

CATÁLOGO MECANISMOS DE DEFORMACIÓN Y MICROESTRUCTURAS ASOCIADAS

Universidad
Industrial de
Santander



ESCUELA DE GEOLOGÍA

Lista de secciones delgadas

1. SECCIÓN DELGADA HQ-64	4
2. SECCIÓN DELGADA HQ-65	18
3. SECCIÓN DELGADA HQ-66	26
4. SECCIÓN DELGADA HQ-67	33
5. SECCIÓN DELGADA HQ-68	39
6. SECCIÓN DELGADA HQ-69	47
7. SECCIÓN DELGADA HQ-70	53
8. SECCIÓN DELGADA HQ-71	58
9. SECCIÓN DELGADA HQ-72	65
10. SECCIÓN DELGADA HQ-73	74
11. SECCIÓN DELGADA HQ-74	80
12. SECCIÓN DELGADA HQ-75	90
13. SECCIÓN DELGADA HQ-76	95
14. SECCIÓN DELGADA HQ-77	100
15. SECCIÓN DELGADA HQ-78	106
16. SECCIÓN DELGADA HQ-79	111
17. SECCIÓN DELGADA HQ-80	116
18. SECCIÓN DELGADA HQ-81	120
19. SECCIÓN DELGADA HQ-82	127

20. SECCIÓN DELGADA HQ-83.....	136
21. SECCIÓN DELGADA HQ-84.....	141
22. SECCIÓN DELGADA HQ-85.....	150
23. SECCIÓN DELGADA HQ-86.....	161
24. SECCIÓN DELGADA HQ-87.....	168
25. SECCIÓN DELGADAHQ-88.....	173
26. SECCIÓN DELGADA HQ-89.....	182
27. SECCIÓN DELGADA HQ-90.....	187
28. SECCIÓN DELGADA HQ-91.....	198
29. SECCIÓN DELGADA HQ-92.....	204
30. SECCIÓN DELGADA HQ-93.....	208

ABREVIATURAS MINERALES SEGÚN LA SCMR (*)

Mineral	Abreviatura
Anfibol	Am
Biotita	Bt
Calcita	Cal
Circón	Zrn
Clinozoisita	Czo
Clorita	Chl
Cuarzo	Qtz
Dolomita	Dol
Epidota	Ep
Feldespato potasico	Kfs
Hornblenda	Hbl
Mineral opaco	Op
Olivino	Ol
Piroxeno	Px
Plagioclasa	Pl
Rutilo	Rt
Sericita	Ser
Serpentina	Srp
Silimanita	Sil
Talco	Tlc
Titanita	Ttn
Tremolita	Tr
Zoisita	Zeo

***Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks (SCMR)**

CATÁLOGO DE FOTOMICROGRAFIAS MECANISMOS DE DEFORMACIÓN Y MICROESTRUCTURAS ASOCIADAS.

1. SECCIÓN DELGADA HQ-64

1.1 Composición mineralógica:

Minerales mayores: cuarzo, moscovita, biotita, plagioclasa, calcita.

Minerales menores: epidota, clorita.

1.2 Mecanismos de deformación.

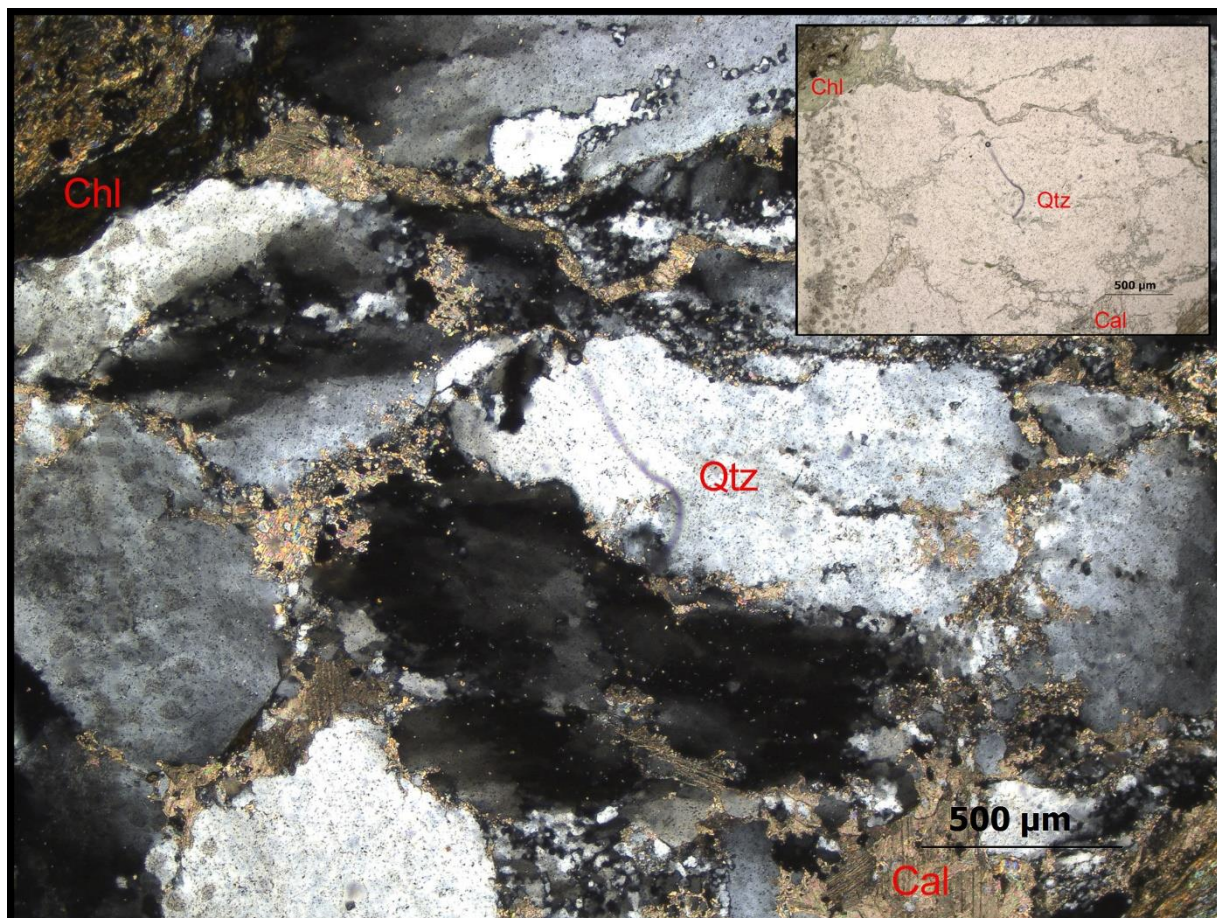
Dúctiles

Deformación intracristalina: Se presenta una etapa de transición entre extinción ondulosa a bandas de deformación en cuarzo, con predominancia de las bandas de deformación. En la plagioclasa también es apreciable la extinción ondulosa. Este mecanismo indica que las redes cristalinas de los granos se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente (Figura 1).

Recuperación: se presentan microestructuras de recuperación en cuarzo, exhibiendo bandas de deformación y principalmente subgranos. Debido al aumento de temperatura las dislocaciones presentes en los granos empezaron a moverse y agruparse en redes planas netas que son los límites de subgranos y por consiguiente la creación de subgranos. Las microestructuras de recuperación en cuarzo son abundantes en condiciones de temperatura aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 2 y 3)

Figura 1

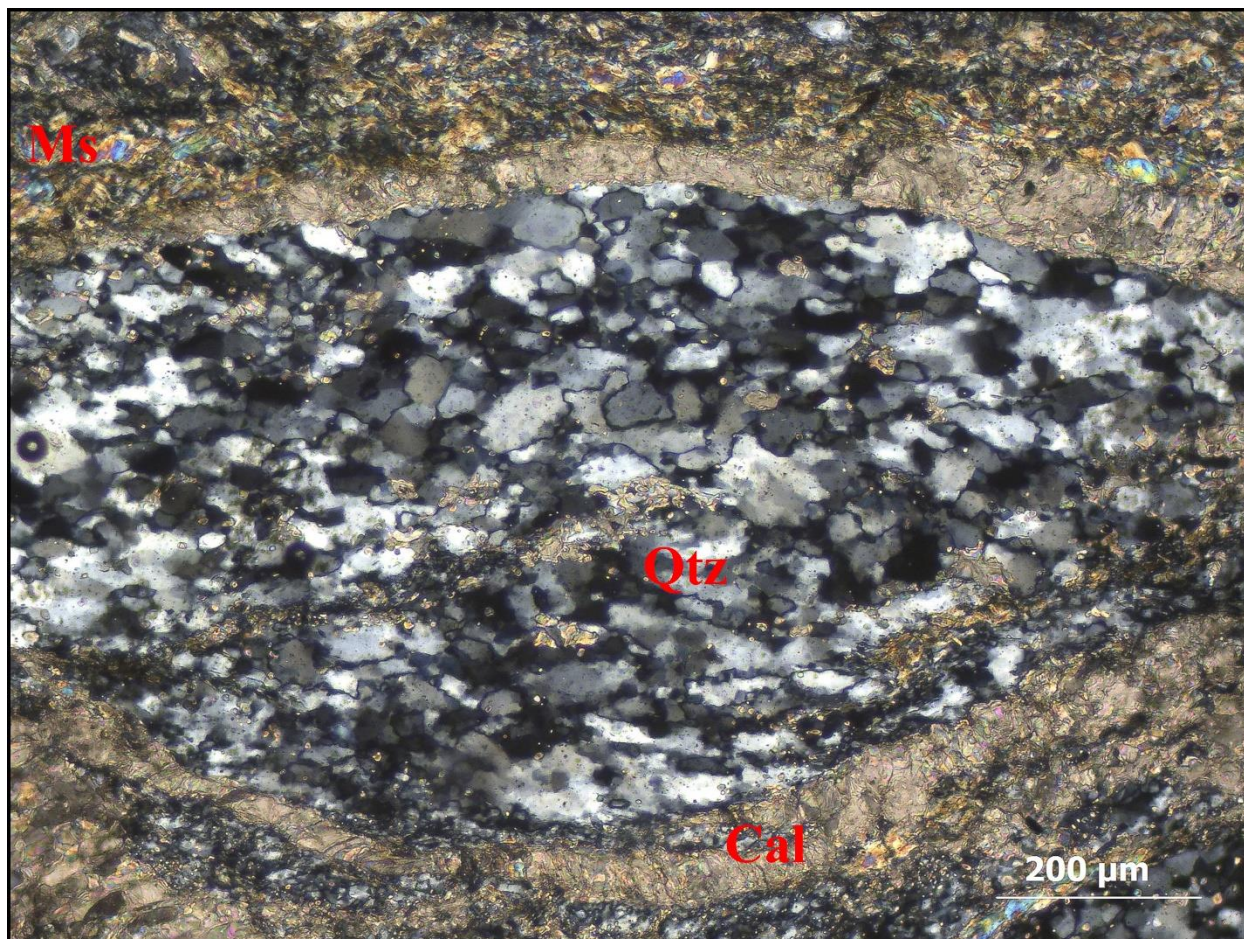
Fotomicrografía deformación intracristalina evidenciada por extinción ondulosa sección HQ-64



Nota. En la fotomicrografía se observa extinción ondulosa en granos de cuarzo, la extinción es no uniforme en los granos de cuarzo y en algunos se pueden observar ligeras bandas de deformación producto de una ligera agrupación de algunas dislocaciones. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 2

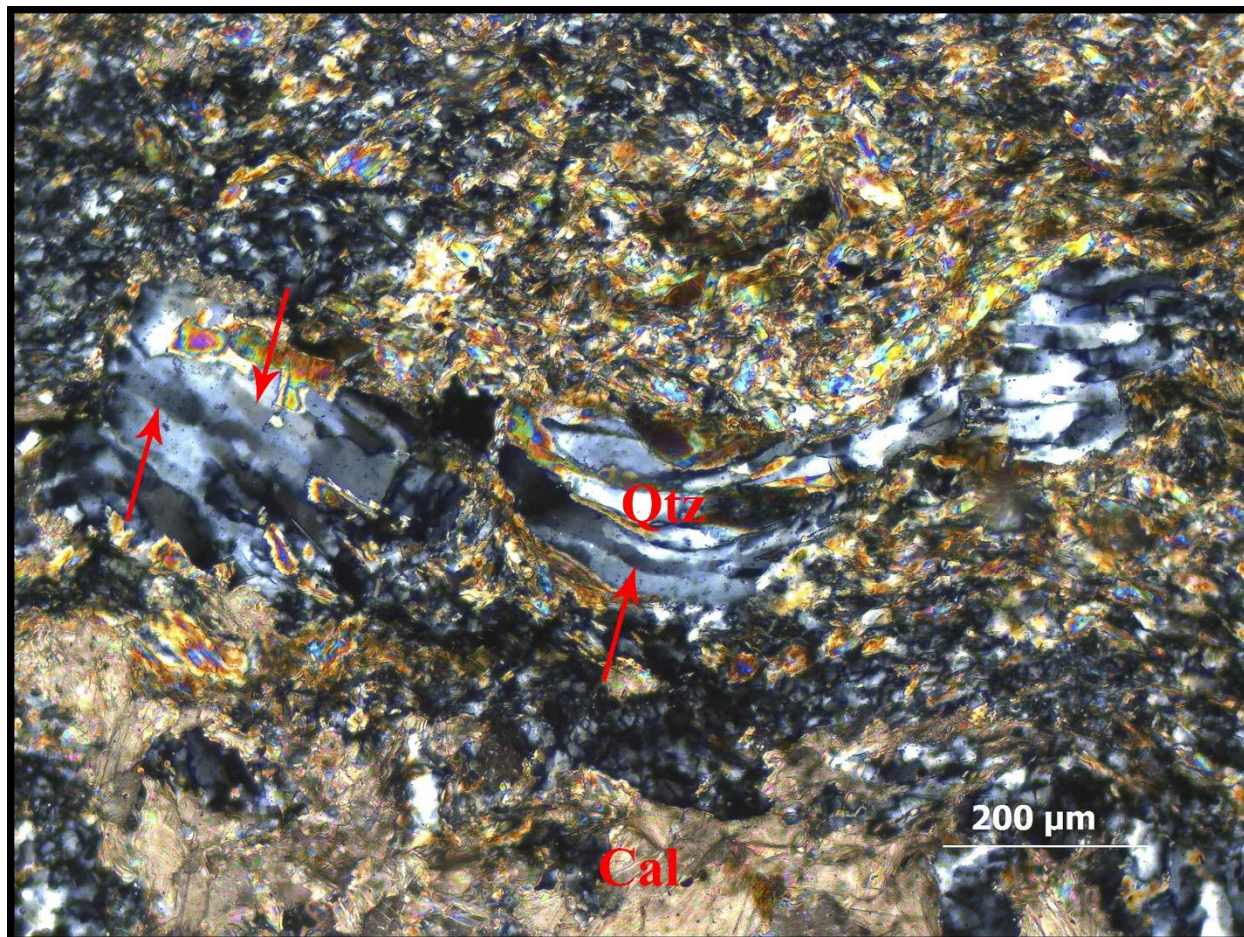
Fotomicrografía recuperación, sección HQ-64



Nota. En la fotomicrografía se observan una alta densidad de subgranos en cuarzo producto de la recuperación. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 3

Fotomicrografía recuperación, sección HQ-64



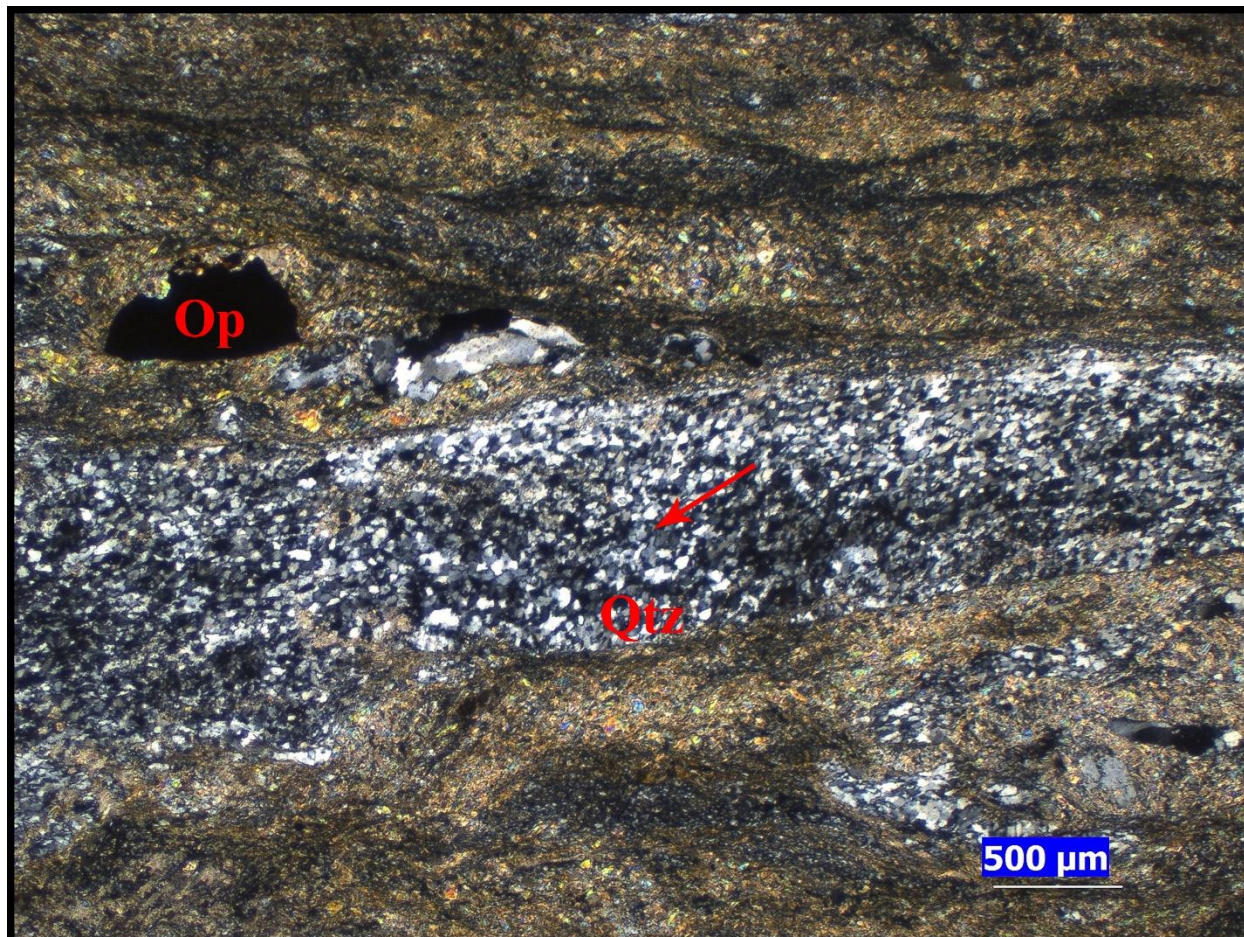
Nota. En la fotomicrografía se observan cuarzo alargados. En la parte central se señala con una flecha roja un subgrano paralelo a la dirección de alargamiento. En la parte izquierda se señala en flechas rojas una etapa de transición entre bandas de deformación a subgranos. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: Se presenta un régimen combinado de recristalización dinámica BLG y SGR, con predominancia de la recristalización dinámica SGR. La roca estuvo sometida a una deformación constante la cual adiciono dislocaciones. Debido al aumento de

temperatura las dislocaciones se movilizaron y se acumularon progresivamente en los límites de subgranos creados por la recuperación, hasta que estos rotaron más 10° separando o rompiendo los enlaces atómicos en los límites de subgranos, dando paso a la creación de nuevos granos los cuales presentan una orientación cristalográfica diferente al grano anfitrión. La recrystalización dinámica SGR en cuarzo es dominante en condiciones de temperatura aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 4 y 5). En plagioclasa la recrystalización BLG es dominante en los bordes de los granos por nucleación de nuevos granos debido a la separación de las protuberancias, exhibiendo pofiroclastos de núcleo y manto, cuyo núcleo es el antiguo grano afectado por la recrystalización BLG desde los bordes y el manto son los nuevos granos finos producto de la recrystalización BLG. En plagioclasa la recrystalización BLG es dominante en condiciones de temperatura aproximadas de 450°C a 600°C .

Figura 4

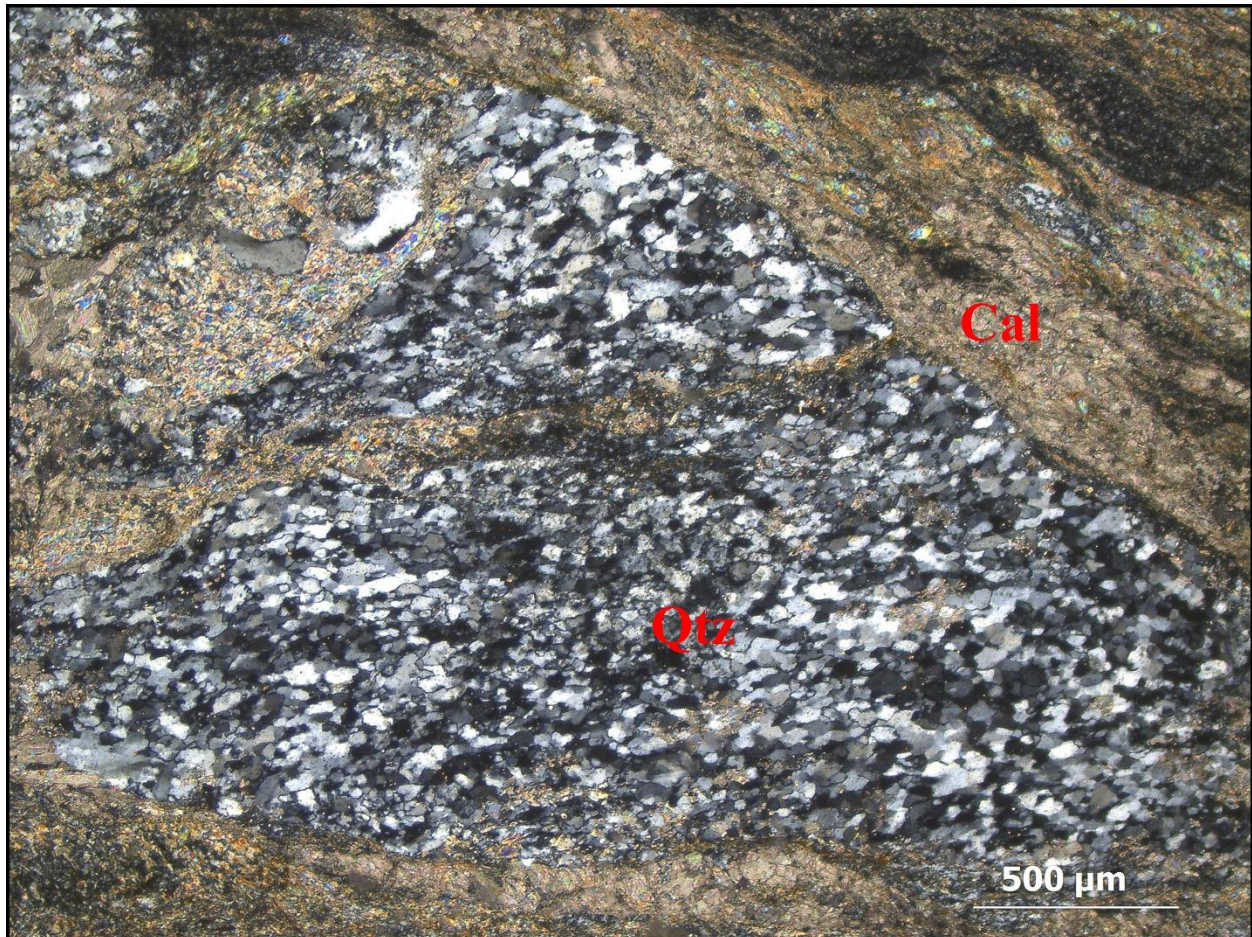
Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-64



Nota. En la fotomicrografía se observa una banda de cuarzo totalmente recristalizada por rotación de subgranos. Se evidencia tamaño de grano fino y una orientación cristalográfica indicada por la flecha roja, diferente a la banda de cuarzo anfitrión. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 5

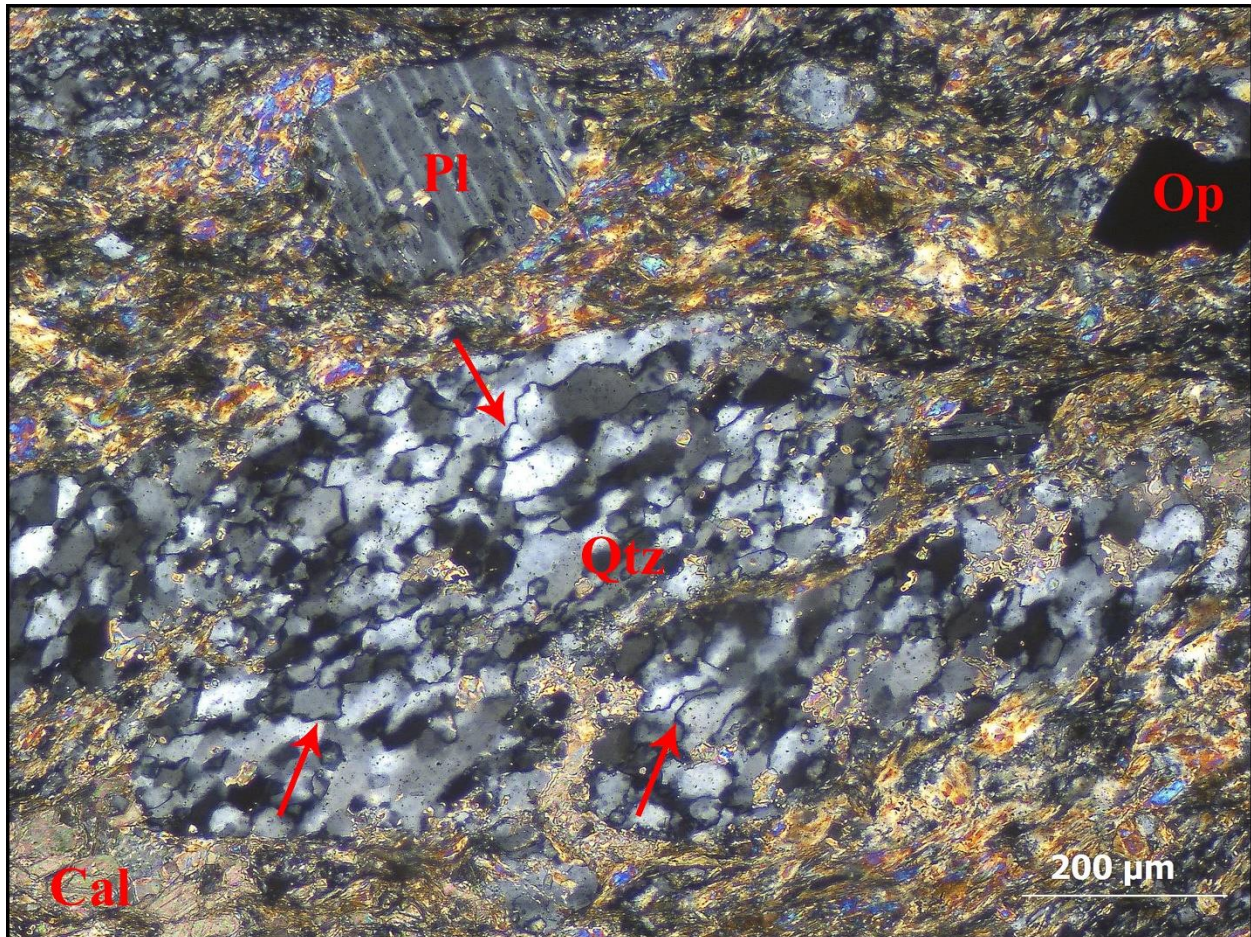
Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-64



Nota. En la fotomicrografía se observa recristalización SGR en cuarzo. Se evidencia una orientación diferente de los granos finos recristalizados con respecto al grano anfitrión. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 6

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-64

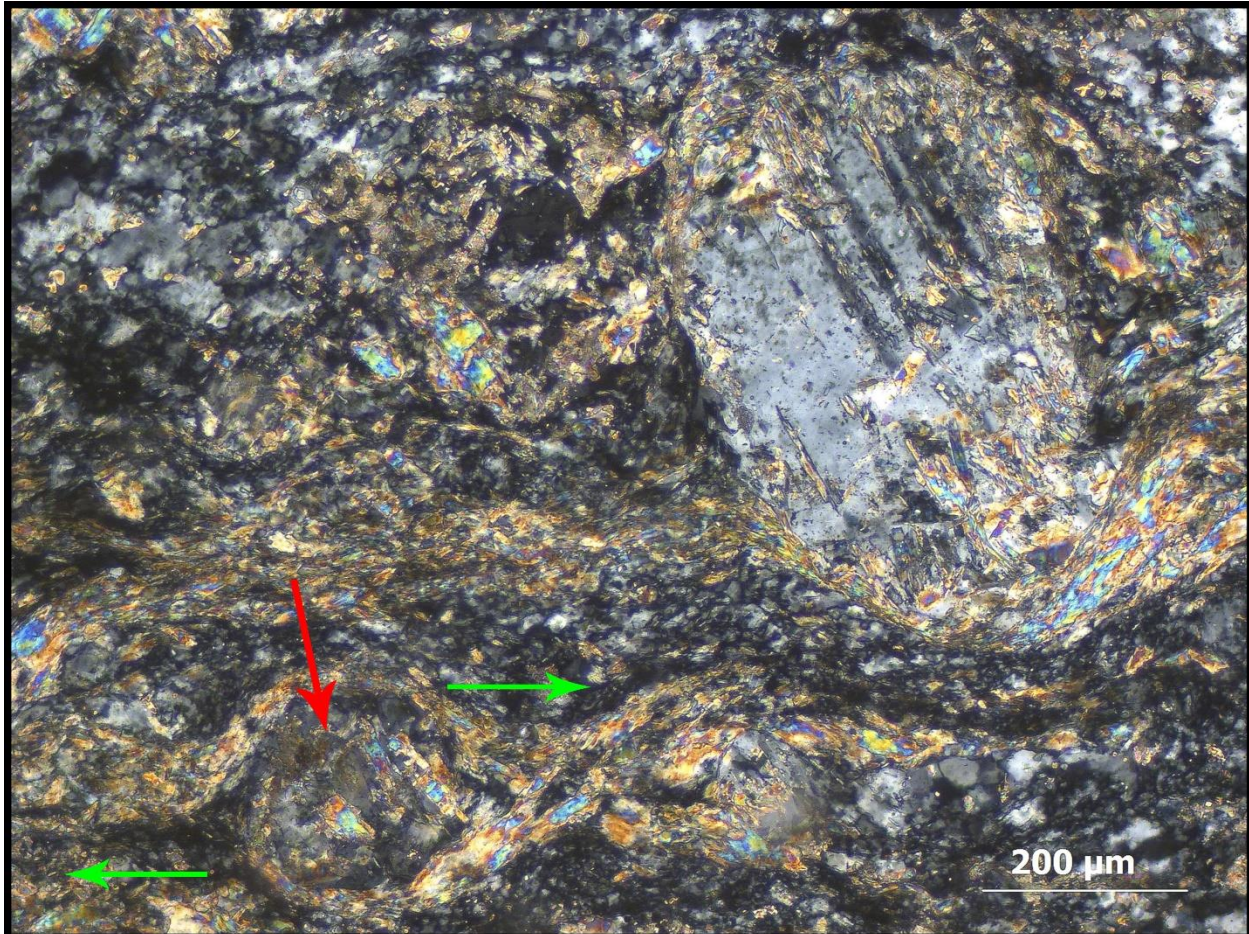


Nota. En la fotomicrografía se observa predominancia de la recristalización dinámica SGR en cuarzo con evidencias de BLG. Debido al aumento de temperatura se crean bahías o protuberancias por recristalización BLG, la recuperación hace que las dislocaciones se movilen y agrupen en límites de subgranos, los cuales rotan más de 10° debido a la recristalización SGR, creando nuevos granos con una orientación cristalográfica de arriba a la derecha abajo a la izquierda. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

1.3 Indicadores del sentido de cizalla

Figura 7

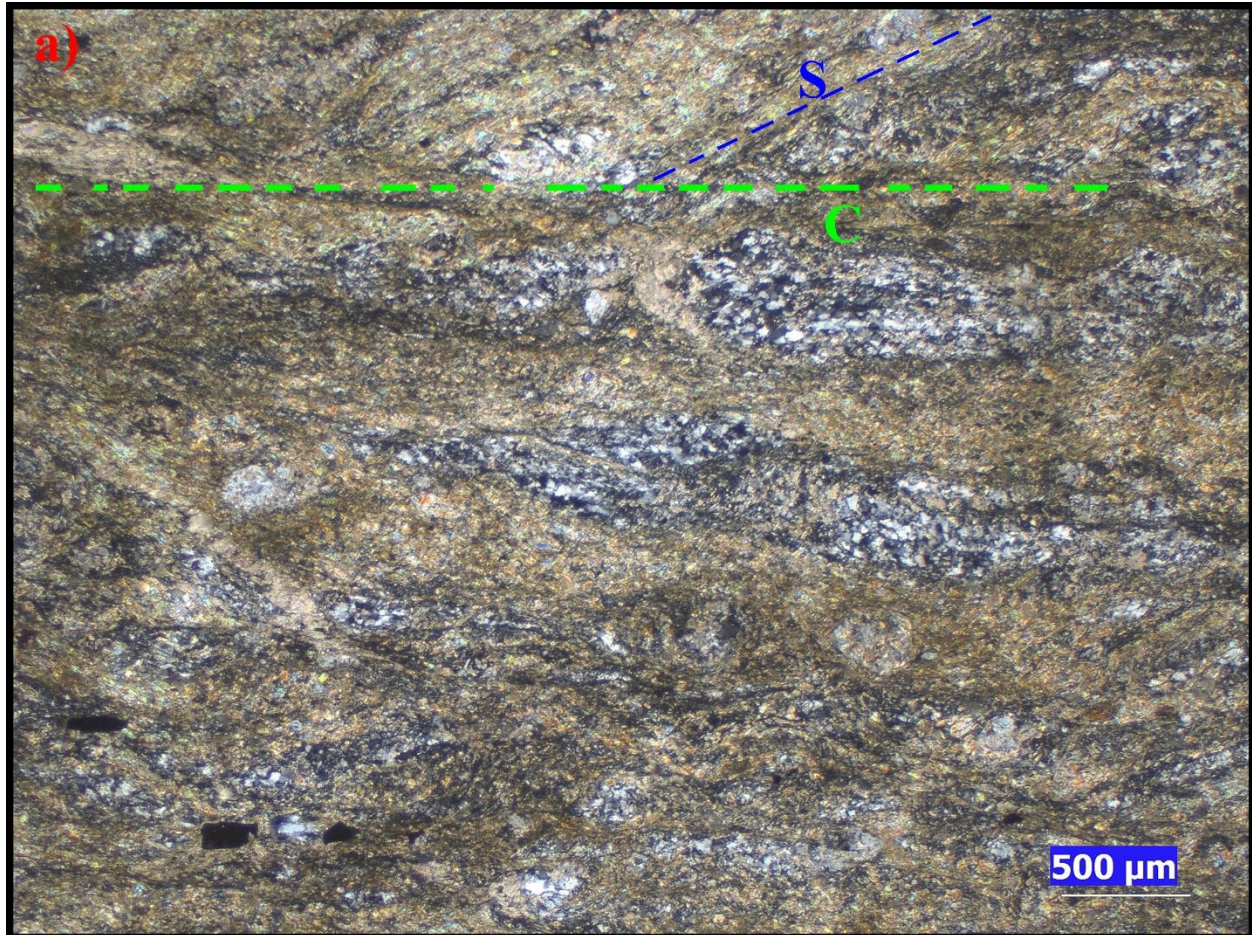
Fotomicrografía indicadores del sentido de cizalla, sección HQ-64



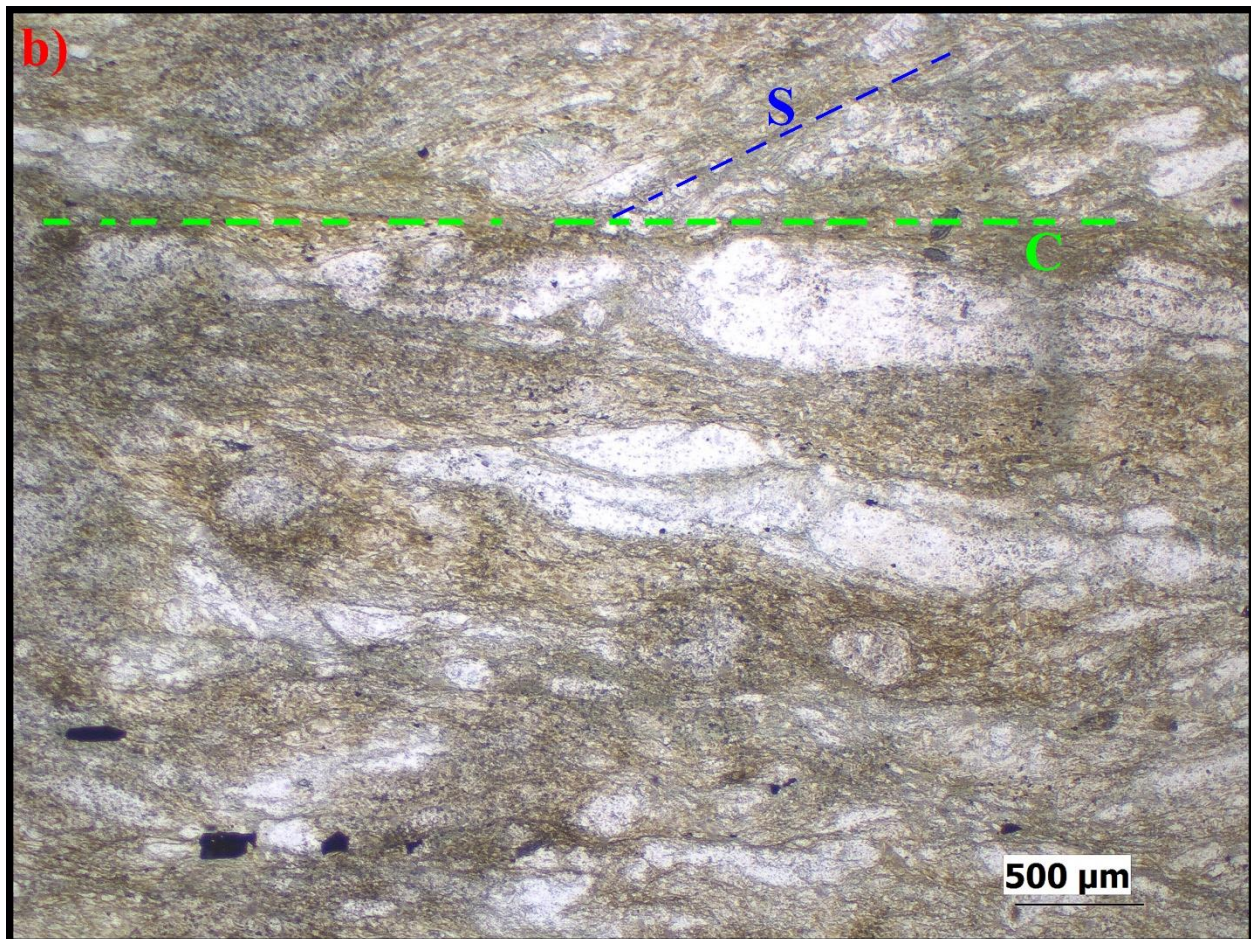
Nota. En la fotomicrografía se señala con una flecha roja un porfiroclasto de plagioclasa con Tipo δ , indicando un sentido de cizalla dextral señalado por las flechas verdes. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 8

Fotomicrografía bandas de cizallamiento C/S, sección HQ-64



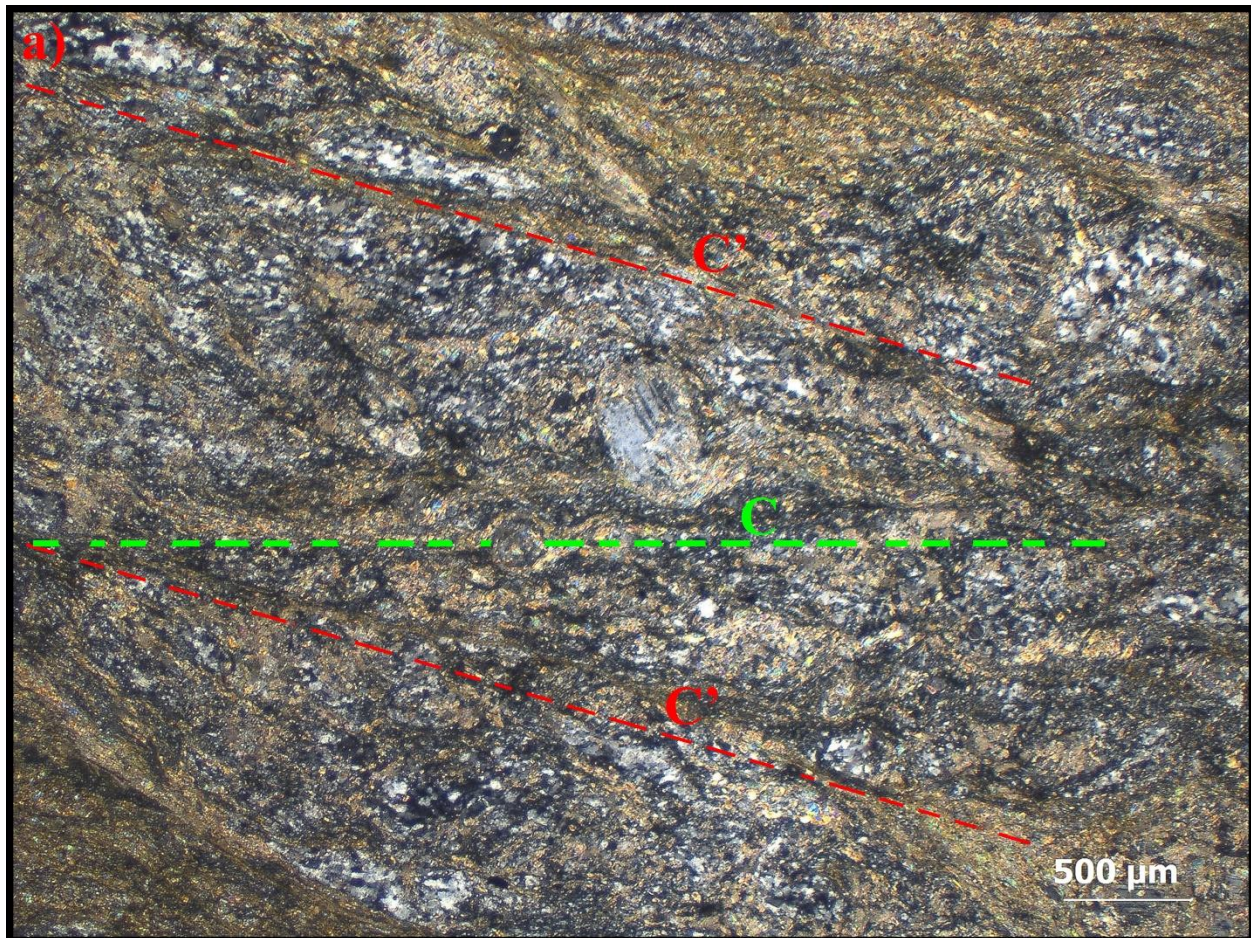
Nota. En la fotomicrografía se observan las bandas de cizallamiento C/S, indicando un sentido de cizalla dextral. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.



