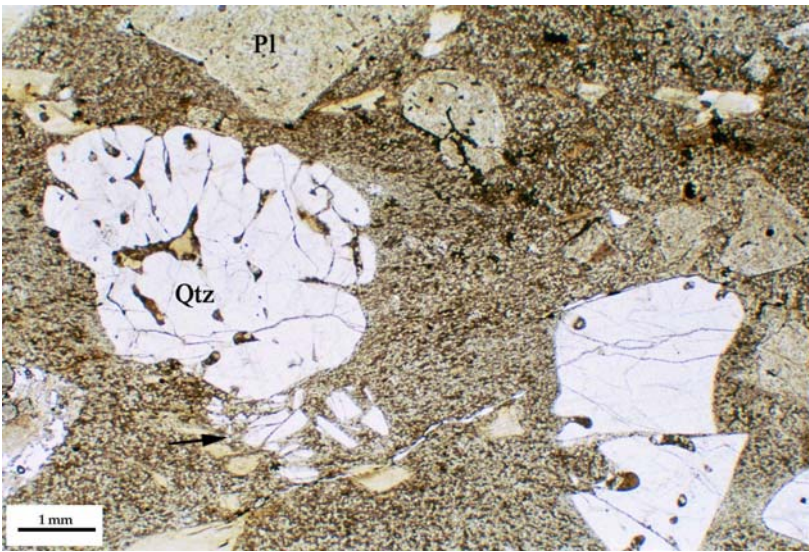
El feldespato potásico tiene hábito subhedral con maclas de la microclina y presenta texturas fragmentarias. Al igual que en las facies anteriores, no se observan texturas perfiticas, y sí la ausencia de inclusiones. Como ocurre también en las ignimbritas soldadas, al aproximarse al contacto con el ortogneis glandular, es decir, hacia zonas más profundas estructuralmente (isograda de la biotita), los fenocristales de feldespato potásico comienzan a sufrir procesos de despotasificación, dando lugar a cristales de albita con maclado en damero, quedando a veces en la parte central del cristal restos de feldespato potásico.

La plagioclasa es el mineral que presenta un mayor grado de idiomorfismo. Puede encontrarse como cristales aislados o bien como agregados de tres a cinco cristales. Los cristales presentan hábitos euhedrales a subhedrales, maclado polisintético y su composición es de albita. Como en el caso del feldespato potásico, no tiene inclusiones, pero sí es frecuente la presencia de láminas de sericita y/o moscovita que se desarrollan según los planos de macla y de exfoliación.

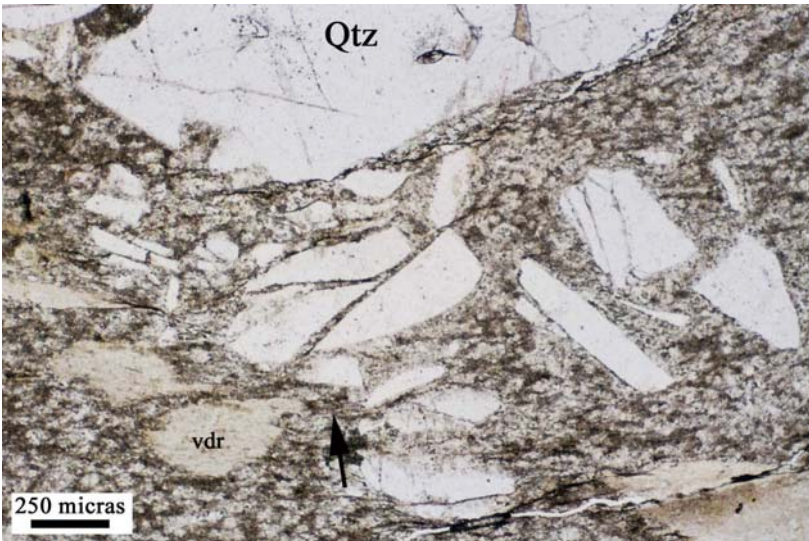
La biotita se encuentra como agregados de numerosos cristales, pleocroicos. Tiene escasas inclusiones de circón, que desarrollan halos pleocroicos en torno a ellos. En estos agregados son característicos los cristales de apatito asociados, con formas redondeadas, así como agregados de epidota y clinozoisita con hábito anhedral. De hecho, el apatito es uno de los minerales accesorios más característicos. Se presenta en cristales de tamaño considerable, con hábito euhedral a subhedral (Foto 3.36) y en ocasiones presenta inclusiones de circón.

Los fragmentos de vidrio volcánico están transformados a fengitas y presentan secciones fusiformes de tonos amarillentos y con inclusiones de circón. En los afloramientos del flanco S del antifforme es característico que los fragmentos de vidrio volcánico estén orlados por pequeños cristales de cuarzo (Fotos 3.37 y 3.38).

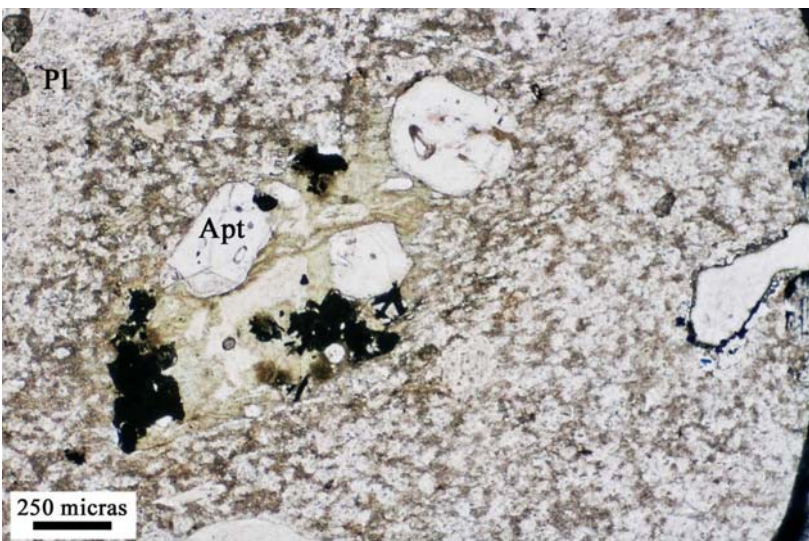
La calcita se encuentra dentro de la matriz con hábito anhedral o bien con formas alargadas dentro de las sombras de presión y en la grietas de tensión que se desarrollan en los fenocristales, disponiéndose de forma paralela a la esquistosidad principal de la roca (S1+S3).



**Foto 3.34:** Aspecto textural de las tobas de grano grueso. Se observa un fenocristal de cuarzo (Qtz) con abundantes golfos de corrosión a su alrededor. La plagioclasa (Pl) muestra unos bordes rectos que corresponden a un cristal de hábito euedral. A la derecha de la foto se observan clastos de cuarzo y plagioclasa (Muestra: 268-74; nícoles paralelos).

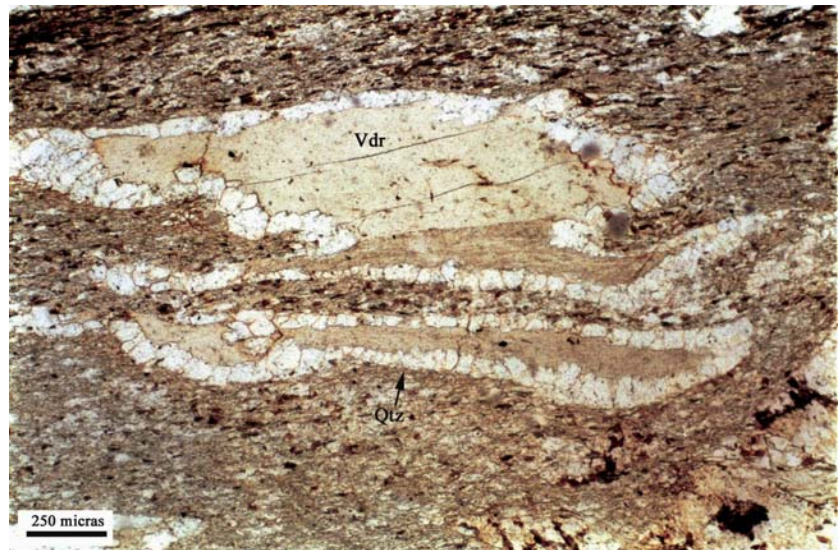


**Foto 3.35:** Detalle de la foto anterior. Se observan en la parte inferior del fenocristal de cuarzo (Qtz) fragmentos angulosos (flecha de color negro) que corresponden a la fragmentación de otro cristal de cuarzo. La matriz no presenta signos de deformación muy intensos, como se puede apreciar (vdr: vidrio volcánico. Nícoles paralelos).