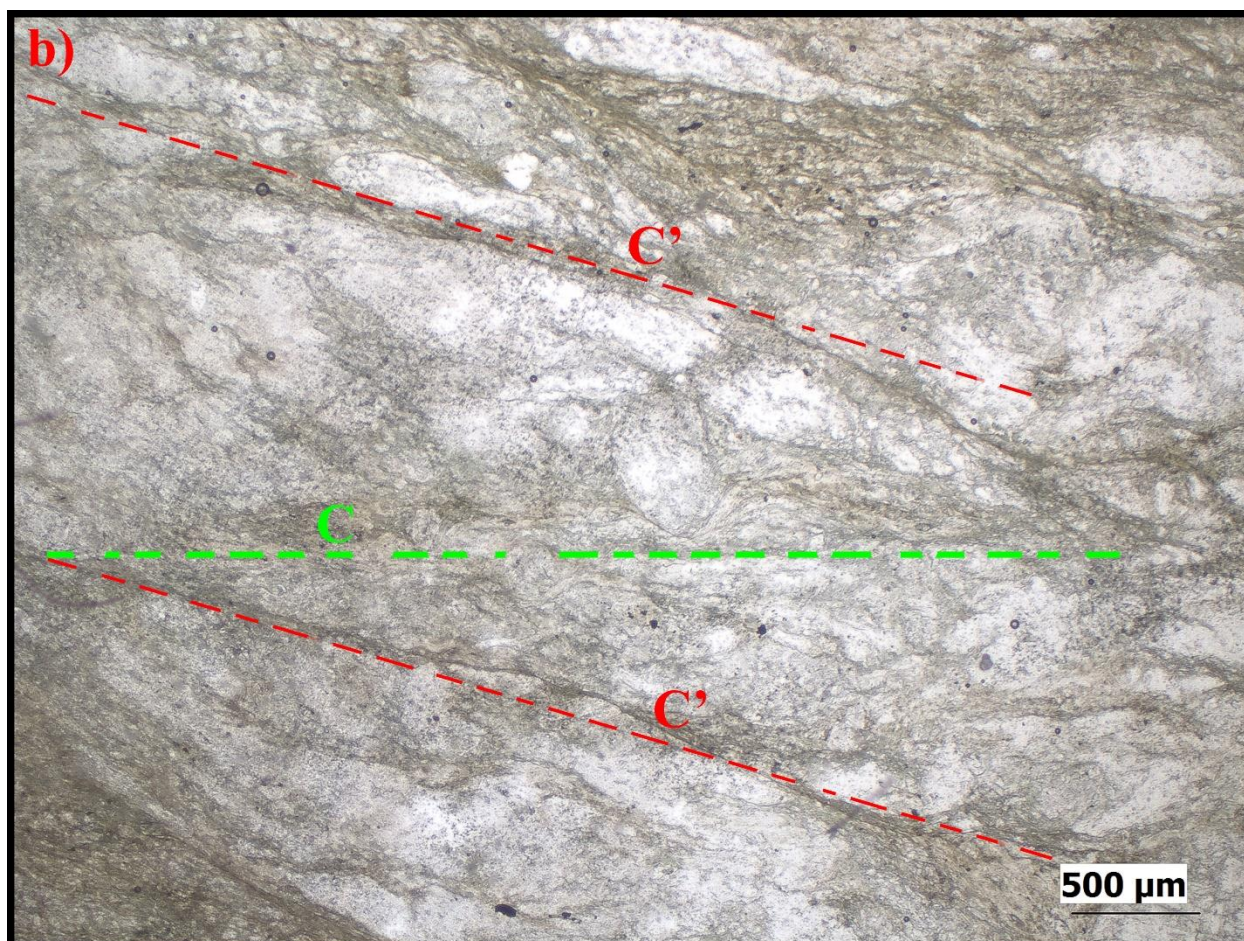
Nota. En la fotomicrografía se observan las bandas de cizallamiento C/S, indicando un sentido de cizalla dextral. Polarizadores paralelos, objetivo 2.5x.

Figura 9

Fotomicrografías bandas de cizallamiento C', sección delgada HQ-64



Nota. En la fotomicrografía se observan bandas de cizalla tipo C y C' indicando un sentido de cizalla dextral. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.



Nota. En la fotomicrografía se observan bandas de cizalla tipo C y C' indicando un sentido de cizalla dextral. Polarizadores paralelos, objetivo 2.5x.

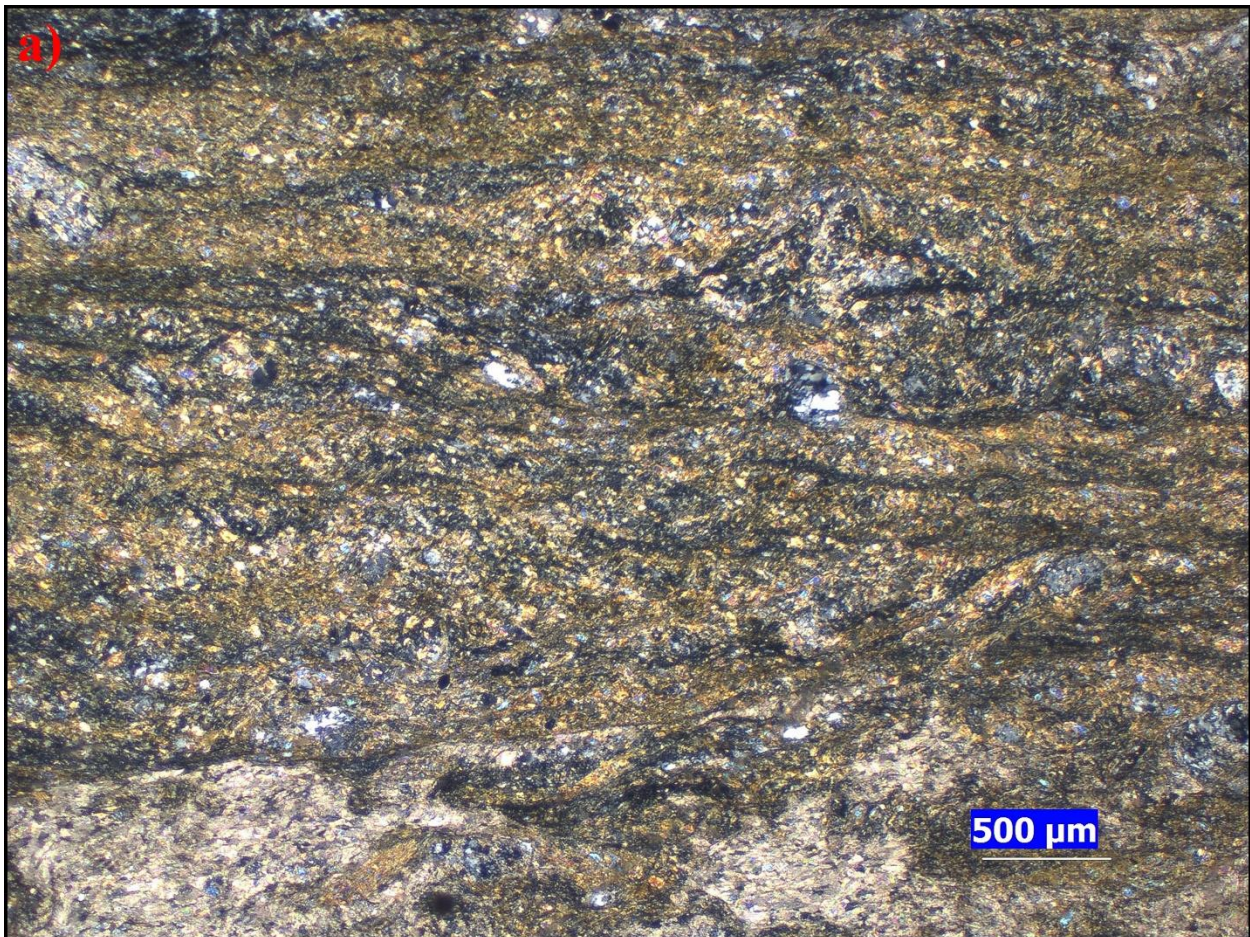
1.4 Clasificación

Se realizó un conteo modal con un total de 258 puntos donde la relación matriz – porfiroclastos es: matriz 258 puntos, porfiroclastos 73 puntos. Se obtuvieron unos porcentajes de: 77.95% matriz y 22.08% porfiroclastos. La roca se clasifica como una mesomilonita pues el porcentaje de matriz es mayor al 50% y menor al 90%. Las microestructuras presentes en el cuarzo como recristalización dinámica BLG, SGR y la presencia de cuarzo alargado deformado dúctilmente con microestructuras de recuperación, permite deducir temperaturas de deformación aproximadas entre los 400°C y 500°C. La plagioclasa no muestra una deformación frágil. Se

evidencian estructuras de núcleo y manto, con recristalización dinámica BLG desde los bordes de los núcleos, indicando temperaturas de deformación de aproximadamente 450°C a 600°C. Se estima una temperatura de deformación de la roca de 400°C a 500°C y presiones entre los 4Kbar y 6Kbar. (Figura 10).

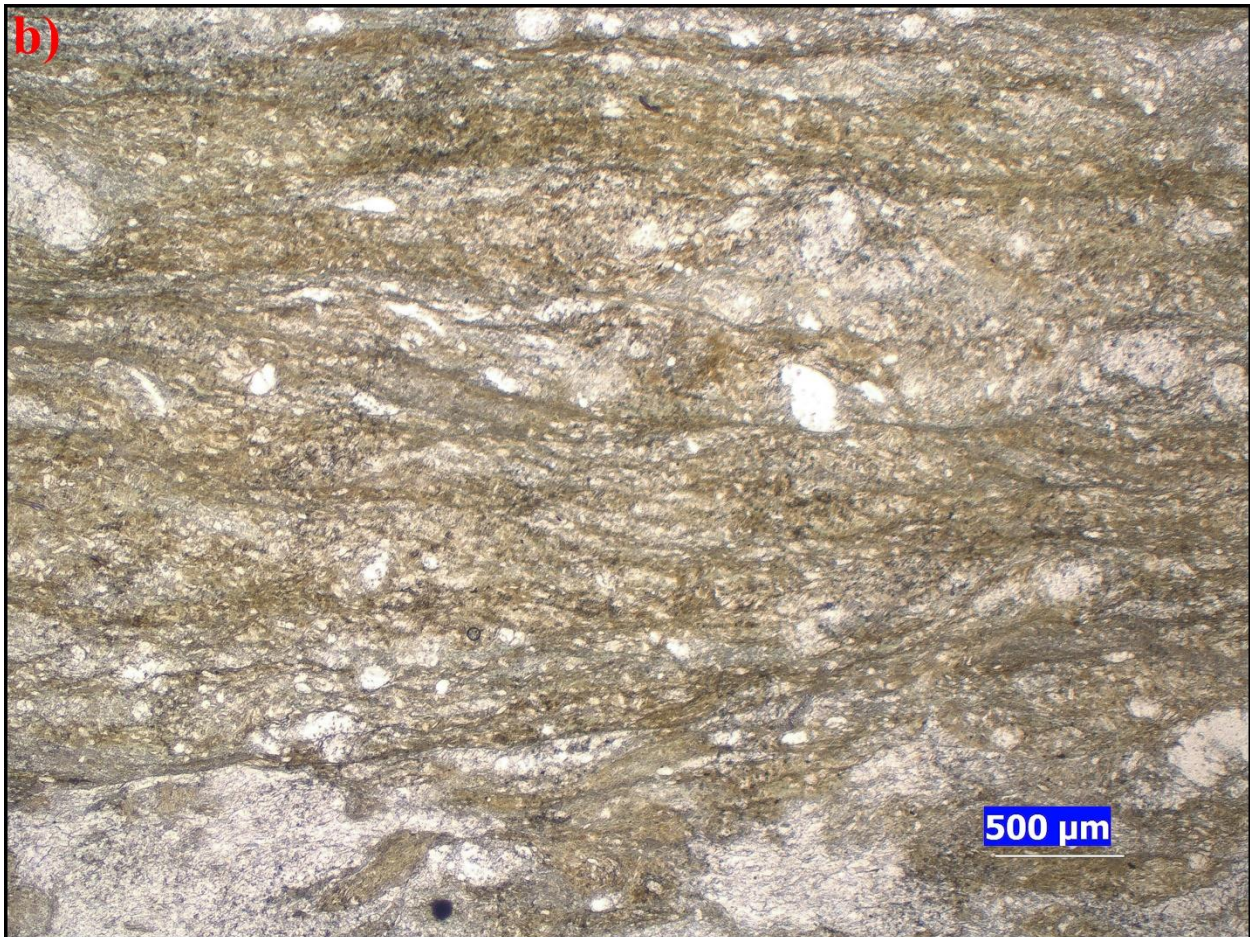
Figura 10

Fotomicrografías mesomilonita, sección HQ-64



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura mesomilonítica general de la sección HQ-64.

Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura mesomilonítica general de la sección HQ-64.

Polarizadores paralelos, objetivo 2.5x.

2. SECCIÓN DELGADA HQ-65

2.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: Cuarzo

Minerales Mayores: Feldespato potásico, plagioclasa, biotita

Minerales menores: moscovita, epidota, clinozoisita

Minerales accesorios: opacos

2.2 Mecanismos de deformación.

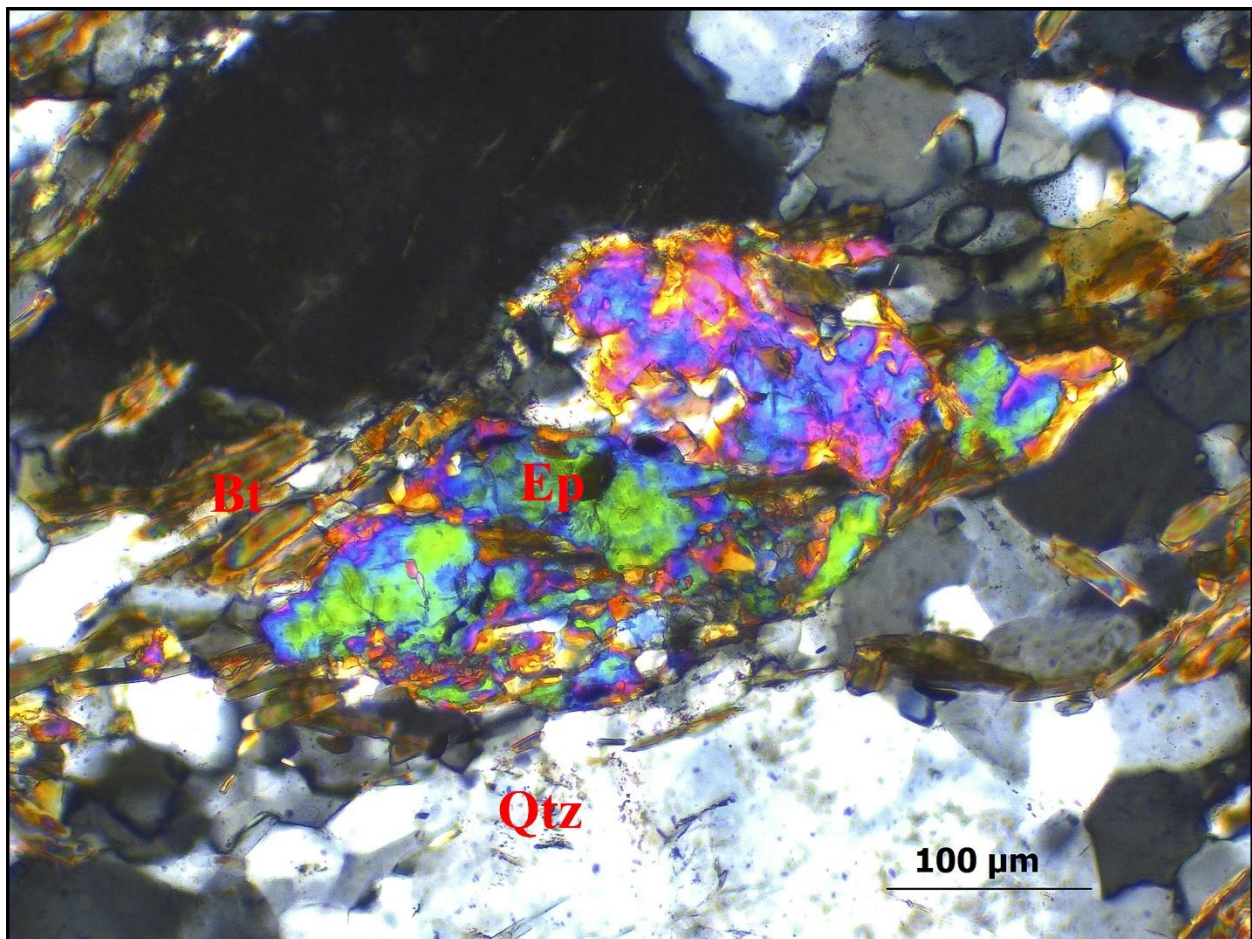
Frágiles.

Microfracturamiento: Se presenta microfracturamiento intragranular y leve deslizamiento por fricción en epidota. Las microfracturas no muestran orientación preferencial.

(Figura 11)

Figura 11

Fotomicrografía microfracturamiento sección HQ-65



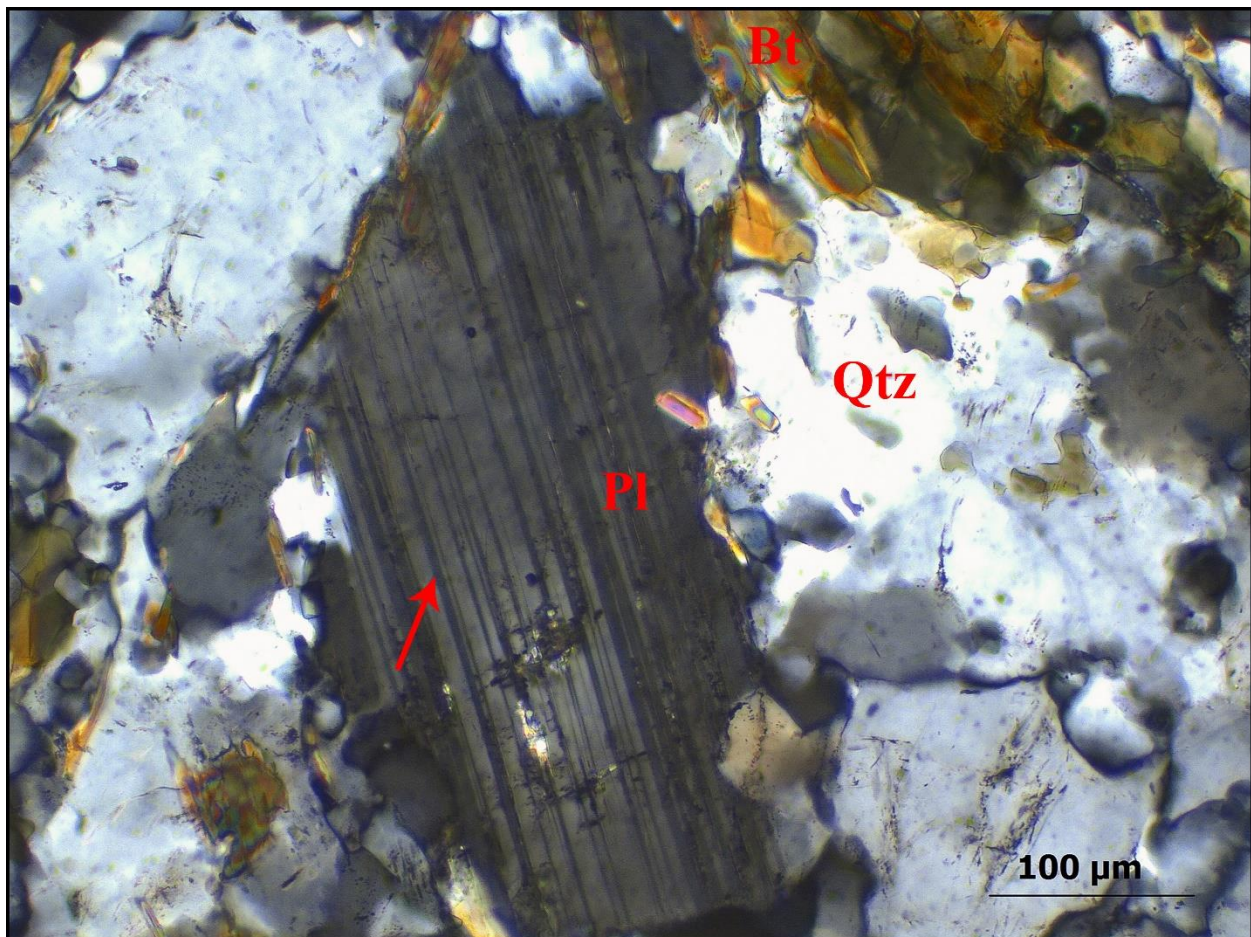
Nota. En el centro de la fotomicrografía se observa un grano de epidota con microfracturas intragranulares. Polarizadores cruzados, objetivo

Dúctiles

Maclado por deformación: Se presenta en granos de plagioclasa indicando un deslizamiento de la red cristalina. La conservación de maclas de deformación en los granos de plagioclasa indica temperaturas aproximadas de hasta 500°C (Figura 12)

Figura 12

Fotomicrografía maclado por deformación, sección HQ-65

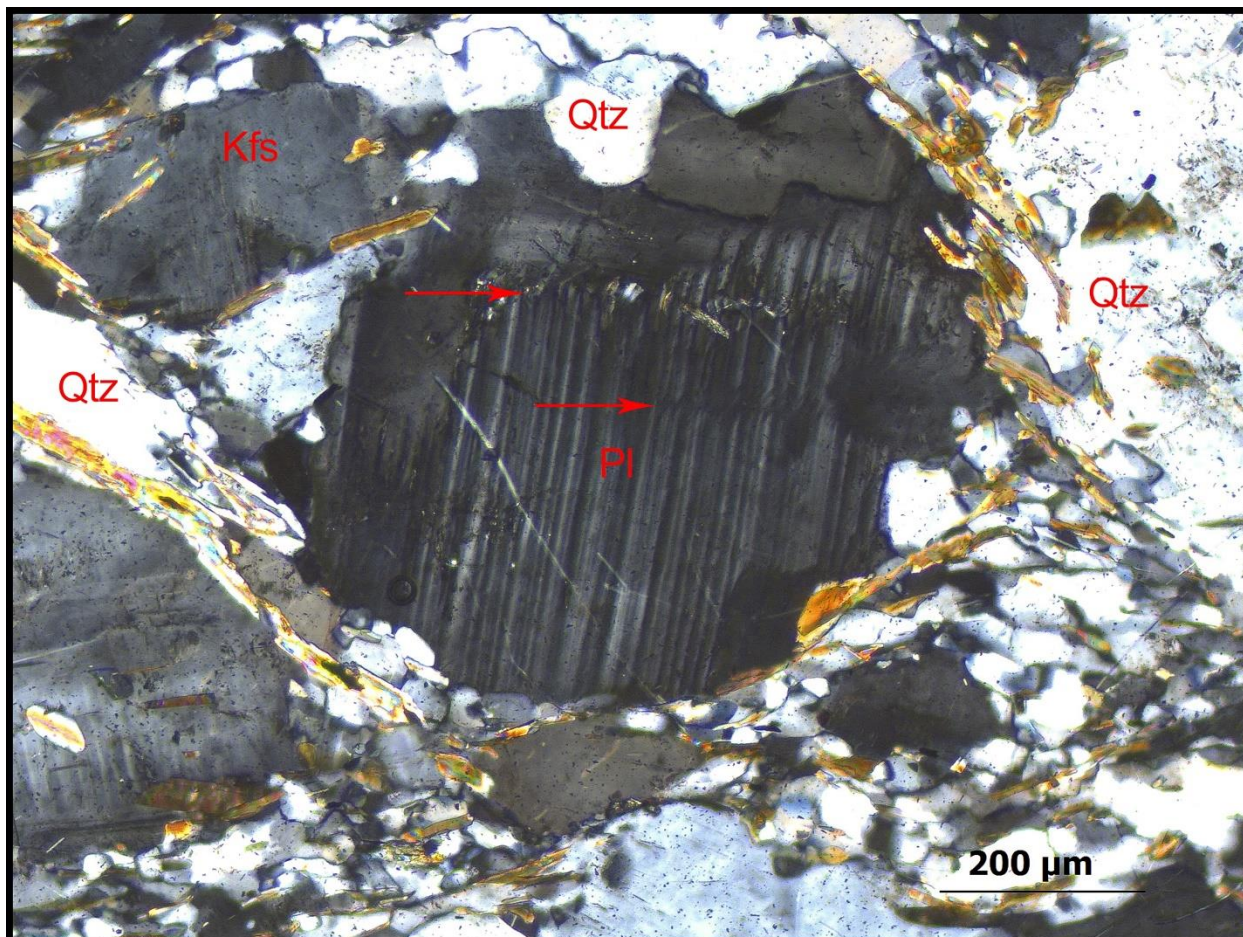


Nota. En el centro de la imagen aparece un grano de plagioclasa, se señala con una flecha roja maclas de deformación con su típica forma de cuña. Estas maclas por deformación se nuclean desde el borde del cristal y se van haciendo más estrechas hacia su centro. Objetivo 20x, polarizadores cruzados.

Kinking: Se presenta en plagioclasa indicando que una parte de la red cristalográfica del grano se flexiono fuertemente con respecto a otra parte del grano que no lo hizo. La evidencia de kinking en plagioclasa indica temperaturas aproximadas entre los 400°C y 600°C (Figura 13)

Figura 13

Fotomicrografía kinking, sección HQ-65



Nota. En el centro de la imagen se observa un porfiroclasto de plagioclasa con kinking que se señala con flechas rojas y con maclas de deformación que exhiben su típica forma de cuña. El porfiraclasto tiene un manto polimineral de Feldespato potásico y cuarzo recristalizado dinámicamente. Polarizadores cruzados, objetivo 10x

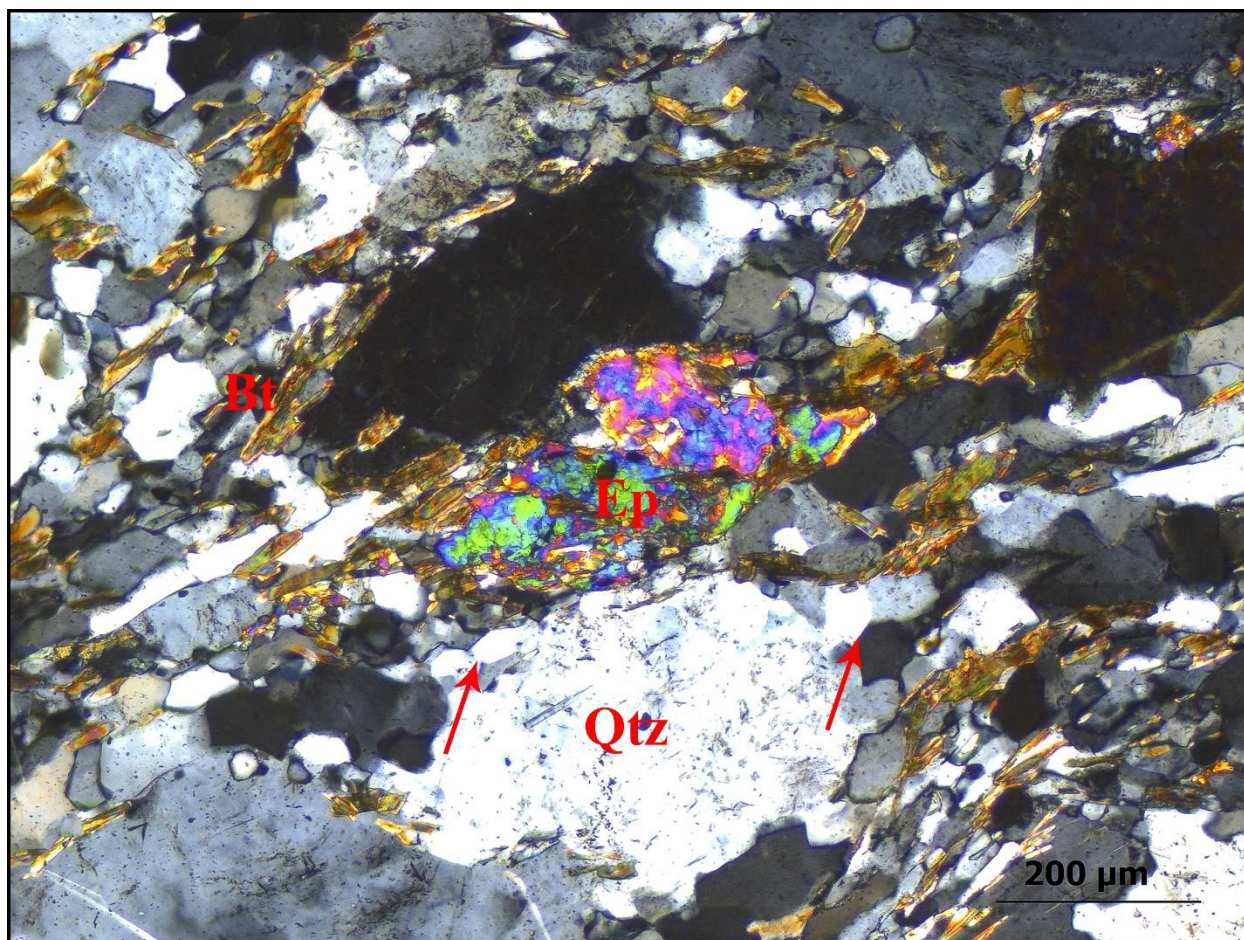
Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa predominantemente en granos de feldespato potásico y plagioclasa, indicando que la red cristalina de los granos se encuentra ligeramente flexionada y contiene una gran densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

Recuperación: Se presentan recuperación en cuarzo, exhibiendo microestructuras como bandas de deformación, límites de subgranos y subgranos. Debido a la deformación constante los granos de cuarzo tratan de regresar a un estado no deformado o de menor energía, el aumento de temperatura comienza a movilizar y agrupar las dislocaciones inicialmente en bandas de deformación y luego en límites de subgranos. Las microestructuras de recuperación son abundantes para el cuarzo en temperaturas aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 14).

Recristalización dinámica: ocurre un régimen combinando de recristalización dinámica BLG y SGR para el cuarzo, predominando la recristalización SGR. Debido a que la roca estuvo sometida a una deformación constante, se agregaron continuamente más dislocaciones a los granos de cuarzo, la temperatura elevada hace que las dislocaciones empiecen a migrar y a concentrarse en los límites de subgranos hasta que la densidad de dislocaciones es tan grande en los límites y rotan más de 10° con respecto al grano anfitrión, creando nuevos granos. La recristalización BLG ocurre principalmente en los nuevos granos producto de la recristalización BLG, los cuales exhiben bordes lobulados de pequeña amplitud y protuberancias. El régimen combinado de recristalización dinámica BLG y SGR en cuarzo, indica temperaturas aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 14). Por otra parte, los granos de plagioclasa y feldespato potásico se ven afectados por recristalización BLG, creando algunas estructuras de núcleo y manto (Figura 13). La recristalización dinámica BLG en plagioclasa y feldespato potásico es dominante en temperaturas aproximadas de 450°C a 600°C (Figura 15).

Figura 14

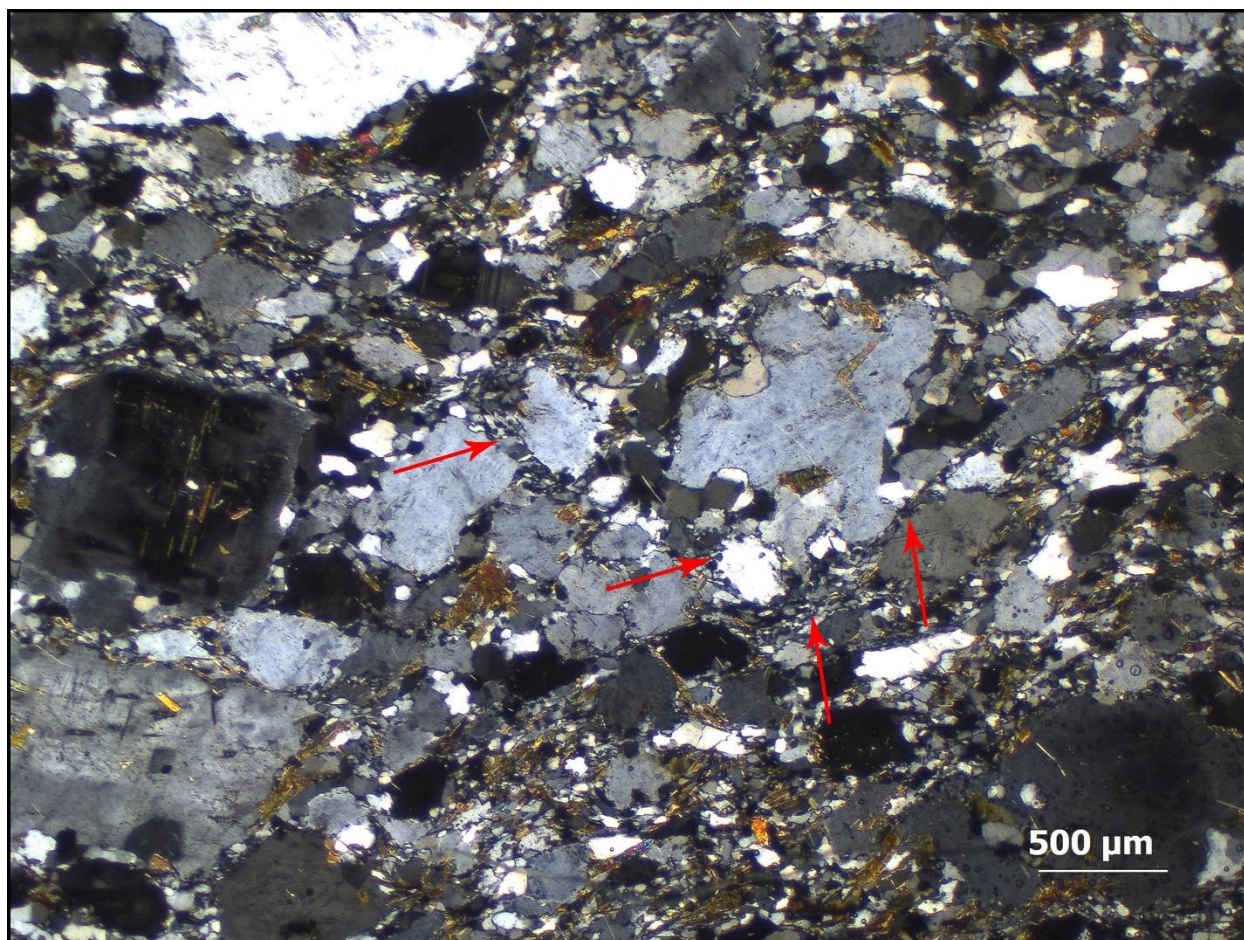
Fotomicrografía recuperación, sección HQ-65



Nota. En la fotomicrografía se señala en rojo algunos subgranos presentes en cuarzo, los cuales presentan una forma. También, se observan en la parte central e inferior algunos nuevos granos producto de la recristalización dinámica SGR. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 15

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-65



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas zonas donde se evidencia recristalización BLG en feldespato potásico, se observa que a recristalización afecta los bordes de los granos, creando nuevos granos de tamaño fino a lo largo de los bordes. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

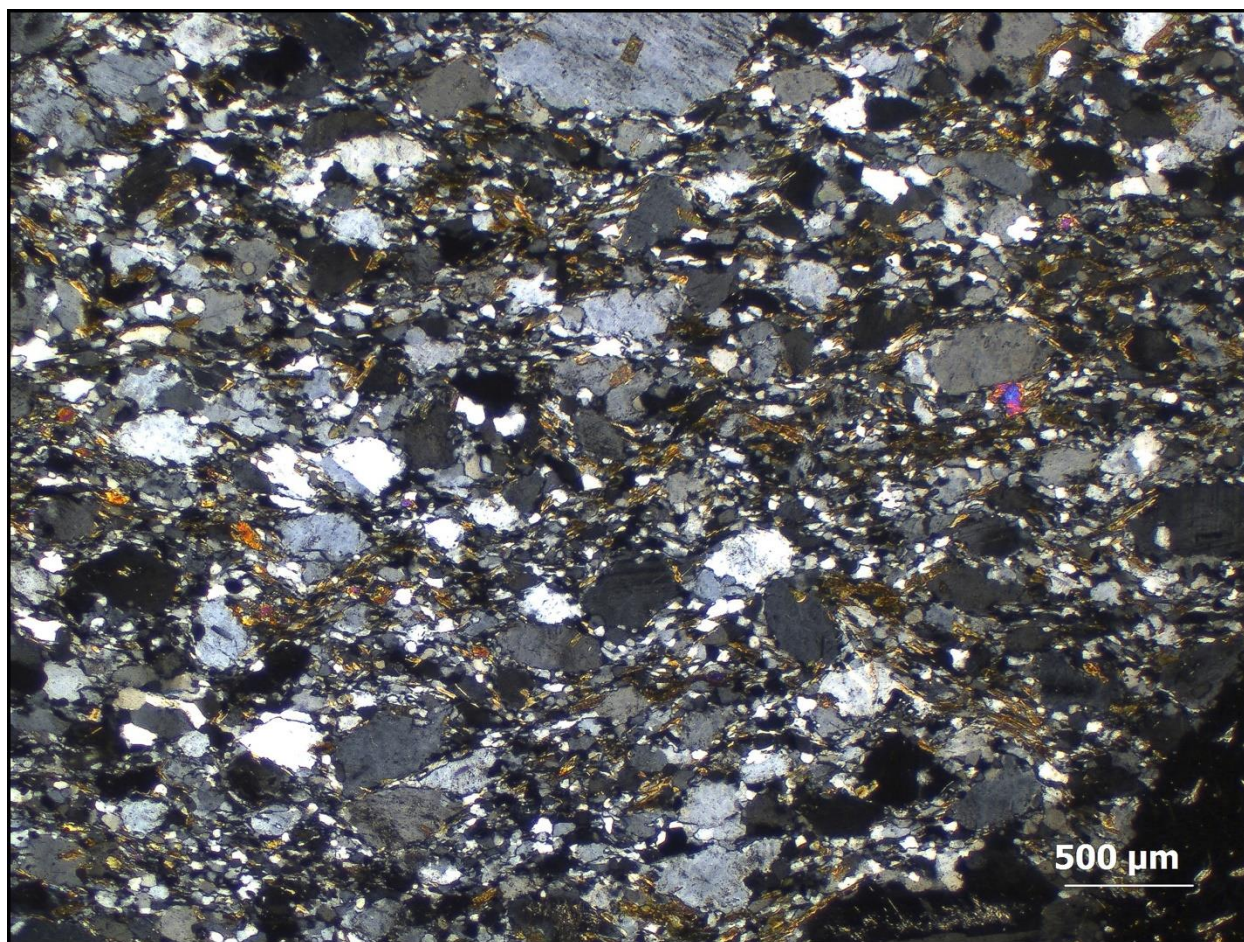
2.3 Clasificación

Se realizó un conteo modal con un total de 207 puntos donde la relación matriz – porfiroclastos es: matriz 134 puntos, porfiroclastos 207 puntos. Se obtuvieron unos porcentajes de: 39.29% matriz y 60.71% porfiroclastos, clasificandose como una protomilonia. Los mecanismos

de deformación y microestructuras identificadas en cuarzo como las microestructuras de recuperación y el régimen combinado de recristalización BLG y SGR, indican una temperatura de deformación aproximada de 400°C a 500°C. La recristalización BLG en feldespato potásico y plagioclasa y la presencia de algunos porfiroclastos de núcleo y manto, indican una temperatura de deformación aproximada de 450° a 600°C. Se estima una temperatura de deformación de la roca de 400°C a 500°C y una presión entre los 4Kbar y los 6Kbar (Figura 16).

Figura 16

Fotomicrografía textura protomilonita, sección HQ-65



Nota. En la fotomicrografía se muestra la textura protomilonítica general de la sección HQ-65.

Se puede evidenciar una leve foliación milonítica definida por la biotita. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

3. SECCIÓN DELGADA HQ-66

3.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa

Minerales menores: biotita, opacos

3.2 Mecanismos de deformación

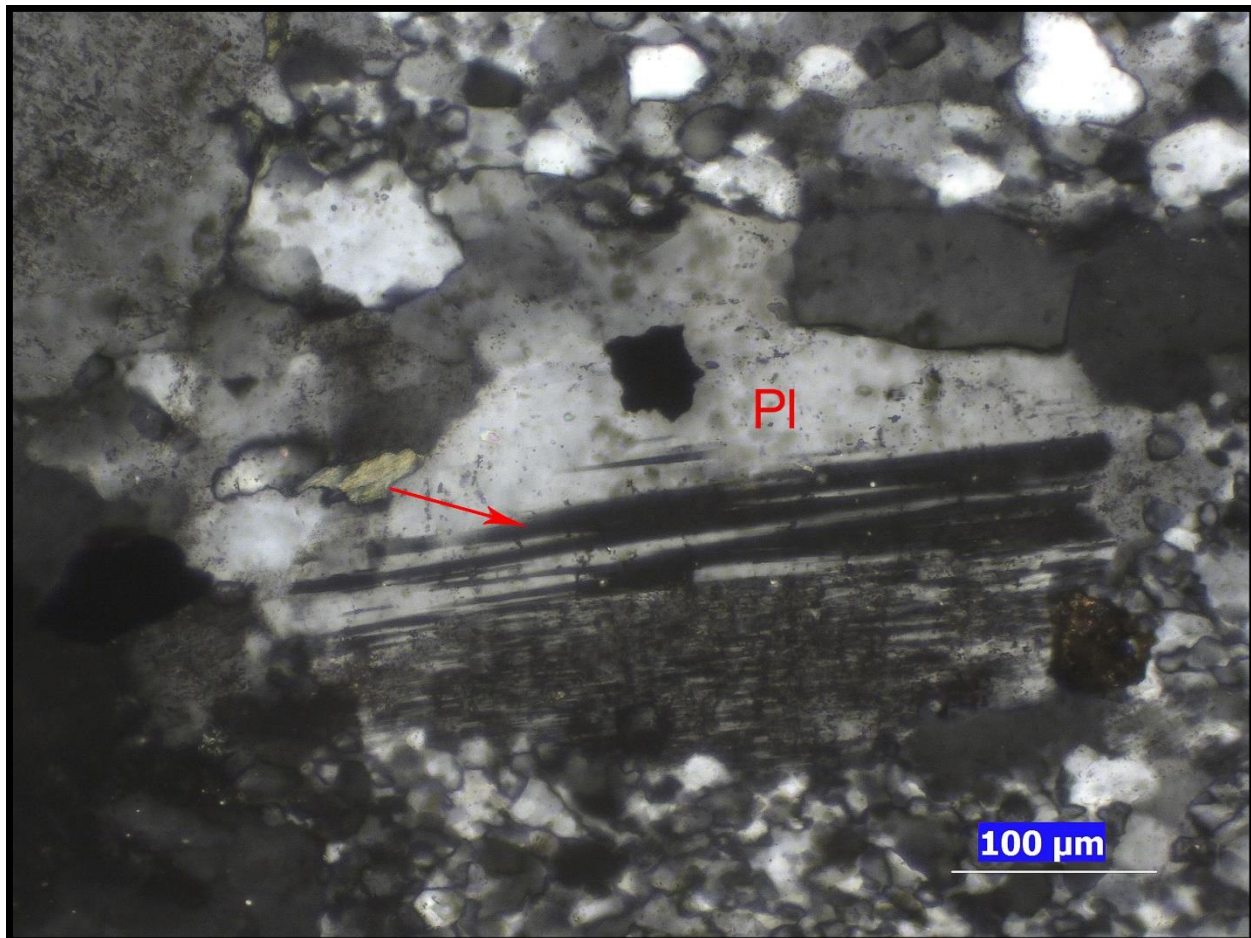
Dúctiles

Maclado por deformación: se presenta maclado por deformación en granos de plagioclasa, indicando que debido al efecto de los esfuerzos una parte de la red cristalina de los granos de experimento torsión con respecto a otra parte que no la experimento, creándose una imagen con morfología de cuña. Las maclas de deformación se nuclean desde zonas de alto esfuerzo como lo son los bordes de granos en contacto y crecen haciéndose más delgadas hacia el centro del grano. En plagioclasa el maclado por deformación puede estar presente hasta una temperatura aproximada de 600 °C (Figura 17).

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa en plagioclasa y feldespato potásico, evidenciando que las redes cristalinas de los granos de plagioclasa y feldespato potásico se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una gran densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

Figura 17

Fotomicrografía maclado por deformación, sección HQ-66



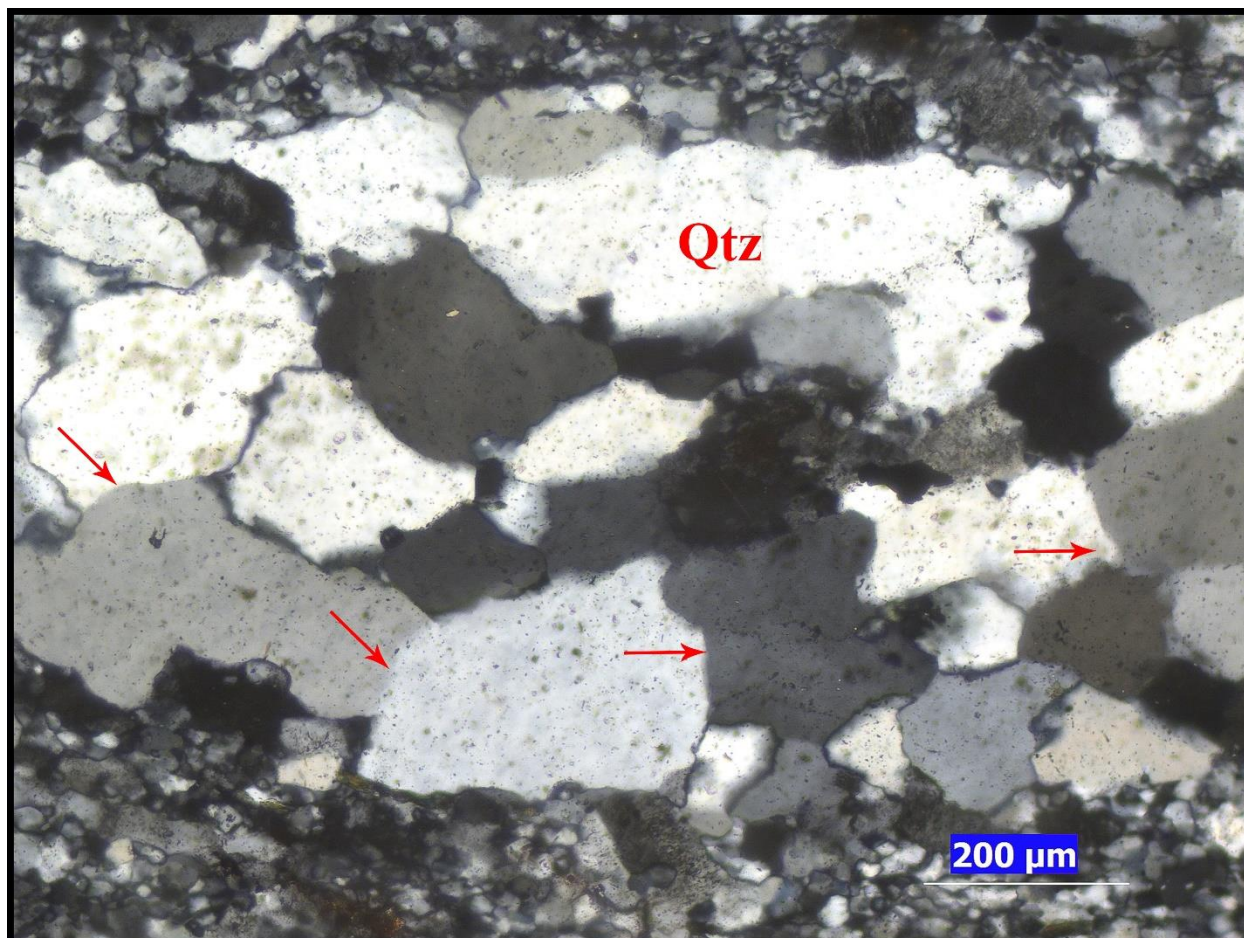
Nota: En la fotomicrografía se observa un grano de plagioclasa exhibiendo maclas de deformación con su típica forma en cuña, nucleándose desde los bordes volviéndose más angostas hacia el centro del grano. Se observa recristalización dinámica BLG en los bordes del grano. polarizadores cruzados, objetivo 20x.

Recuperación: se presentan microestructuras de recuperación en cuarzo como bandas de deformación, límites de subgranos y subgranos, indicando que debido al aumento de temperatura las dislocaciones se han movilizadado y agrupadas en redes planas, difusas para las bandas de

deformación y netas para los límites de subgranos. Las microestructuras de recuperación en cuarzo son comunes en temperaturas de deformación aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 18).

Figura 18

Fotomicrografía recuperación, sección HQ-66



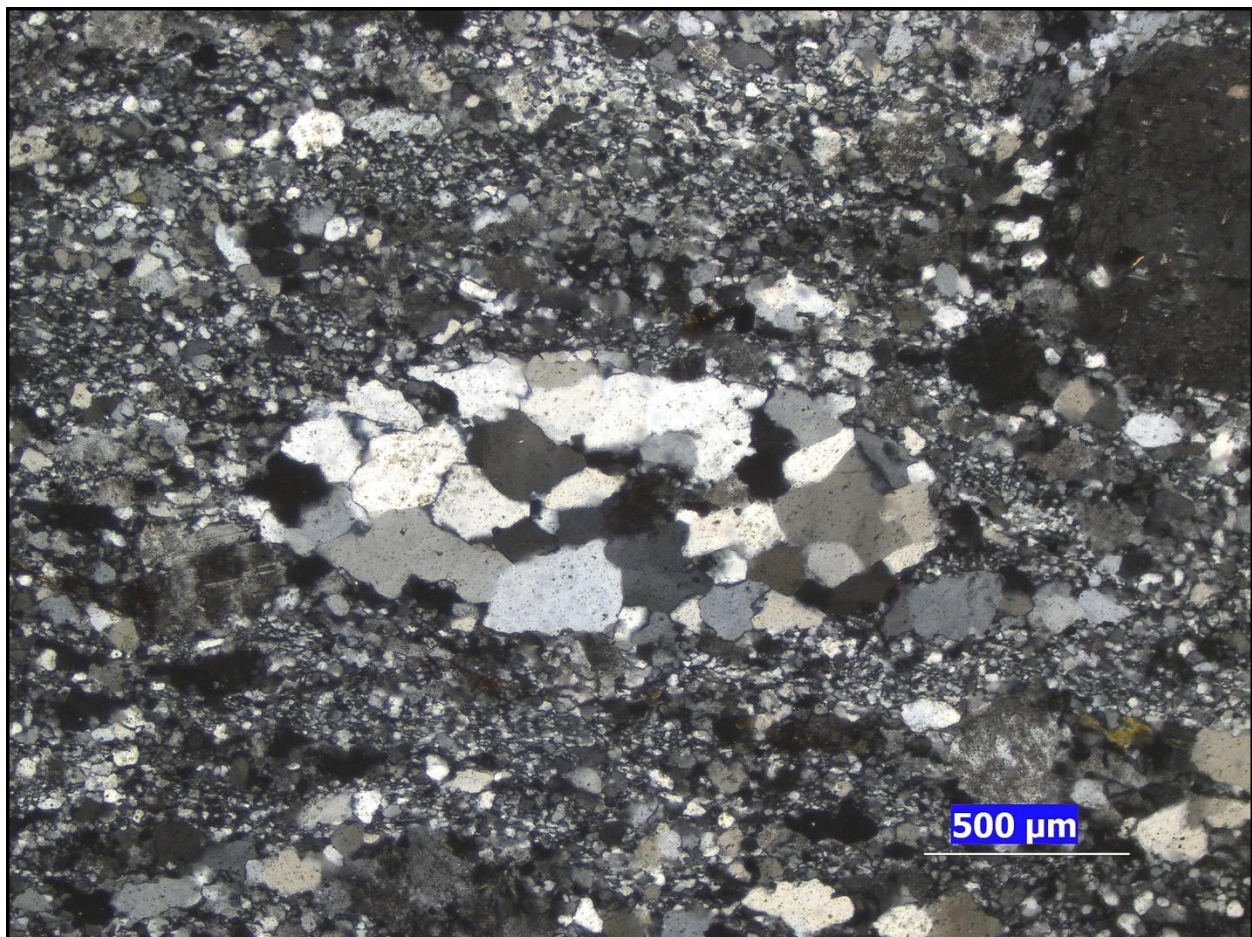
Nota: en la fotomicrografía se señala en rojo límites de subgranos en cuarzo. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: en cuarzo se presentan un régimen combinado de recristalización dinámica BLG y SGR, con predominancia de recristalización SGR. La roca estuvo bajo una deformación constante la cual introducía dislocaciones continuamente a los granos de cuarzo. Debido al aumento de temperatura las dislocaciones se movilizaron y concentraron en los

límites de subgranos hasta que rotaron más 10° con respecto al grano anfitrión o el grano afectado por la recristalización, dando paso a la creación de nuevos granos de tamaño más fino y con una orientación diferente al grano anfitrión. El régimen combinado de recristalización BLG y SGR en cuarzo se da en condiciones aproximadas de temperatura de deformación de 400°C a 500°C . (Figura 19 y 20).

Figura 19

Fotomicrografía recristalización dinámica, HQ-66



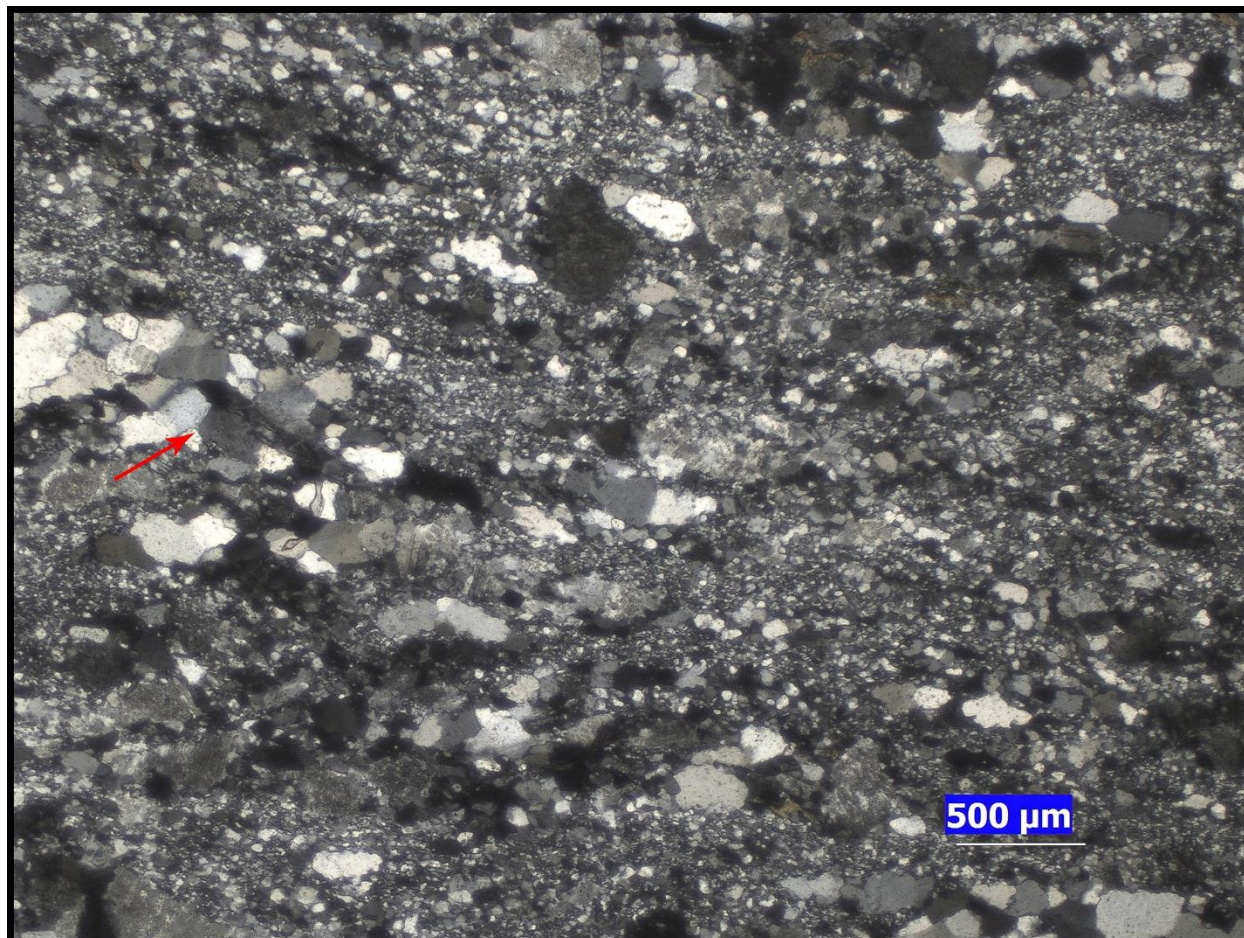
Nota. En la parte central se observa un grano que presenta una transición entre subgranos y nuevos granos y nuevos por la recristalización dinámica SGR. La matriz está compuesta por

granos de compuesta por granos finos de cuarzo producto de recristalización BLG y SGR; y granos finos de feldespato potásico producto de la recristalización BLG de antiguos granos.

Polarizadores cruzados, objetivo 4x

Figura 20

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-66



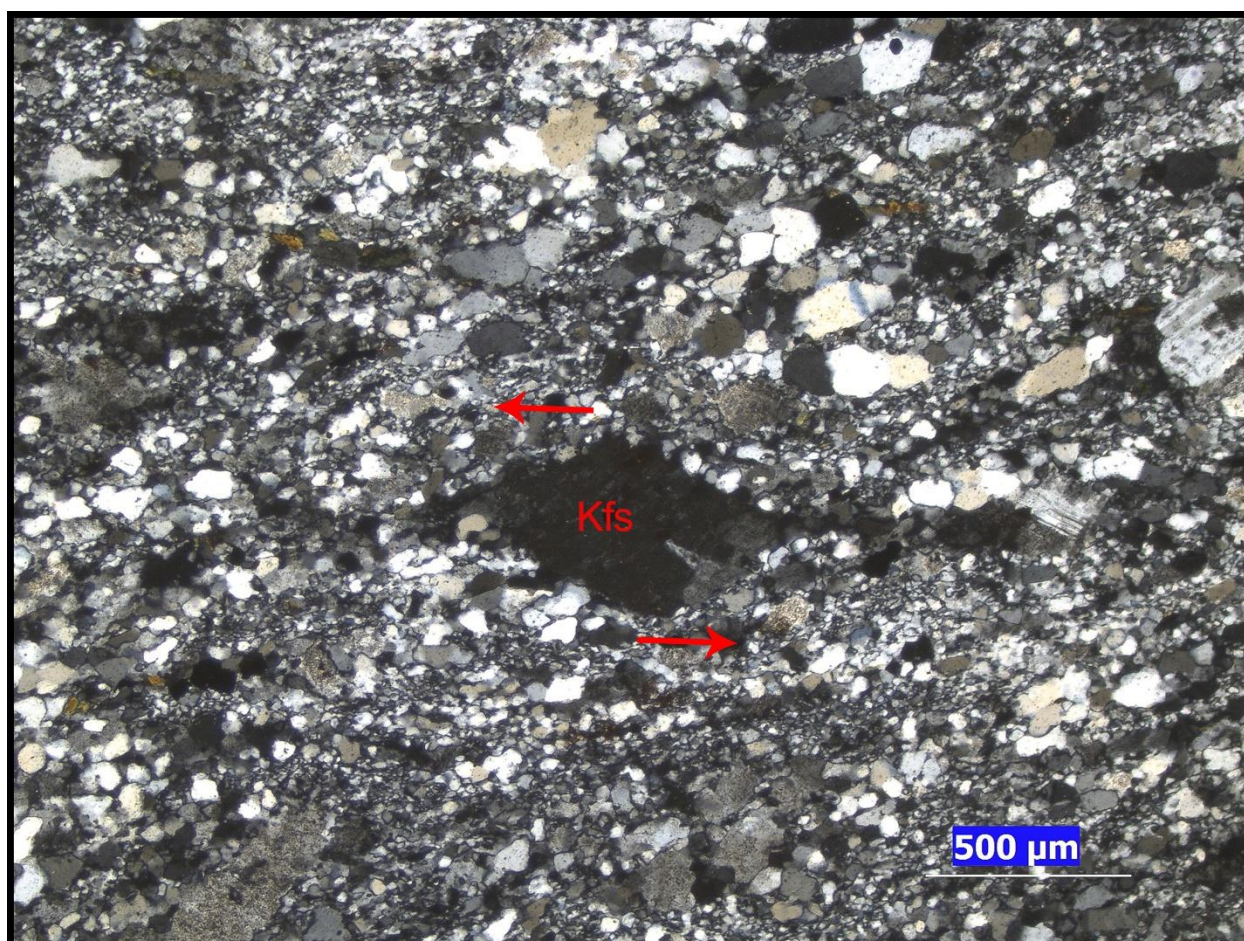
Nota. En la parte central izquierda de la fotomicrografía se indica con una flecha roja subgranos y nuevos granos por recristalización por rotación de subgranos. Se observa una matriz compuesta de granos finos de cuarzo y feldespato potásico producto de la recristalización dinámica de antiguos granos. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x

Por otra parte, en feldespato potásico y plagioclasa se presenta recristalización BLG por nucleación de nuevos granos finos a lo largo de los bordes de granos antiguos, indicando una movilidad de los bordes de grano, creando protuberancias las cuales se fueron separando progresivamente para dar paso a nuevos granos.

3.3 Indicadores del sentido de cizalla

Figura 21

Fotomicrografía fish mineral, sección HQ-66



Nota. En el centro de las fotomicrografías se observa un porfiroclasto de feldespato potásico con sombras de deformación simétricas, exhibiendo su típica forma de rombo alargado, sin evidencia de rotación y presenta una ligera recristalización BLG en sus bordes. Se encuentra rodeado por

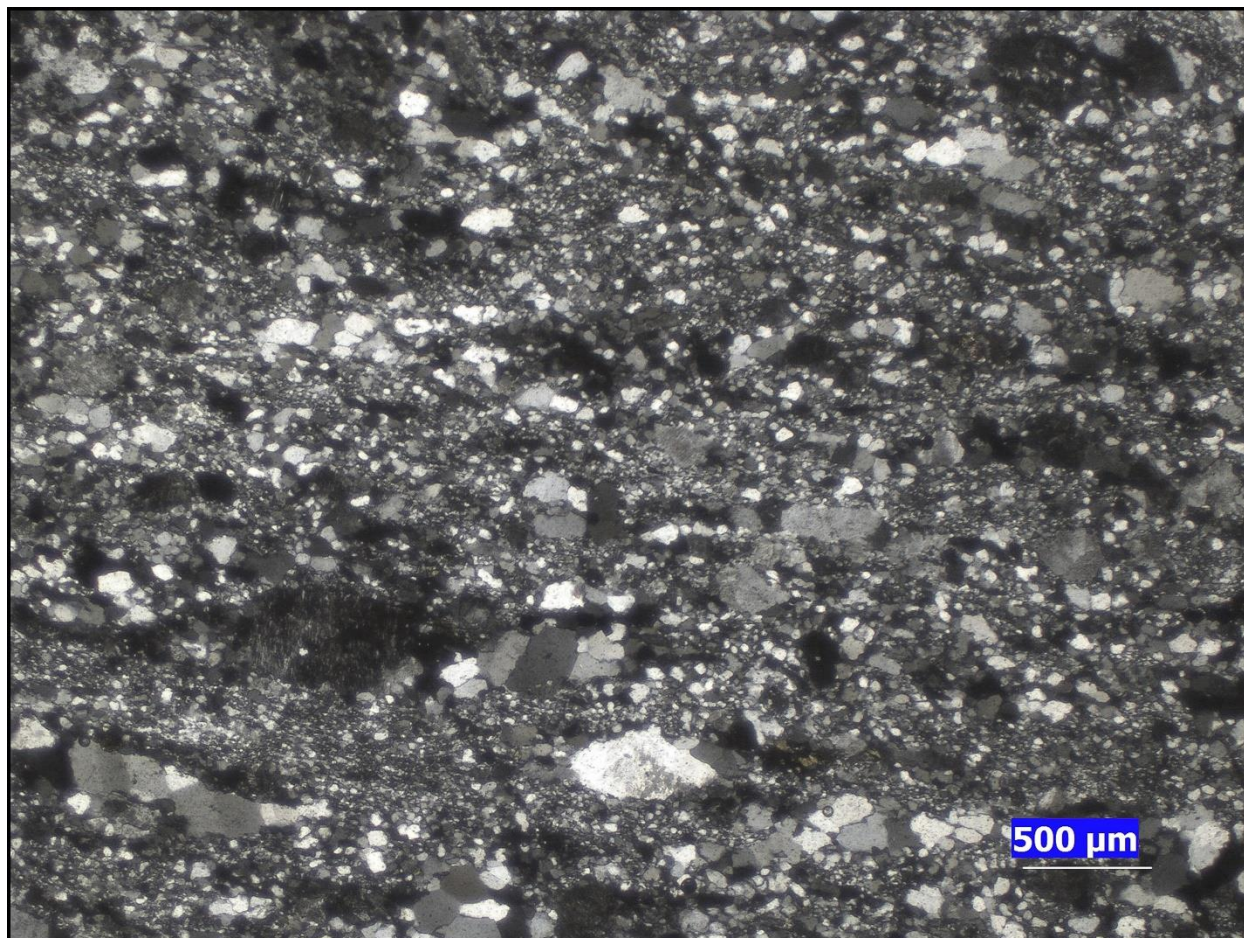
una matriz cuarzo feldespática recristalizada dinámicamente por BLG y SGR. El sentido de cizalla es sinistral. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

3.4 Clasificación

Los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas identificadas en cuarzo como microestructuras de recuperación y un régimen combinado de recristalización dinámica BLG y SGR con predominancia de la recristalización SGR, indican temperaturas de deformación aproximadas de 400°C a 500°C. Por otra parte, la recristalización BLG dominante en feldespato potásico y plagioclasa, indican temperaturas de deformación aproximadas entre los 450°C a 600°C. La roca se deforma a una temperatura aproximada de 500°C y una presión entre los 5Kbar y los 6Kbar y se clasifica como una milonita de composición cuarzo feldespática (Figura 22).

Figura 22

Fotomicrografía general, sección HQ-66



Nota. Fotomicrografía textura general sección HQ-66. Polarizadores cruzados. objetivo 2.5x

4. SECCIÓN DELGADA HQ-67

4.1 Mineralogía

Minerales mayores: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa

Minerales menores: Moscovita, rutilo, sericita (producto de alteración)

Minerales accesorios: Zircón, opacos.

4.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: Se presenta microfracturamiento intragranular e intergranular feldespato y en cuarzo en menor intensidad. Algunas microfracturas se encuentran rellenas por una fase mineral secundaria como minerales opacos y rutilo.

Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa en feldespato y en menor intensidad en cuarzo, indicando que las redes cristalinas se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. En el feldespato la extinción ondulosa puede ser prominente hasta los 600°C y en el cuarzo hasta los 400°C (Figura 23).

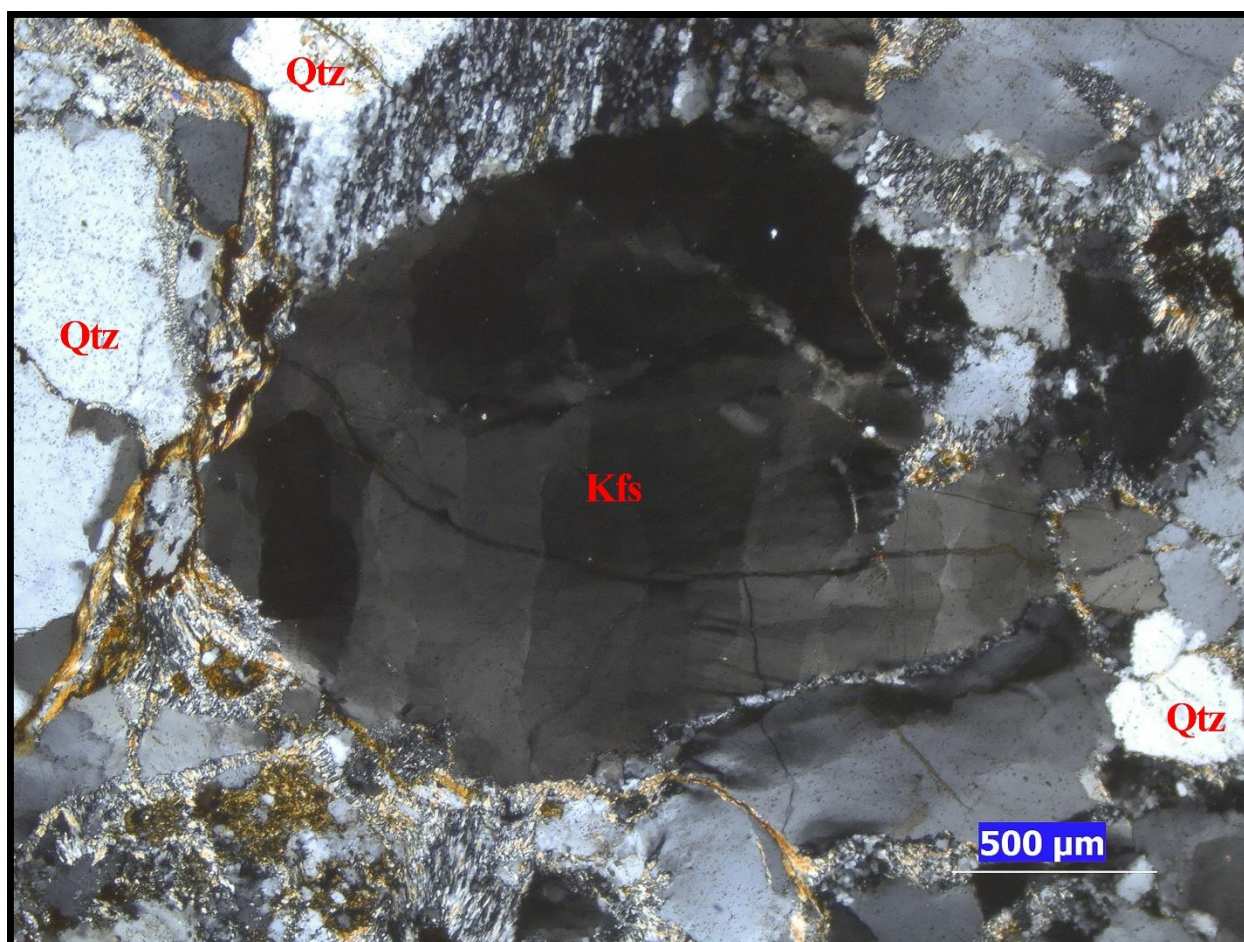
Recuperación: en feldespato potásico se evidencia una transición entre extinción ondulosa a bandas de deformación, indicando una leve recuperación (Figura 23). Por otra parte, el cuarzo presenta microestructuras de recuperación como subgranos debido a la movilidad y agrupamiento de las dislocaciones por el aumento de temperatura, indicando temperaturas de deformación aproximadas de 500°C (Figura 24).

Recristalización dinámica: en cuarzo se presenta predominantemente recristalización SGR y en menor proporción la recristalización GBM. La rotación de subgranos ocurrió debido a una deformación constante la cual agregaba dislocaciones continuamente a los granos, debido al aumento de temperatura las dislocaciones se movilizaron y acumularon en los límites de los subgranos hasta que rotaron y formaron nuevos granos de menor tamaño y con una orientación cristalográfica diferente al grano anfitrión. Por otra parte, la recristalización GBM empieza a

ocurrir, mostrando algunos granos con un aspecto no deformado, es decir, granos planos, limpios y sin extinción ondulosa y con bordes lobulados de gran amplitud y sin pequeñas protuberancias, indicando que hubo movilidad de los límites de grano a alta temperatura. El régimen combinado de recristalización SGR y GBM, indica temperaturas de deformación aproximadas de 500° a 600°C (Figura 24 y 25) El feldespato potásico y plagioclasa presentan algo de recristalización dinámica BLG, indicando temperaturas de deformación aproximadas de 450°C a 600°C.

Figura 23

Fotomicrografía deformación intracristalina, sección HQ-67

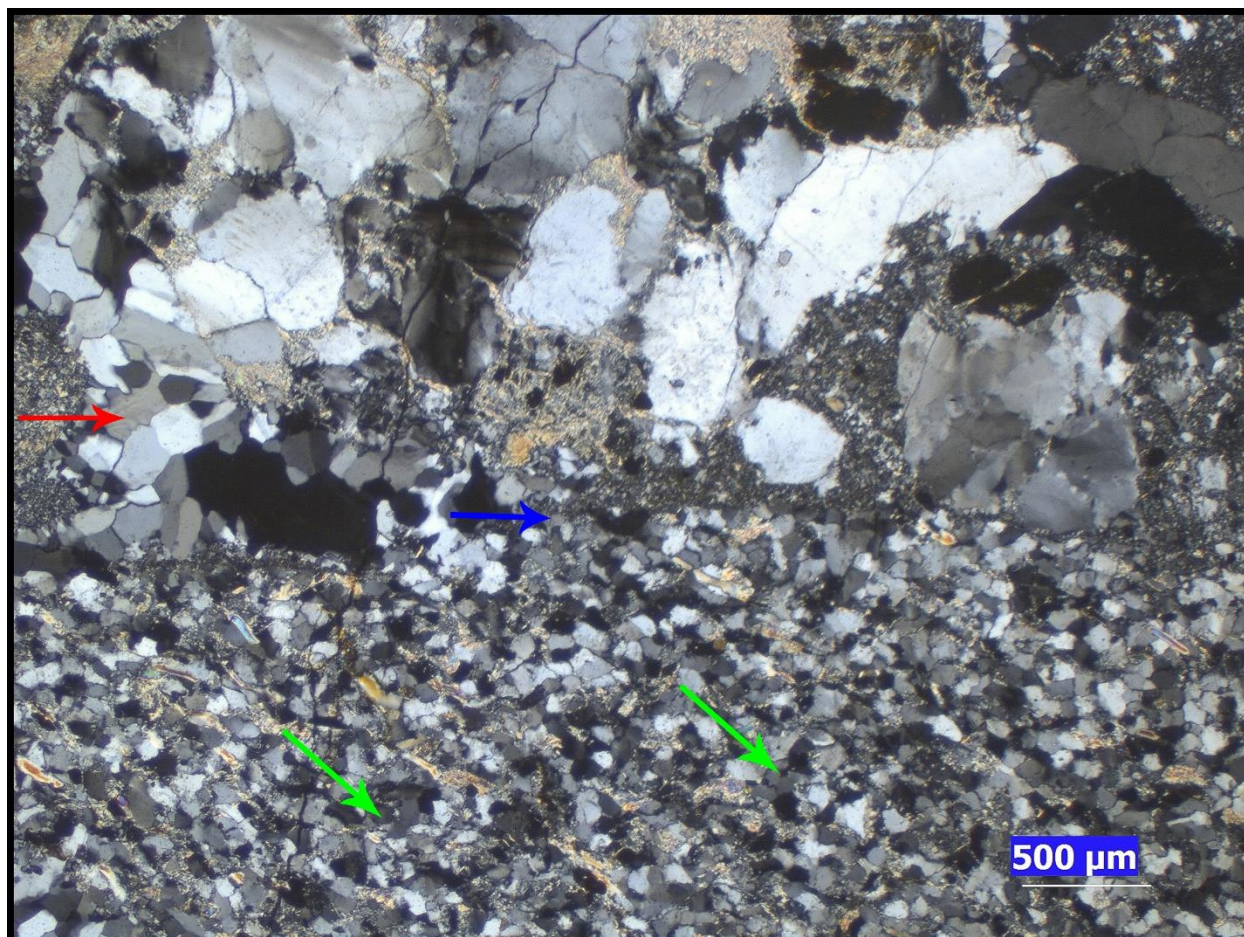


Nota: En el centro de la fotomicrografía se observa un grano de feldespato potásico que exhibe

deformación intracristalina a través de la extinción ondulosa. Se observan bandas de deformación debido al agrupamiento de las dislocaciones. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 24

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-67

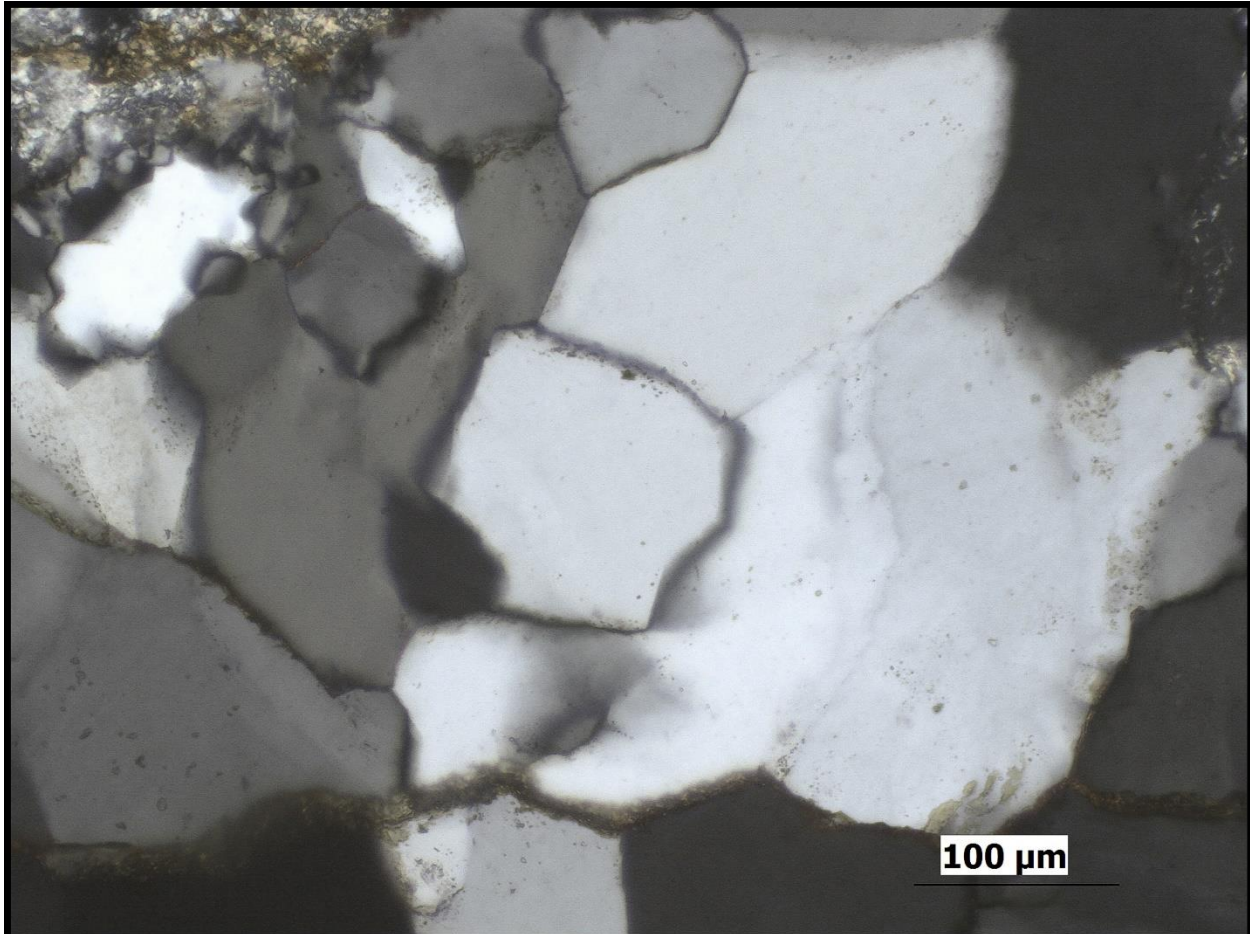


Nota. En la parte inferior se presenta una zona de recristalización dinámica SGR delimitada por la flecha azul, se evidencia la reducción de tamaño de grano y su orientación cristalográfica preferencial señalada con la flecha verde. En la parte superior de la fotomicrografía, señalado con una flecha roja, se muestra una zona con subgranos y granos afectados por la recristalización

GBM, se observan granos con bordes lobulados de gran amplitud y con una apariencia libre de deformación. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 25

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-67



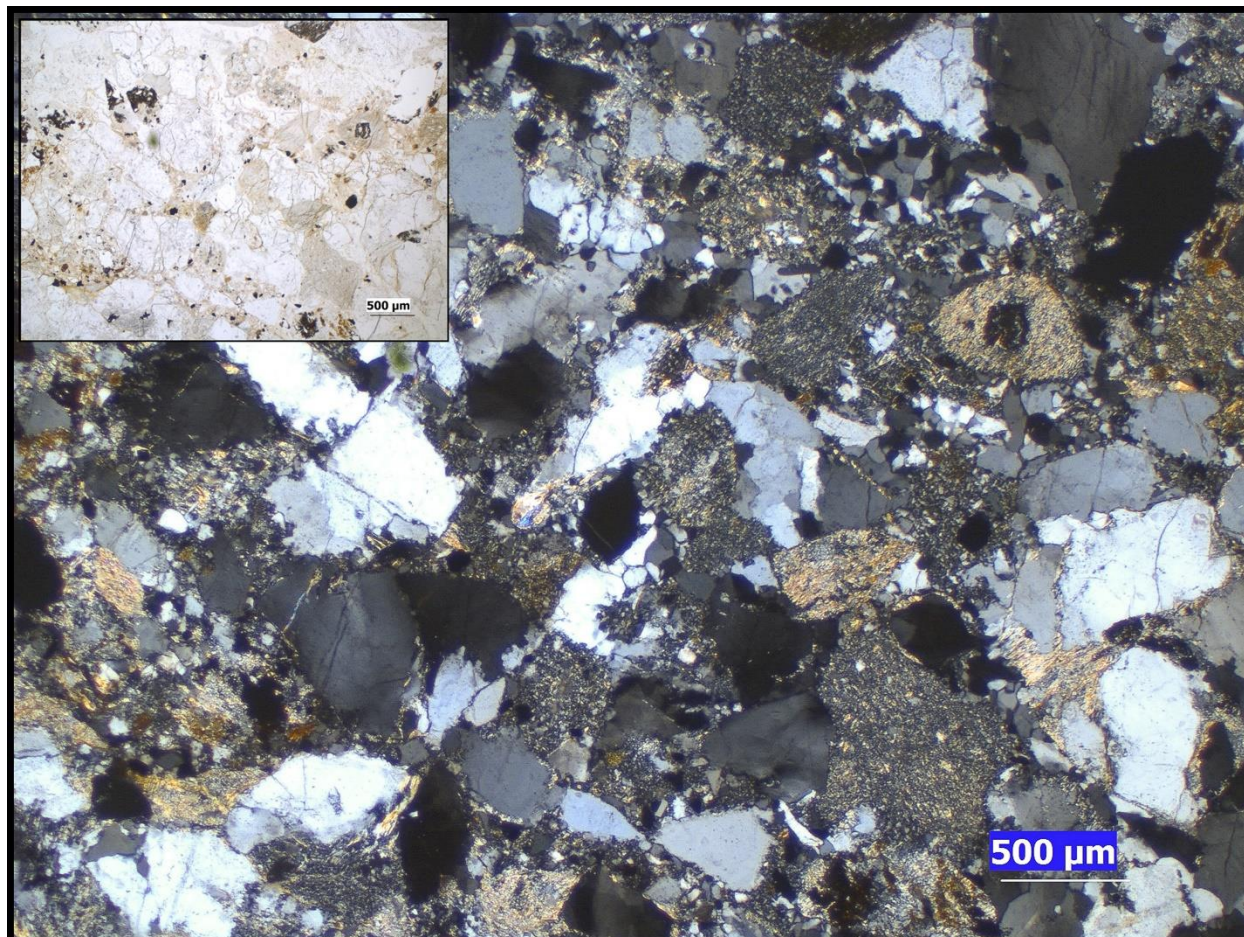
Nota. En la fotomicrografía se exhibe recristalización dinámica GBM en cuarzo, mostrando los límites de grano lobulados de gran amplitud y granos con una apariencia libre de deformación. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

4.3 Clasificación

Los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas identificadas en cuarzo como recuperación y recristalización dinámica en un régimen combinado SGR y GBM, indican una temperatura de deformación aproximada de 500°C a 600°C. Para el feldespato la recristalización dinámica BLG indica temperaturas de deformación aproximadas de 450°C a 600°C. Según la composición mineralógica, textura y microestructuras de deformación, se estima un primer evento deformativo con una temperatura de deformación de la roca de 450°C a 550°C y una presión entre los 5Kbar y los 6Kbar; y un segundo evento deformativo en un régimen frágil evidenciado por el microfracturamiento, ausencia de foliación e intensa alteración de feldespatos. Se clasifica como una cataclasita (Figura 26).