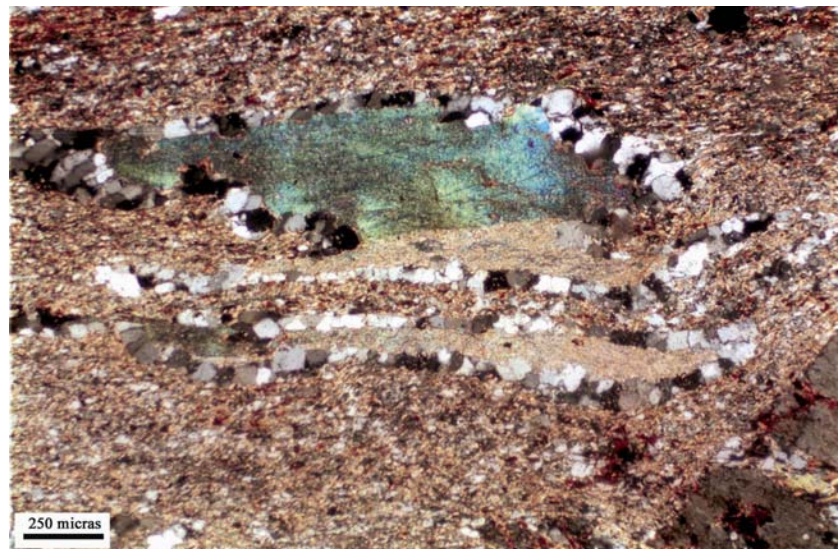


**Foto 3.36:** Cristales de apatito (Apt) en las tobas de grano grueso (Pl = plagioclasa. Muestra: 268-78; nícoles paralelos).

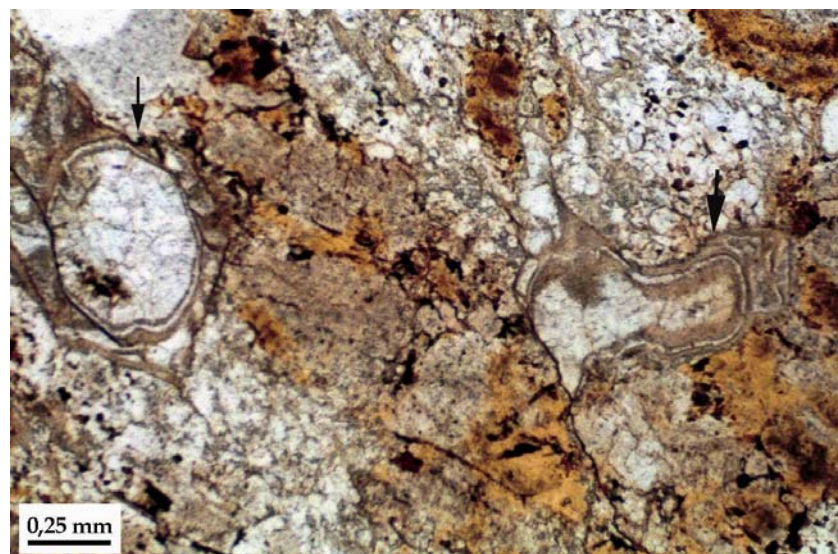
**Foto 3.37:** Detalle de la textura de los vidrios volcánicos (Vdr) transformados en fengitas. En el flanco S del antifórme es frecuente encontrar orlados estos vidrios por pequeños cristales de cuarzo (Qtz) (Muestra: 268-3016, perteneciente al fondo documental del IGME; nícoles paralelos).



**Foto 3.38:** La misma imagen con nícoles cruzados.



**Foto 3.39:** Textura perlítica (flechas de color negro) en las tobas de grano grueso, asociada a un cristal de feldespato potásico con textura fragmentaria. Las microfisuras se encuentran marcadas por el crecimiento de clorita (Muestra: 306-1; nícoles paralelos).



En una de las muestras (Foto 3.39) se han observado relictos de una textura perlítica, aunque muy mal conservados. Además, se encuentran clastos compuestos por plagioclasa y por biotita. El tamaño de estos clastos a escala de afloramiento no llega a sobrepasar los 5 centímetros, y casi siempre son más fácilmente reconocibles al microscopio. Fragmentos y enclaves de naturaleza similar se encuentran en las ignimbritas soldadas y en los ortogneises glandulares.

#### 3.2.4.- Ignimbritas

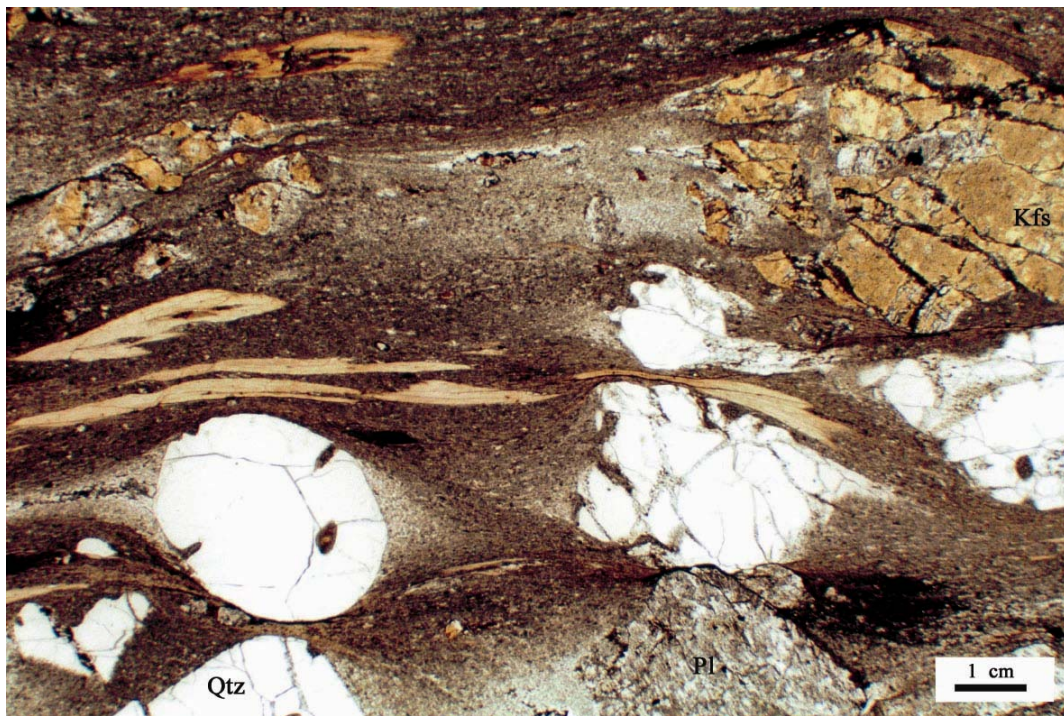
Dentro de los minerales principales se pueden distinguir dos poblaciones atendiendo al tamaño de los cristales. Entre los fenocristales se encuentran cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, agregados de biotita y placas de mica blanca (vidrios volcánicos). Los minerales que componen la matriz son cuarzo, moscovita, clorita, plagioclasa y feldespato potásico. Como minerales accesorios se pueden ver opacos, circón y óxidos (rutilo). Los minerales secundarios son esfena, epidota y clorita.

La textura es porfídica, con una foliación primaria de tipo eutaxítico. En la actualidad, la textura es holocristalina, debido a la recristalización de los fragmentos vítreos y de la matriz y cenizas soldadas. La foliación eutaxítica se encuentra marcada por la orientación de los fragmentos de vidrio volcánico (Foto 3.40) y, en las zonas donde aparece, tiende a ser subparalela a la foliación tectónica regional de las pizarras que se encuentran inmediatamente encima. La matriz, tiene un tamaño de grano fino y está formada por cuarzo, plagioclasa, moscovita, biotita y feldespato potásico.