Figura 26

Fotomicrografía general, sección HQ-67



Nota. En la fotomicrografía se presenta la textura general de la sección HQ-67. No se presenta foliación. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

5. SECCIÓN DELGADA HQ-68

5.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, feldespato potásico, moscovita, plagioclasa

Minerales menores: biotita, clorita, epidota, clinozoisita

Minerales accesorios: opacos, óxidos de hierro, olivino

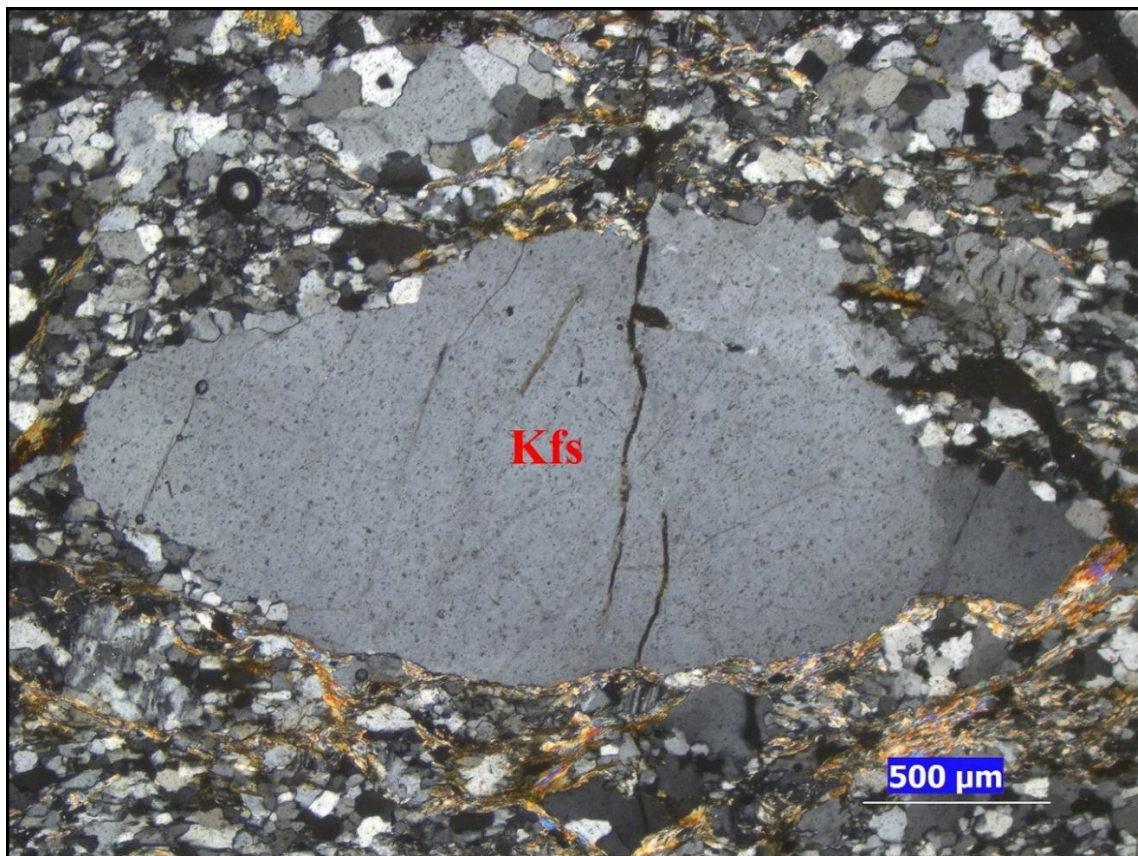
5.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intragranular en epidota y porfiroclastos de feldespato potásico. Algunas de las microfracturas se encuentran rellenas por una fase mineral secundaria como minerales opacos u óxidos de hierro. (Figura 27 y 28)

Figura 27

Fotomicrografía microfracturamiento, sección HQ-68

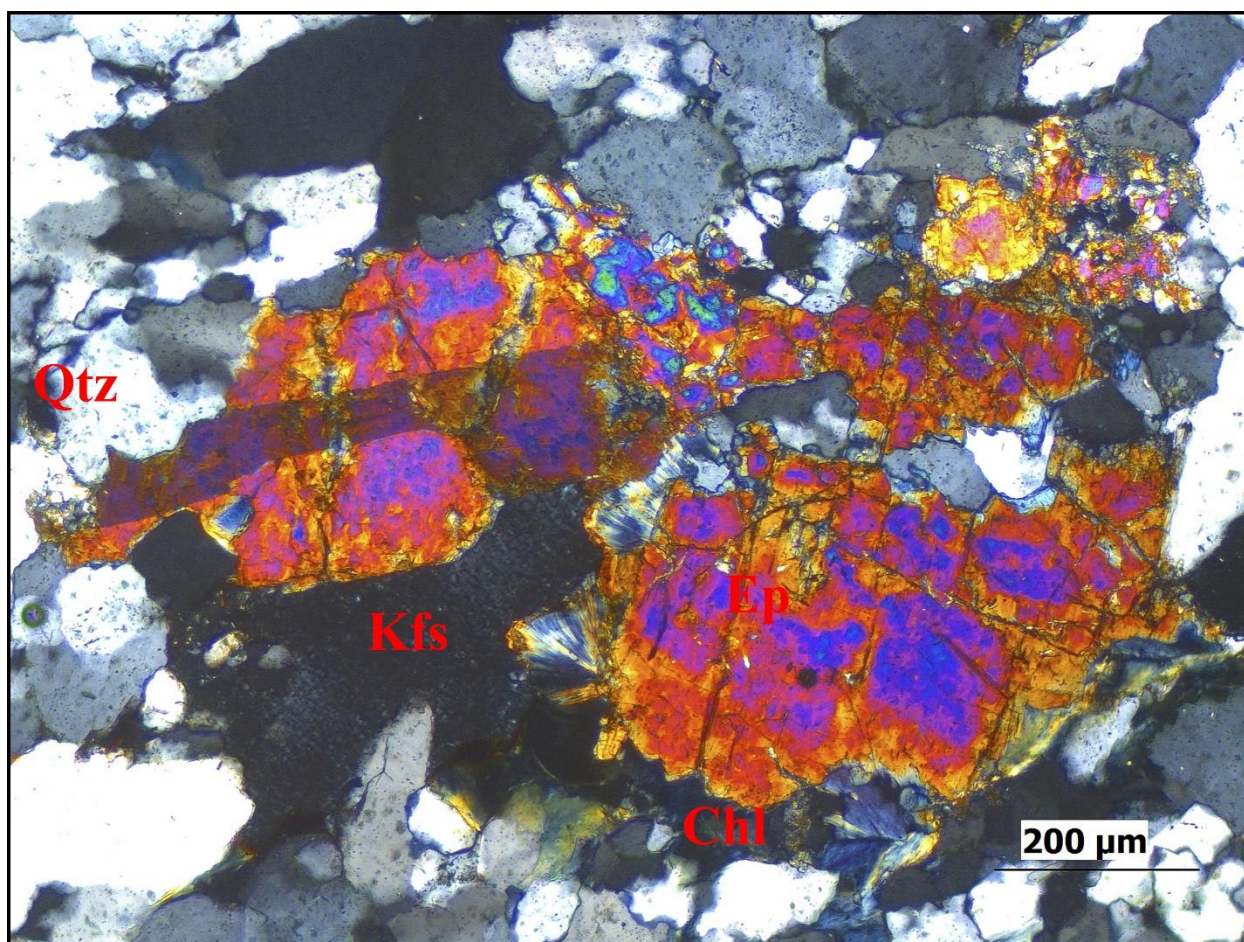


Nota. En la fotomicrografía se observa un porfiroclasto de feldespato potásico que exhibe algunas

microfracturas intragranulares rellenas por minerales opacos. El porfiroclasto se encuentra en una matriz cuarzo feldespática producto de recristalización dinámica. Se observa una leve foliación marcada por moscovita. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 28

Fotomicrografía microfracturamiento, sección HQ-68



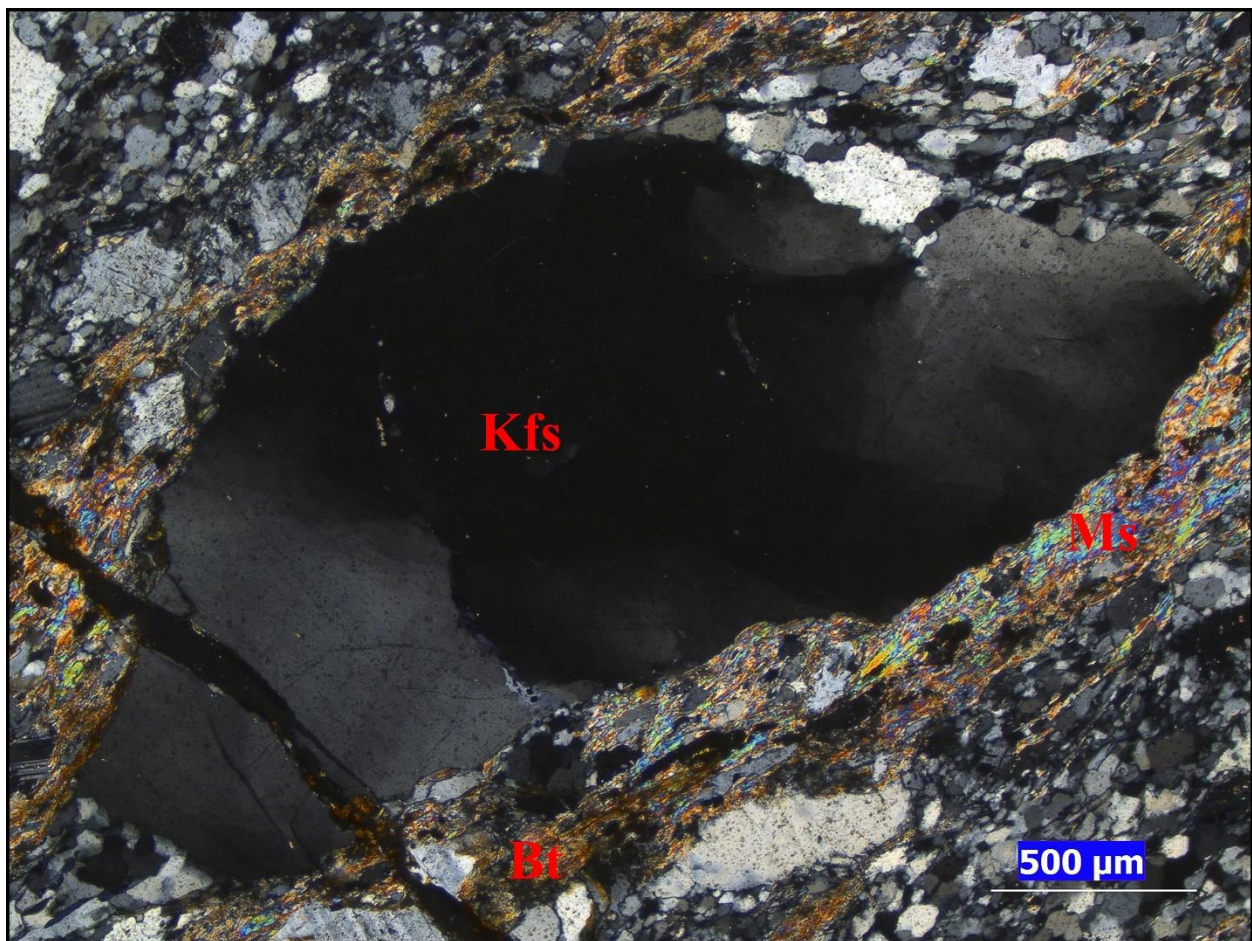
Nota. En el centro de la fotomicrografía se muestra un grano de epidota con microfracturas intragranulares rodeado por cuarzo recristalizado dinámicamente, feldespato potásico y clorita. Objetivo 10x, polarizadores cruzados.

Dúctiles

Deformación intracrystalina: Se presenta extinción ondulosa principalmente en feldespato potásico y plagioclasa y en menor medida en cuarzo. En cuarzo se empieza a dar una transición entre extinción ondulosa y bandas de deformación. (Ver figura 29)

Figura 29

Fotomicrografía extinción ondulosa, sección HQ-68



Nota: En la fotomicrografía se observa un porfiroclasto de feldespato potásico exhibiendo extinción ondulosa y con microfracturamiento intergranular en la parte inferior izquierda.

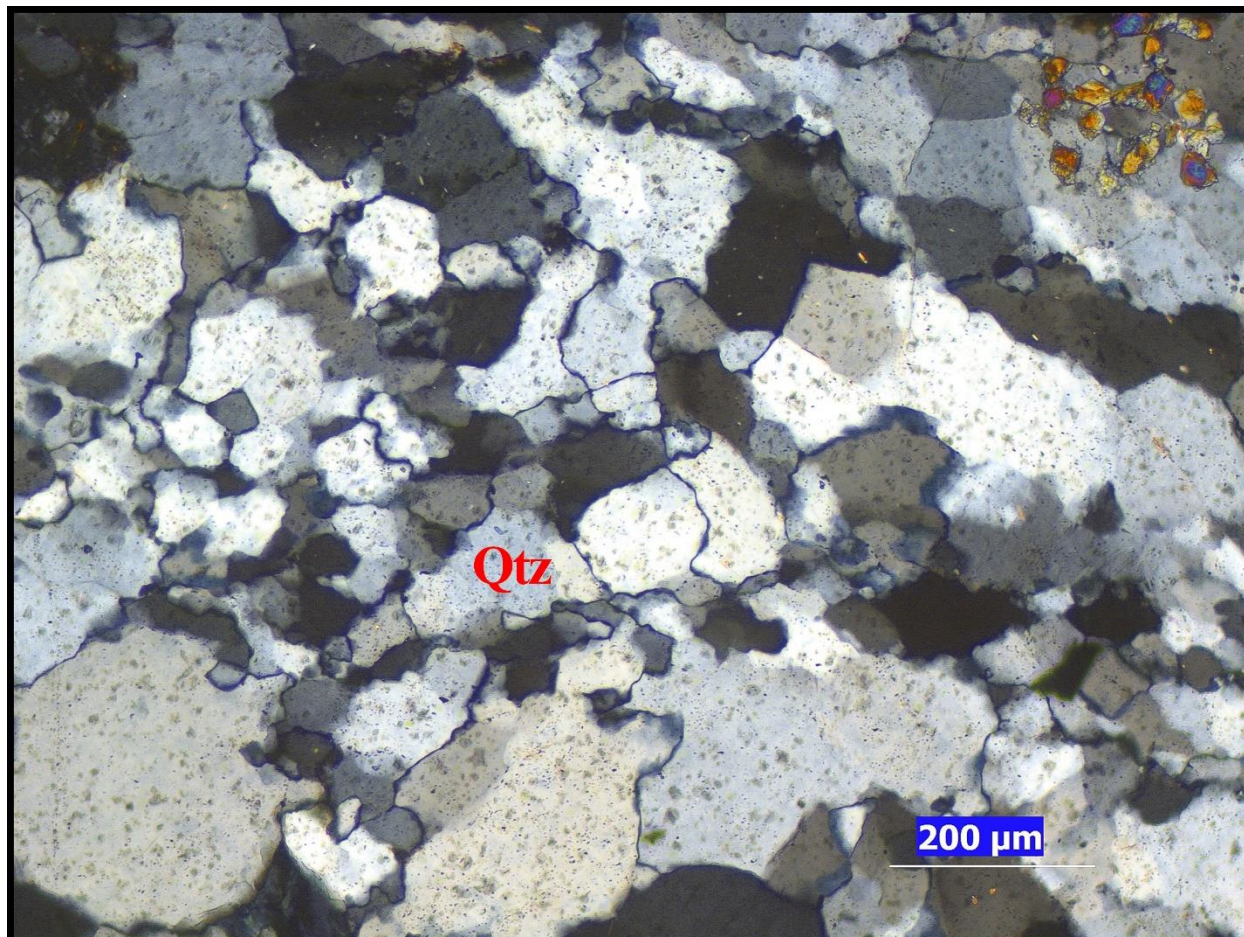
Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Recuperación: se presentan microestructuras de recuperación como subgranos en cuarzo. Debido al aumento de temperatura las dislocaciones se movilizaron y agruparon en redes planas, que son los límites de subgranos (Figura 30)

Recristalización dinámica: en cuarzo se presenta un régimen combinado de recristalización dinámica BLG y SGR, con la recristalización SGR dominante. Se evidencian subgranos y nuevos granos por la rotación cristalográfica de más 10° de los subgranos con respecto al grano anfitrión, esta rotación se da por la acumulación de dislocaciones en los límites de subgranos. EL régimen combinado de recristalización dinámica para el cuarzo, indica condiciones de temperatura de deformación aproximada de 400°C a 500°C (Figura 30). Por otra parte, se presenta recristalización BLG en feldespatos potásicos, esta sucede a lo largo de los bordes, creando algunas microestructuras de porfiroclastos de núcleo y manto, la recristalización BLG en feldespatos potásicos indica temperatura de deformación entre los 400°C a 500°C

Figura 30

Fotomicrografía recristalización BLG sección HQ-68

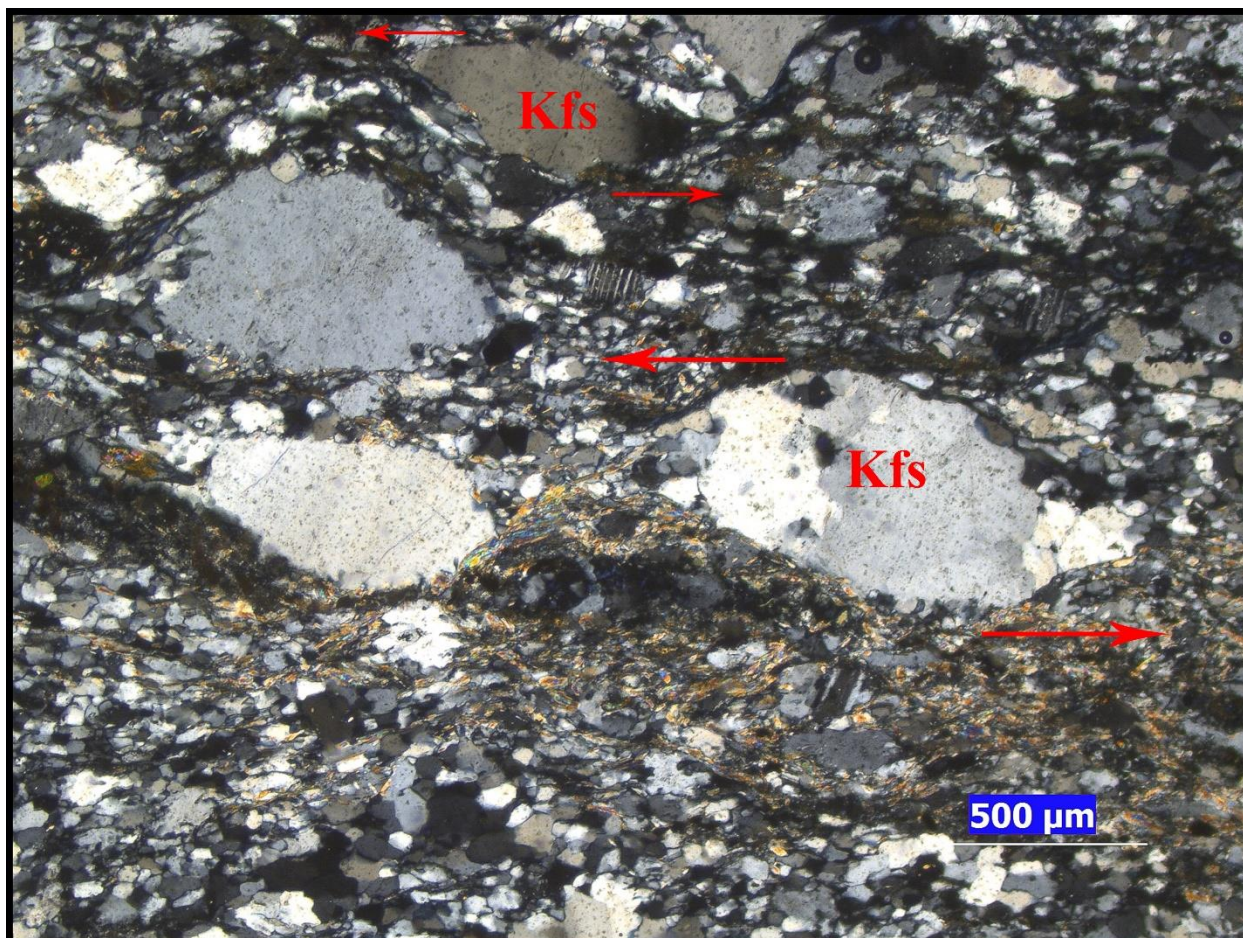


Nota. En la fotomicrografía se observan algunos nuevos granos producto de la rotación progresiva de algunos subgranos. En lo granos también se pueden apreciar los límites de grano lobulados de poca amplitud y algunas protuberancias, producto de la movilidad de límite de grano a baja temperatura o recristalización BLG. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

5.3 Indicadores del sentido de cizalla

Figura 31

Fotomicrografía indicadores del sentido de cizalla, sección HQ-68



Nota. En la fotomicrografía se señalan en rojo dos sigmoides de feldespato potásico. El sigmoide de la parte central derecha muestra recristalización BLG en sus colas. En la parte central izquierda se observan dos porfiroclastos de feldespato potásico que presentan recristalización BLG a lo largo de sus bordes. Los porfiroclastos y sigmoides se encuentran en una matriz cuarzo feldespática recristalizada dinámicamente por BLG y SGR. Se observa una foliación milonítica y

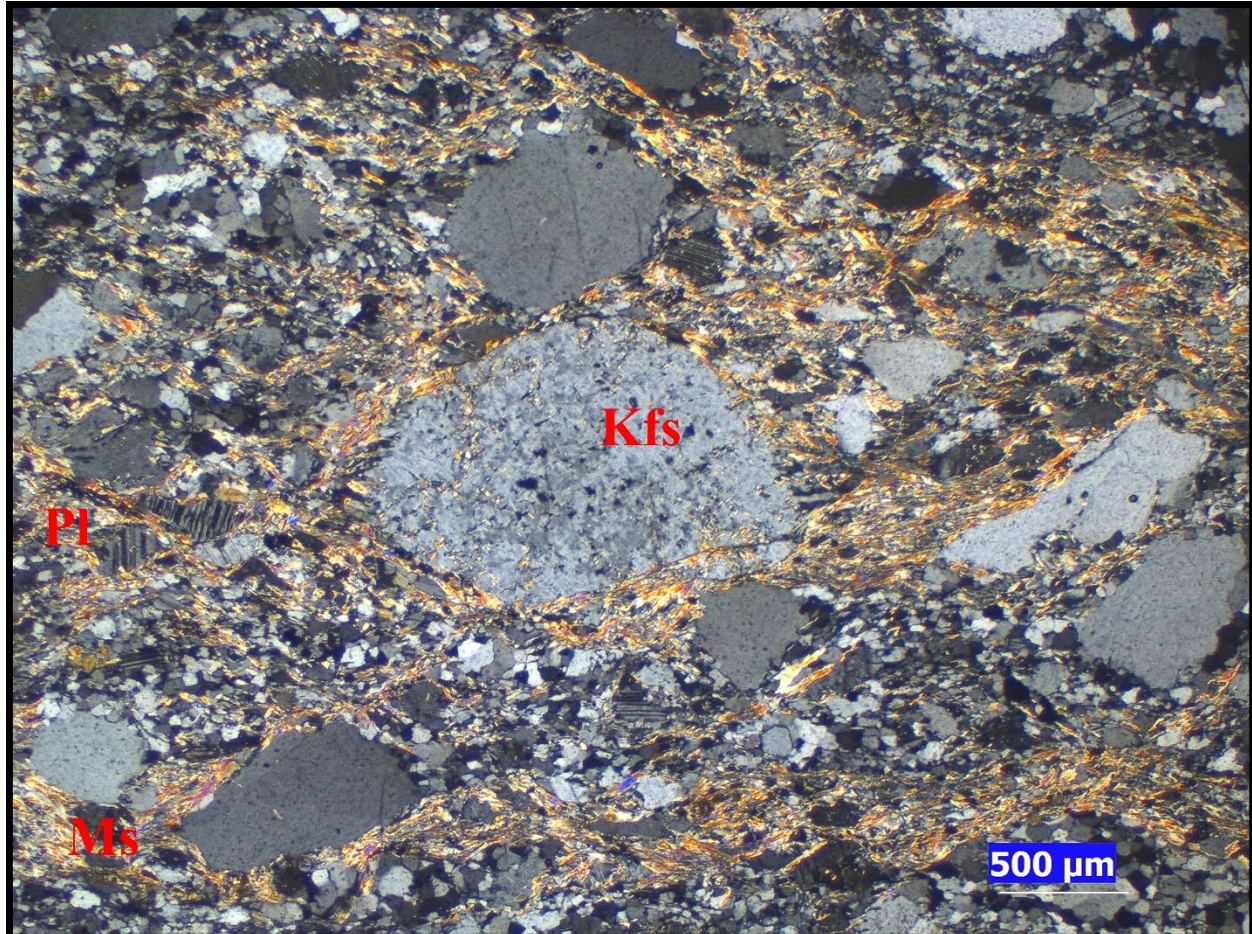
orientación preferencial de los agregados y porfiroclastos. Sentido de cizalla sinistral. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

5.4 Clasificación

Se realizó un conteo modal de 330 puntos donde la relación matriz - porfiroclastos es: matriz 130 puntos, porfiroclastos 200 puntos. Indicando un porcentaje de matriz del 39.39% y porfiroclastos 60.61%. Se clasifica como una protomilonita. Las microestructuras de deformación y microestructuras asociadas en el cuarzo como las microestructuras de recuperación y la recristalización BLG y SGR combinada, indican temperaturas de deformación entre los 400°C a 500°C. Para el feldespato potásico, las microestructuras de deformación como unas leves estructuras de núcleo y manto y poca recristalización bulging, indican temperaturas de deformación entre 400°C y 500°C. Se estima una temperatura de deformación para la roca de 400°C a 500° y presiones entre los 4Kbar y los 6Kbar (Figura 32)

Figura 32

Fotomicrografía general, sección HQ-68



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura protomilonítica de la roca, con una proporción de matriz menor al 50% y una gran cantidad de porfiroclasto de feldespato potásico. Se aprecia una foliación milonítica compuesta por moscovita.

6. SECCIÓN DELGADA HQ-69

6.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita, hornblenda, piroxenos

alterados, sericita producto de alteración de las plagioclasas.

Minerales menores: epidota, clinozoisita, titanita, opacos.

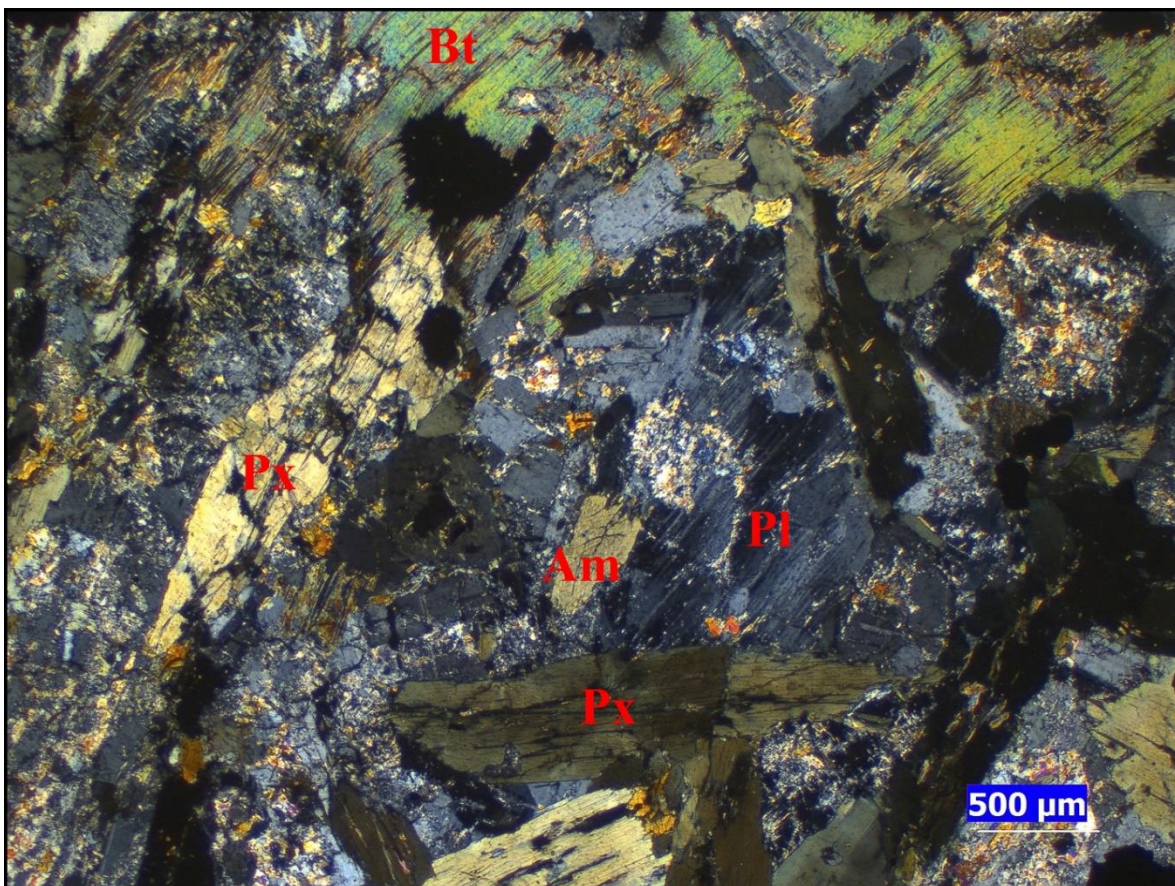
6.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intragranular en minerales como: piroxenos, anfíboles, plagioclasa. (Figura 33)

Figura 33

Fotomicrografía microfracturamiento, sección HQ-69



Nota. En la fotomicrografía se observan granos de piroxeno y plagioclasa con microfracturas

intragranulares, estas microfracturas no presentan ninguna orientación preferencial y algunas se encuentran rellenas por minerales opacos. En plagioclasa se observan algunas maclas de deformación Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Dúctiles

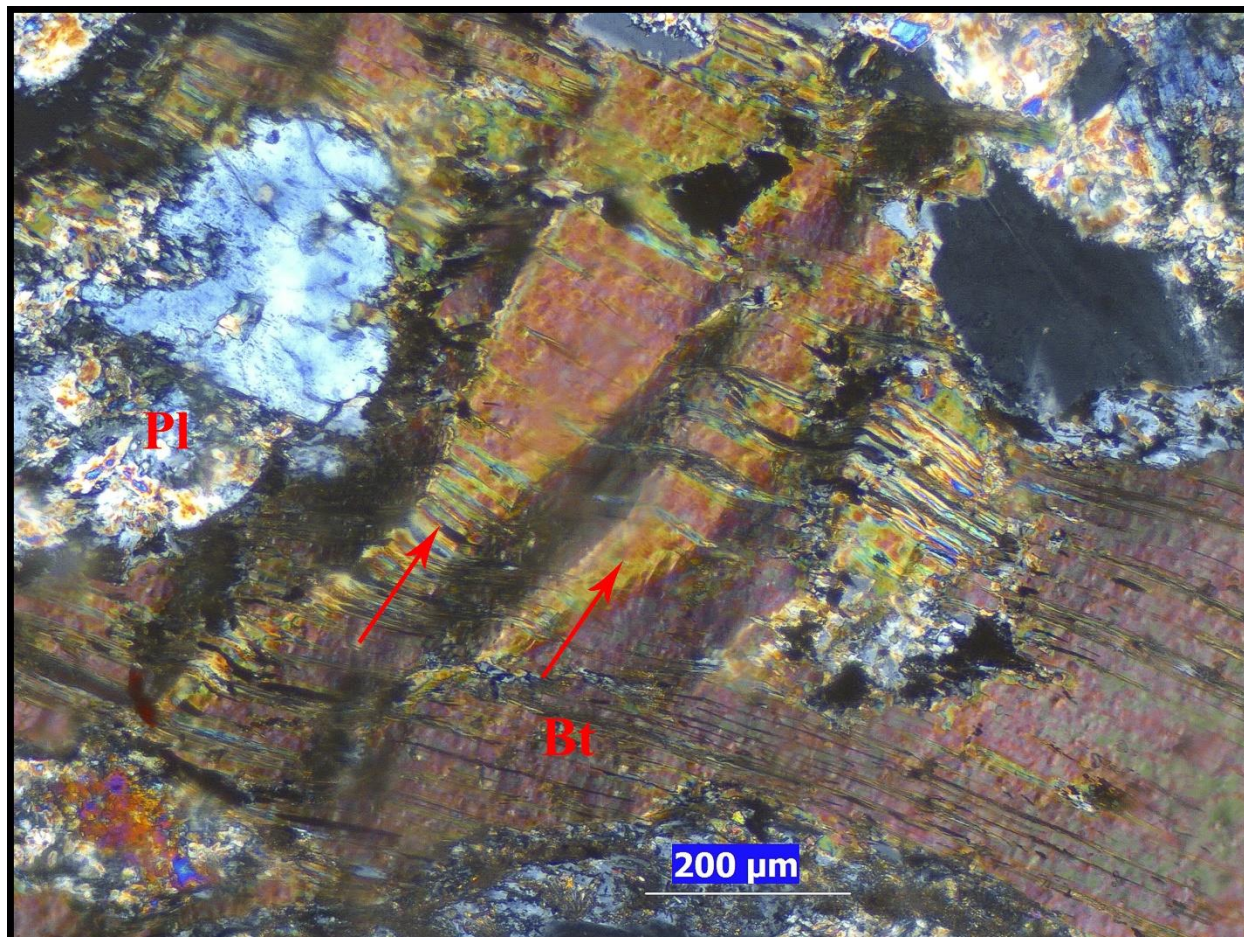
Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa en plagioclasa, piroxenos y biotita, indicando que las redes cristalinas de los granos se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

Maclado por deformación: se presentan maclas de deformación en plagioclasa. Típicamente tienen forma de cuñas, nucleándose en los bordes de grano y volviéndose más delgadas hacia el centro del grano, pero estas maclas de deformación se observan de manera difusa debido a que las plagioclasas presentan un alto grado de alteración a sericita (Figura 33).

Kinking: se evidencia kinking en biotita. Partes de los granos de biotita han experimentado una fuerte flexión con respecto a otras partes del mismo grano que no han experimentado flexión, la deformación se concentra en bandas kink dando esa microestructura escalonada. La presencia de kinking en biotita indica un comportamiento dúctil con temperaturas de deformación superiores a los 250°C (Figura 34)

Figura 34

Fotomicrografía kinking, sección HQ-69

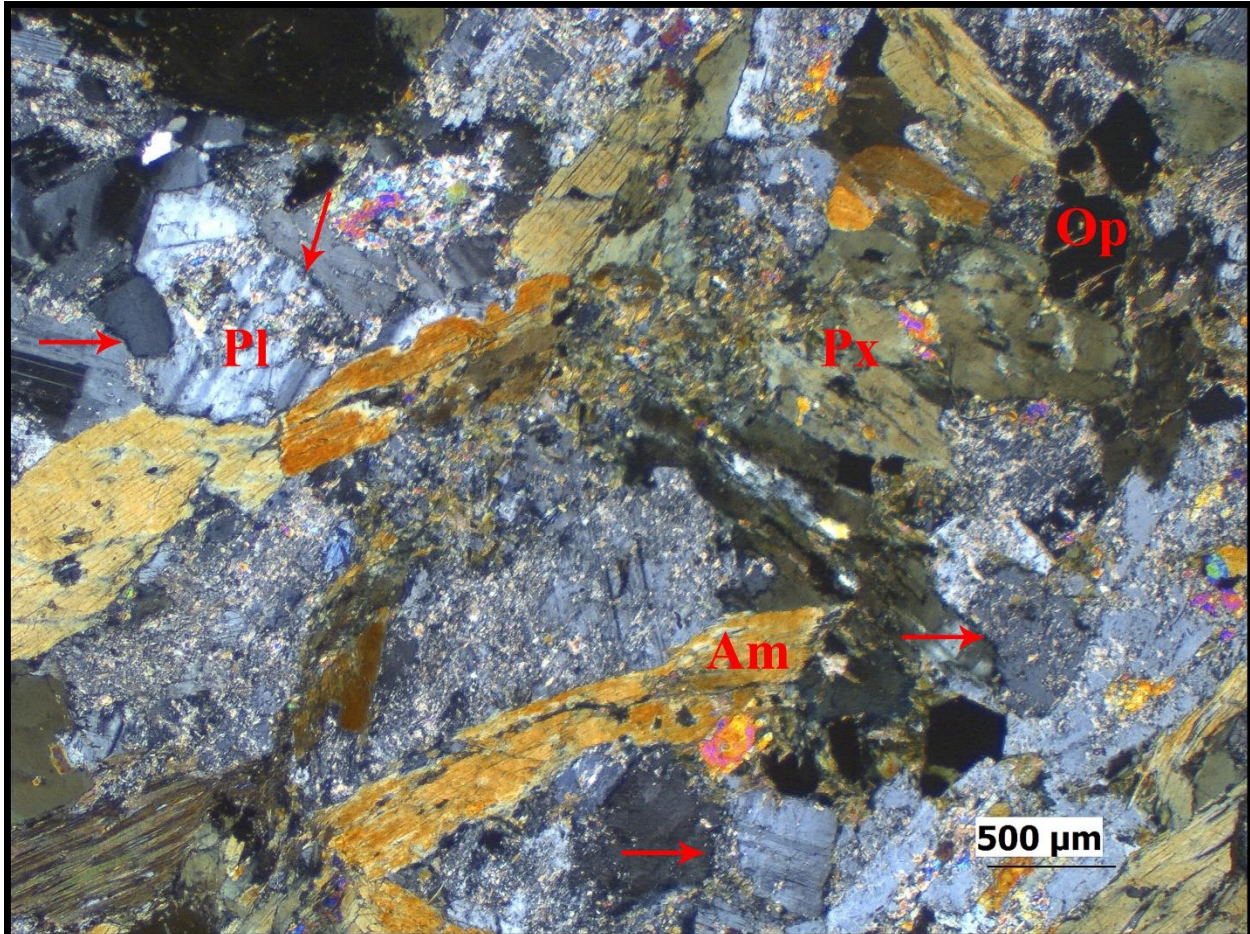


Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de biotita con kinking. Con flechas rojas se señalan las bandas kink. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: se presenta recristalización dinámica tipo BLG muy incipiente en granos de plagioclasa, ocurre a lo largo de los límites de los granos, exhibiendo límites lobulados de muy pequeña amplitud, también se presentan nuevos granos finos a lo largo los límites de los granos producto de la recristalización. En plagioclasa indica temperaturas de deformación aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 35).

Figura 35

Fotomicrografía recristalización BLG, sección HQ-69



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas las zonas de recristalización dinámica BLG muy incipientes, que suceden a lo largo de los límites de granos en plagioclasa. Se observan límites aserrados o lobulados de muy pequeña amplitud. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

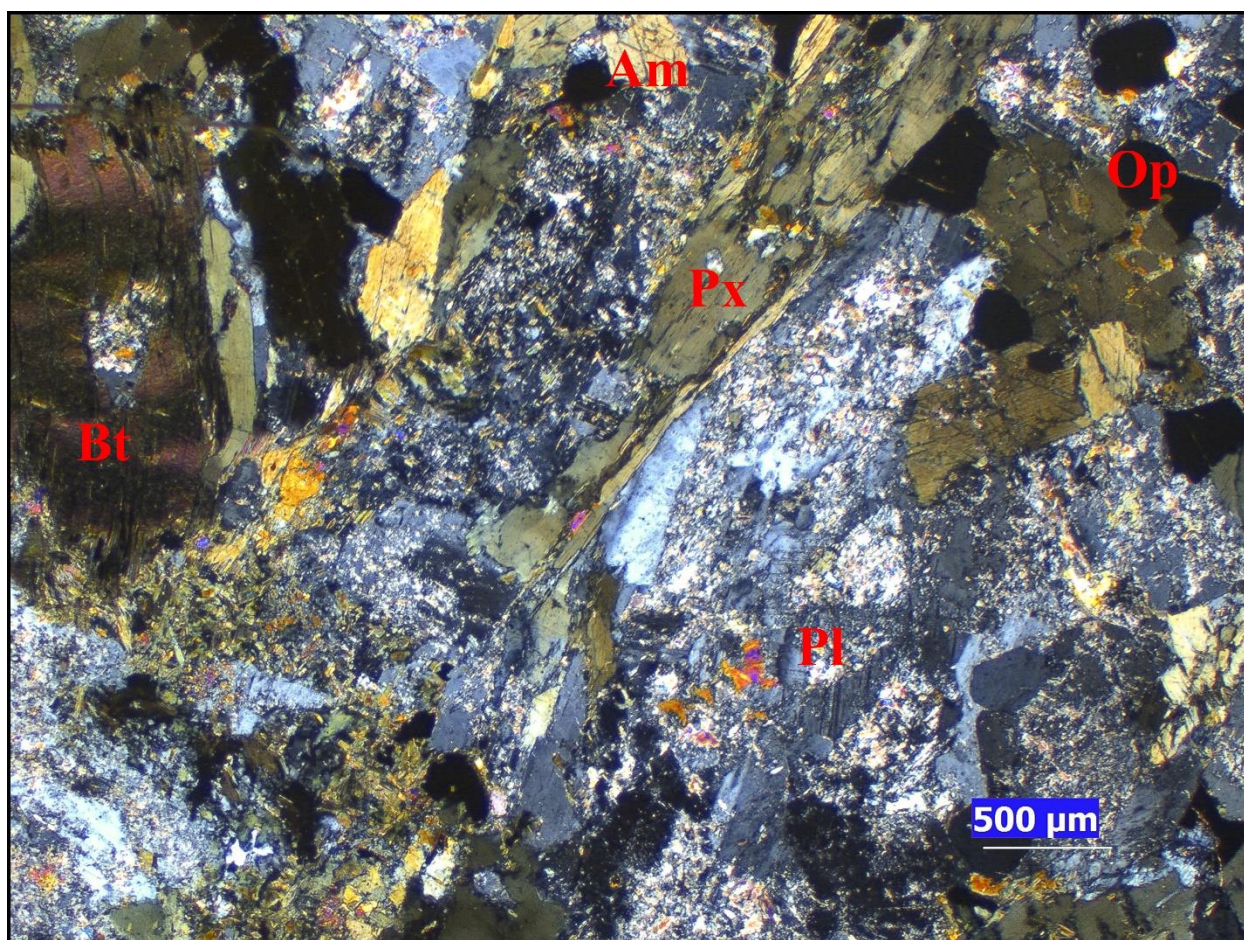
6.3 Clasificación

Los mecanismos de deformación y microestructuras de deformación asociadas identificadas en plagioclasa permiten estimar una deformación en una zona de transición entre el

comportamiento frágil al dúctil de la plagioclasa, con una temperatura de deformación para la roca de 400° a 500°C y presión entre los 4Kbar y los 6Kbar. La roca se clasifica como una cataclasita (Figura 36).

Figura 36

Fotomicrografía general, HQ-69



Nota. En la fotomicrografía se observa la microtextura de sección HQ-69. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x

7. SECCIÓN DELGADA HQ-70

7.1 Composición mineralógica

Minerales principales: calcita

Minerales menores: dolomita, opacos

7.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Disolución por presión: se presenta en calcita, se ve favorecido en condiciones de bajo grado donde es probable la presencia de fluidos, debido a la interacción de los campos de esfuerzos de los granos en contacto, empieza a suceder una disolución en una fase fluida de algunas partes de los granos. En esta sección se ve evidenciado maclas parcialmente disueltas o maclas que no terminan antes de alcanzar el límite de grano (Ver figura 37).

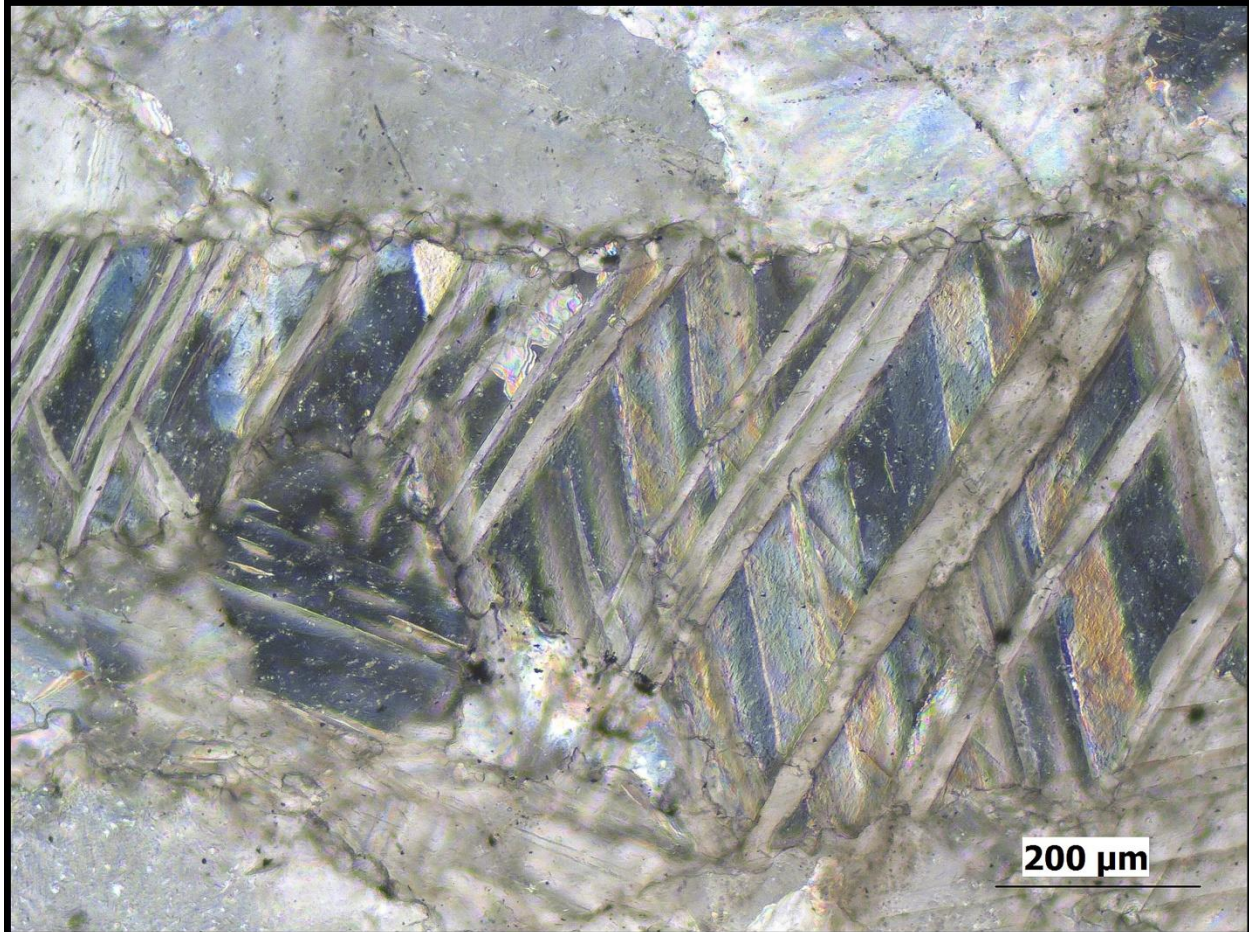
Dúctiles

Deformación intracrystalina: se presenta en calcita evidenciada por la extinción ondulosa, indicando que los granos de calcita se encuentran ligeramente flexionados y contienen una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

Maclado por deformación: se presentan en calcita. Se evidencian maclas con una morfología de cuña, irregulares, gruesas y con algo de recristalización dinámica, indicando que son maclas tipo IV de la calcita, las cuales son probables en temperaturas de deformación por encima de los 250°C (Ver figura 37).