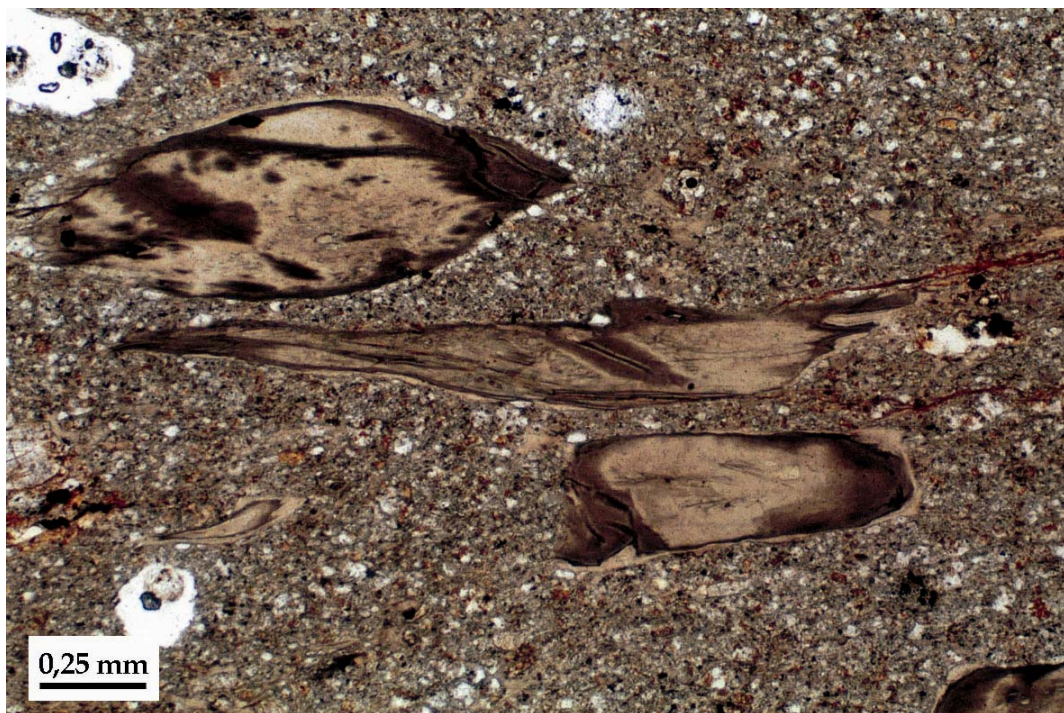
En los afloramientos que se encuentran más cerca del contacto con los sedimentos del Ordovícico Inferior, estos vidrios presentan tonos oscuros, casi negros y según nos vamos acercando al contacto con el ortogneis glandular, los vidrios de color negro van pasando a grandes placas de micas con tonos amarillentos (Fotos 3.41 a 3.44). Una característica de estos vidrios es la presencia de cristales de circón, de hábito euhedral y con formas piramidales.

Los fenocristales de cuarzo presentan características semejantes a las que tienen los ortogneises glandulares. Forman grandes individuos monocristalinos de hábito subhedral a anhedral, incluso con formas redondeadas y con golfos de corrosión. En otras ocasiones presentan texturas fragmentarias, con formas angulosas (Fotos 3.45 y 3.46). La plagioclasa se presenta en agregados policristalinos o en cristales individuales con hábito subhedral y con maclado polisintético. Los fenocristales de feldespato potásico tienen hábito anhedral a subhedral, con macla de microclina y microclina-Carlsbad, y son poco o nada peritéticos. Estos cristales son los que con mayor frecuencia tienen carácter fragmentario y formas angulosas irregulares, como se puede ver en la Foto 3.40. Los agregados de biotita presentan las mismas características que los agregados presentes en los ortogneises glandulares.

Un hecho que indica que el grado de la deformación de estas rocas es muy bajo, consiste en que las características texturales de la matriz, la que engloba a los cristales y la que está incluida en los golfos de corrosión de los fenocristales de cuarzo, son iguales. Además, los fenocristales no tienen sombras de presión porque éstas están poco desarrolladas y se debe a procesos por simple aplastamiento y/o carga litostática, con zonas donde la deformación de la matriz es inapreciable.



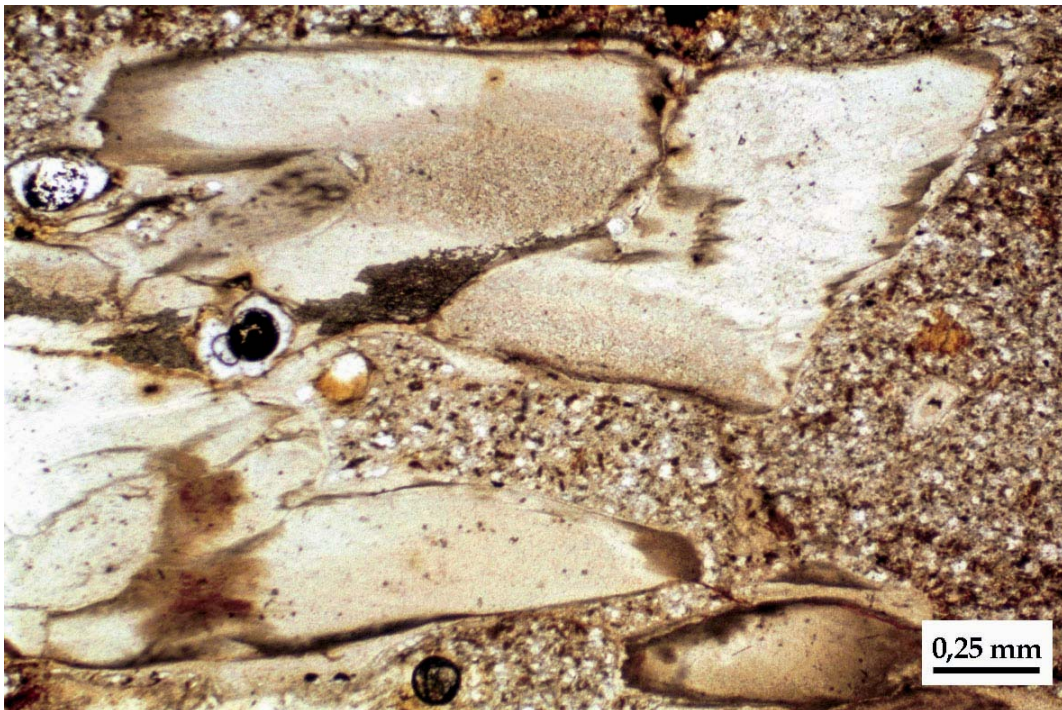
**Foto 3.40:** Detalle de la foliación eutaxítica marcada por la orientación de los fragmentos de vidrios volcánicos. En esta muestra se conservan muy bien las texturas primarias. Los fenocristales de cuarzo (**Qtz**) llegan a presentar formas muy redondeadas, con hábito anhedral o fragmentario (**Pl** = plagioclasa; **Kfs** = feldespato potásico; nícoles paralelos).



**Foto 3.41:** Detalle textural de los fragmentos de vidrio volcánico con tonalidades oscuras. No se observa orientación de los componentes de la matriz, lo que indica que el grado de deformación es muy bajo (Muestra: 268-66; nícoles paralelos).



**Foto 3.42:** Otro aspecto textural de las ignimbritas soldadas. Aquí se observa un fragmento de vidrio volcánico con vesículas irregulares aplastadas (Muestra: 268-66; nícoles paralelos).

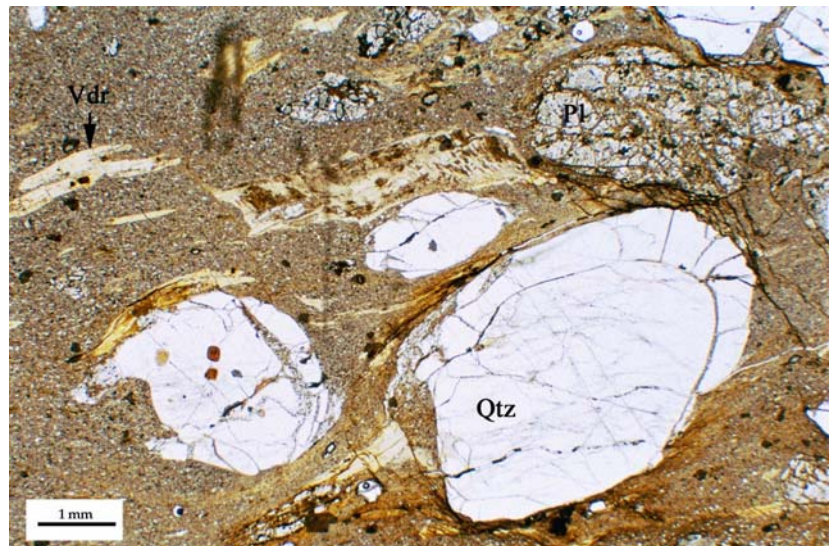


**Foto 3.43:** Detalle de uno de los fragmentos de vidrio volcánico. En esta foto se aprecia que la matriz que rodea al fragmento de vidrio volcánico y la que se encuentra dentro de la vesícula no presentan signos de deformación. (Muestra: 268-65; nícoles paralelos).