Figura 37

Fotomicrografía disolución por presión, sección HQ-70



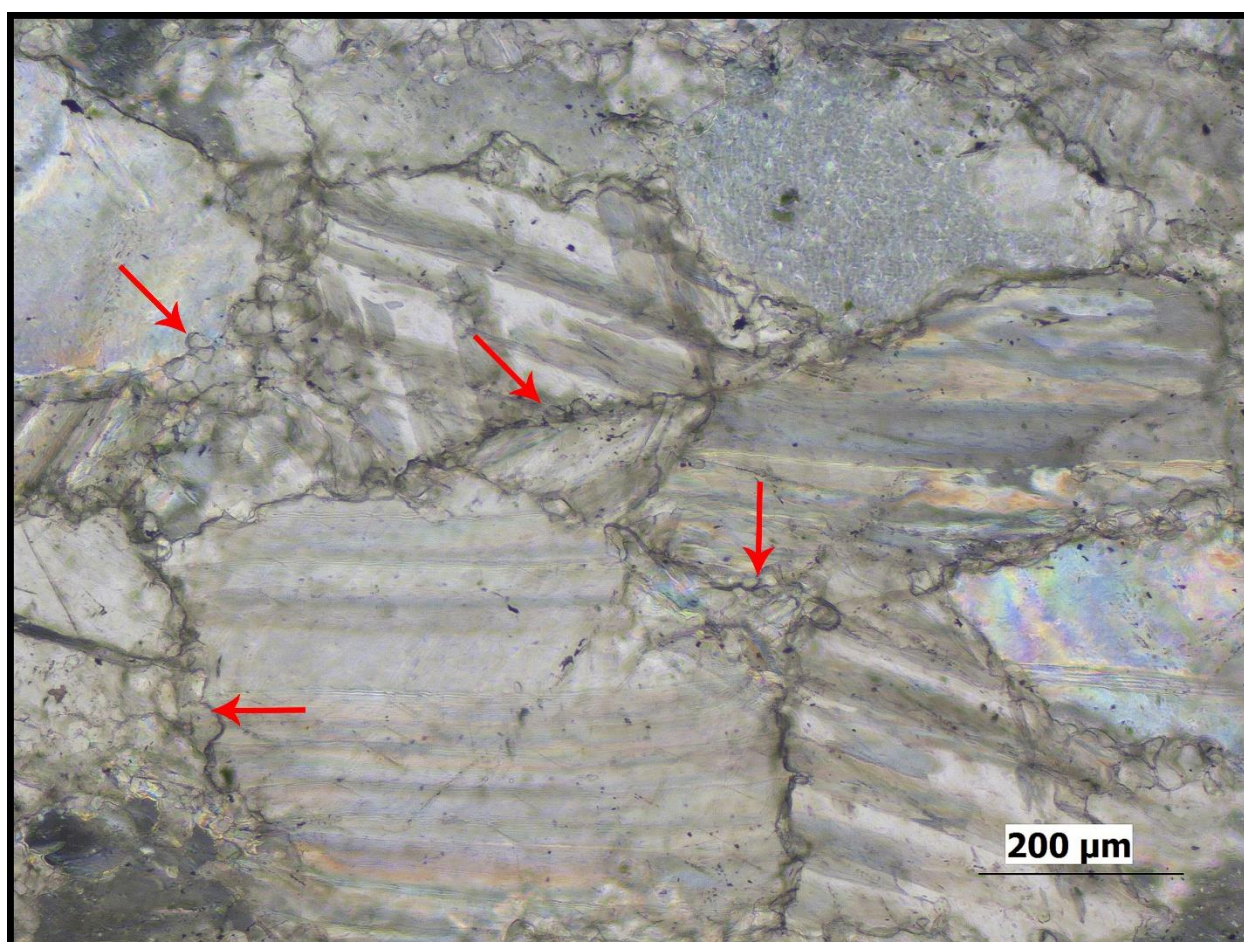
Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de calcita el cual muestra evidencias de disolución por presión, exhibiendo algunas maclas parcialmente disueltas y que no terminan antes de alcanzar el límite de grano. Por otra parte, se presenta maclado por deformación, presentándose algunas maclas irregulares, gruesas, con forma de cuña y con una muy leve recristalización dinámica. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: se presenta recristalización dinámica BLG en calcita. Principalmente se evidencia a lo largo de los límites de los granos, exhibiendo límites lobulados,

abultados, aserrados, algunas protuberancias y nuevos granos debido a la separación de las protuberancias. Por otra parte, las maclas muestran evidencia de recristalización, presentándose maclas irregulares y gruesas. La recristalización dinámica BLG en calcita empieza a actuar aproximadamente por encima de los 250°C (Figura 38 y 39).

Figura 38

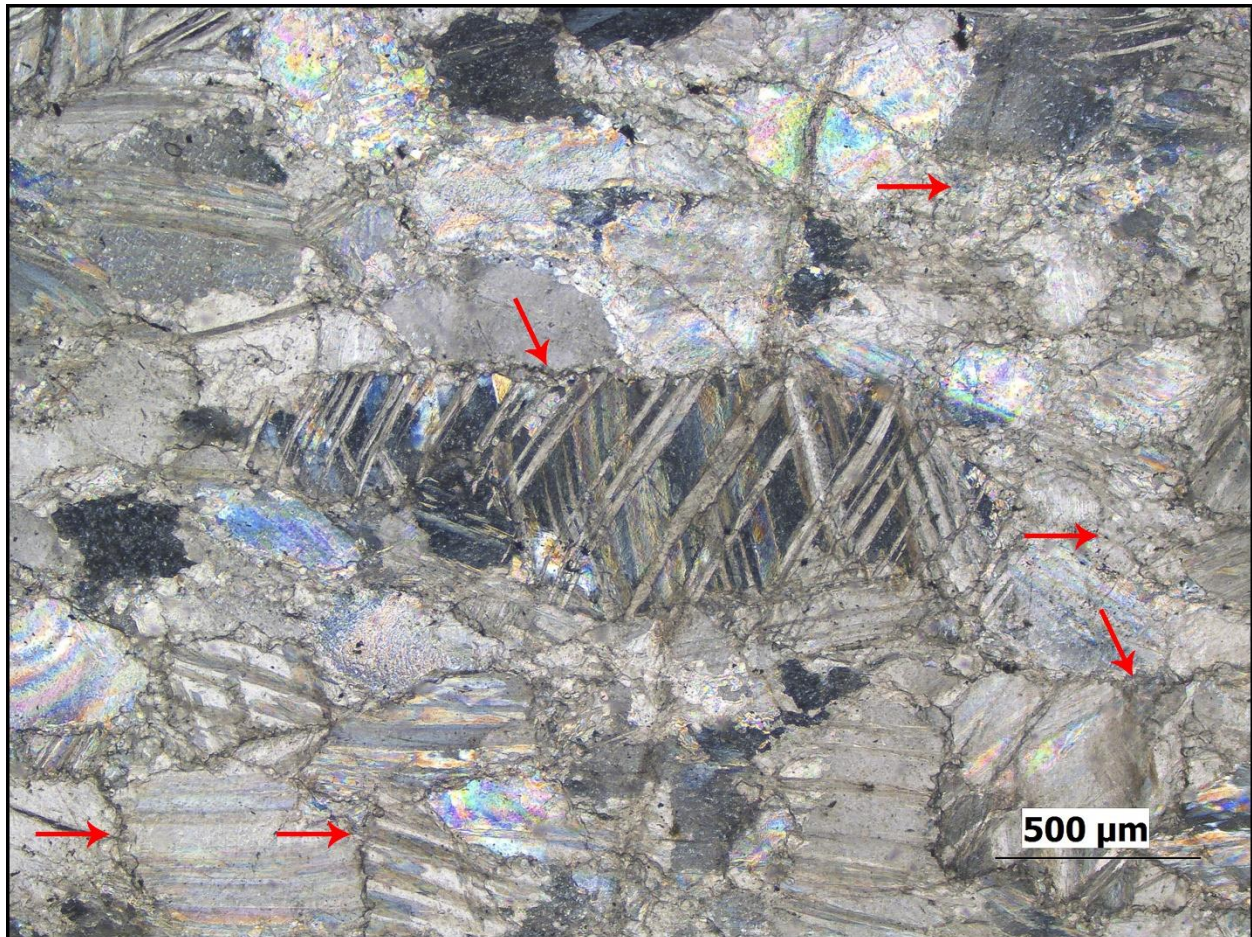
Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-70



Nota. En la microfotografía se señala con flechas rojas los límites de grano abultados y aserrados como evidencia de la acción de la recristalización bulging. También se presenta nucleación de pequeños nuevos granos. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 39

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-70



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas, granos de calcita que presentan límites de granos, lobulados de poca amplitud, aserrados, con algunas pequeñas protuberancias y algunos nuevos granos producto de la separación progresiva de las protuberancias debido al actuar de la recristalización dinámica BLG la cual es predominante a lo largo de los límites de grano. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

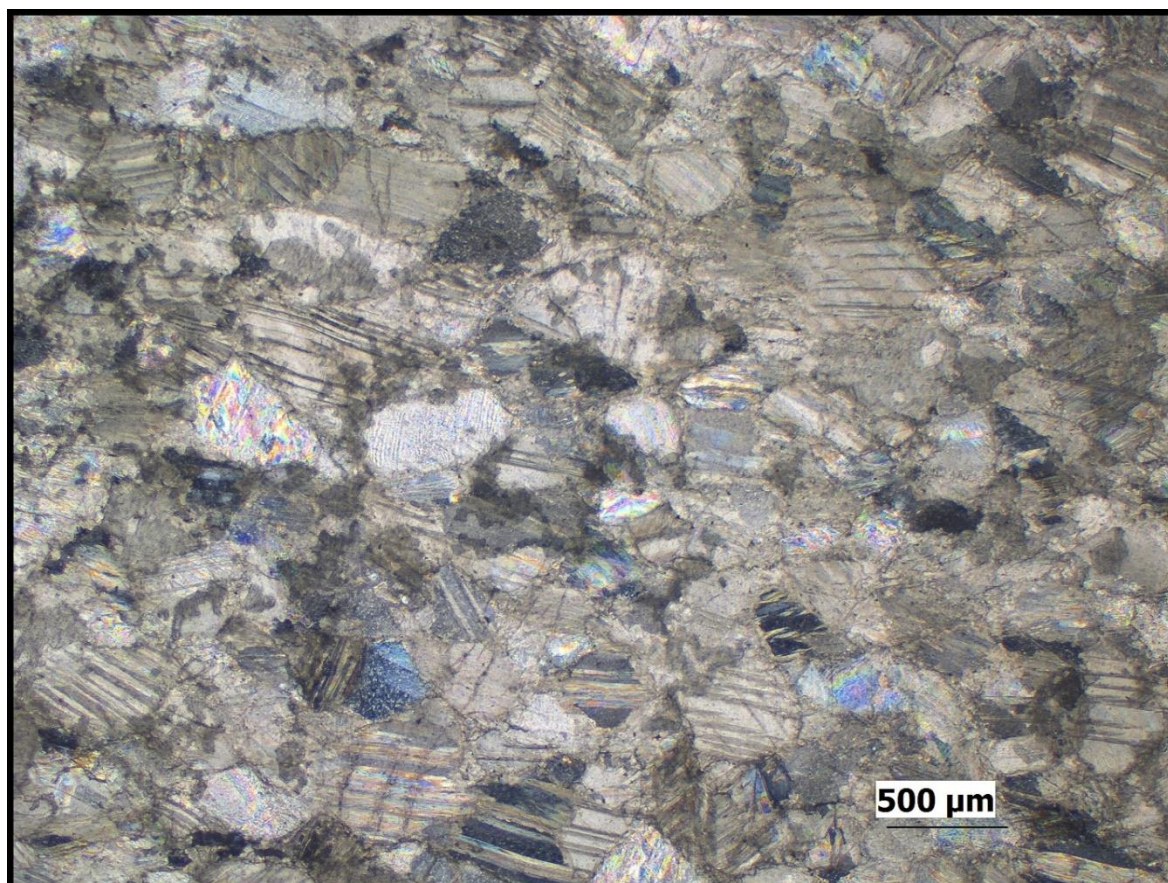
7.3 Clasificación

La ocurrencia de maclado por deformación y disolución por presión indican temperaturas

los 200°C Y 300°C. La recristalización dinámica BLG en calcita indica condiciones de temperatura aproximadas por encima de los 250°C. La ausencia de foliación, los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas identificadas permiten estimar una temperatura de deformación de 250°C a 300°C y una presión de aproximadamente 3kbar, clasificándose un como mármol deformado (Ver figura 40).

Figura 40

Fotomicrografía microtextura general, sección HQ-70



Nota. En la fotomicrografía se presenta la microtextura general de la sección HQ-70. No se presenta foliación. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

8. SECCIÓN DELGADA HQ-71

8.1 Composición mineralógica

Minerales principales: Calcita

Minerales menores: dolomita, opacos

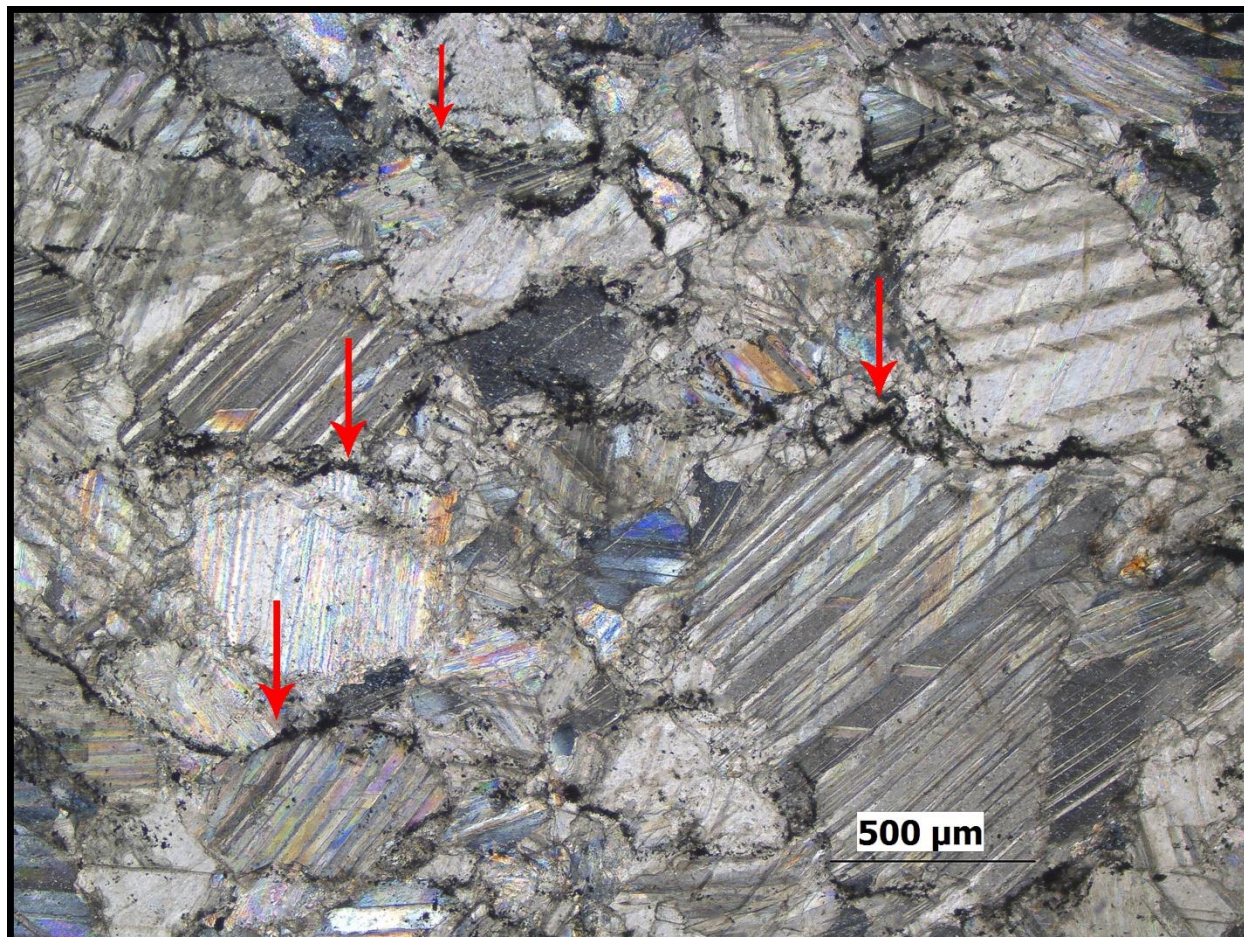
8.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

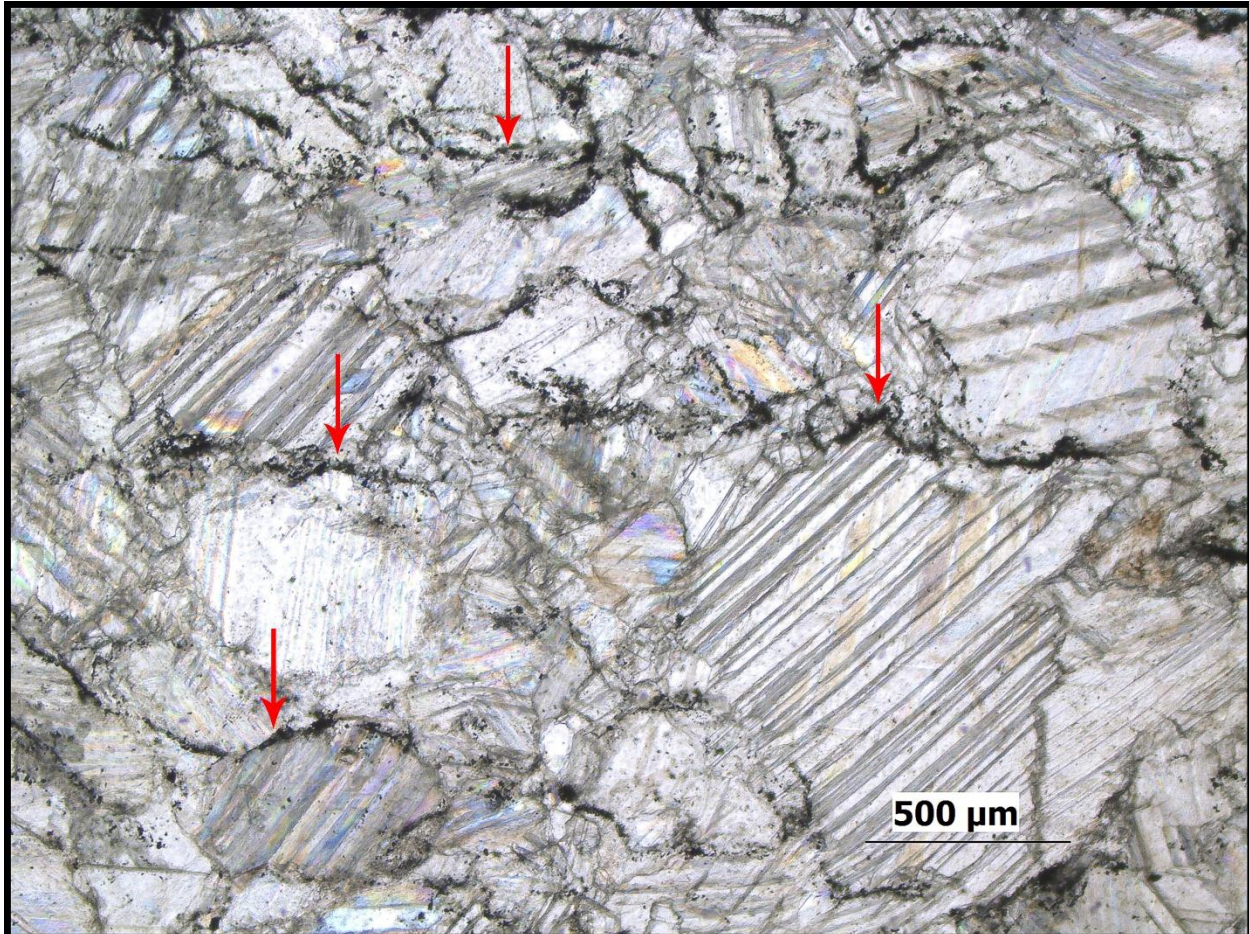
Disolución por presión: se presenta en calcita, se ve favorecida en condiciones de bajo grado en las cuales los fluidos son más abundantes. Debido a la presencia de fluidos y a la interacción de los campos de esfuerzos de granos en contacto. Se crea una disolución de una fase fluida de las partes en contacto entre granos, quedando bordes de grano indentados o aserrados en los cuales se depositará material insoluble como minerales opacos, dando lugar a las superficies microestilolíticas (Figura 41).

Figura 41

Fotomicrografías disolución por presión, sección HQ-71



Nota. En las fotomicrografías se observan microestilolitas señaladas con flechas rojas, las cuales presentan formas indentadas o aserradas. Están marcadas por material residual como minerales opacos. Las microestilolitas se forman a lo largos de los límites entre los granos de calcita. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.



Nota. Polarizadores paralelos, objetivo 4x.

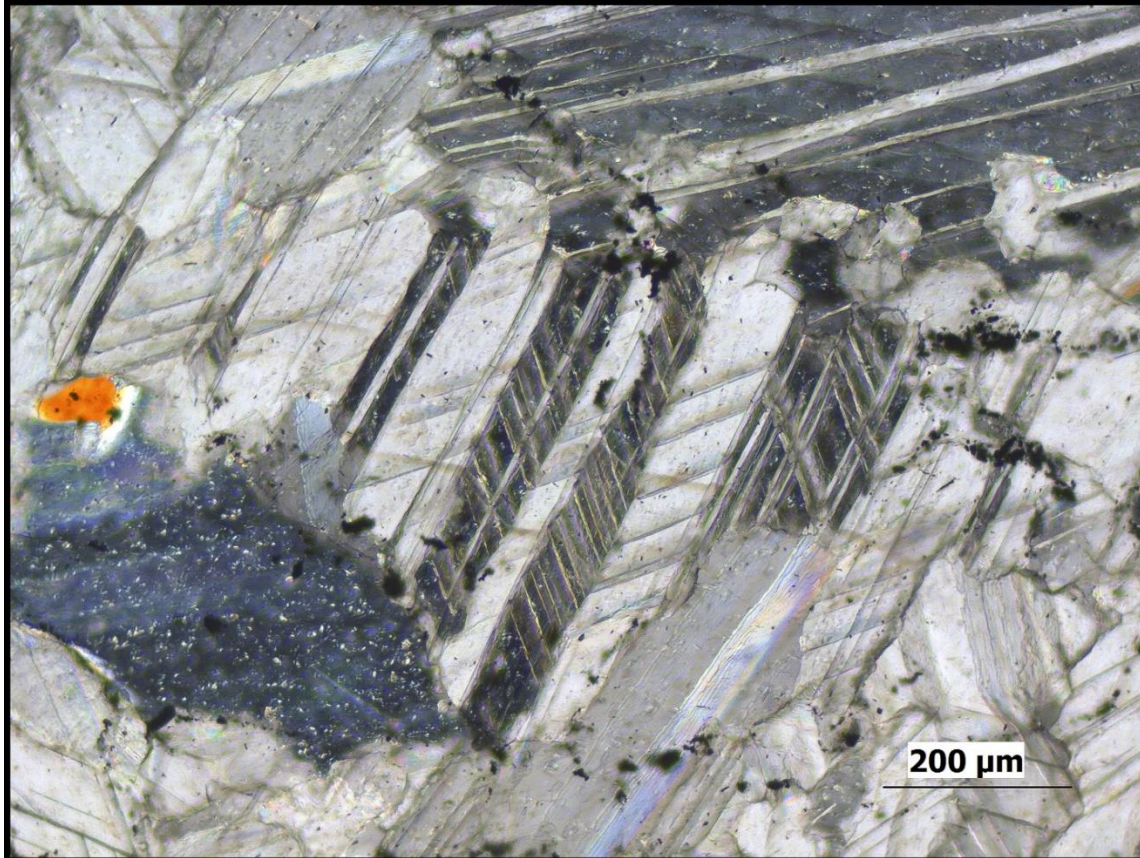
Dúctiles

Deformación intracrystalina: se presenta en calcita evidenciada por la extinción ondulosa, indicando que los granos de calcita se encuentran ligeramente flexionados y contienen una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

Kinking: se presenta en calcita, indicando que los granos de calcita han experimentado una fuerte flexión, exhibiendo una microestructura escalonada producto de la formación de bandas kink (Figura 42 y 43a).

Figura 42

Fotomicrografía kinking, sección HQ-71

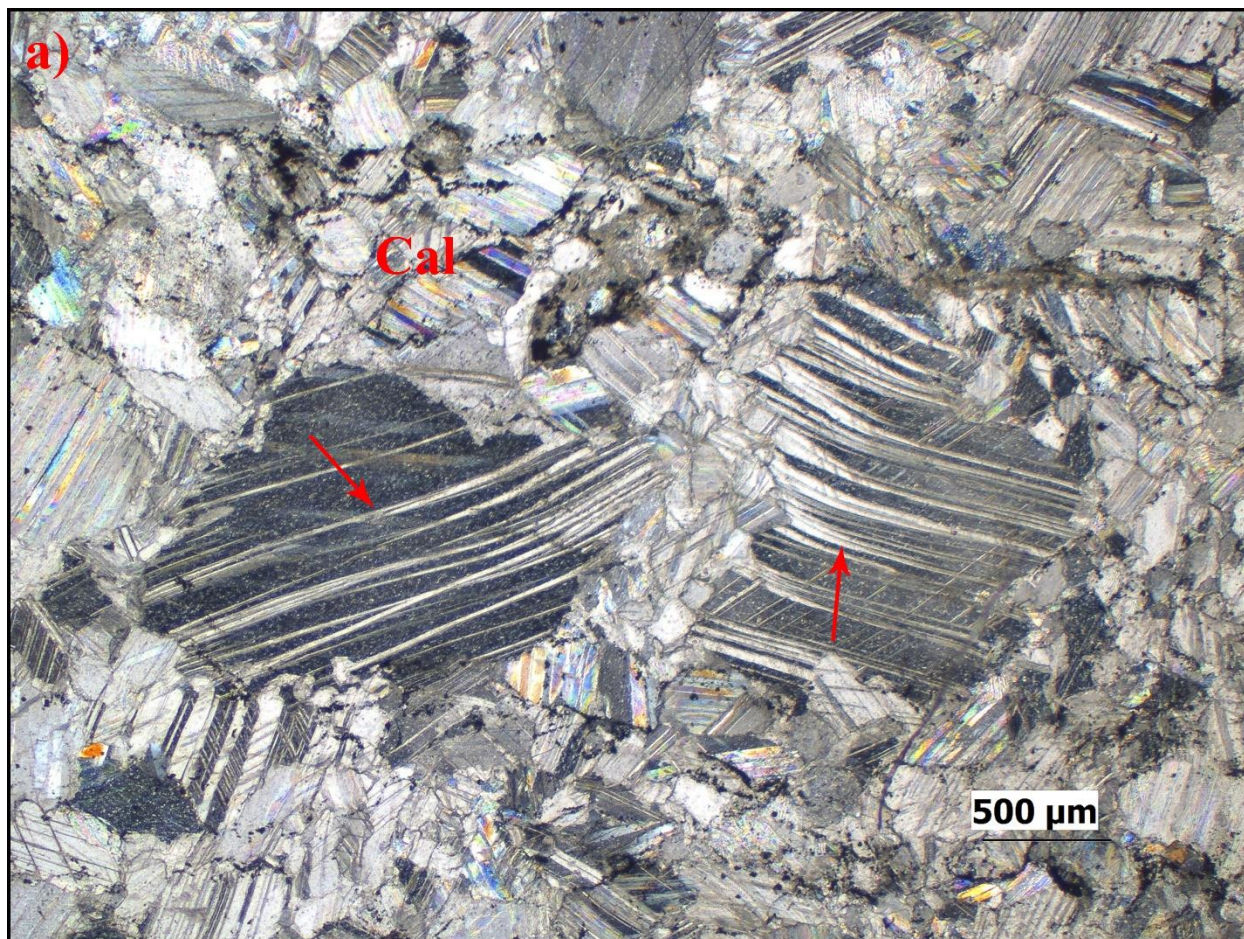


Nota. En la fotomicrografía se observa kinking en calcita presentando una microestructura escalonada. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Maclado por deformación: se presentan maclado por deformación en calcita indicando temperaturas de deformación por debajo de los 400°C. Las maclas presentan diferentes morfologías y tamaños indicando diferentes temperaturas de deformación, las maclas gruesas evidencian temperaturas de deformación por encima de los 200°C (Figura 43).

Figura 43

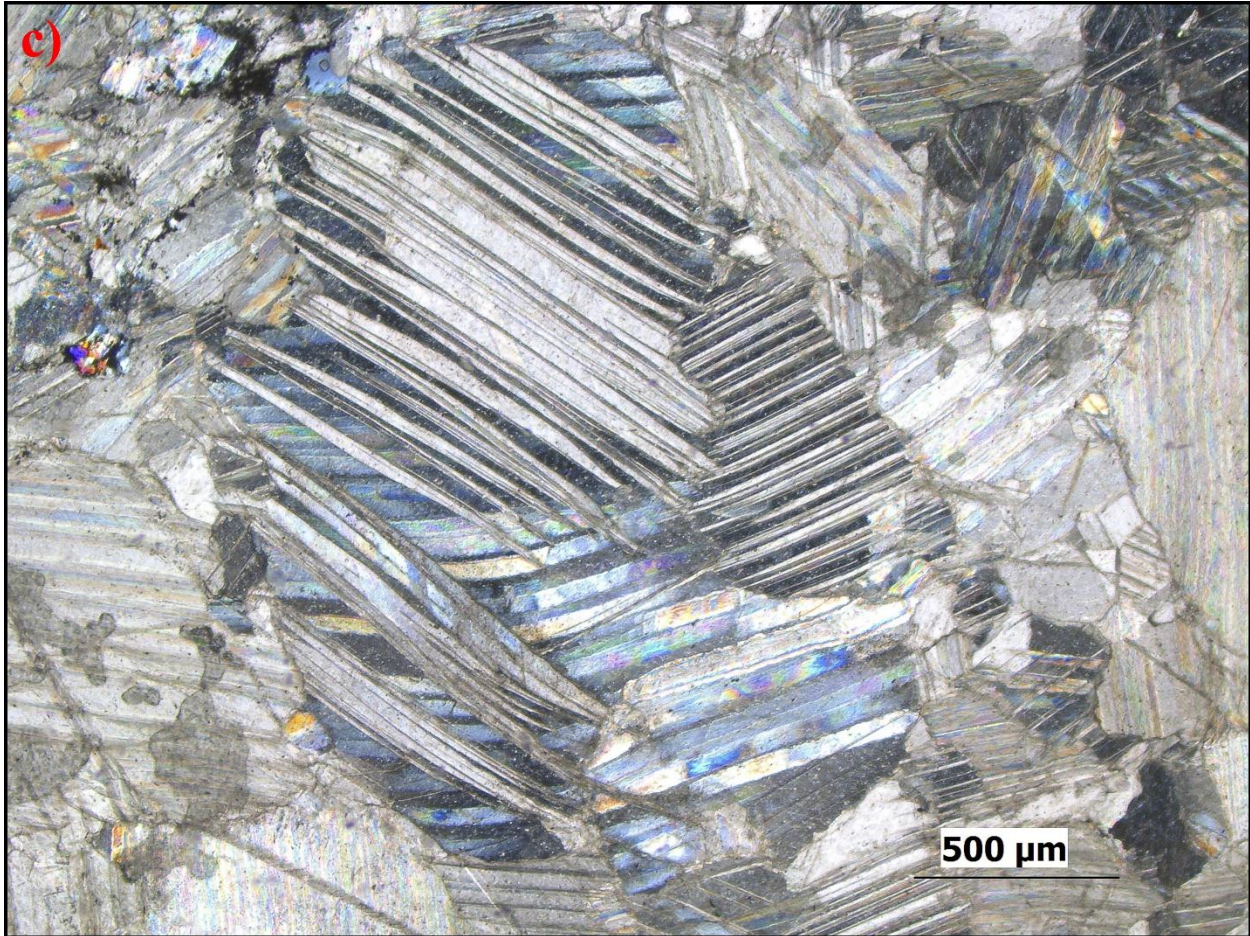
Fotomicrografías maclado por deformación, sección HQ-71



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas, maclas delgadas correspondientes a las maclas tipo I de la calcita, se observan curvas probablemente debido a una ligera flexión. Estas maclas presentan forma de cuña. Se observa kinking. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.



Nota. En la fotomicrografía b se observan maclas rectas y gruesas correspondientes a las maclas tipo II de la calcita. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.



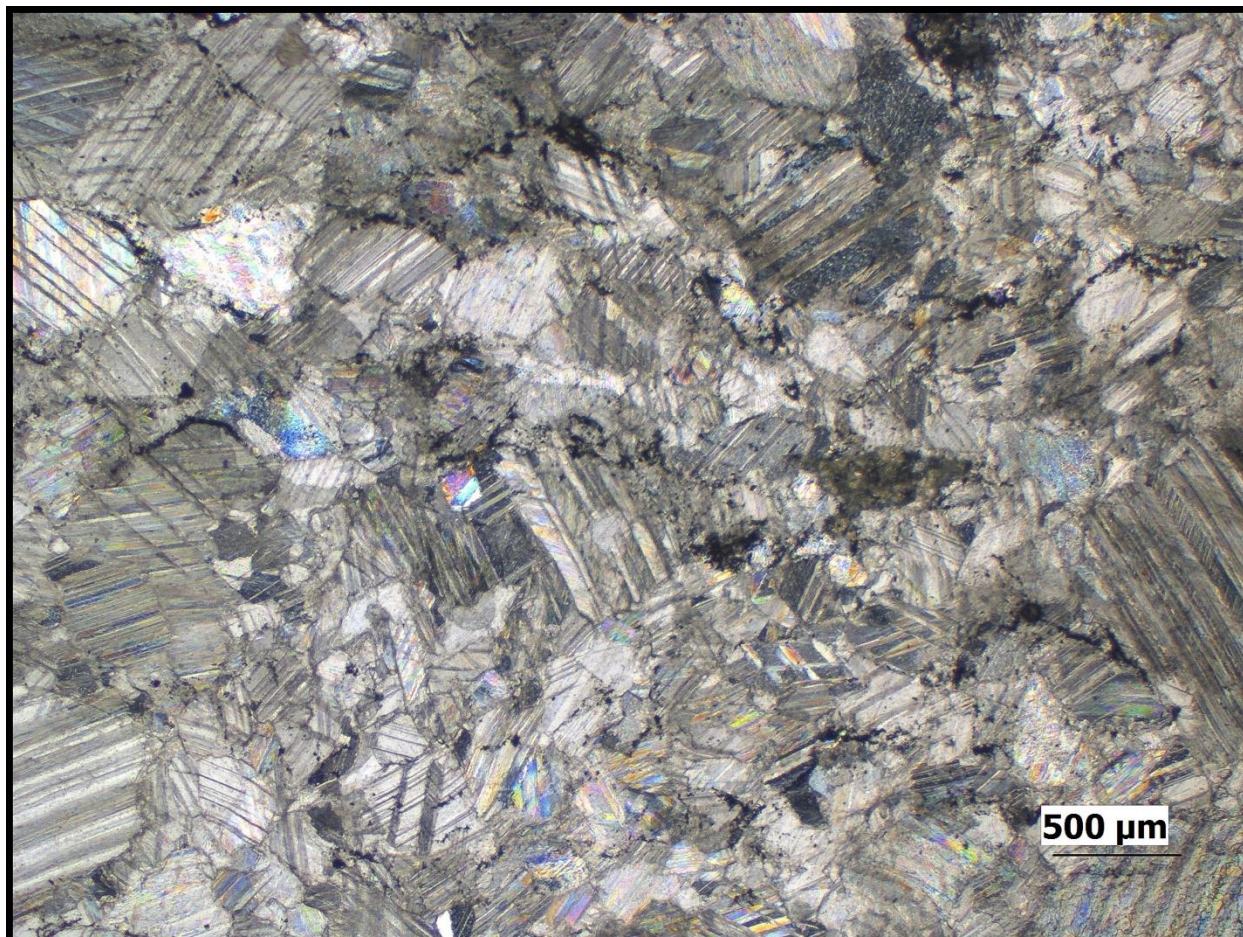
Nota. En la fotomicrografía se observan maclas gruesas y curvas, correspondientes a las maclas tipo III de la calcita. Algunas presentan morfología de cuña. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

8.3 Clasificación

Según el contenido de calcita el cual es mayor del 90%, se clasifica como un mármol. Los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas, indican condiciones de muy bajo grado a bajo grado en las cuales son comunes los fluidos, con temperaturas de deformación aproximadas de 250°C a 300°C y presión de aproximadamente 3kbar. La roca se clasifica como un mármol deformado (Figura 44).

Figura 44

Fotomicrografía textura general, sección HQ-71



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura general del mármol deformado en condiciones de muy bajo grado a bajo grado metamórfico. Se evidencia una textura cohesiva y compacta, sin foliación. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

9. SECCIÓN DELGADA HQ-72**9.1 Composición mineralógica**

Minerales principales: Cuarzo

Minerales mayores: Feldespato potásico, biotita

Minerales menores: Moscovita, óxidos de hierro, opacos

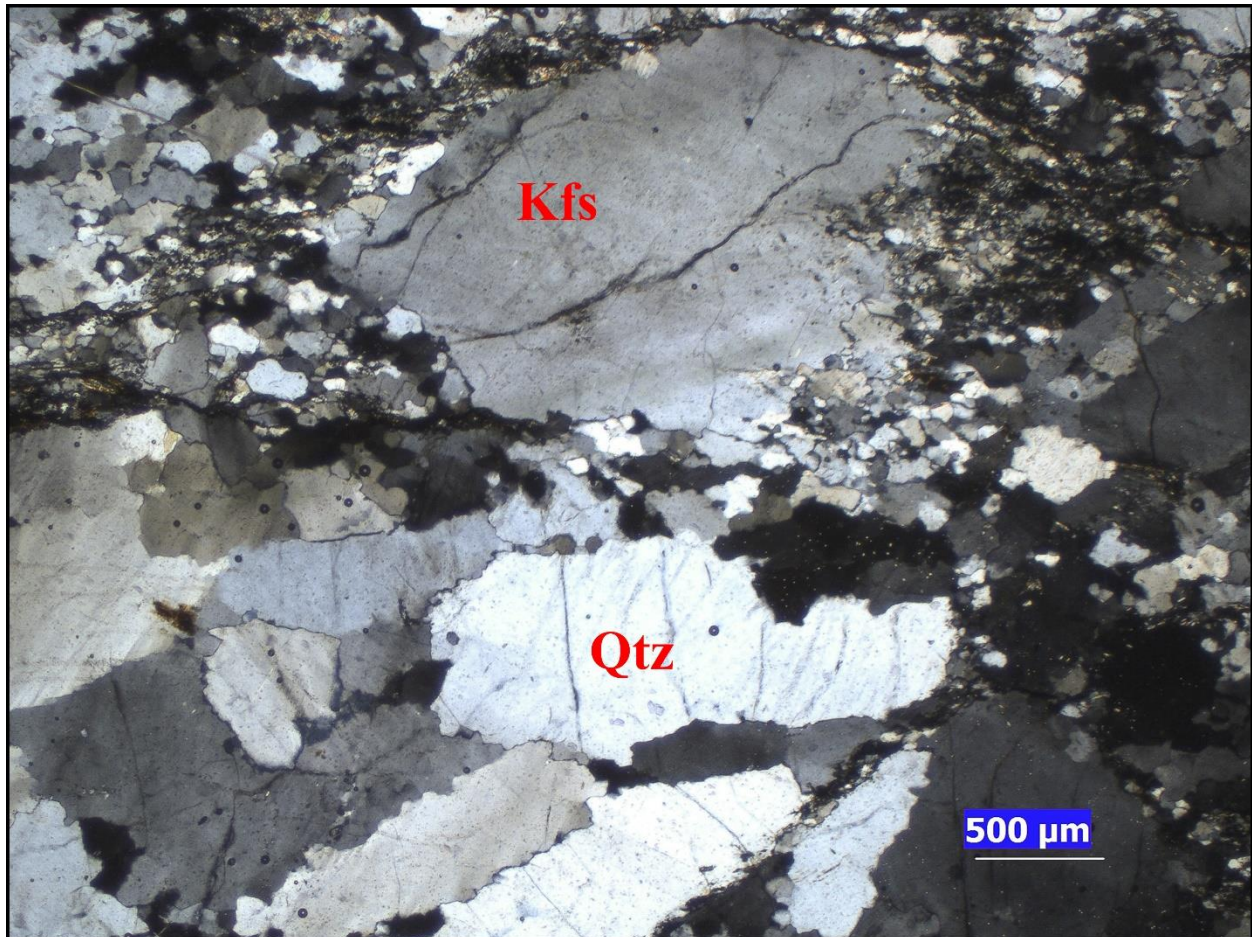
9.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presentan microfracturas intragranulares e intergranulares en cuarzo y feldespato potásico. Algunas microfracturas intergranulares se encuentran rellenas por minerales opacos u óxidos de hierro y cortan agregados de cuarzo recristalizado dinámicamente. Se presentan porfiroclastos de feldespato potásico con microfracturas intragranulares, la microfractura en feldespato potásico puede estar presente hasta aproximadamente los 600°C (Figura 45).

Figura 45

Fotomicrografía microfracturamiento, sección HQ-72



Nota. En la fotomicrografía se observan un porfiroclasto de feldespato potásico con microfracturas intragranulares rellenas por minerales opacos. También, se presentan granos de cuarzo con microfracturas intragranulares rellenas por minerales opacos y con recristalización dinámica incipiente. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

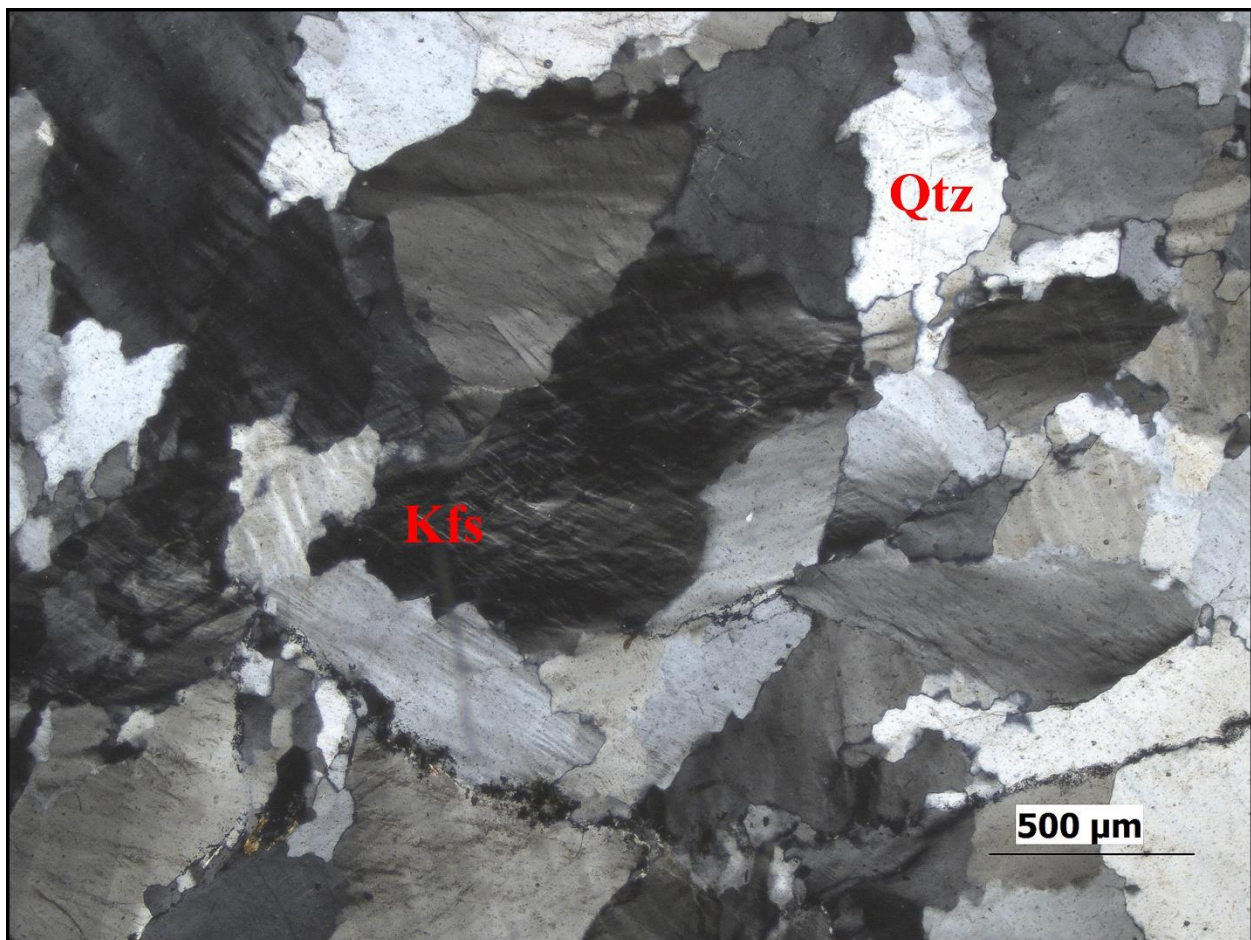
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa ondulosa más prominente en feldespato potásico y en menor medida en cuarzo, indicando que las redes cristalinas de los granos

de cuarzo y feldespato potásico se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. La extinción ondulosa puede ser muy prominente hasta aproximadamente los 600°C para el feldespato potásico; y para el cuarzo hasta aproximadamente los 400°C (Ver figura 46).