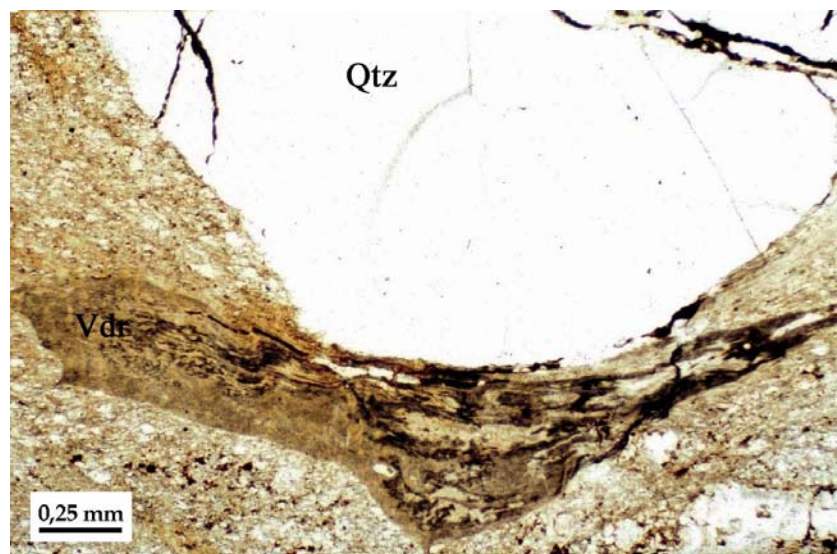
**Foto 3.44:** Otro detalle de los fragmentos de vidrio volcánico. En este caso pueden verse formas de tonos más claros que corresponderían a antiguas vacuolas algo deformadas (Nícoles paralelos).



**Foto 3.45:** Aspecto de la textura de la ignimbrita soldada. En este caso, el cristal de cuarzo (Qtz) tiene una microfractura redondeada, subparalela a los bordes. El cristal de plagioclasa (Pl) es fragmentario y los clastos de vidrios volcánicos (Vdr) presentan una orientación, foliación eutaxítica (Muestra: 268-7; nícoles paralelos).



**Foto 3.46:** Vidrio recristalizado (Vdr) y deformado, que está adaptándose a los márgenes de un fenocristal de cuarzo (Qtz) (Muestra: 268-8; nícoles paralelos).



### 3.2.5.- Tobas riolíticas

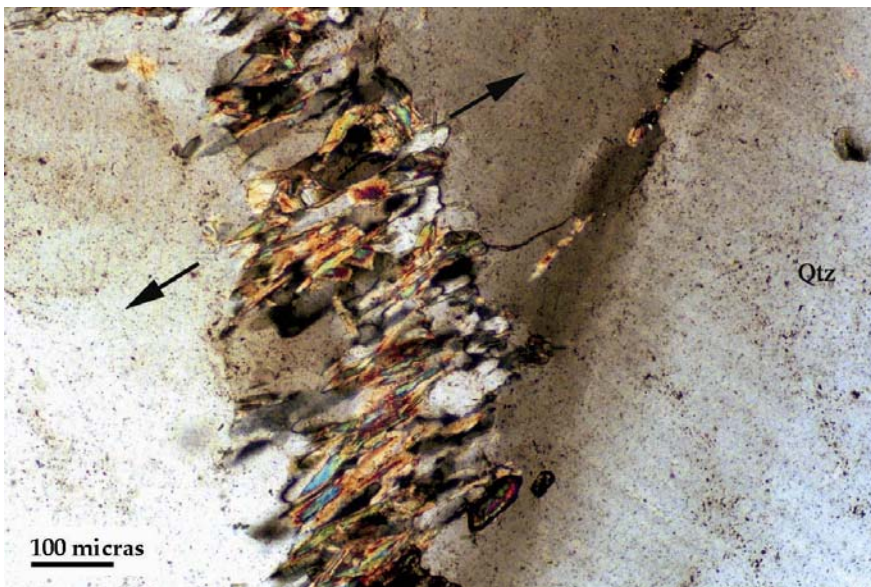
La composición mineralógica principal consta de fenocristales de cuarzo, junto con fragmentos de vidrio volcánico, que se encuentran en una matriz compuesta por cuarzo, clorita, sericita y biotita. Como minerales accesorios hay opacos, apatito, circón y turmalina.

Los fenocristales de cuarzo son monocristalinos, con formas redondeadas y golfos de corrosión, que debido a la deformación, tienen una ligera extinción ondulante. Son frecuentes las grietas de tensión (“pull-apart”) que se rellenan con cristales de cuarzo y de sericita (Foto 3.47).

También se encuentran fragmentos de vidrio volcánico recrystalizado; aparecen como grandes placas de mica blanca, con tonos amarillentos. Tienen las mismas características que las tobas de grano grueso.

La matriz está formada, principalmente, por cuarzo y sericita, con un tamaño de grano fino. En menor proporción se encuentran cristales de biotita y de clorita. Dependiendo del grado de recrystalización de la matriz, ésta presenta variaciones de tamaño de grano y de forma ocasional puede presentar textura en mosaico.

Los circones tienen hábitos idiomorfos, aciculares y bipiramidales; es frecuente observar en estos cristales núcleos detríticos redondeados. La turmalina se presenta en cristales de hábito subhedral, con un fuerte pleocroísmo que varía desde el verde hasta el azul. El apatito aparece en cristales de hábito subhedral, incoloros y con formas redondeadas. No muestra inclusiones.



**Foto 3.47:** Textura de tipo “pull-apart” en un fenocristal de cuarzo (Qtz). La microfisura se rellena de cuarzo, a la vez que se neoforma sericita con una disposición paralela a la dirección de apertura de la microfisura. El cristal de circón que se observa tiene un núcleo redondeado (Muestra: 268-17; nícoles cruzados).

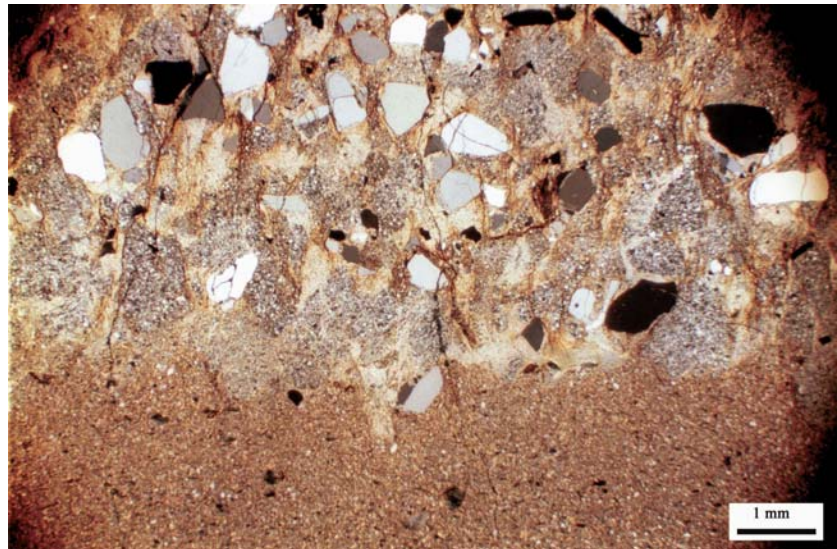


### 3.2.6.- Tobas epiclásticas y grauvacas volcanogénicas

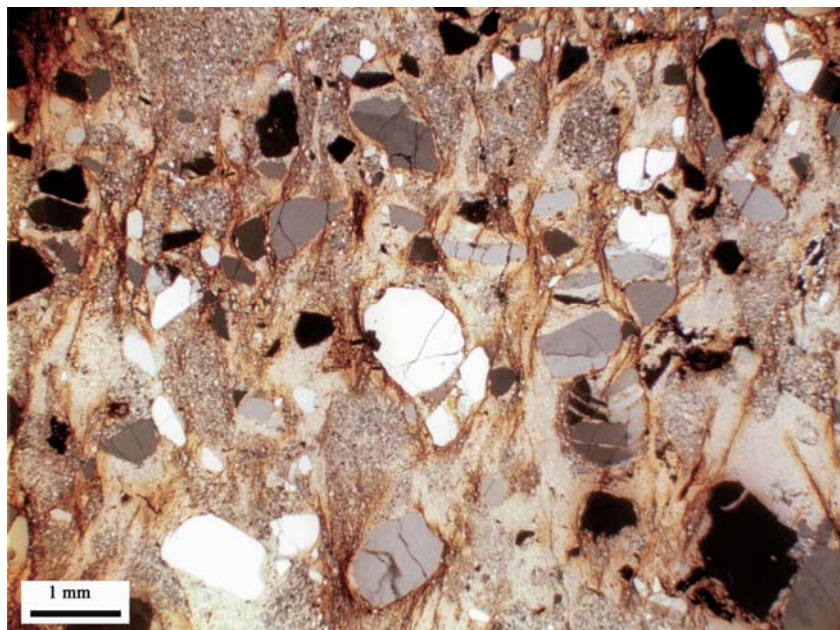
Cuando las muestras se han recogido en la zona donde la deformación es poco intensa, se pueden encontrar estructuras primarias. Las muestras presentan un tamaño de grano medio a fino, con una clasificación pobre. Los clastos varían desde angulosos a subredondeados y están formados principalmente por cuarzo y en menor porcentaje por plagioclasa, dentro de una matriz compuesta por sericita y cuarzo.

En lámina delgada se pueden llegar a observar estructuras sedimentarias, como la estratificación (Fotos 3.48 y 3.49) y granoclasificaciones positivas.

**Foto 3.48:** Detalle de la estratificación (S<sub>0</sub>) que se observa en la muestra de la Foto 2.37. Se puede apreciar cómo los minerales opacos también muestran una disposición u orientación sedimentaria, paralela a la S<sub>0</sub> (Muestra: 268-48; nícoles cruzados).



**Foto 3.49:** Detalle textural de la foto anterior. Se observan clastos líticos con formas subangulosas a subredondeadas, que tienen una clasificación pobre (Nícoles cruzados).



### 3.3.- PETROGRAFÍA DE LOS ORTOGNEISES GRANÍTICOS TIPO COVELO

Macroscópicamente, los ortogneises de Covelo, Ramilo y San Sebastián presentan las mismas características y se pueden describir como granitoides de aspecto leucocrático, biotíticos, porfídicos y con una matriz de grano medio-grueso. La foliación está marcada por un bandeo claro-oscuro (S2) muy homogéneo, con un grosor milimétrico, definido por la alternancia de capas más ricas o más pobres en biotita y que está afectado por pliegues de D3 de escala centimétrica a decimétrica. El carácter porfídico viene marcado por la presencia de fenocristales-megacristales de feldespato potásico, con un tamaño medio de 1 a 2 cm, aunque pueden alcanzar los 3 cm de arista. El contenido de fenocristales es variable a escala de afloramiento. Cuando los ortogneises presentan menos deformación, los fenocristales tienen hábitos subidiomorfos y suelen presentar secciones cuadradas. Según aumenta la deformación, estos adquieren formas redondeadas con colas de presión y por progresivo estiramiento de los megacristales llegan a definir una fábrica plano-linear, con  $L > S$ .

Todos estos cuerpos de ortogneises están afectados en mayor o menor grado por los procesos de migmatización, que han generado bolsadas de granitoides migmatíticos inhomogéneos y/o bolsadas de pegmatoides muy feldespáticos, que interrumpen a la fábrica S2. En estos acumulados feldespáticos, los cristales de feldespato tienen un tamaño medio de 5 cm, aunque pueden alcanzar los 10 cm. En algunos afloramientos, se observan además pequeños diques de leucogranitos y/o aplitas procedentes de la migmatización que se encuentran afectados por la misma deformación D2 que el ortogneis glandular.

En el Ortogneis de Ramilo se han diferenciado dos facies que tienen una disposición concéntrica. La facies más externa es similar a la descrita, mientras la facies interna se diferencia por tener un tamaño de grano menor, un mayor contenido en biotita y por no presentar carácter porfídico.

En la facies común, los minerales principales son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y moscovita. Como minerales accesorios se pueden observar opacos, apatito, granate, circón, monacita, xenotima y otros minerales radioactivos. Las muestras estudiadas presentan escasos procesos de alteración de los minerales principales, siendo los más comunes la sericitización de la plagioclasa y la cloritización de la biotita. El grado de deformación y metamorfismo sufrido, que es variable de unos puntos a otros, es el que define sus características texturales y mineralógicas. Así, las texturas que se pueden observar son blastoporfídica con matriz alotriomórfica, foliada o milonítica-blastomilonítica.

El cuarzo principal tiene hábito anhedral, con extinción ondulante y tendencia a formar subgranos. Cuando se observan procesos de migmatización, los cristales presentan formas irregulares con bordes rectos y uniones triples. También se observan "ribbons", que presentan texturas de recristalización post-milonítica en mosaico. En los ortogneises que han sufrido una recristalización intensa debido a los procesos metamórficos, los cristales llegan a incluir pequeñas biotitas. También pueden contener inclusiones de circón. El otro tipo de cuarzo es goticular y es típico dentro de la zona metamórfica de alto grado, incluido en los feldespatos. Por último, se puede diferenciar un cuarzo mirmequítico, que aparece formando intercrecimientos con plagioclasa.

Para el feldespató potásico se pueden diferenciar dos tipos. Por una parte se encuentran los fenocristales que tienen maclas de microclina y microclina-Carlsbad y que en general tienen escasas pertitas, de tipo "film" y "patch". Suelen ser muy ricos en inclusiones, siendo estas de plagioclasa, biotita, cuarzo y moscovita. El segundo tipo es el feldespató potásico intersticial, que se presenta en cristales de hábito anhedral, con macla de microclina, no pertíticos y con inclusiones muy escasas, siendo las únicas las de cuarzo goticular.

Por lo que respecta a la plagioclasa, también pueden diferenciarse varios tipos en función de sus características texturales. La plagioclasa más común se presenta en cristales de hábito anhedral a subhedral, con maclado polisintético. La composición varía desde albita a oligoclasa. Contiene inclusiones de cuarzo goticular, moscovita y biotita. Otro hecho a resaltar es que con frecuencia se encuentran finas láminas de moscovita que crecen en los planos cristalográficos de la plagioclasa (macla y exfoliación). Otro tipo de plagioclasa es una albita mirmequítica que se desarrolla en el contacto de los cristales de feldespató potásico y plagioclasa, y que casi siempre crece hacia el interior de los primeros. El último tipo de plagioclasa corresponde a albita intersticial y se encuentra entre los cristales de Kfs. Sus cristales tienen formas alargadas y presentan maclas polisintéticas.

La biotita forma agregados de un número muy variable de cristales que se encuentran definiendo la foliación de los ortogneises. Los cristales tienen hábito anhedral a subhedral, con formas de listón y una disposición orientada. El pleocroísmo varía de marrón-rojizo a pardo-amarillento. Tiene inclusiones de circón, xenotima y otros minerales radioactivos. En los agregados es fácil observar apatitos con formas redondeadas y/o globosas. La moscovita se presenta en dos modos. El principal tiene características texturales similares a las de la biotita y se encuentra formando parte de los agregados que definen la foliación. Las únicas inclusiones que presenta son de circón. El segundo tipo es una moscovita tardía que crece discordante sobre los planos de foliación.

El granate forma cristales de tamaños comprendidos entre 250 y 750  $\mu\text{m}$  que tienen hábito anhedral, poiquilítico. El apatito tiene un tamaño que varía entre 500 y 750  $\mu\text{m}$  y se encuentra asociado a los agregados de biotita. Tiene formas redondeadas y contiene inclusiones de circón. La xenotima se presenta como cristales con hábito euhedral, con secciones cuadradas. Siempre se encuentra incluida en la biotita. La monacita tiene un tamaño mayor que el circón y formas redondeadas. Desarrolla un halo pleocroico en las biotitas que las incluyen.

### 3.4.- PETROGRAFÍA DE LOS METASEDIMENTOS ORDOVÍCICOS

#### 3.4.1.- Capas de Los Montes

En el flanco N del Antiforme de Sanabria el grado metamórfico es bajo, por lo que se pueden observar muy bien los materiales que constituyen la serie y describir sus características petrográficas en condiciones de temperatura baja y moderada. Este flanco se puede dividir en dos zonas, dependiendo de si está afectado o no por la segunda fase de deformación varisca. Así, en la zona más oriental está afectado por el desarrollo de las esquistosidades S1 y S3, y está formado por

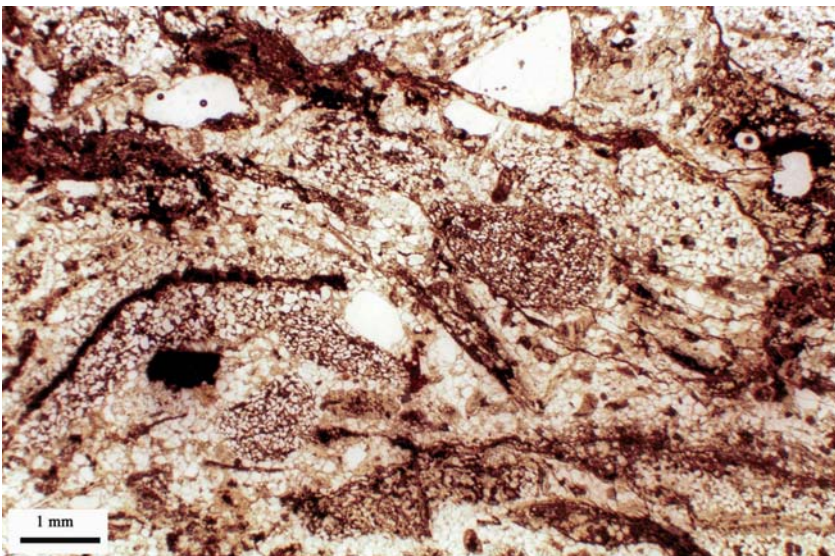
una alternancia de pizarras y cuarcitas, siendo frecuentes los niveles de origen volcánico intercalados en ambas litologías.