Figura 46

Fotomicrografía extinción ondulosa, sección HQ-72



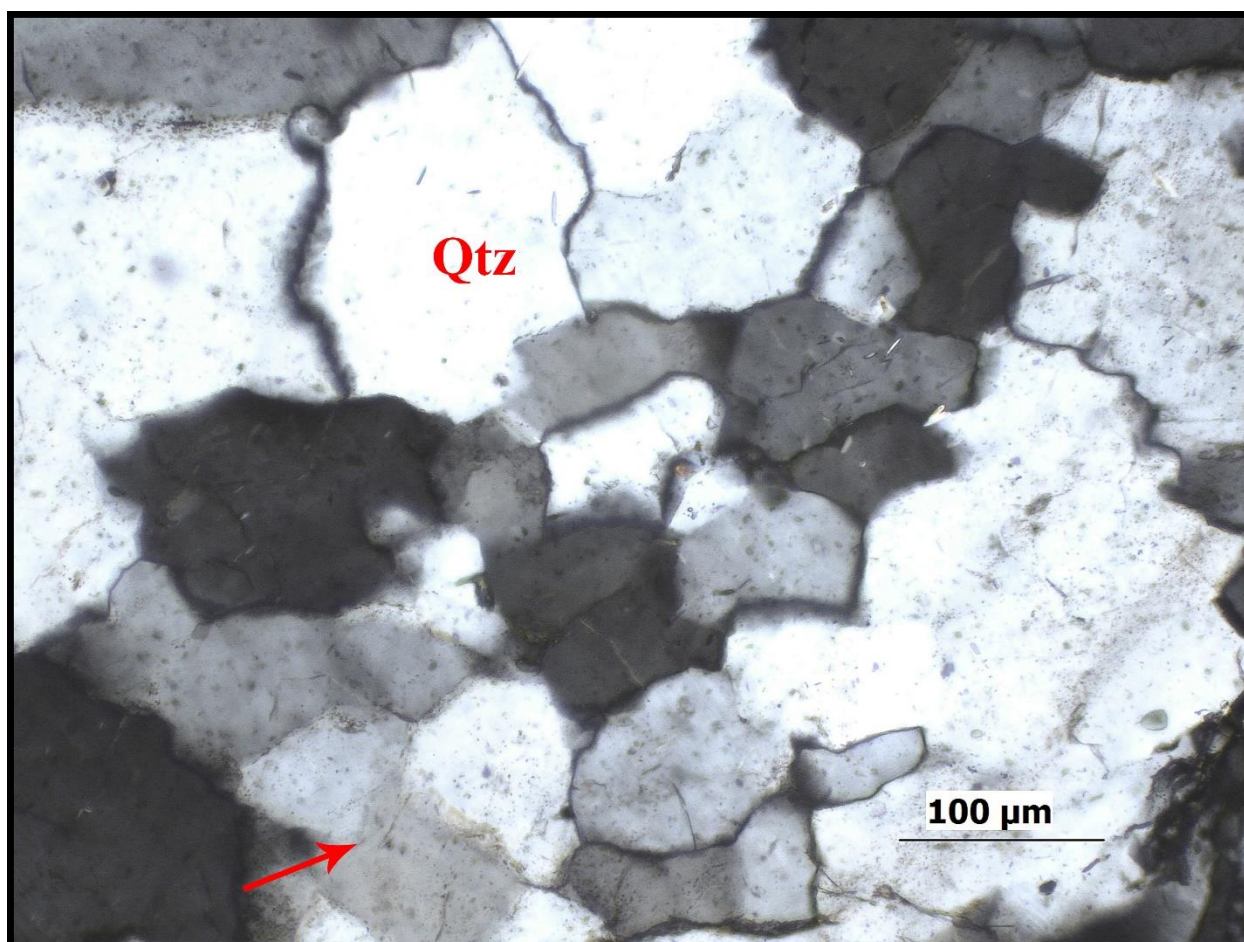
Nota: En fotomicrografía se observa extinción ondulosa prominente en feldespato potásico.

También se presentan microtexturas peritíticas. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Recuperación: se evidencian microestructuras de recuperación como límites de subgranos en cuarzo indicando que, debido al aumento de temperatura, las dislocaciones se han movilizadas y agrupado en redes planas que son los límites de subgranos dando paso a la creación de subgranos. Las microestructuras de recuperación en cuarzo son abundantes en temperaturas aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 47).

Figura 47

Fotomicrografía recuperación, sección HQ-72

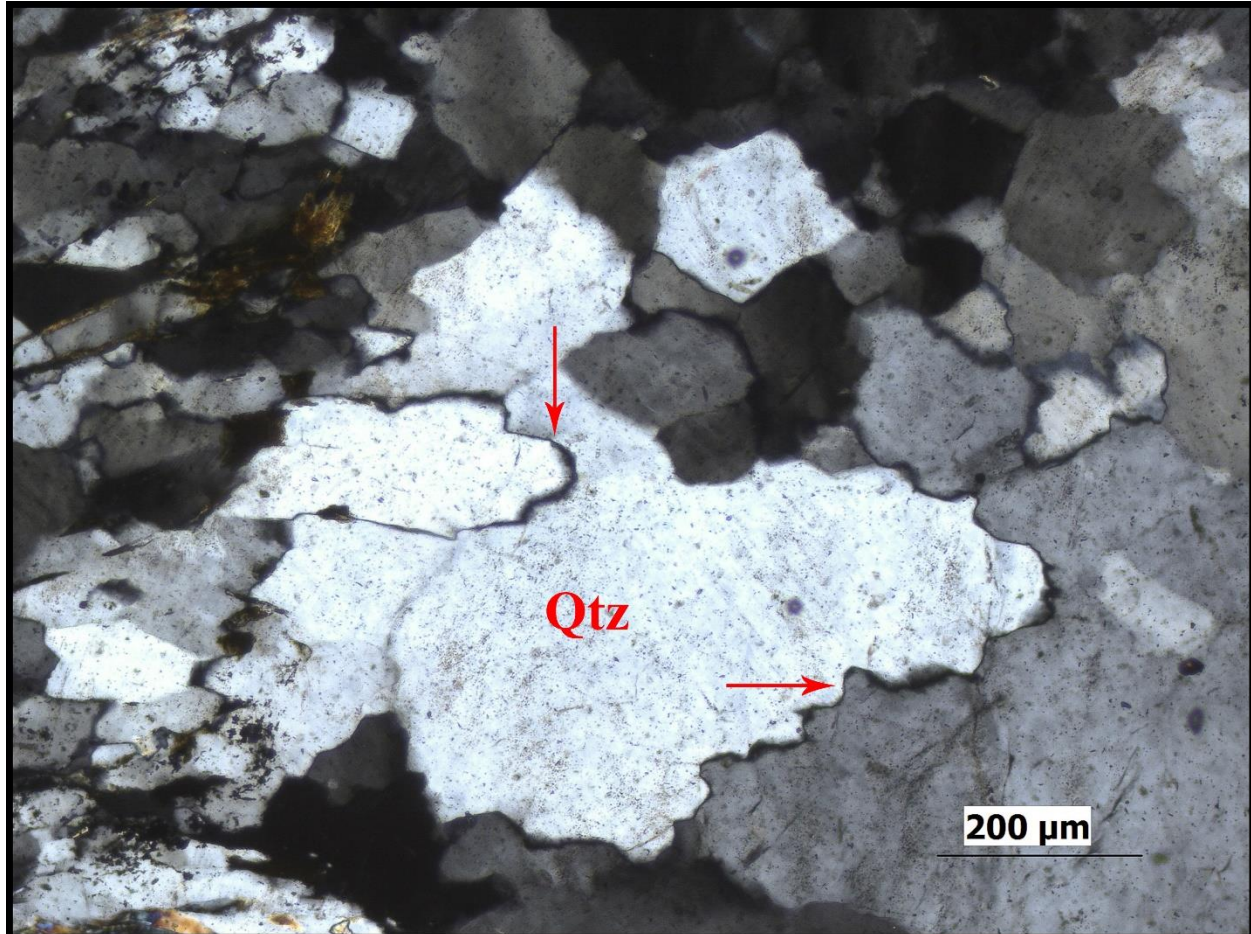


Nota. En la fotomicrografía se señala con una flecha roja una zona donde son apreciables los límites de subgranos y subgranos. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

Recristalización dinámica: se presenta un régimen combinado de recristalización dinámica BLG y SGR incipiente en cuarzo. La recristalización dinámica BLG en cuarzo indica movilidad de los límites de grano a una temperatura aproximada de 300° C a 400°C, evidenciadas por límites de grano lobulados de pequeña amplitud y protuberancias. La recristalización dinámica SGR se ve favorecida por una deformación constante, la cual agrega dislocaciones continuamente, estas se acumulan en los límites de subgrano hasta que rotan más 10° con respecto al grano anfitrión, dando paso a la formación de nuevos granos. La recristalización dinámica SGR empieza a ser importante a partir de los 400°C y hasta los 500°C en cuarzo (Figura 48 y 49). Por otra parte, se presentan recristalización dinámica BLG incipiente en feldespato potásico, la cual puede suceder entre los 400°C y los 600°C aproximadamente.

Figura 48

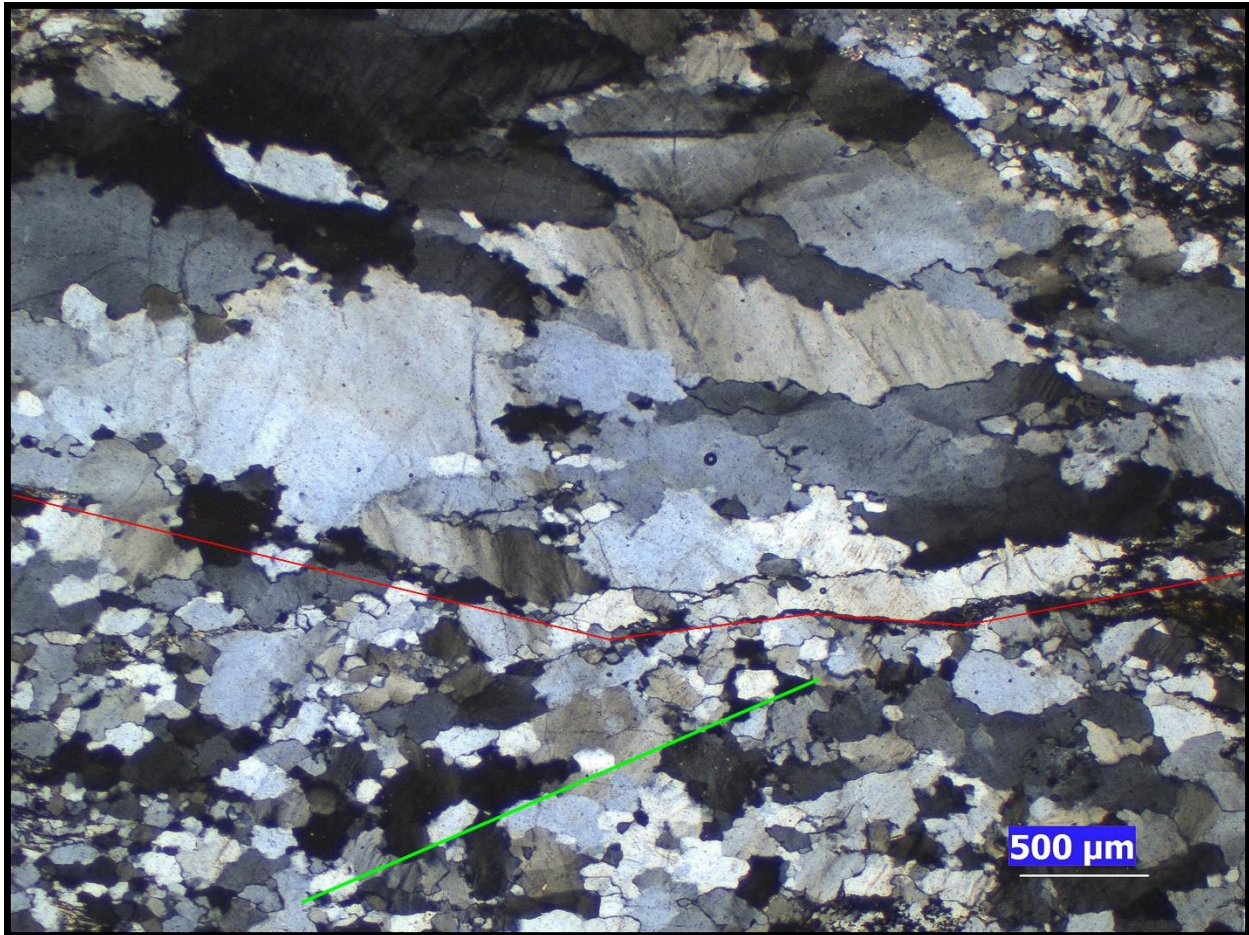
Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-72



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas, una zona donde se pueden apreciar los límites lobulados de poca amplitud y protuberancias, se puede observar como un grano intenta consumir al otro, debido a la recristalización dinámica BLG. Se observan algunas microestructuras de recuperación como límites de subgranos y subgranos. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 49

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-72



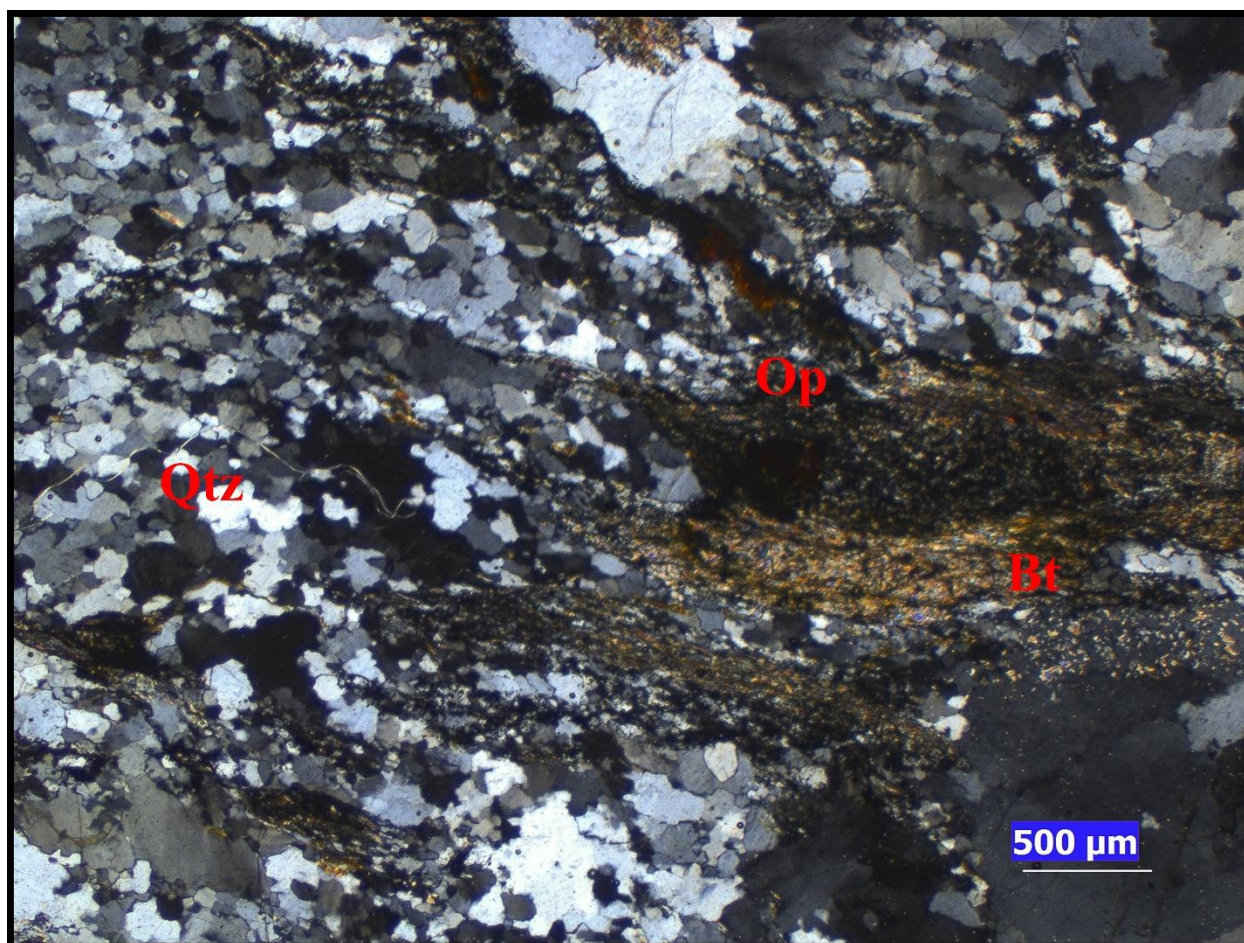
Nota. En la parte superior de la fotomicrografía separada por la línea roja, se observan granos de cuarzo elongados que han sido afectados por recristalización dinámica BLG, se pueden observar los límites de grano lobulados de pequeña amplitud y protuberancias, los granos presentan extinción ondulosa. En la parte inferior de la fotomicrografía se observa una zona afectada principalmente por la recristalización dinámica, se presentan subgranos y nuevos granos de tamaño más fino que los granos de la parte superior, estos nuevos granos son producto de la desorientación progresiva de los subgranos, los nuevos granos presentan una orientación cristalográfica diferente marcada con la línea verde. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

9.3 Clasificación

Se aprecia en la roca un mayor porcentaje de porfiroclastos con respecto a la matriz. Según los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas en cuarzo y feldespato potásico, se estiman temperaturas de deformación generales entre los 400°C a 500°C y presiones entre los 4kbar y los 5kbar aproximadamente. Se presenta una orientación cristalográfica preferencial de los agregados de granos elongados de cuarzo. La roca se clasifica como milonita (Figura 50).

Figura 50

Fotomicrografía microtextura general, sección HQ-72



Nota. En la fotomicrografía se observa la microtextura general de la sección HQ-72. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

10. SECCIÓN HQ-73

10.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, biotita

Minerales menores: feldespato potásico, opacos

Minerales accesorios: circón, olivino.

10.2 Mecanismos de deformación:

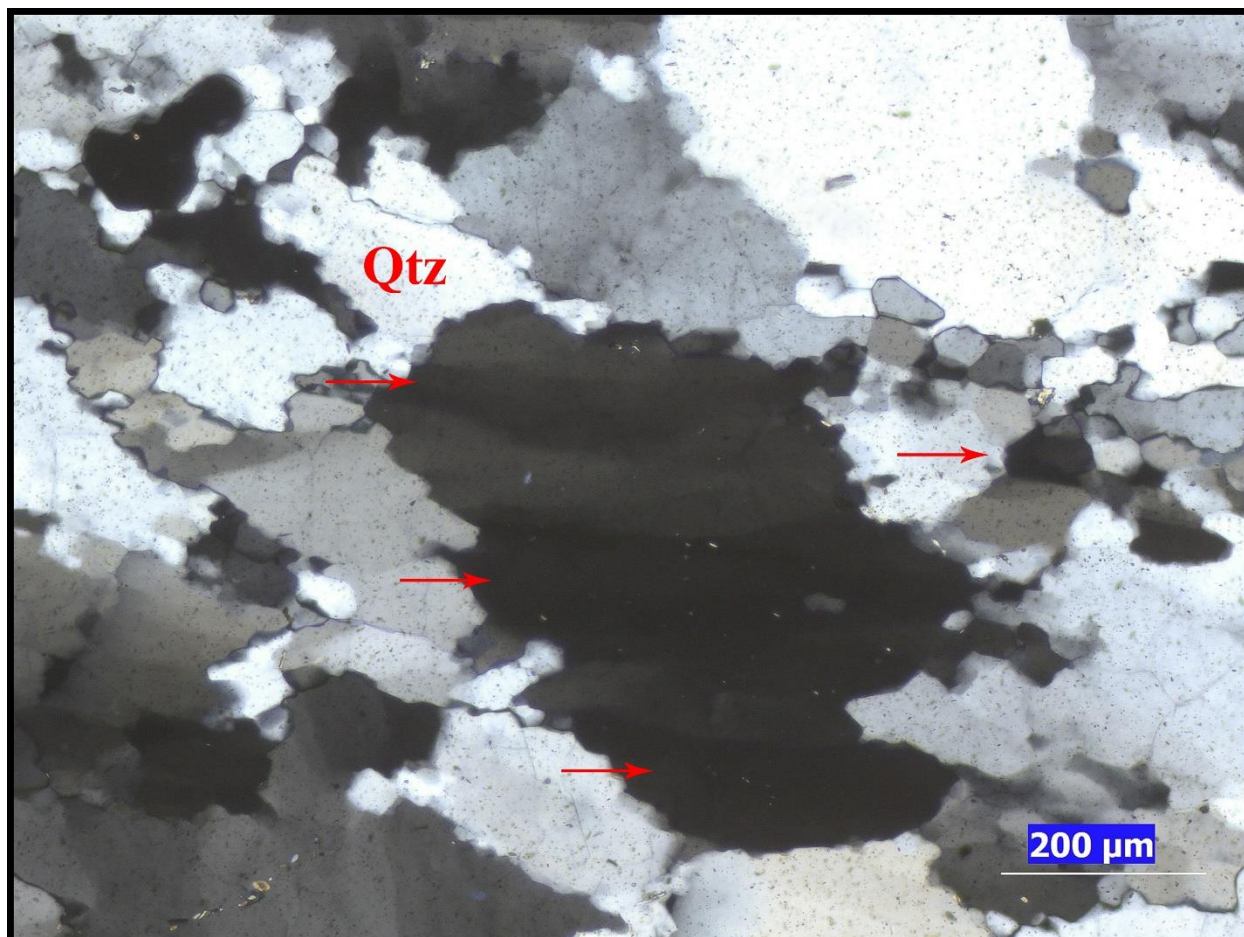
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa en feldespato potásico y plagioclasa, la cual se ve enmascarada por la alteración de los minerales. En cuarzo se presenta una transición entre extinción ondulosa a bandas de deformación. La extinción ondulosa en granos de cuarzo y plagioclasa indica que las redes cristalinas de los granos están ligeramente flexionadas y contienen una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. En cuarzo la extinción ondulosa puede ser prominente hasta aproximadamente los 400°C y en feldespato potásico y plagioclasa hasta aproximadamente 600°C.

Recuperación: se presenta recuperación en granos de cuarzo, exhibiendo microestructuras de recuperación como bandas de deformación y algunos límites de subgranos, indicando que debido al aumento de temperatura las dislocaciones presentes en los granos se han movilizadas y agrupado en redes planas, difusas para las bandas de deformación y más netas para los subgranos. Las microestructuras de recuperación en cuarzo son abundantes en temperaturas aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 51).

Figura 51

Fotomicrografía recuperación, sección HQ-73



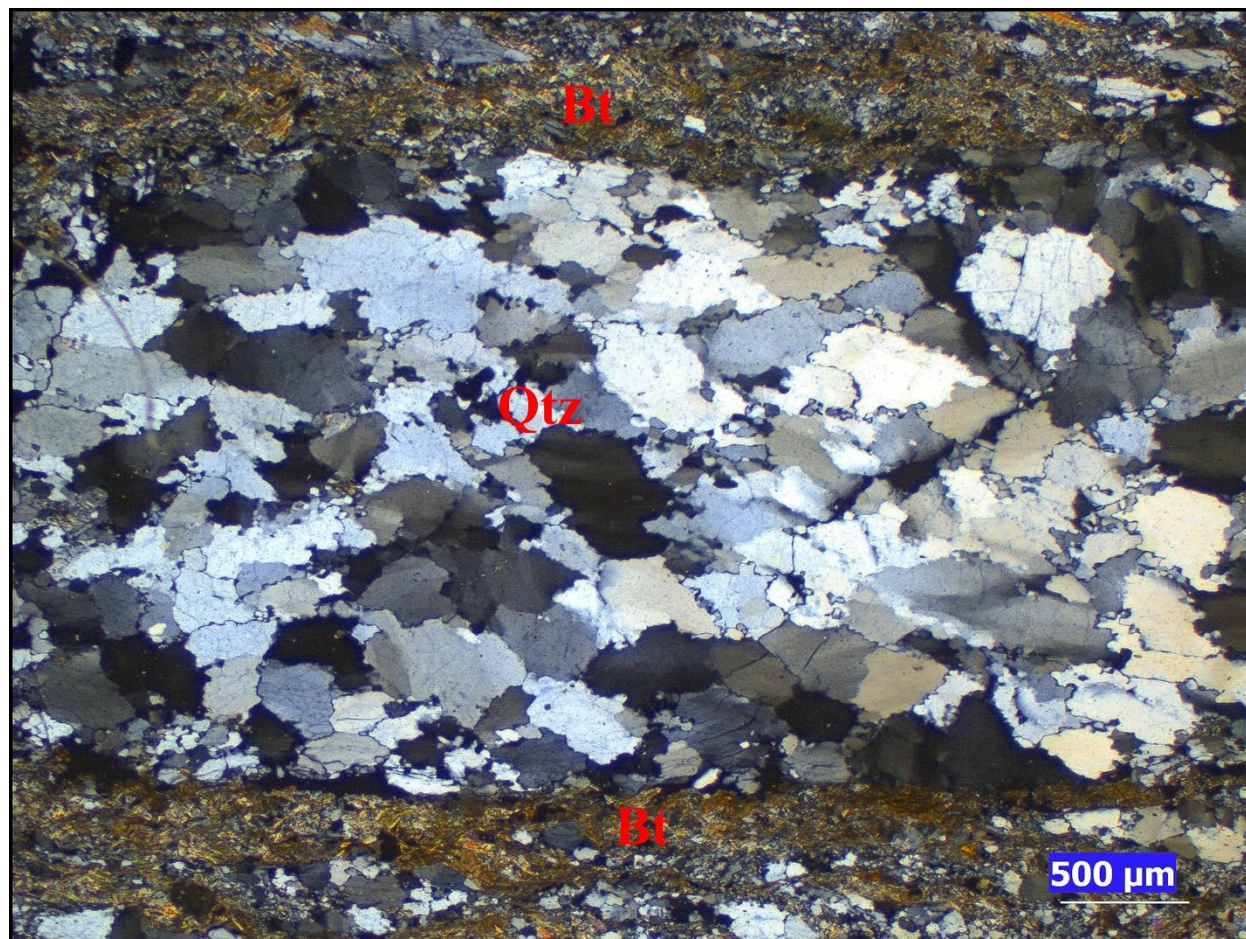
Nota. En la fotomicrografía se indica con flechas rojas en la parte izquierda las bandas de deformación y en la parte derecha se señalan algunos límites de subgranos y subgranos. Se puede apreciar que las bandas de deformación son difusas y los límites de subgrano son más netos y los subgranos más poligonales. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: se presenta un régimen combinado de recristalización dinámica BLG dominante y SGR incipiente en cuarzo. La recristalización dinámica BLG en cuarzo indica una movilidad en los límites de grano, en la cual los granos con menor densidad de

dislocaciones o menos deformados intentan consumir desde el abultamiento de sus límites a los granos adyacentes con mayor densidad de dislocaciones o más deformados, esto se observa por los límites lobulados de poca amplitud y protuberancias en los límites de los granos de cuarzo. También se presenta una recristalización dinámica SGR incipiente en cuarzo, indicando que se empezaron a agregar dislocaciones continuamente las cuales debido a la temperatura estaban migrando y acumulándose en los límites de subgranos hasta que estos rotaron más de 10° y se formaron algunos nuevos granos. El régimen combinado de recristalización BLG y SGR indica una temperatura de aproximadamente 400°C (Figura 52). Por otra parte, se presenta una recristalización dinámica BLG leve en feldespato potásico y plagioclasa, la cual puede suceder desde aproximadamente los 400°C hasta los 600°C .

Figura 52

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-73



Nota. En la fotomicrografía se observa un agregado de granos de cuarzo los cuales están principalmente afectados por recristalización dinámica BLG y en menor medida SGR. Se pueden apreciar los límites de grano lobulados de poca amplitud y protuberancias. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

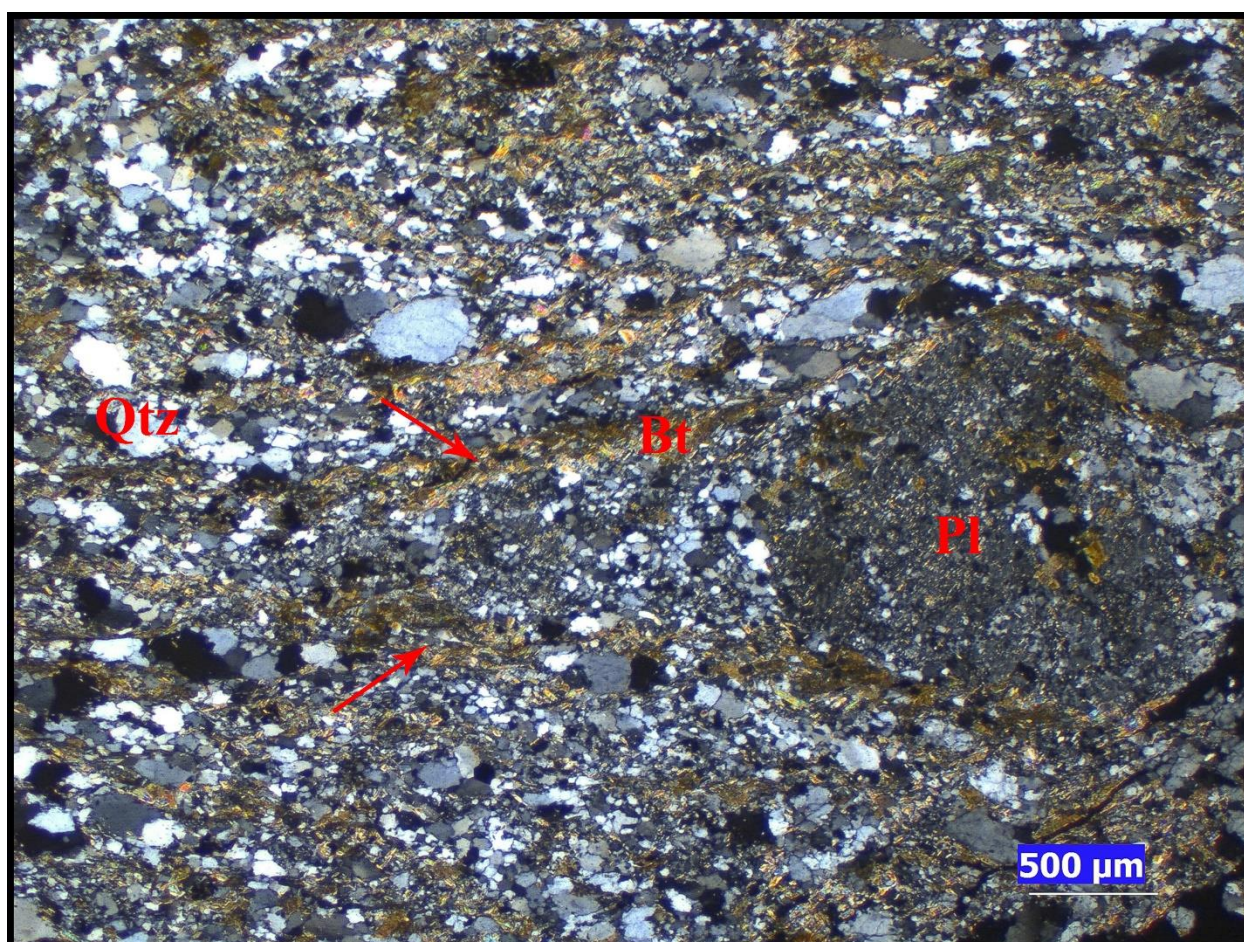
10.3 Clasificación

Se realizó un conteo modal de 308 puntos donde la relación matriz – porfiroclastos es: matriz: 215 puntos, 69.8%; porfiroclastos: 93 puntos, 30.2%. Se clasifica como una mesomilonita

pues el porcentaje de matriz es mayor al 50% pero menor al 90%. Los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas inidentificadas en cuarzo y feldespato potásico indican una temperatura de deformación aproximada de 400°C y una presión de 4kbar. La roca presenta una foliación milonítica con plegamiento definida por la biotita (Figura 53 y 54).

Figura 53

Fotomicrografía general, sección HQ-73

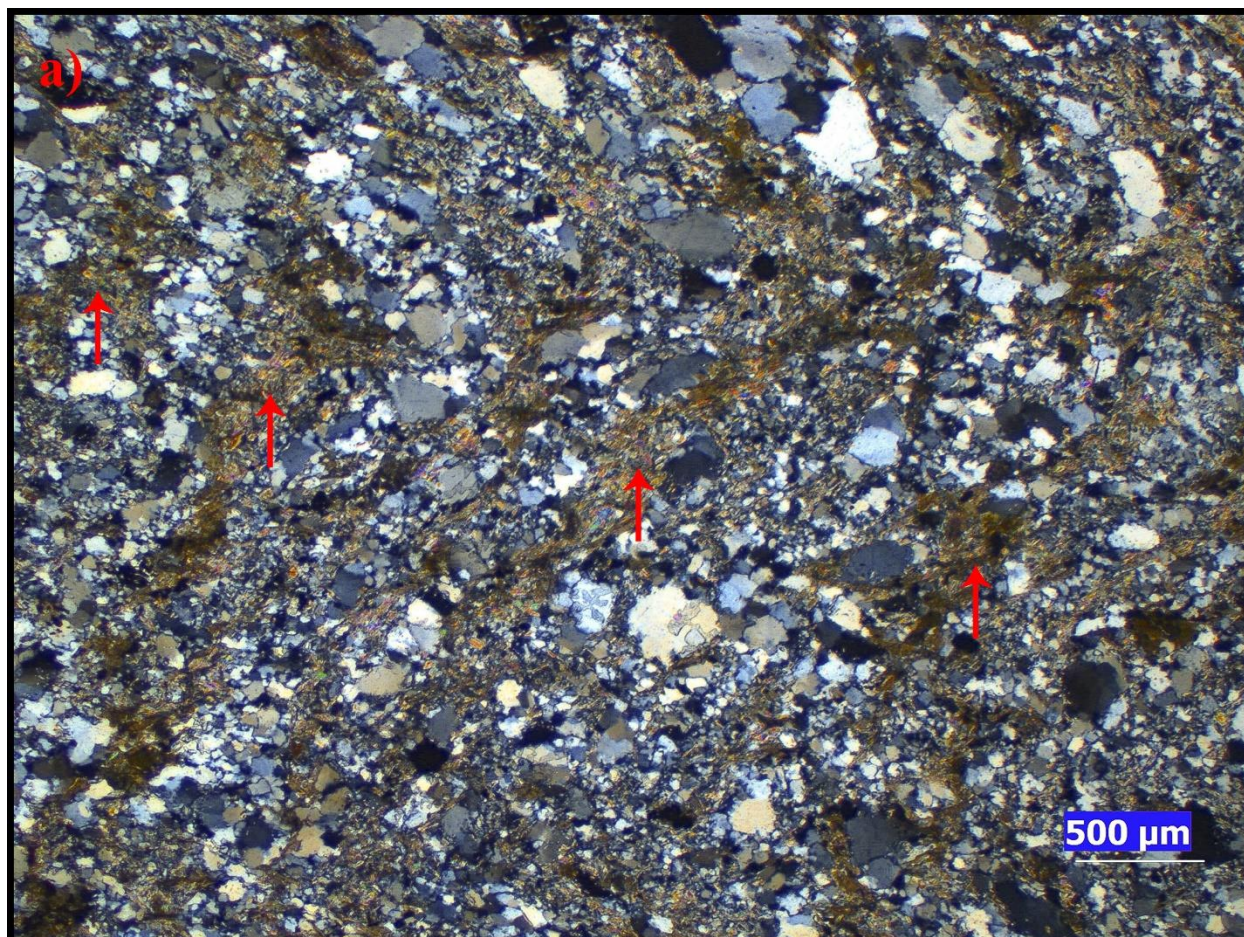


Nota. En la fotomicrografía se observa la microtextura general de la sección HQ-73, se aprecia el mayor porcentaje de la matriz. En la parte derecha se puede observar un porfiroclasto de plagioclasa y una foliación milonítica señalada con flechas, la cual está definida por la biotita.

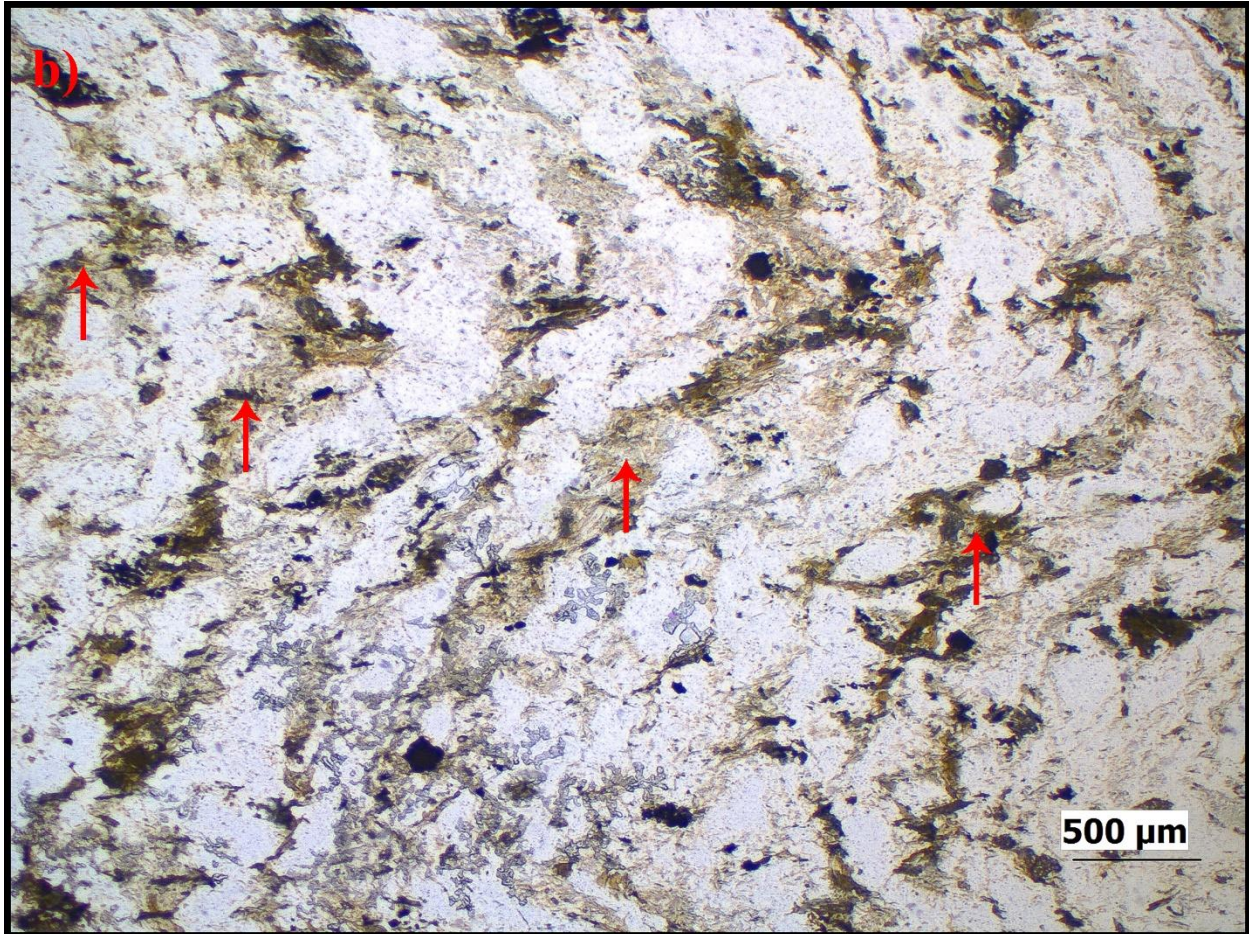
La matriz está compuesta predominantemente de granos finos de cuarzo producto de la recristalización dinámica. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 54

Fotomicrografía general, sección HQ-73



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas, una foliación milonítica definida por la biotita, la cual presenta un plegamiento indicado por las líneas rojas. La matriz está compuesta predominantemente de cuarzo de tamaño de grano fino producto de la recristalización dinámica. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.



Nota. Polarizadores paralelos, objetivo 2.5x.

11. SECCIÓN DEGLADA HQ-74

11.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: Cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa

Minerales menores: Biotita, Clinozoisita, zoisita

Minerales accesorios: Clorita, epidota, opacos.

11.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

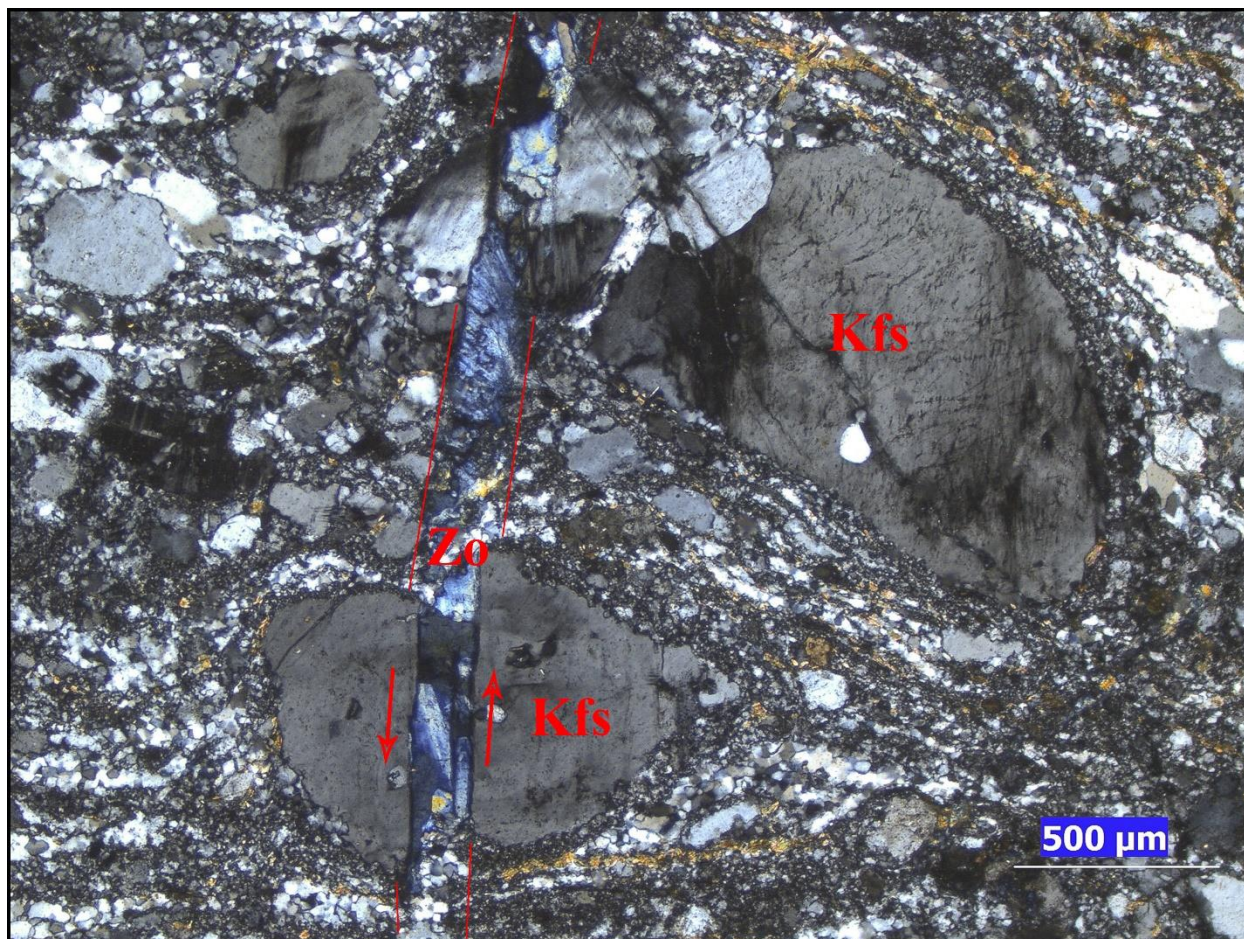
Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intergranular que cortan la matriz cuarzosa recristalizada dinámicamente y porfiroclastos de plagioclasa y feldespato potásico. Estas microfracturas muestran dilatación, desplazamiento y se encuentran rellenas por zoisita, la cual es probablemente es de origen hidrotermal (Figura 55).

El microfracturamiento en plagioclasa y feldespato potásico es prominente hasta una temperatura aproximada 500°C.

También, se presenta en feldespato potásico, porfiroclastos con microfractura tipo domino o microestructura bookshelf, las cual es producto de esfuerzos de cizalla (Figura 56).