Las cuarcitas están constituidas por cuarzo, clorita, sericita-moscovita como minerales principales; como minerales accesorios se encuentran opacos, turmalina y circón. En las Fotos 3.50 a 3.53 se pueden observar algunos detalles texturales de los niveles volcanosedimentarios que se encuentran intercalados en las cuarcitas.

**1 cm**

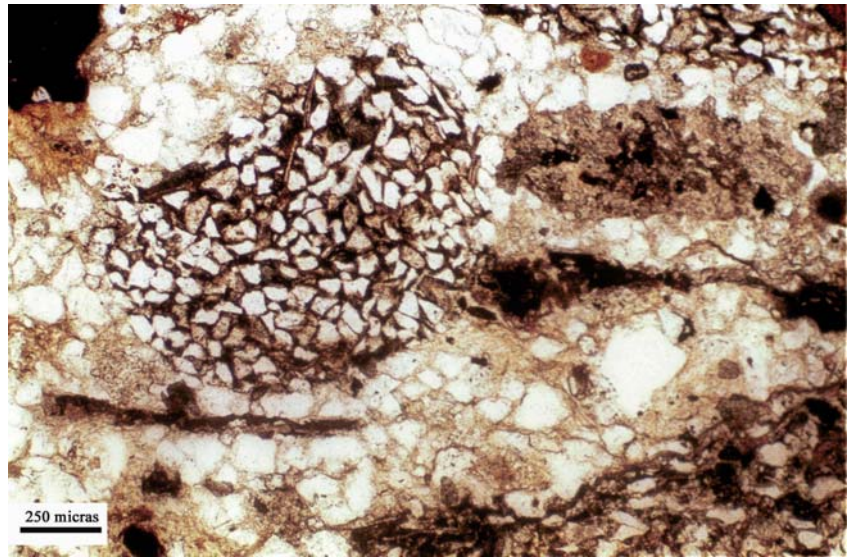


**Foto 3.50:** Aspecto textural de un nivel volcanosedimentario intercalado en las cuarcitas de las Capas de Los Montes (Muestra: 268-67).

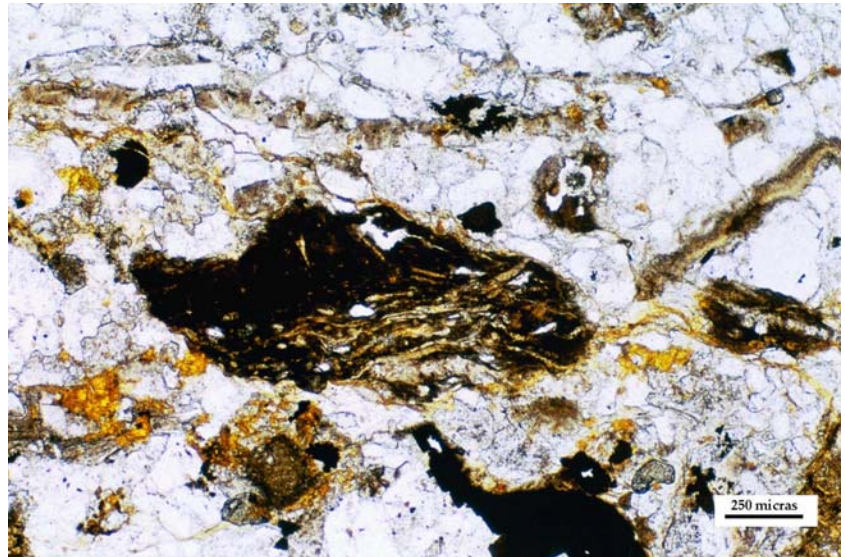


**Foto 3.51:** Aspecto textural microscópico de la muestra de la foto anterior (nícoles paralelos).

**Foto 3.52:** Detalle de la foto anterior, en el que se observa un fragmento de roca formado por una arenisca (Muestra: 268-67; nícoles paralelos).

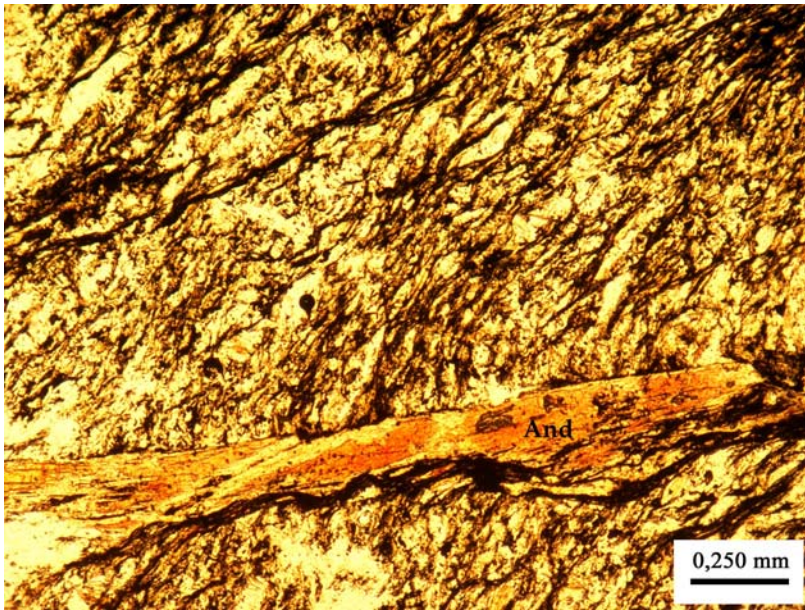


**Foto 3.53:** En la parte central (color oscuro) se observa un fragmento de una roca ignimbrítica. La muestra pertenece a un nivel volcanosedimentario intercalado en las cuarcitas de las Capas de Los Montes (Muestra: 268-67; nícoles paralelos).

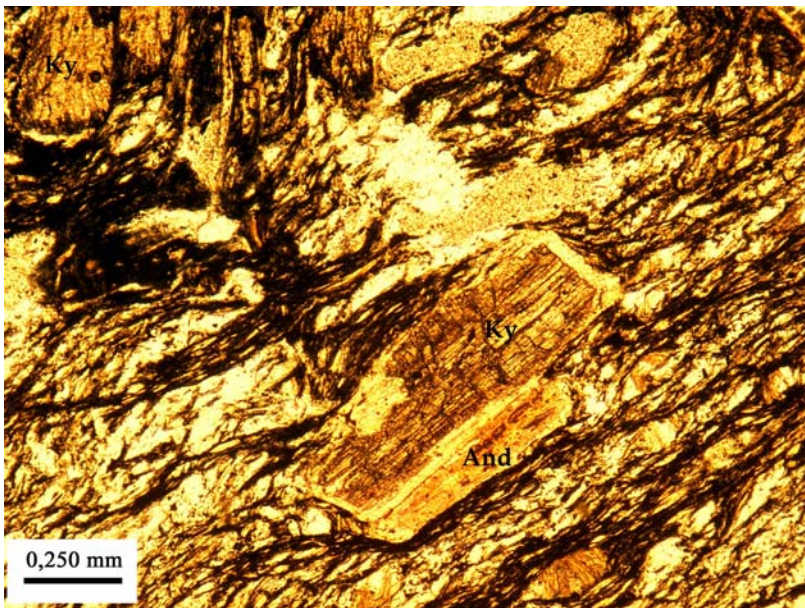


En la zona donde los materiales se encuentran afectados por la segunda fase de deformación, que se corresponde con la parte más occidental, se observa un aumento del grado metamórfico hacia el O. Estos materiales están compuestos principalmente por cuarzo, clorita, sercicitamoscovita, distena y andalucita. Como minerales accesorios se encuentran turmalina, circón y opacos. La textura que se observa es granolepidoblástica.

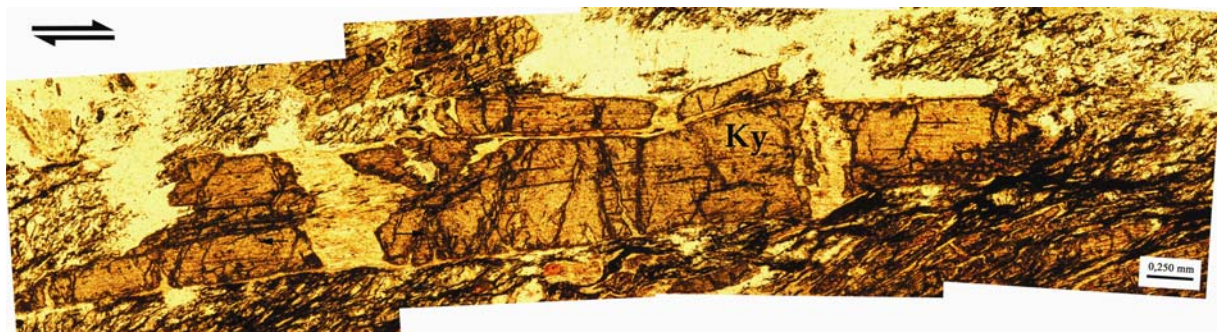
Es muy frecuente que los porfiroblastos de distena se encuentran completamente transformados a andalucita, la cual muestra un fuerte pleocroísmo en tonos rosa (Foto 3.54). También se puede ver cómo hay otros porfiroblastos de distena que sólo tienen una orla de andalucita (Foto 3.55). En la Foto 3.56 se puede observar un porfiroblasto de distena afectado por la segunda fase de deformación, produciendo la rotura del cristal. Estos cristales, a veces, incluyen una esquistosidad previa, además de estar afectados por la crenulación S3, por lo que su desarrollo se puede asociar a la evolución de la segunda fase de deformación.



**Foto 3.54:** Porfiroblasto de andalucita (**And**) procedente de un cristal de distena. Este tipo de porfiroblastos de andalucita muestran un fuerte pleocroísmo en tonos rosa. (Muestra: 267-134; nícoles paralelos).



**Foto 3.55:** Porfiroblastos de distena (**Ky**) con orlas de andalucita (**And**) (Muestra: 267-134; nícoles paralelos)



**Foto 3.56:** Porfiroblasto de distena (**Ky**) de gran tamaño, fragmentado por la deformación D2.

En el flanco S del Antiforme de Sanabria, las pizarras del Ordovícico Inferior acusan un aumento en el grado metamórfico de E a O, pasando desde la zona de la clorita hasta la zona de la sillimanita, al mismo tiempo que va aumentando la intensidad de la deformación y se pasa de una deformación D1+D3 hacia una deformación D2+D3. La zona de la clorita se puede observar al S del embalse de Cernadilla. En la zona de la estaurolita existen buenos afloramientos al S de Puebla de Sanabria, en la Sierras de la Gamoneda y Parada. Para la zona de la sillimanita, los principales afloramientos se encuentran en la Sierra Segundera.

Los minerales principales de los esquistos pelíticos son cuarzo, clorita, cloritoide, biotita, estaurolita, sillimanita fibrolítica y moscovita. Como minerales accesorios se encuentran opacos, circón y turmalina. En el Capítulo 6 (Metamorfismo) se encuentran descritas las distintas asociaciones de minerales que se pueden observar con el aumento del grado metamórfico. Las texturas que se observan son granoblástica-poligonal y lepidoblástica. La primera está marcada por el cuarzo, mientras que la segunda está definida por biotita y sillimanita.

En la Foto 3.57 se observa el aspecto textural que muestran estas metapelitas de las Capas de Los Montes, en la zona de menor grado metamórfico, donde se encuentran afectadas por D2, desarrollándose grandes blastos de cloritoide que muestran un ligero pleocroísmo en tonos verdes, así como un maclado polisintético. También se puede observar cómo la crenulación S3 afecta a los blastos de cloritoide.

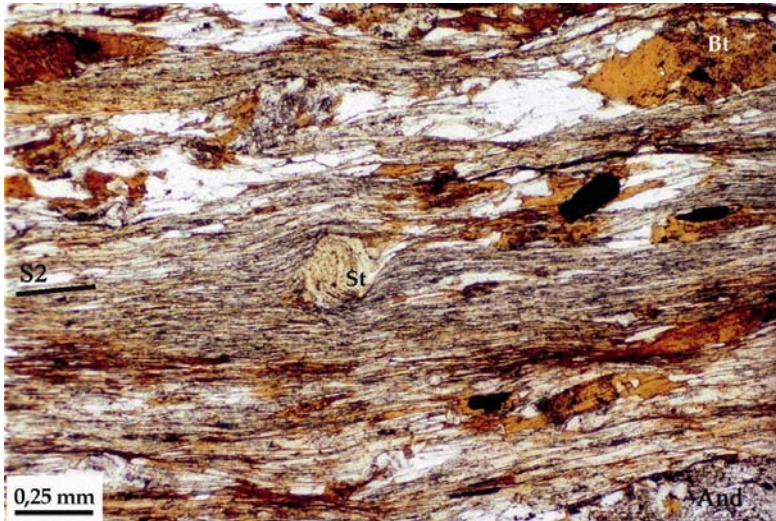
**Foto 3.57:** Aspecto textural de las pizarras de las Capas de Los Montes dentro de la zona de la clorita, donde se desarrollan blastos de cloritoide (Cld), con maclado polisintético (Muestra: 267-46; nícoles cruzados).



En la Foto 3.58 se observan estas mismas metapelitas, pero en la zona de la andalucita-estaurolita donde se desarrolla una fábrica muy intensa a la vez que de forma sincinemática crecen los blastos de biotita, andalucita y estaurolita.

Cuando las metapelitas alcanzan la facies de las anfibolitas, se transforman en micaesquistos con abundantes venas o bandas de cuarzo de exudación, muy llamativas y que parecen marcan la estratificación. Las venas de cuarzo presentan una partición o esquistosidad grosera perpendicular a la dirección de la vena de cuarzo y están constituidas por cuarzo policristalino, con un tamaño de grano medio a grueso. Se generaron durante D2 y están plegadas por D3, marcando muy bien los ejes de los pliegues de tercera fase.

Se pueden observar cristales de biotita con orlas finas de moscovita y minerales opacos (ilmenita). La moscovita se presenta en grandes placas de hábito anhedral, poiquilíticas, englobando biotita y sillimanita, especialmente esta última. Suele tener bordes simplectíticos.



**Foto 3.58:** Aspecto textural de las Capas de Los Montes en la zona de la estaurolita-andalucita (St = estaurolita; Bt = biotita; And = andalucita (Muestra: 267-90, nícoles paralelos).

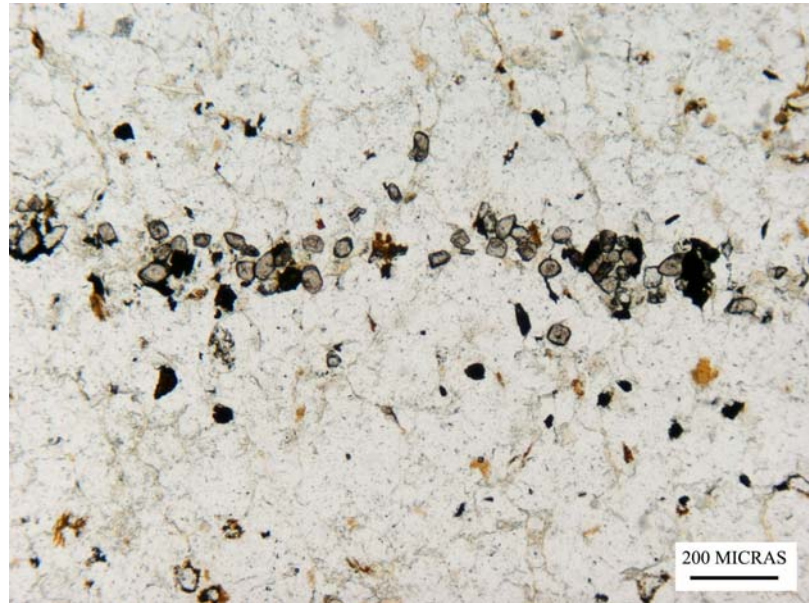
### 3.4.2.- Cuarcita Armoricana

Las cuarcitas están compuestas fundamentalmente por cuarzo, con cantidades variables, pero siempre inferiores al 5 %, de sericita, moscovita, biotita y clorita. Como minerales accesorios siempre se encuentran turmalina, circón y óxidos de hierro. En ocasiones aparecen niveles de algunos milímetros muy ricos en minerales pesados (circón, opacos, turmalina) (Foto 3.59).