Figura 55

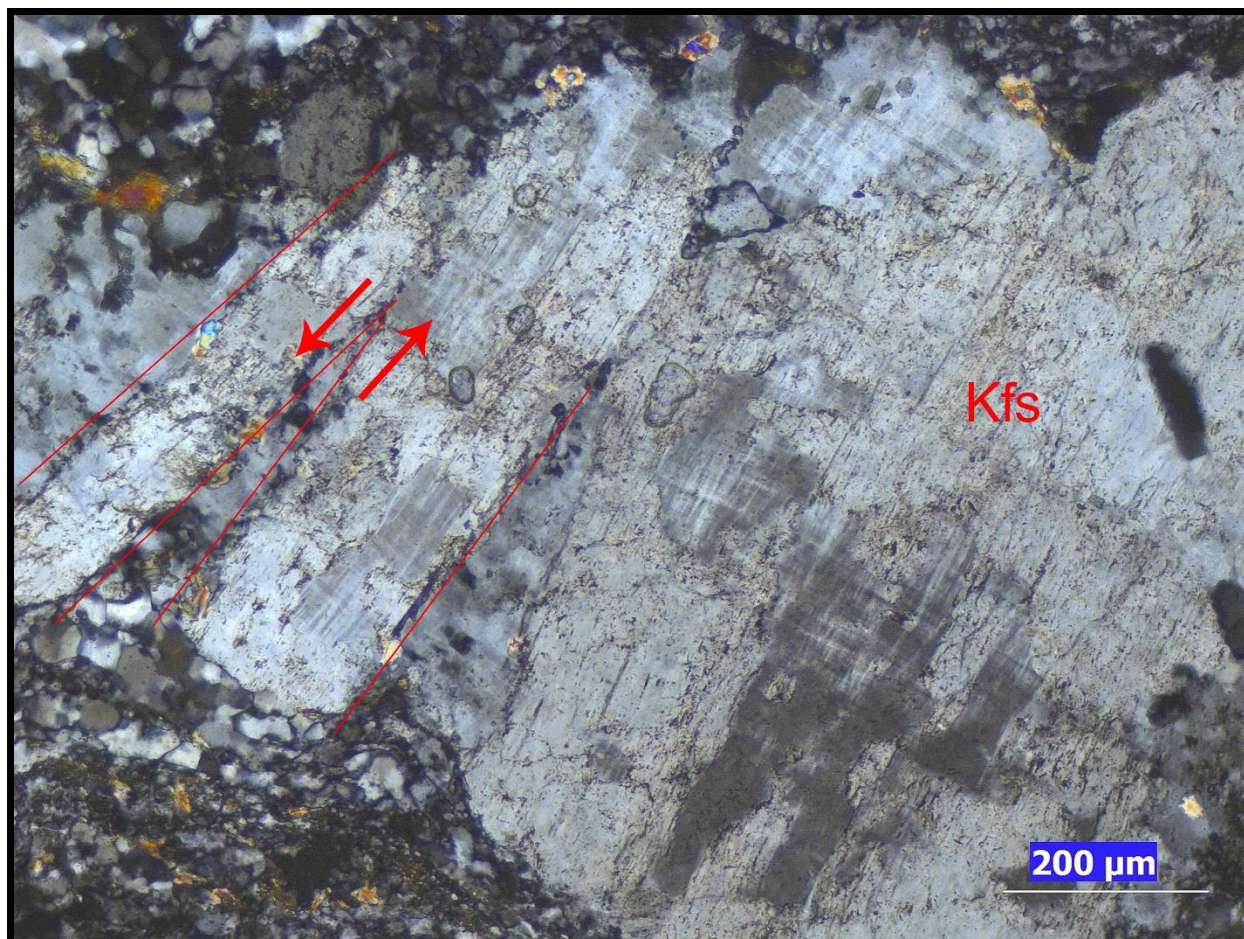
Fotomicrografía microfracturamiento intergranular, HQ-74



Nota. En la fotomicrografía se delimita con líneas rojas una microfractura intergranular que presenta dilatación y desplazamiento y esta rellena por zoisita de posible origen hidrotermal. Se aprecia una fuerte extinción ondulosa en los porfiroclastos de feldespato potásico. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 56

Fotomicrografía microfracturamiento intragranular, sección HQ-74



Nota. En la fotomicrografía se observa un porfiroclasto de feldespato potásico, tipo domino o microestructura bookshelf, en el cual se aprecia la microfracturación del feldespato potásico en fragmentos alargados los cuales se mueven entre sí, indicando un sentido de cizalla dextral. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Dúctiles

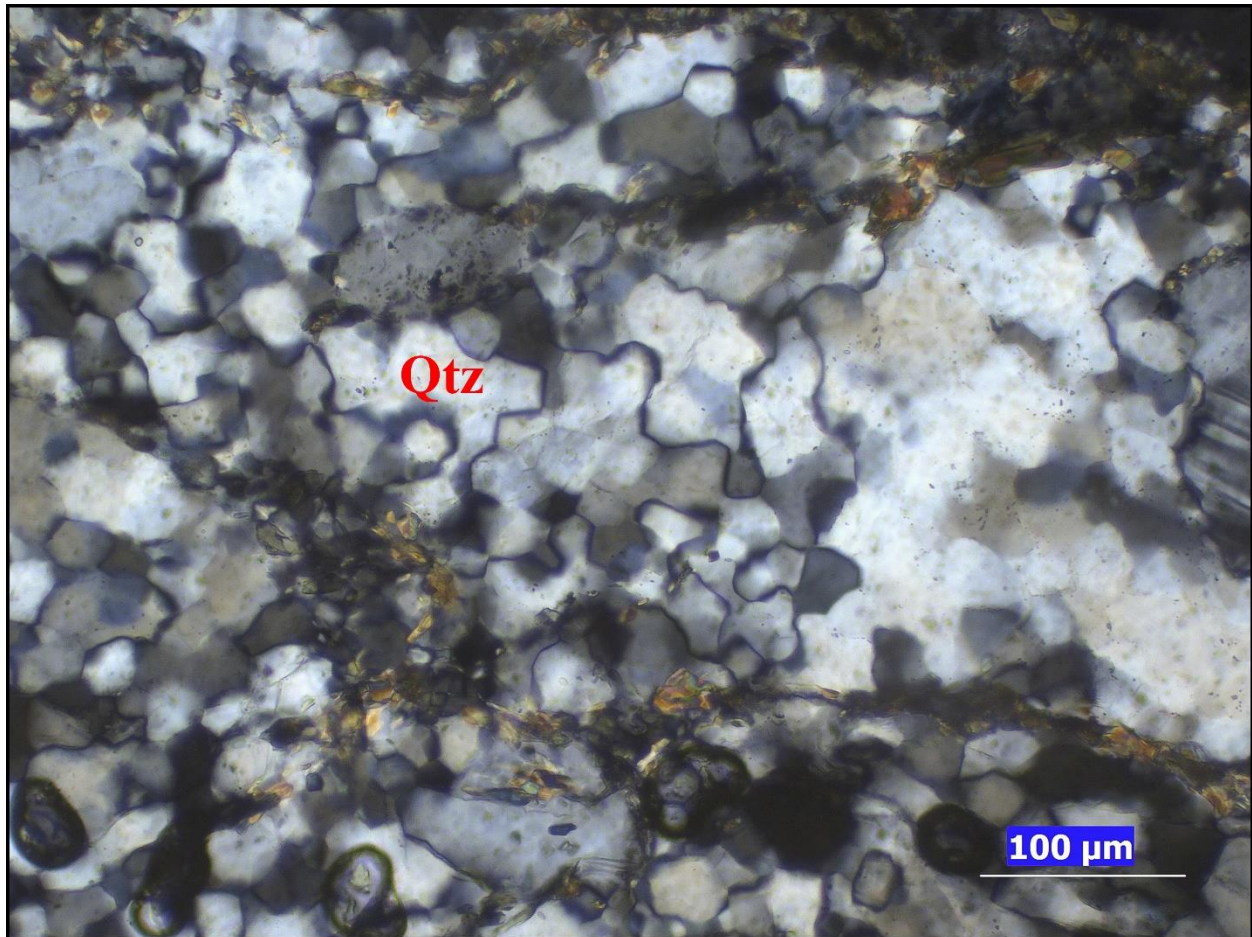
Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa apreciable en feldespato potásico y plagioclasa, indicando que las redes cristalinas de los granos y porfiroclastos de feldespato potásico y plagioclasa se encuentran ligeramente flexionadas y contiene una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. La extinción ondulosa en feldespato potásico puede ser prominente hasta temperaturas aproximadas de 600°C (Figura 55).

Recuperación: se presentan microestructuras de recuperación en cuarzo como límites de subgranos y por consiguiente subgranos. Debido al aumento de temperatura, las dislocaciones en los granos de cuarzo se han movilizadas y agrupado en redes planas o límites de subgranos. Estos límites son más netos y los subgranos formados son más poligonales. Las microestructuras de recuperación en cuarzo son abundantes en temperaturas aproximadas de 400°C a 500°C (Figura 57).

Recristalización dinámica: en cuarzo se presenta un régimen combinado de recristalización dinámica SGR dominante y BLG en menor medida, indicando que hubo una deformación constante la cual agregaba continuamente dislocaciones a los granos de cuarzo, pero debido al aumento de temperatura las dislocaciones se movilizaron y acumularon en los límites de subgranos haciendo que estos rotaran más de 10° con respecto a los granos anfitriones, dando paso a nuevos granos (Figura 58). En feldespato potásico se presenta recristalización dinámica BLG por nucleación de nuevos granos, la cual sucede a lo largo de antiguos granos, formando estructuras de núcleo y manto, con un manto de grano fino producto de la recristalización SGR incipiente. La recristalización BLG en feldespato potásico y plagioclasa ocurre aproximadamente entre los 450°C a 600°C (Figura 59).

Figura 57

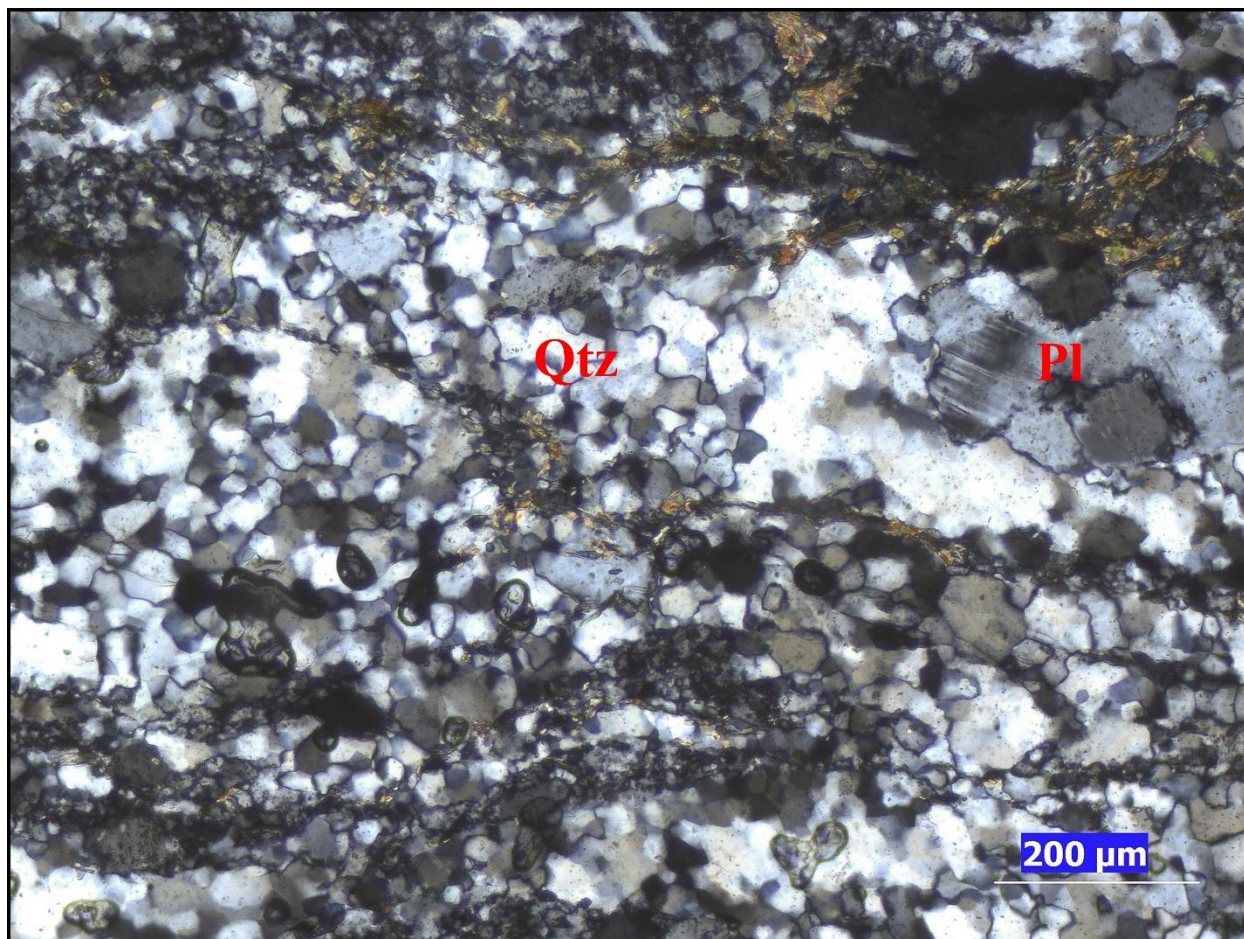
Fotomicrografía recuperación, sección HQ-74



Nota. En la fotomicrografía se observan límites de subgranos y subgranos en cuarzo. Se puede apreciar la forma semipoligonal de los subgranos. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

Figura 58

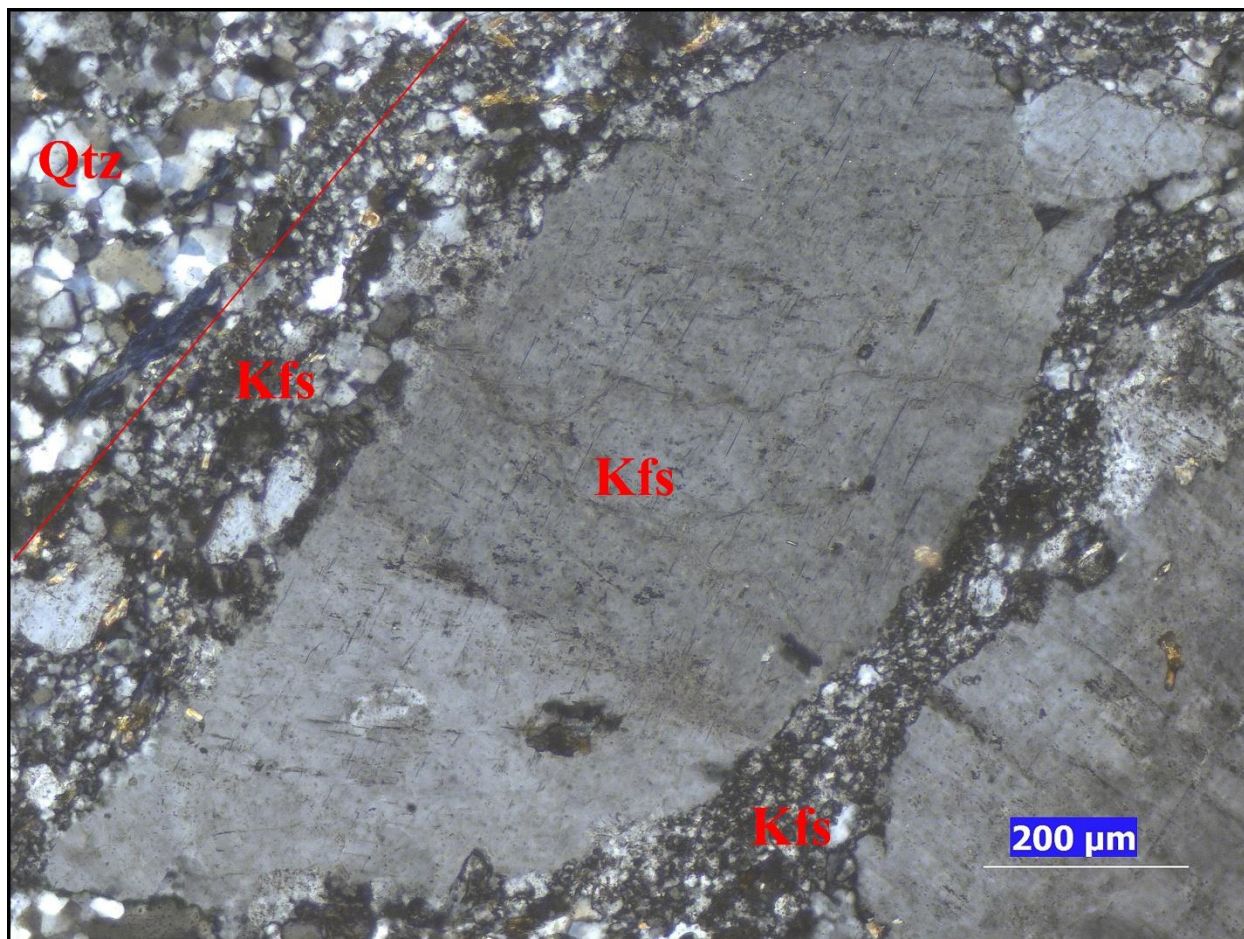
Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-74



Nota. En la fotomicrografía se observa un agregado de granos de cuarzo producto de la recristalización dinámica SGR y en menor medida BLG. Se pueden apreciar microestructuras de límites de subgranos y subgranos. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 59

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-74

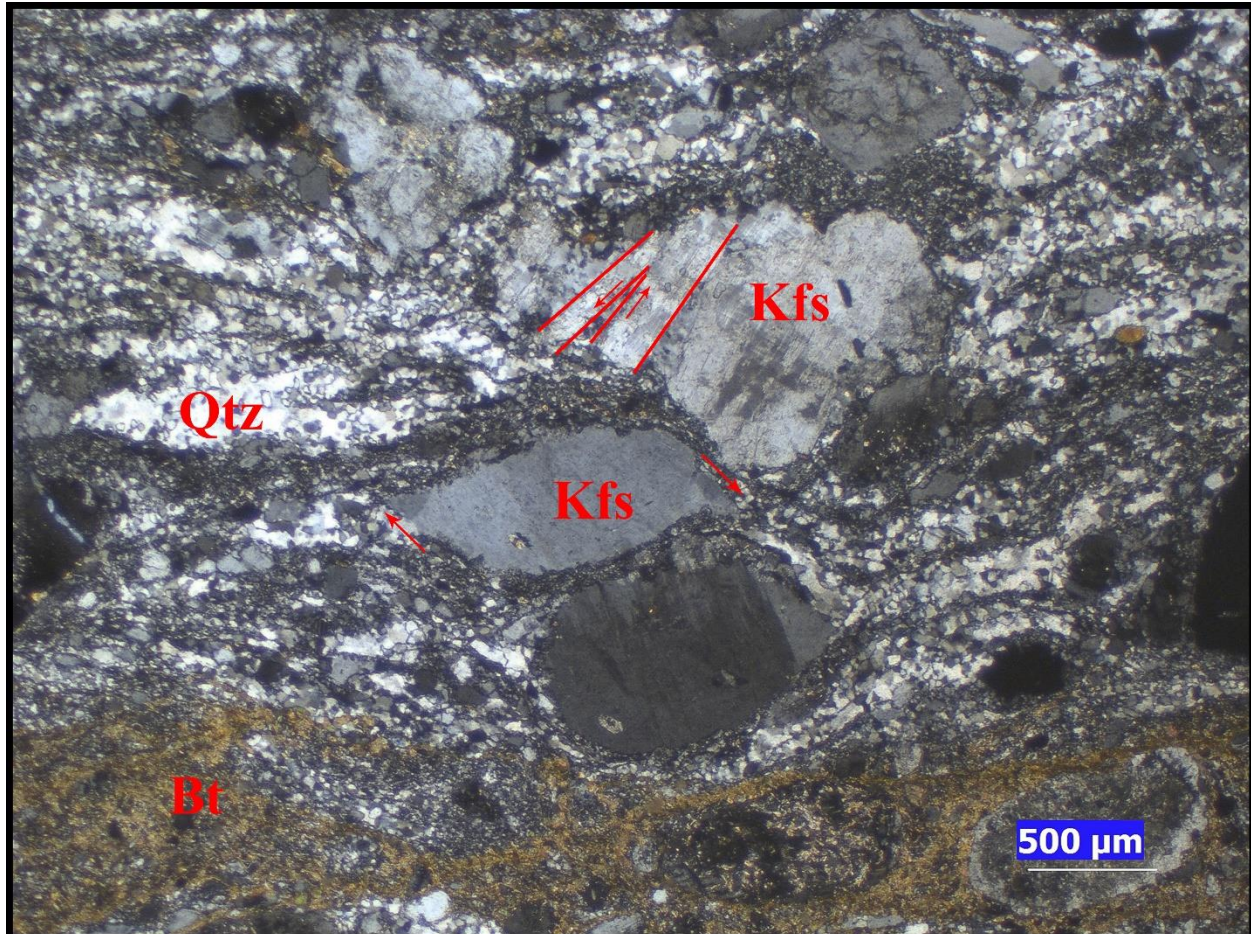


Nota. En la fotomicrografía se observa un porfiroclasto sigmoide de feldespato potásico el cual presenta un manto de grano fino delimitado por la línea roja, producto de la recristalización dinámica BLG. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

11.3 Indicadores del sentido de cizalla

Figura 60

Fotomicrografía indicadores de cizalla, sección HQ-74



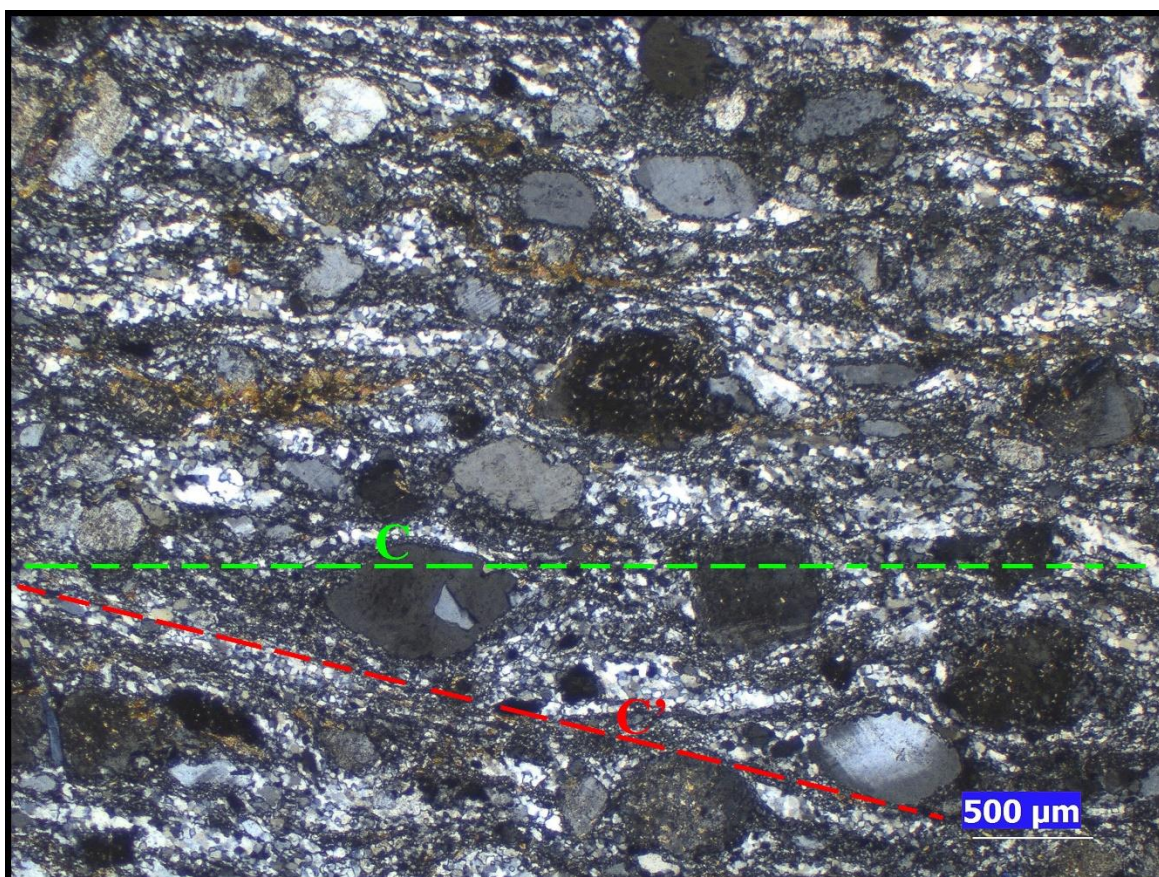
Nota. En la parte central de la microfotografía se observa un porfiroclasto de núcleo y manto con forma sigmoide, el cual a su alrededor tiene un manto recristalizado de tamaño de grano fino, este porfiroclasto indica un sentido de cizalla sinistral. En la parte central superior se observa un porfiroclasto de feldespato potásico tipo domino o microestructura bookshelf. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

11.4 Clasificación

Se realizó un conteo modal de 307 puntos donde la relación matriz-porfiroclastos es: matriz 97 puntos, que representan un 31.1%; porfiroclastos 215, que representa un 68.9%, indicando una proporción de matriz menor al 50% clasificándose como una protomilonita. Los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas identificadas en cuarzo y feldespato potásico permiten estimar una temperatura de deformación de la roca entre los 400°C y los 500°C y presiones entre los 4kbar y 5kbar (Figura 61).

Figura 61

Fotomicrografía general, sección HQ-74



Nota. En la fotomicrografía se observa la microtextura general de la sección HQ-74. Se puede

apreciar el mayor porcentaje de porfiroclastos de feldespato potásico con respecto a la matriz. La matriz está compuesta mayormente de granos finos de cuarzo y en menor medida de feldespato potásico producto de la recristalización dinámica. Se presenta una foliación milonítica definida por el cuarzo recristalizado dinámicamente. Con una línea verde se señala la banda C y con una línea roja la banda C', indicando un sentido de cizalla dextral. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x

12. SECCIÓN HQ-75

12.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico

Minerales menores: moscovita

Minerales accesorios: titanita, opacos.

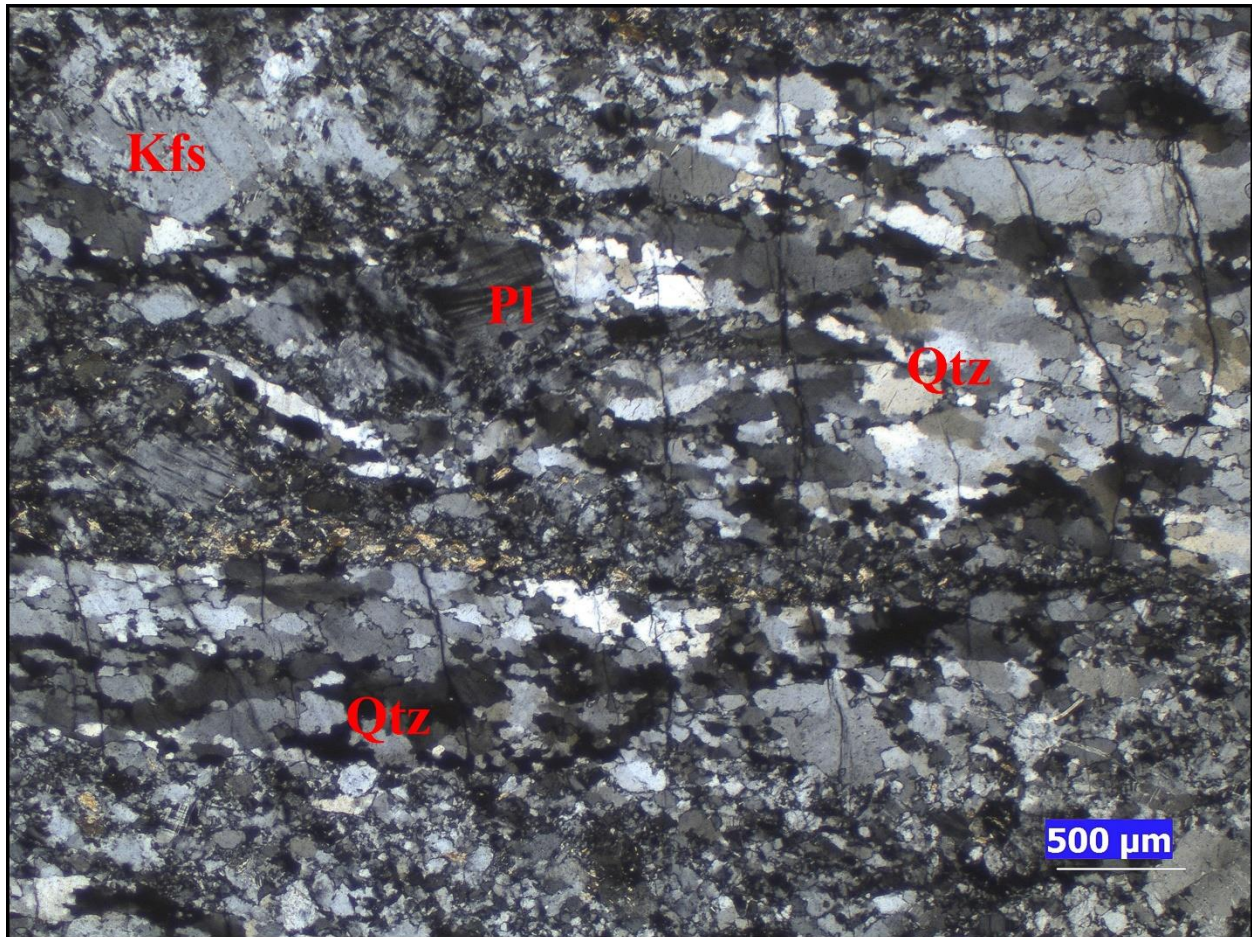
12.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intergranular semiparalelo que afecta principalmente agregados de cuarzo recristalizados dinámicamente (Figura 62). La plagioclasa y el feldespato potásico presentan microfracturamiento intragranular. Las microfracturas no se encuentran rellenas. En cuarzo el microfracturamiento puede ser prominente hasta aproximadamente los 400°C y en feldespato potásico y plagioclasa hasta los 500°C.

Figura 62

Fotomicrografía microfracturamiento intergranular, sección HQ-75



Nota. En la fotomicrografía se puede apreciar un conjunto de microfracturas semiparalelas que afecta agregados de cuarzo recristalizados dinámicamente y la matriz. Las microfracturas no se encuentran rellenas por algún mineral. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

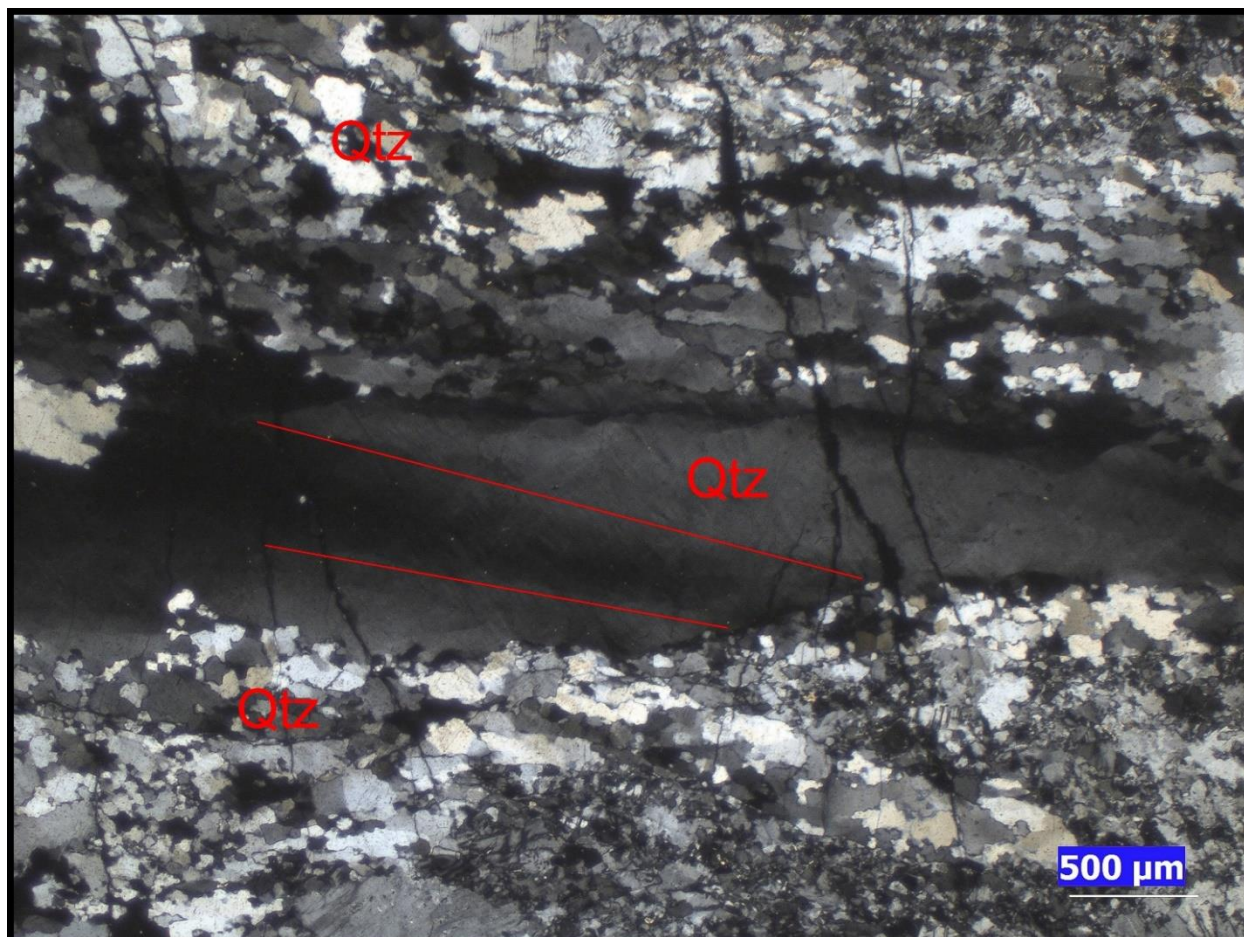
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa en granos de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico, indicando que las redes cristalinas de los granos se encuentran ligeramente flexionadas y tienen una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

En cuarzo la extinción ondulosa puede ser prominente hasta aproximadamente los 400°C y en plagioclasa y feldespato potásico hasta aproximadamente los 500°C a 600°C (Figura 63).

Figura 63

Fotomicrografía deformación intracristalina, sección HQ-75



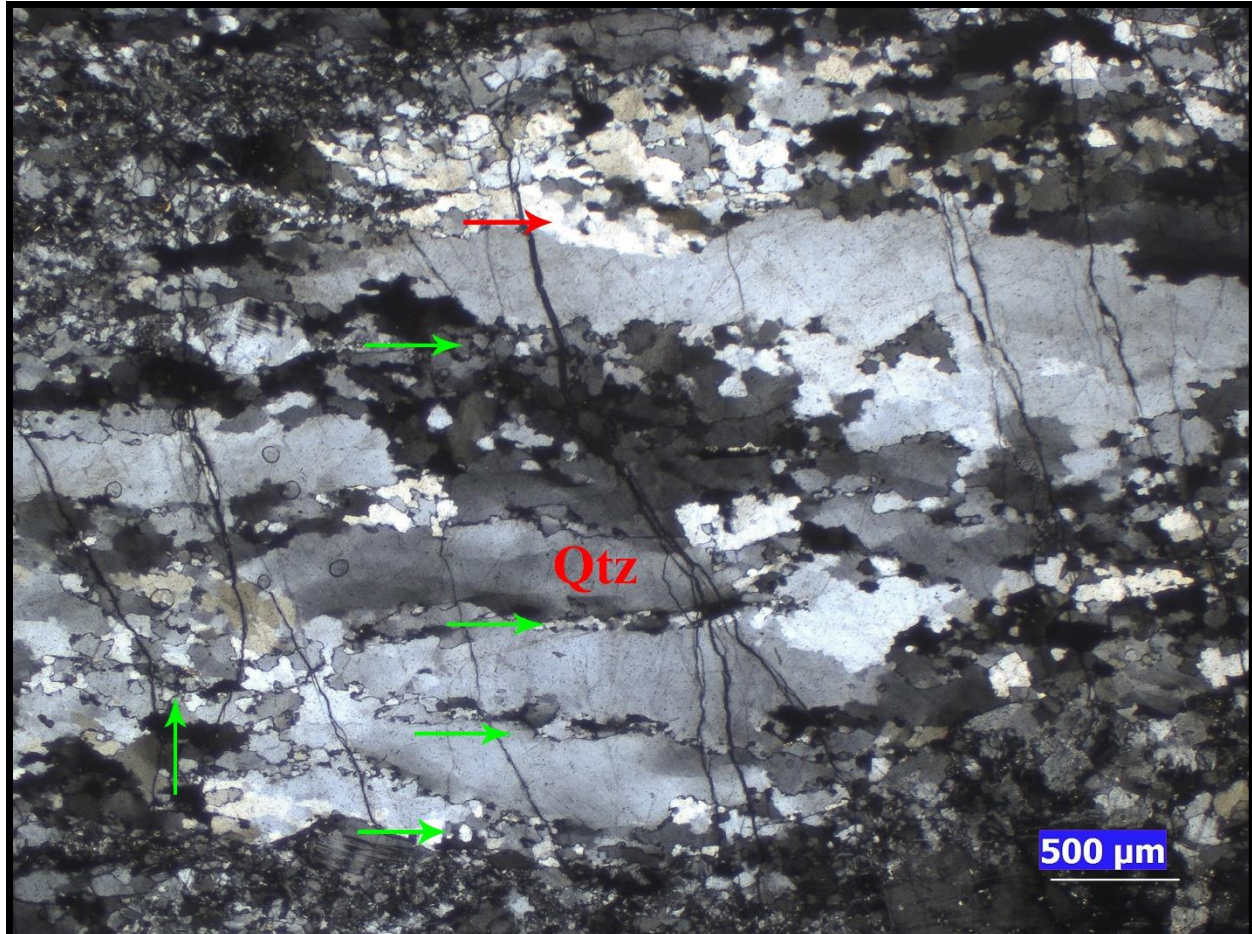
Nota: en la fotomicrografía se observa un grano alargado de cuarzo el cual presenta una etapa de transición entre extinción ondulosa a bandas de deformación. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Recuperación: se presenta una ligera recuperación, evidenciada por una transición entre extinción ondulosa a bandas de deformación, indicando que ha ocurrido una leve movilidad y agrupamiento de dislocaciones (Figura 63).

Recristalización dinámica: se presenta un régimen combinado de recristalización dinámica BLG dominante y SGR incipiente en cuarzo; y recristalización dinámica BLG en feldespato potásico y plagioclasa. Se aprecian granos de cuarzos elongados, con extinción ondulosa dominante y con algunas leves microestructuras de recuperación muy sectorizadas. Los granos presentan recristalización dinámica BLG evidenciada por sus límites de grano lobulados de pequeña amplitud, protuberancias y algunos nuevos granos por la separación de algunas protuberancias (Figura 64). En feldespato potásico y plagioclasa se pueden observar algunos porfiroclastos de núcleo y manto incipientes, cuyo manto es de grano fino producto de la recristalización dinámica, el límite entre el núcleo y el manto es poco definido. Las características de la recristalización dinámica BLG en cuarzo indican una temperatura aproximada de deformación de 400°C y para el feldespato potásico de 400°C a 500°C.

Figura 64

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-75



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas verdes la recristalización dinámica BLG, se pueden observar bordes fuertemente lobulados y abultados y se observan algunos nuevos granos producto de la separación de las protuberancias, la recristalización BLG ocurre preferencialmente entre los granos alargados. Por otra parte, se señala con flechas rojas la recristalización dinámica SGR, la cual es incipiente, se observan algunos subgranos y granos nuevos producto de la rotación de los subgranos. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

12.3 Clasificación

Se realizó un conteo modal de 338 puntos donde la relación matriz-porfiroclastos es: matriz 132 puntos, que representa un 39%; porfiroclastos 206, que representan un 61%, indicando una proporción de matriz menor al 50%, clasificándose como una protomilonita. La roca presenta una ligera orientación milonítica indicada por granos relictos elongados de cuarzo y los granos producto de la recristalización dinámica. Los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas en cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico permite deducir que la roca se deforma en un ambiente de transición entre un régimen frágil y cristal plástico, indicando una temperatura de deformación aproximada de 400°C y una presión de 4kbar.

13. SECCIÓN DELGADA HQ-76

13.1 Composición mineralógica

Minerales principales: cuarzo

Minerales menores: feldespato potásico

Minerales accesorios: moscovita, opacos.

13.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

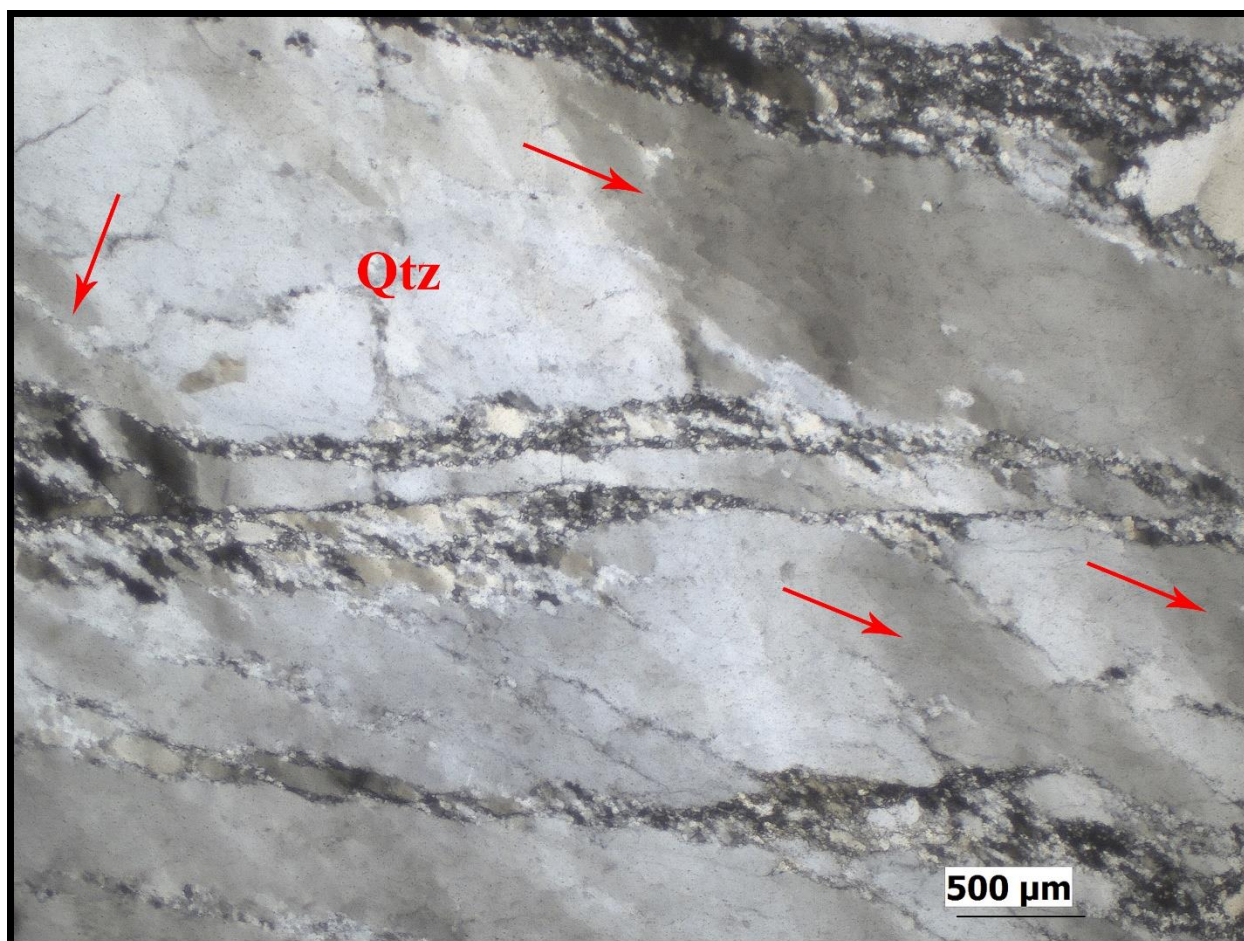
Microfracturamiento: Se presenta leve microfracturamiento intragranular en cuarzo. Las microfracturas intragranulares no presentan ninguna orientación preferencial y no se encuentran rellenas por algún mineral.

Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta una transición entre extinción ondulosa y bandas de deformación en granos de cuarzo. La extinción ondulosa nos indica que las dislocaciones presentes en los granos no se han agrupado en su gran mayoría (Figura 65).