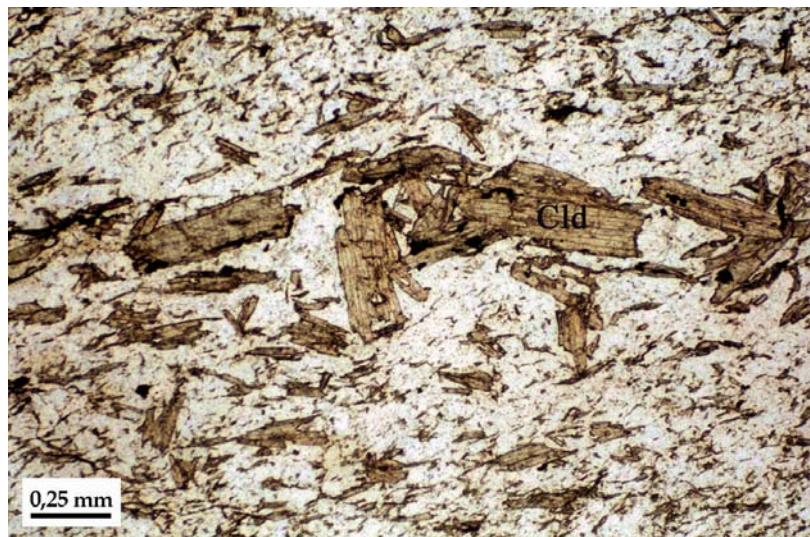
La textura cambia con el grado metamórfico. Así, las cuarcitas de los Montes do Invernadeiro, que se sitúan al S de la localidad de Pradocabalos, dentro de las isograsas de la estaurolita y de la biotita, se caracterizan por la abundancia de cristales de cloritoide, los cuales muestran el típico pleocroísmo en tonos verdes y maclado polisintético (Fotos 3.60 y 3.61). Las cuarcitas que afloran dentro de la isograda de la sillimanita, como las del puerto de La Canda y las que afloran al N de Villavieja, se caracterizan por una textura en mosaico marcada por el cuarzo y la biotita.



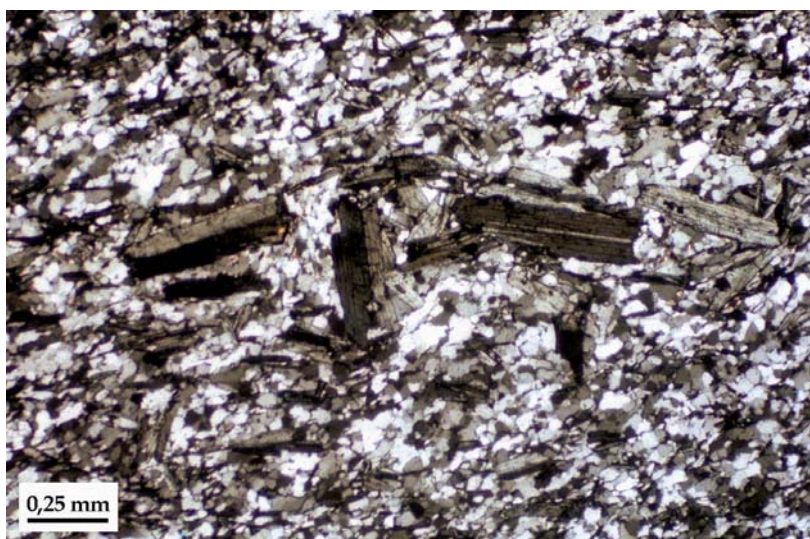
**Foto 3.59:** Aspecto de la textura de la Cuarcita Armoricana. Se puede observar un nivel de acumulación de minerales pesados (opacos, circón y turmalina) que marca la estratificación (Muestra: 228-1149, perteneciente al fondo documental del IGME; nícoles paralelos).



**Foto 3.60:** Aspecto textural de las cuarcitas de los Montes do Invernadeiro. Se caracterizan por la gran abundancia de blastos de cloritoide (Cld. Muestra: 267-549, perteneciente al fondo documental del IGME; nícoles paralelos).



**Foto 5.61:** Igual que la foto anterior, con nícoles cruzados. Se puede observar bien el maclado polisintético del cloritoide.

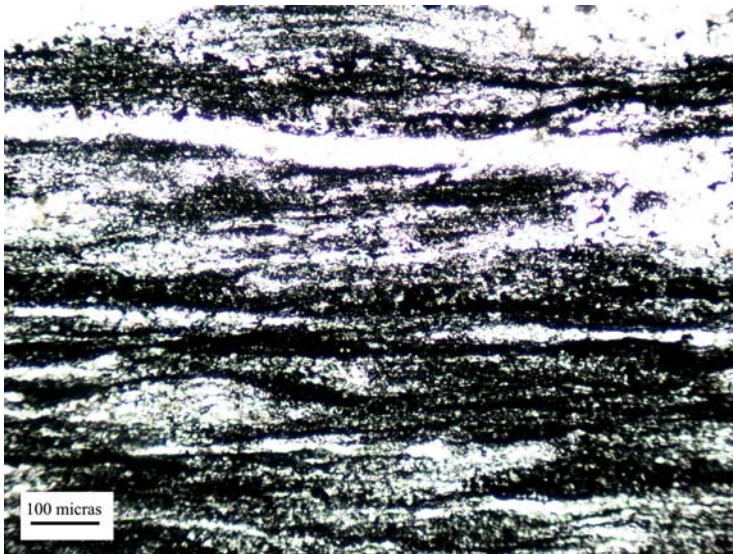


### 3.4.3.- Pizarras de Luarca

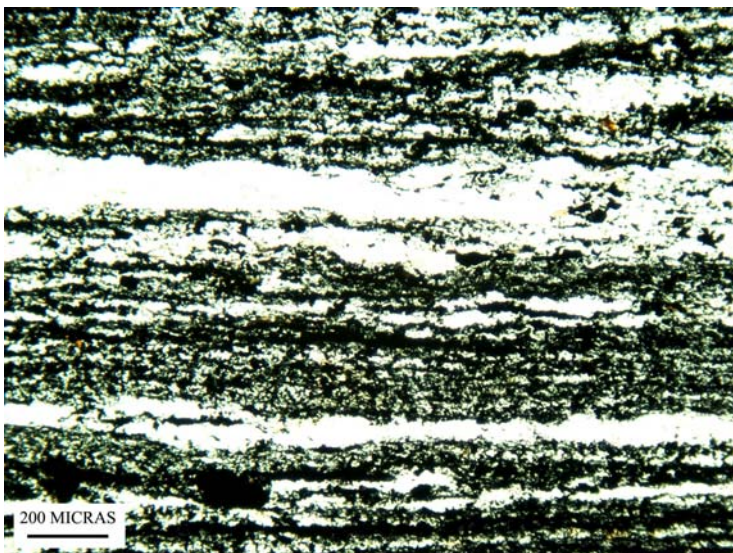
Las pizarras de Luarca están compuestas por moscovita, sericita, clorita, cuarzo y en ocasiones se puede observar cloritoide y biotita, dependiendo del grado metamórfico, aunque estas rocas siempre se encuentran dentro de la zona de estudio en la facies de los esquistos verdes. Como minerales accesorios se encuentran óxidos de hierro, turmalina, circón y rutilo. Es frecuente observar bandas milimétricas en las que se aprecia un notable desarrollo de cristales y agregados de pirita. La foliación que presentan es granolepidoblástica.

### 3.5.- PETROGRAFÍA DE LOS MATERIALES SILÚRICOS

Los materiales que se han muestreado, principalmente dentro del Silúrico, son ampelitas, están compuestas principalmente por cuarzo y grafito. En algunos casos pueden presentar moscovita-sericita, circón, minerales opacos (pirita) y turmalina. En las Fotos 3.62 y 3.63 se pueden observar algunas de sus características petrográficas.



**Foto 3.62:** Aspecto de la textura de las ampelitas silúricas, compuestas principalmente por grafito y cuarzo. La fábrica que se observa es la S2 (Nícoles paralelos).



**Foto 3.63:** Aspecto de la textura de las ampelitas silúricas. La fábrica que se observa es S2 (Nícoles paralelos).