Figura 65

Fotomicrografía deformación intracristalina, sección HQ-76



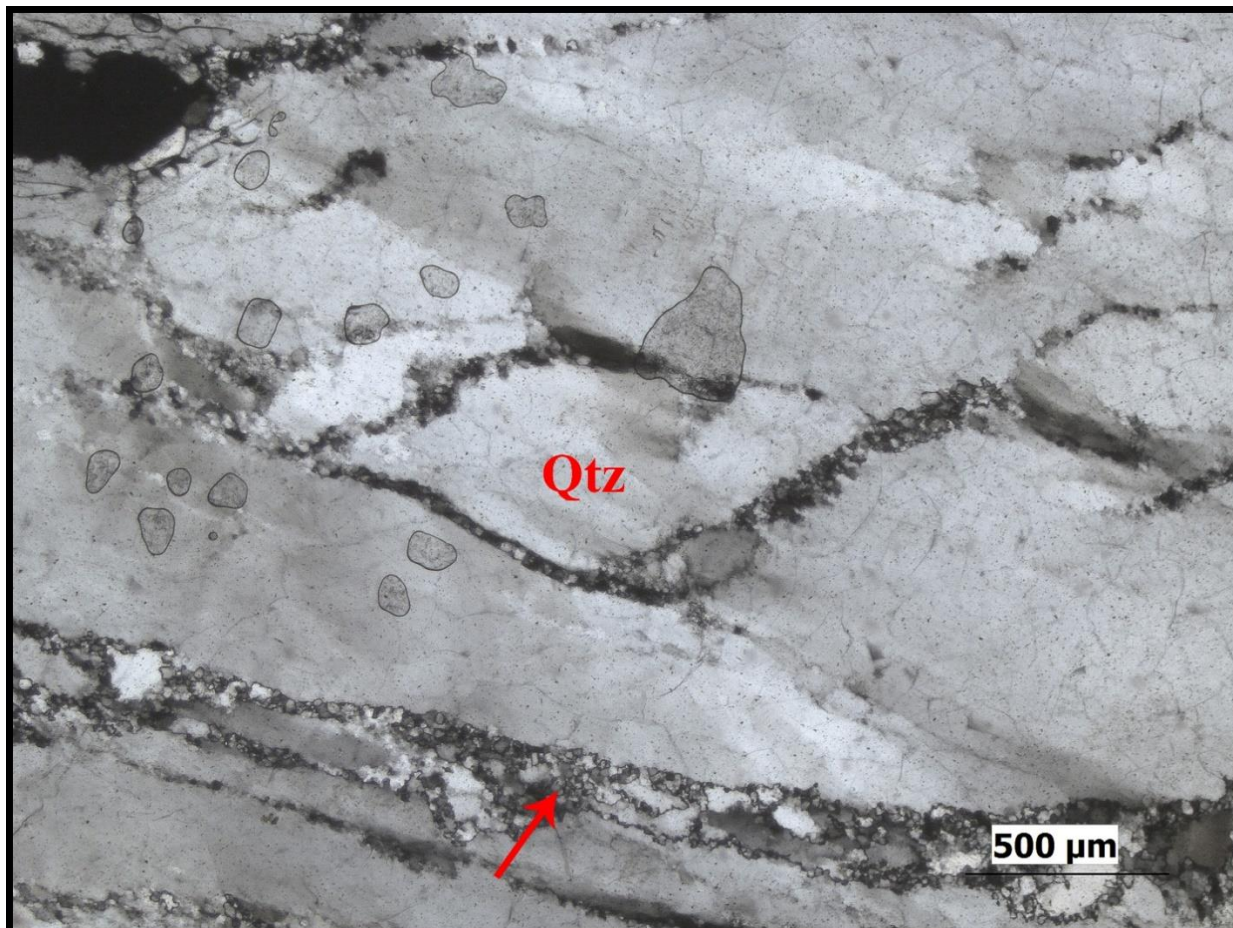
Nota. En la fotomicrografía se observa una leve transición entre extinción ondulosa y bandas de deformación señalizadas por las líneas rojas. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Recuperación: debido al aumento de temperatura las dislocaciones presentes en los granos de cuarzo, empiezan a moverse y agruparse, en este caso, en redes semiregulares y semiplanas que serán las bandas de deformación y planos netos que son los límites de subgranos.

Recristalización dinámica: se presentan recristalización dinámica BLG en cuarzo, el aumento de temperatura hace que los bordes de grano migren de granos con baja densidad de dislocaciones a granos vecinos con una alta densidad de dislocaciones, creando protuberancias de pequeña amplitud las cuales algunas se separan, creando un grano nuevo (Figura 66). Por otro parte, se presenta recristalización dinámica SGR, debido al aumento de temperatura las dislocaciones se organizan en límites de subgranos, los cuales rotan progresivamente hasta que la diferencia de orientación cristalográfica entre el grano anfitrión sea 10° , punto en el cual se cataloga como un nuevo grano independiente con una orientación cristalográfica diferente al grano anfitrión (Figura 67). La recristalización dinámica dominante en la roca es la recristalización SGR, indicando temperaturas de deformación entre los 400°C y 500°C .

Figura 66

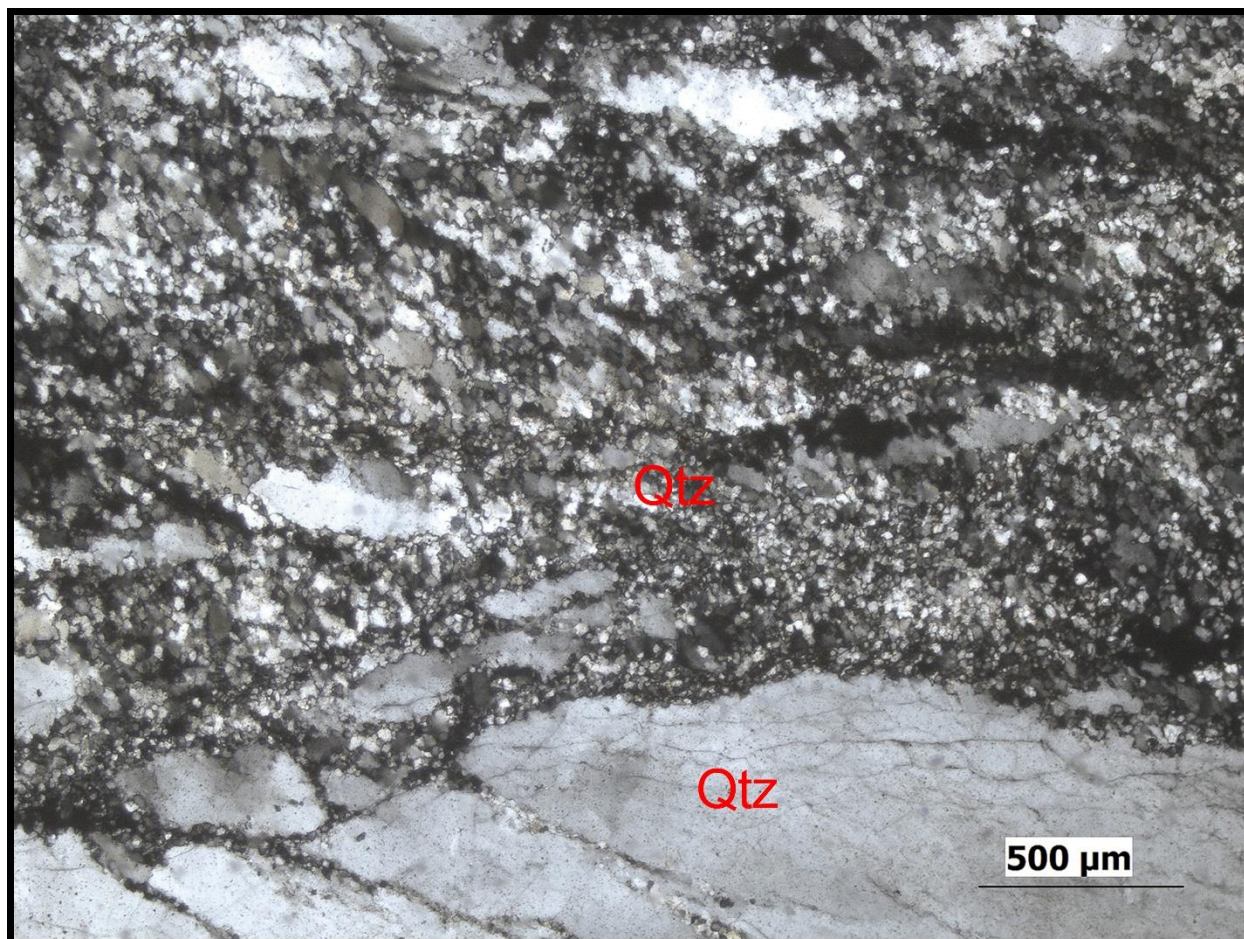
Fotomicrografía recristalización dinámica BLG, sección HQ-76



Nota. En la fotomicrografía se señala en rojo recristalización BLG, se observan bordes lobulados de pequeña amplitud y granos nuevos de tamaño de grano fino producto de la separación de las protuberancias. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 67

Fotomicrografía recristalización SGR, sección HQ-76



Nota. En la parte superior de la fotomicrografía se observa un agregado de granos de cuarzo de tamaño de grano fino, los cuales en su mayoría son producto de la desorientación progresiva de los subgranos hasta formar nuevos granos que tienen una orientación cristalográfica preferencial y diferente de los granos anfitrión y los granos vecinos de mayor tamaño y alargados, se observan algunos relictos de los granos antiguos que sufrieron recristalización SGR. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

13.3 Clasificación

Las diferentes microestructuras de deformación identificadas en cuarzo como las abundantes microestructuras de recuperación representadas por las bandas de deformación, los subgranos y la recristalización dinámica SGR indican temperaturas de deformación dominantes entre los 400°C y 500°C y presiones entre los 4kbar y los 5kbar. La roca tiene una composición de cuarzo mayor el 90% y se clasifica como una cuarcita deformada.

14. SECCIÓN DELGADA HQ-77

14.1 Composición mineralógica

Minerales principales: calcita

Minerales mayores: dolomita

Minerales accesorios: opacos

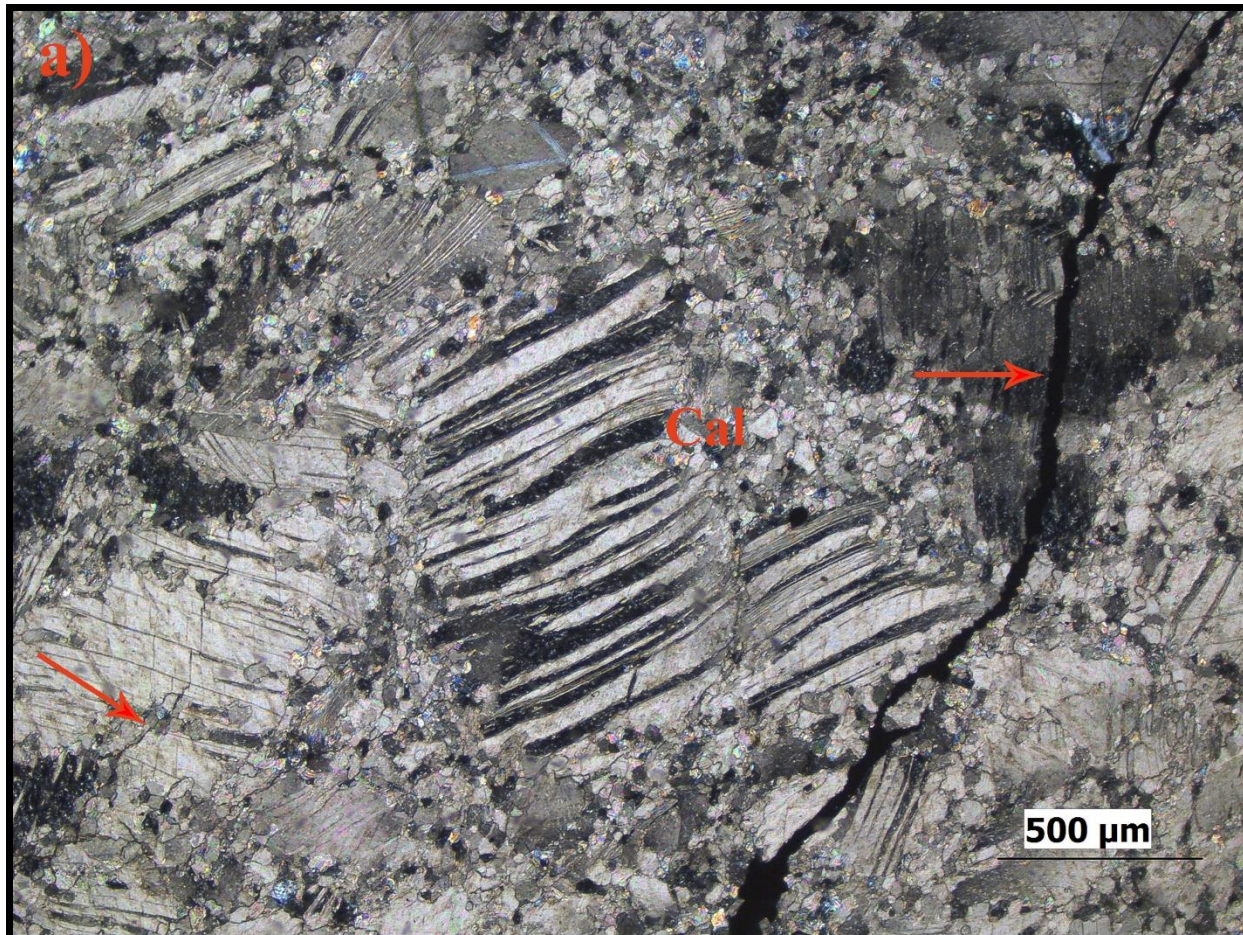
14.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

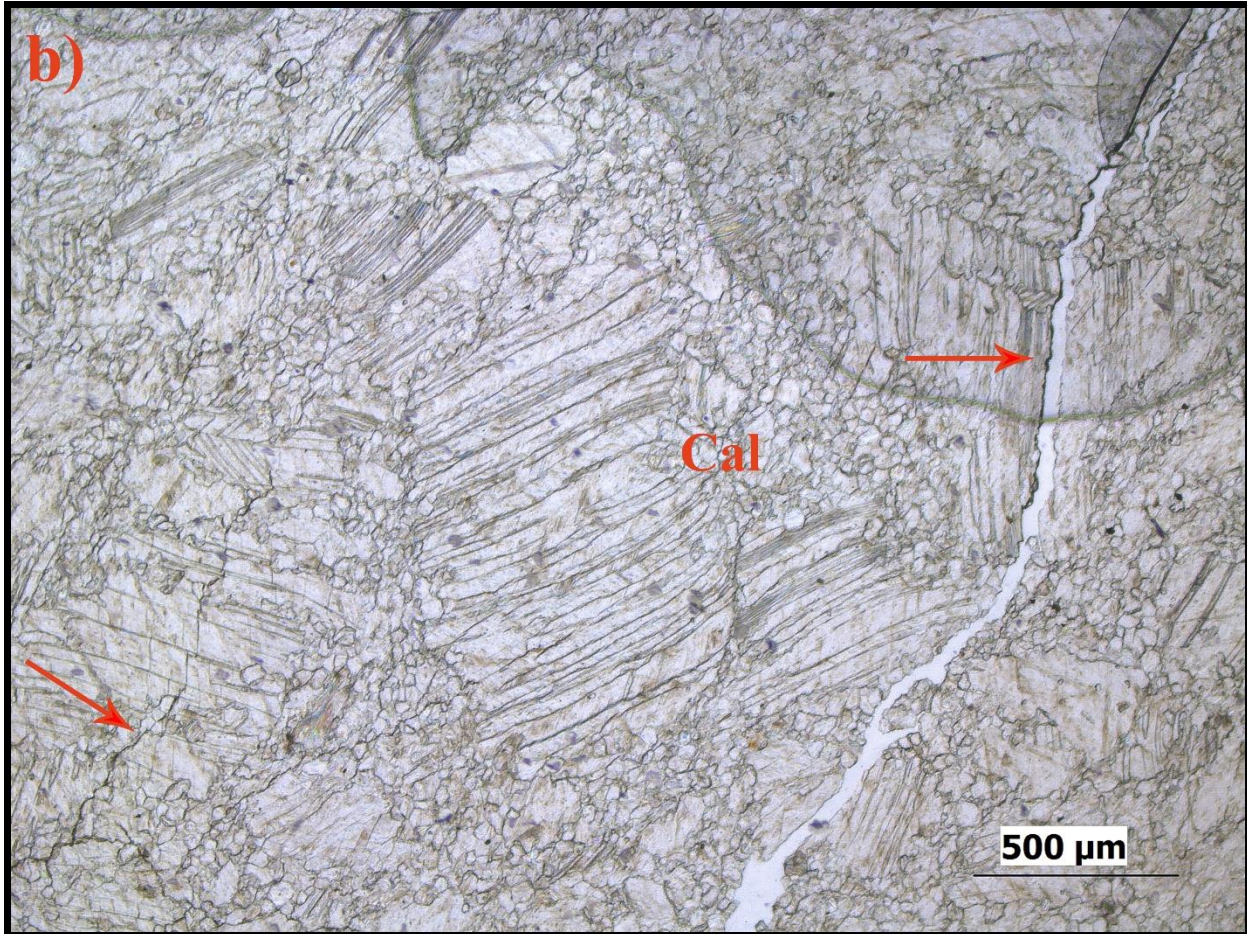
Microfracturamiento: Se presentan microfracturas intergranulares en agregados de calcita, las cuales indican una roca con baja porosidad y compacta. Las microfracturas no se encuentran rellenas (Figura 68).

Figura 68

Fotomicrografía microfracturamiento intergranular, sección HQ-77



Nota. En la fotomicrografía se observan fracturas intergranulares que cortan agregados de calcita, presentan diferente tamaño, grosor y no se encuentran rellenass. Las maclas presentan limites irregulares y levemente difusos y terminan antes de alcanzar el límite de grano, indicando una recristalización incipiente. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.



Nota. Fotomicrografía en polarizadores paralelos, objetivo 4x.

Dúctiles

Maclado por deformación: Se presentan los cuatro tipos de maclas de la calcita,: maclas delgadas y rectas, maclas gruesas y rectas (Figura 69), maclas gruesas y curvas y maclas con recrystalización (Figura 68), indicando un aumento progresivo en la temperatura de deformación desde aproximadamente los 200°C a 300°C.

Figura 69

Fotomicrografías maclas de deformación en calcita, HQ-77



Nota. En la fotomicrografía a se observan en su mayoría maclas delgadas y rectas y en menor proporción maclas gruesas y rectas. Se evidencian principalmente en granos gruesos. Las maclas se encuentran flexionadas, indicando que hubo deformación por kinking, posterior al maclado por deformación. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x

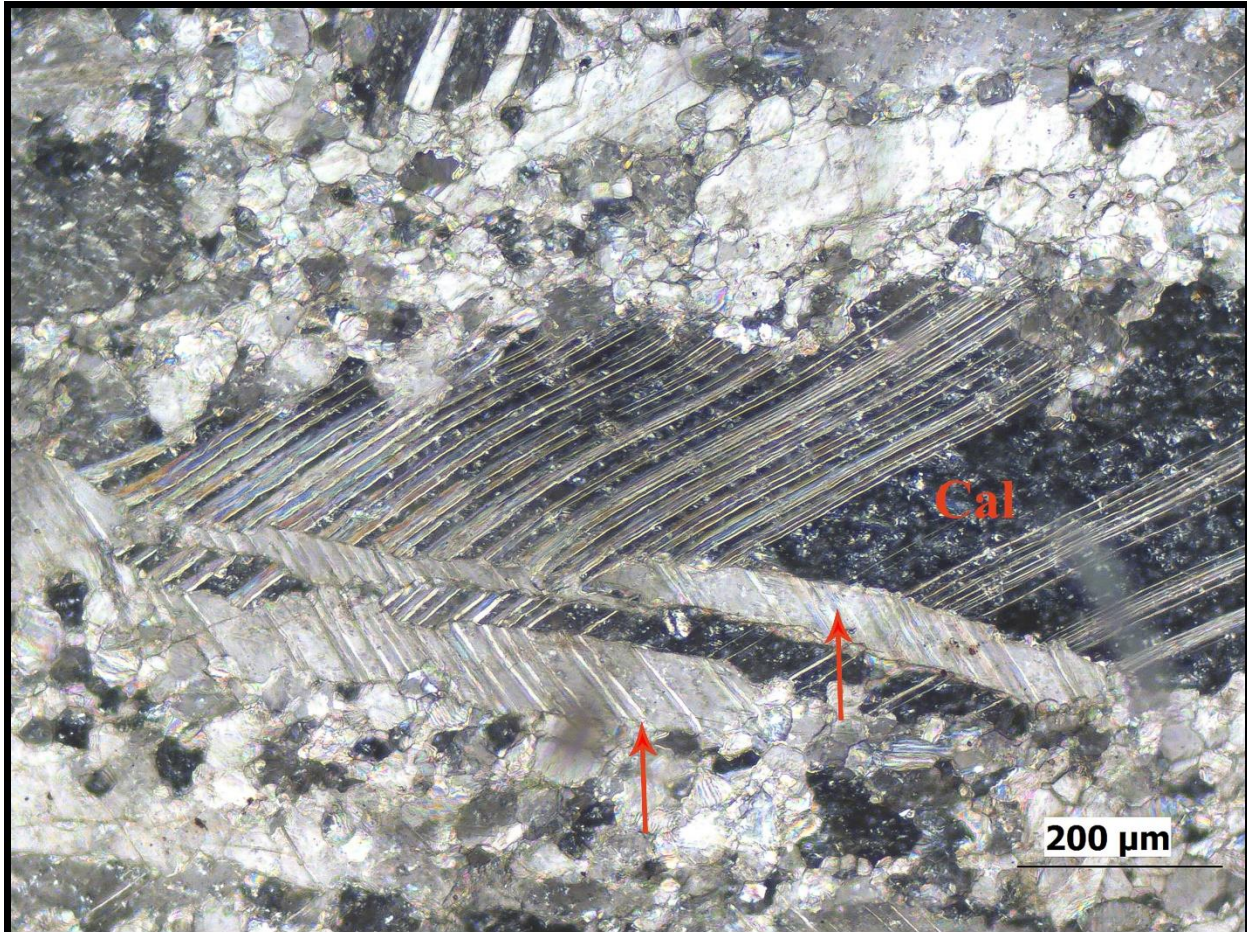


Nota. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Kinking: Los granos de calcita presentan una fuerte flexión que se concentran en bandas kink, que son la parte grano que experimento flexión respecto a otra parte del mismo grano que no experimento flexión (Figura 70).

Figura 70

Fotomicrografía kinking, sección HQ-77



Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de calcita que presenta kinking, con las flechas rojas se señalan las bandas kink, es decir, las partes del grano que se flexionaron, exhibiendo una forma escalonada. Las maclas delgadas y rectas se encuentran flexionadas debido al kinking, el cual fue posterior al maclado. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: las maclas presentan bordes irregulares y levemente difusos, los cuales han sido modificados por recristalización dinámica evidenciando una movilidad de los

límites de maclas debido al incremento de temperatura, indicando temperaturas superiores a los 250°C (Figura 68).

14.3 Clasificación

Según la composición mineralógica, la cual presenta un porcentaje mayor al 90% de carbonatos de calcio, se clasifica como un mármol. Primero, sucedió un evento de metamorfismo de contacto, el cual produjo el mármol y luego sucedió una etapa deformativa representada por microfracturas, presencia de maclado por deformación, kinking y recristalización, indicando temperaturas de deformación entre los 200° y 300°C y presiones entre los 2Kbar y 3Kbar. La roca se clasifica como un mármol deformado.

15. SECCIÓN DELGADA HQ-78

15.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: silimanita, feldespato potásico, biotita, cuarzo

Minerales menores: moscovita, óxidos de hierro

Minerales accesorios: opacos, olivino.

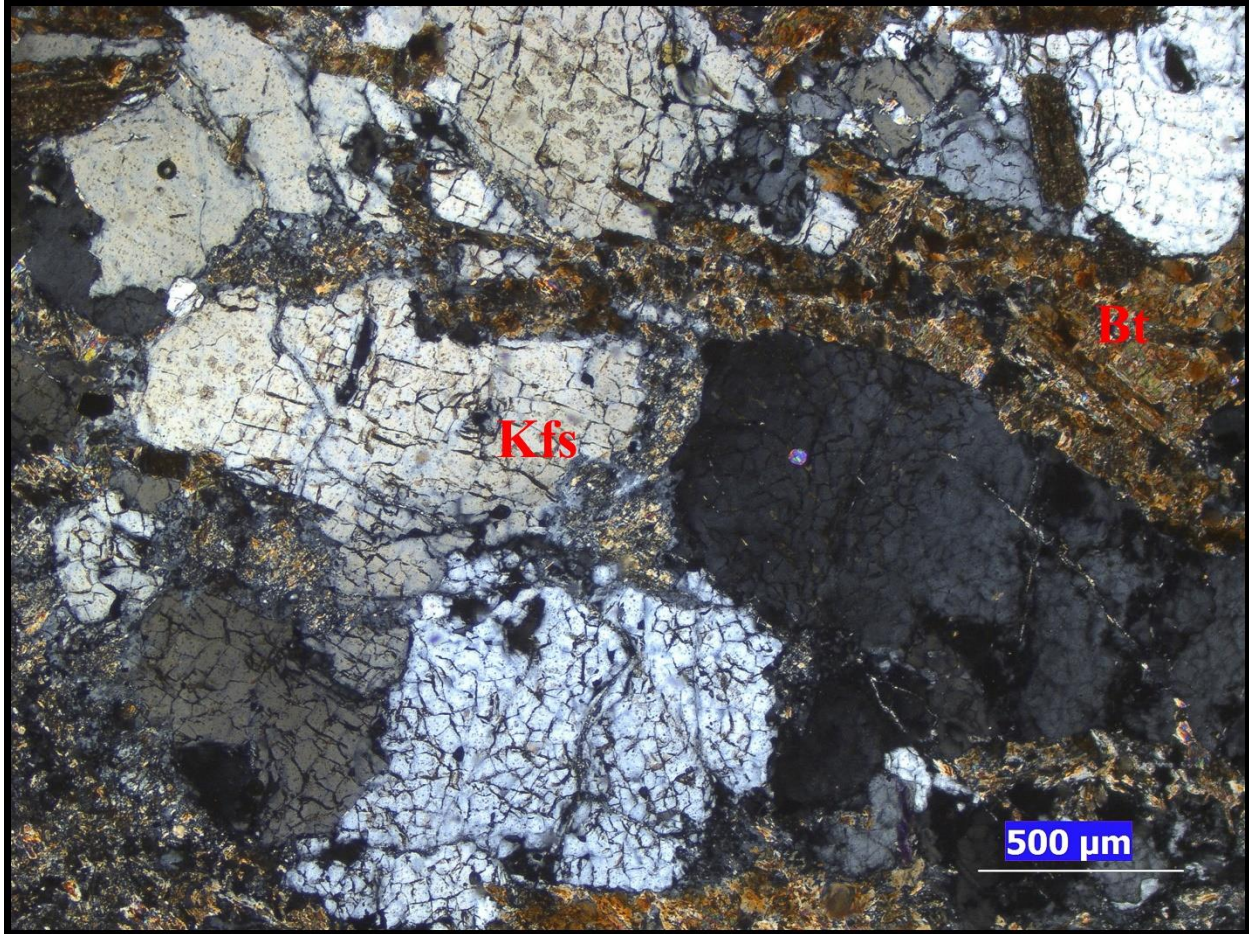
15.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intragranular en feldespato potásico, el microfracturamiento intragranular puede ser prominente en feldespato potásico hasta aproximadamente los 500°C (Figura 71 y 72).

Figura 71

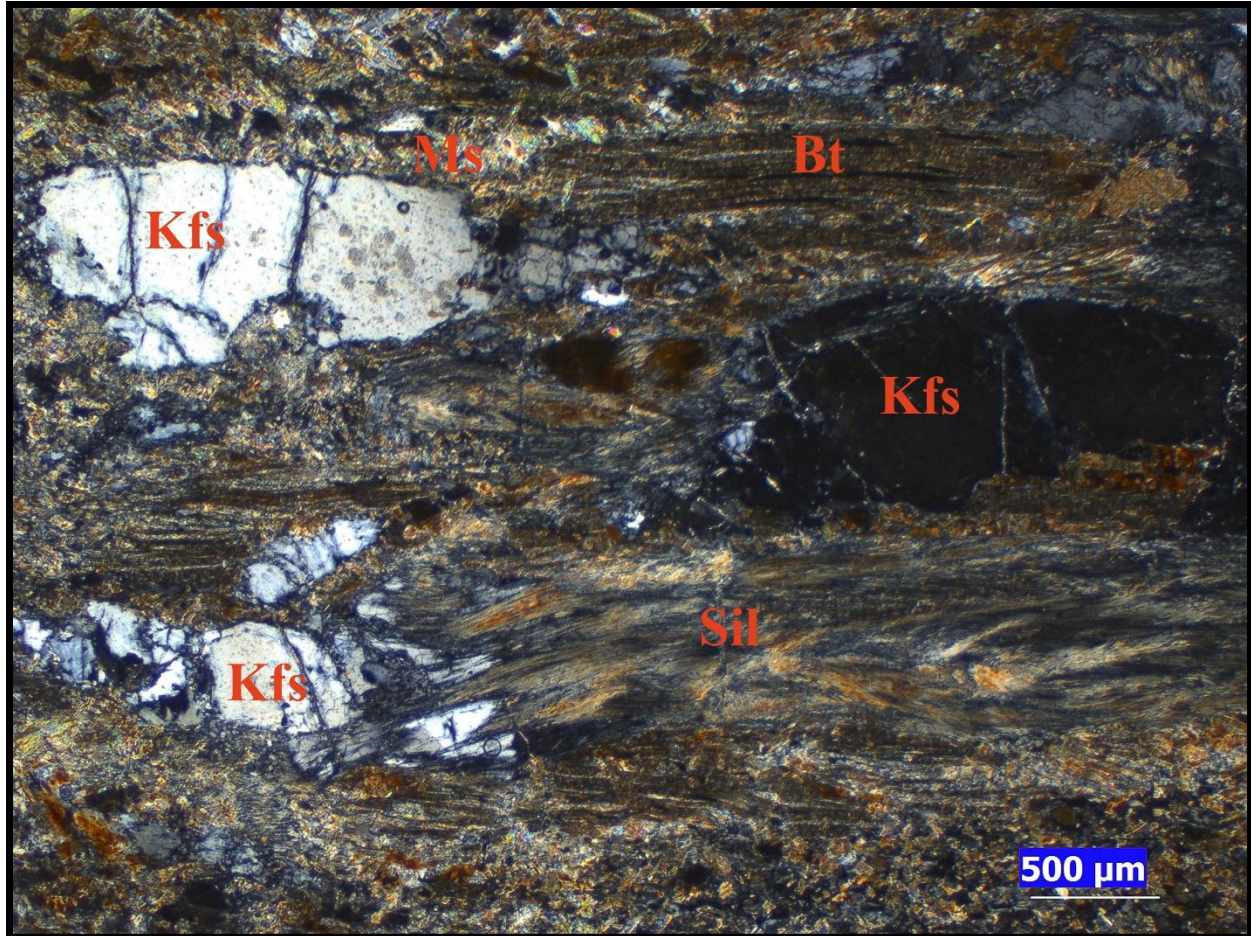
Fotomicrografía microfracturamiento intragranular, sección MD-31



Nota. En la fotomicrografía se observan granos de feldespato potásico que presentan microfracturamiento intragranular, las microfracturas no presentan ninguna orientación preferencial y algunas se encuentran rellenas por minerales opacos. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 72

Fotomicrografía microfracturamiento, sección MD-31



Nota: en la fotomicrografía se observa microfracturamiento intragranular en los porfiroclastos de feldespato potásico. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

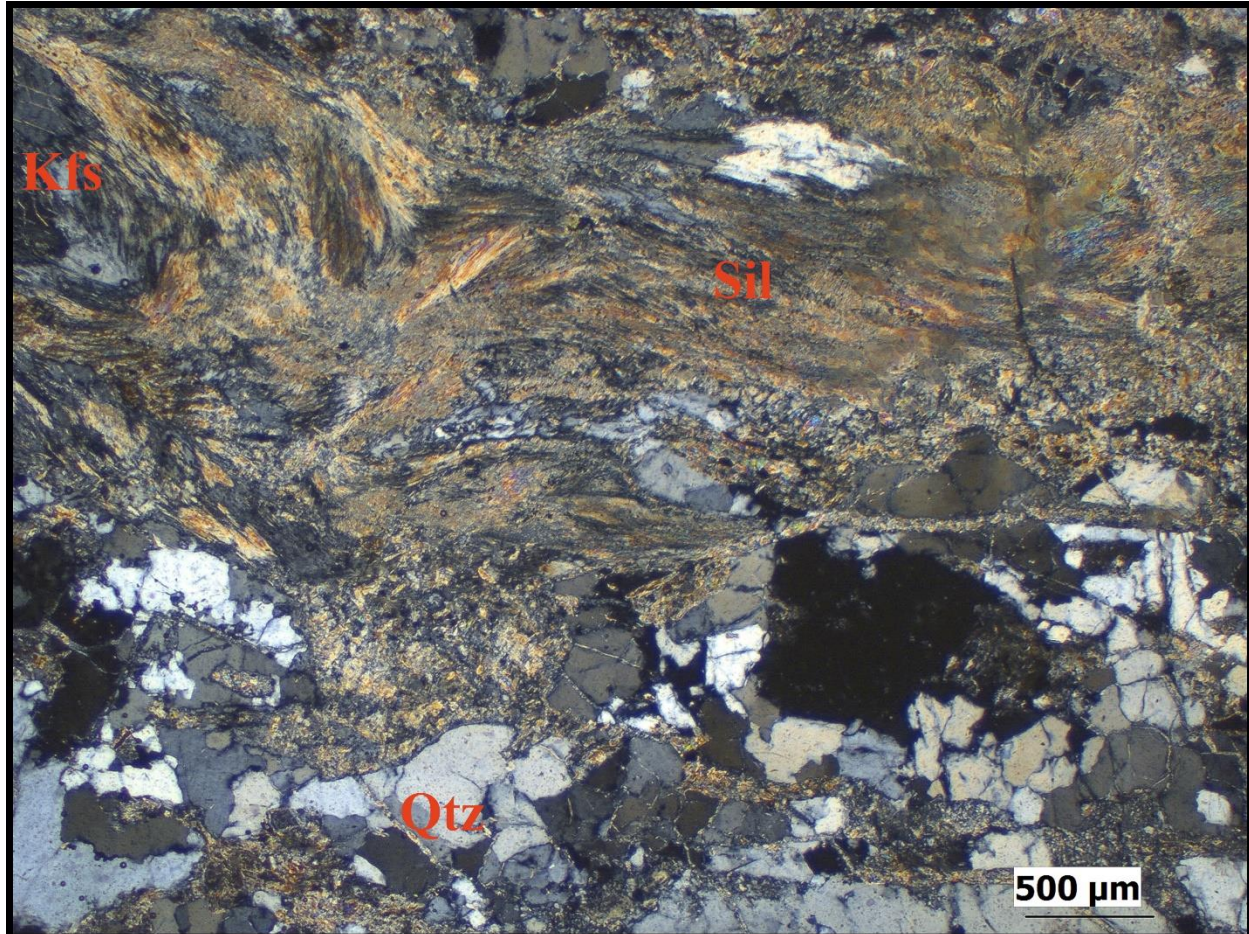
Dúctiles

Recuperación: Se presentan granos de cuarzo que no presentan extinción ondulosa o una extinción uniforme, debido al agrupamiento y eliminación por recristalización dinámica de las dislocaciones presentes.

Recristalización dinámica: Se presenta recristalización GBM dominante y SGR en menor medida en granos de cuarzo. En la recristalización SGR se presentan algunos nuevos granos de tamaño de grano fino, producto de la rotación de los subgranos mayor a 10° . Por otra parte, se presenta recristalización GBM en cuarzo, los granos son de tamaño grueso y con bordes curvos debido a la movilización de estos por la alta temperatura, la movilidad de los límites de grano implica la eliminación de dislocaciones y límites de subgranos. No se presenta formación de nuevos granos y los granos afectados por la recristalización GBM se muestran libres de deformación. El régimen combinado de recristalización dinámica GBM y SGR indican una temperatura aproximada de 500°C (Figura 73).

Figura 73

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-78



Nota. En la fotomicrografía se presenta en la parte inferior izquierda, cuarzo recristalizado dinámicamente por GBM, se observan límites de grano ameboides y curvos debido a la movilidad de estos, provocada por la alta temperatura. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

15.3 Clasificación

La roca presenta una textura cataclástica general, con granos fracturados y sin foliación. La presencia de silimanita, indica un tipo composicional pelítico, altas temperaturas entre los

500°C y 800°C y presiones de hasta 10Kbar. El comportamiento del feldespato potásico el cual es predominantemente frágil, indicando una temperatura de aproximadamente 500°C°. La recrystalización GBM dominante en cuarzo, indica temperaturas entre los 500°C a 700°C. Por lo tanto, se clasifica como una roca de protolito pelítico que presenta evidencia de deformación dúctil en temperaturas promedio entre los 500°C a 700°C y presiones entre los 5Kbar y 8Kbar,

16. SECCIÓN DELGADA HQ-79

16.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, feldespato potásico, biotita

Minerales menores: moscovita, plagioclasa

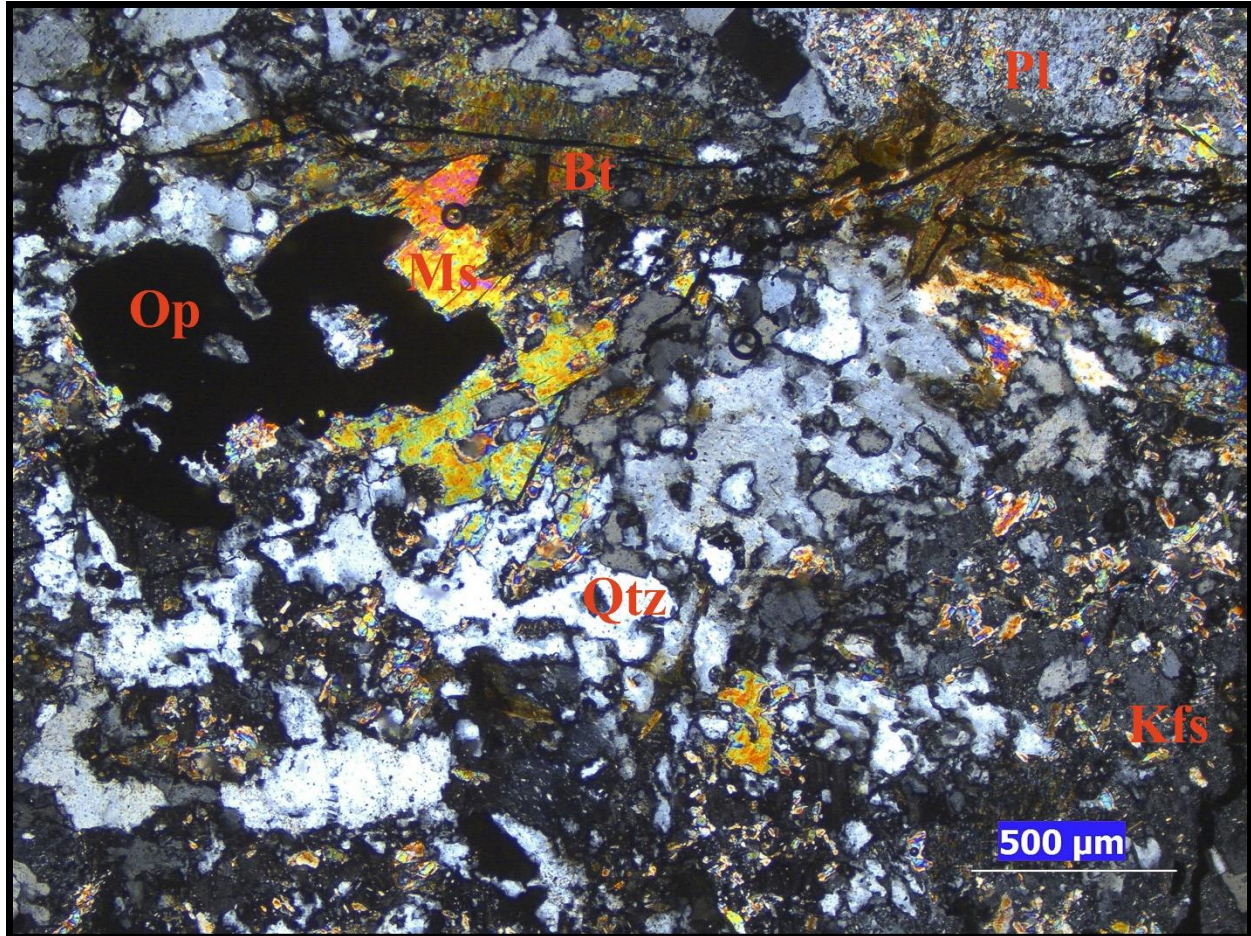
Minerales accesorios: opacos.

16.2 Mecanismos de deformación

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intergranular que afecta biotita, cuarzo y feldespato potásico, estas microfracturas intergranulares normalmente se presentan en rocas poco porosas y compactas (Figura 74). Las microfracturas se encuentran rellenas por minerales opacos. En feldespato potásico se presenta microfracturamiento intragranular, indicando una temperatura de deformación por debajo de los 400°C. El comportamiento frágil de la biotita indica temperaturas inferiores a los 250°C (Figura 75).

Figura 74

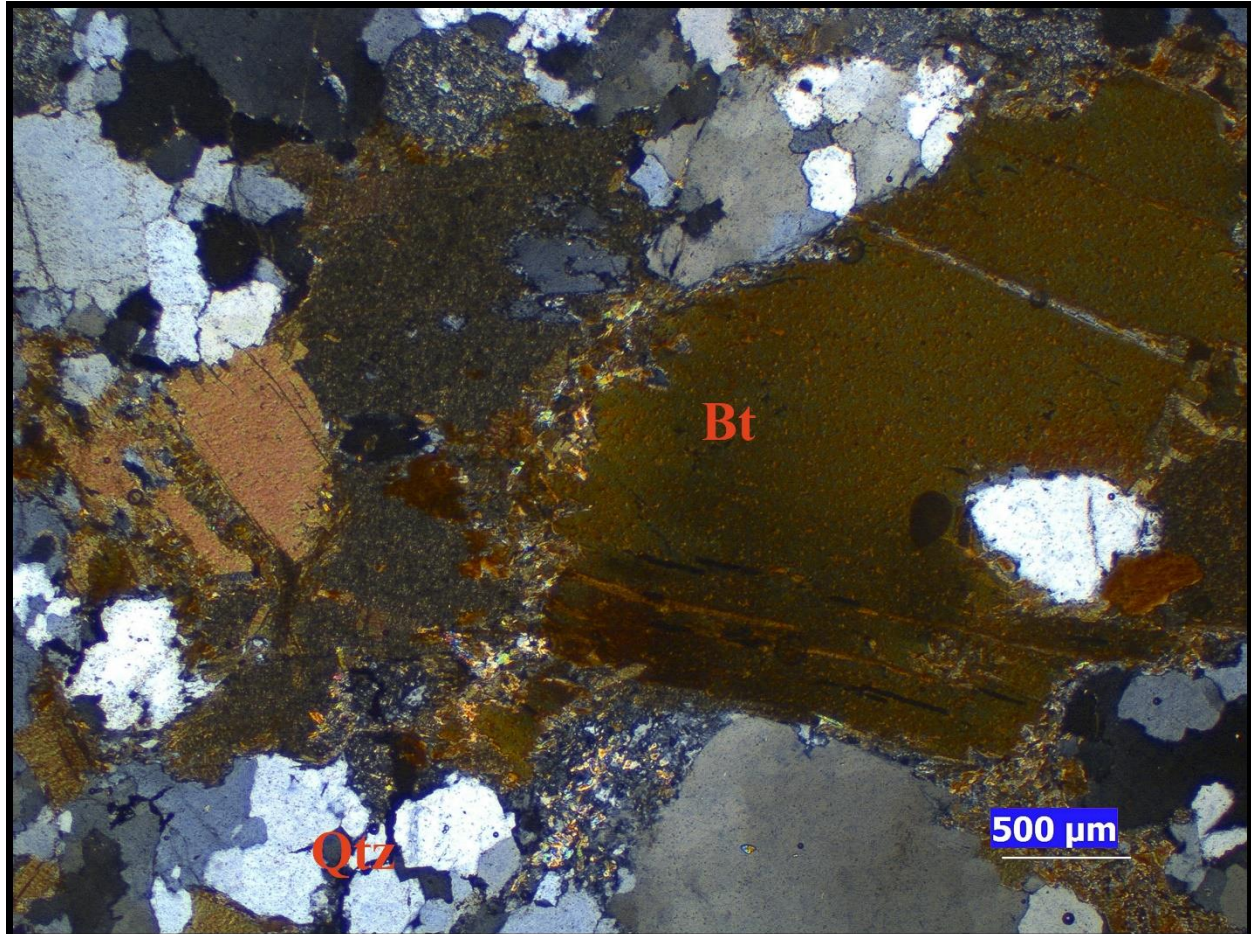
Fotomicrografía microfracturamiento intergranular. Sección HQ-79



Nota. En la parte superior de la fotomicrografía se observan microfracturas intergranulares que afectan biotita, cuarzo y plagioclasa, estas microfracturas se encuentran rellenas por minerales opacos. En la parte central de la fotomicrografía se presenta recristalización dinámica BLG en cuarzo. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 75

Fotomicrografía microfracturamiento intragranular, sección HQ-79



Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de biotita el cual muestra un comportamiento frágil exhibiendo microfracturamiento intragranular. Por otra parte, se presenta extinción ondulosa. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Dúctiles

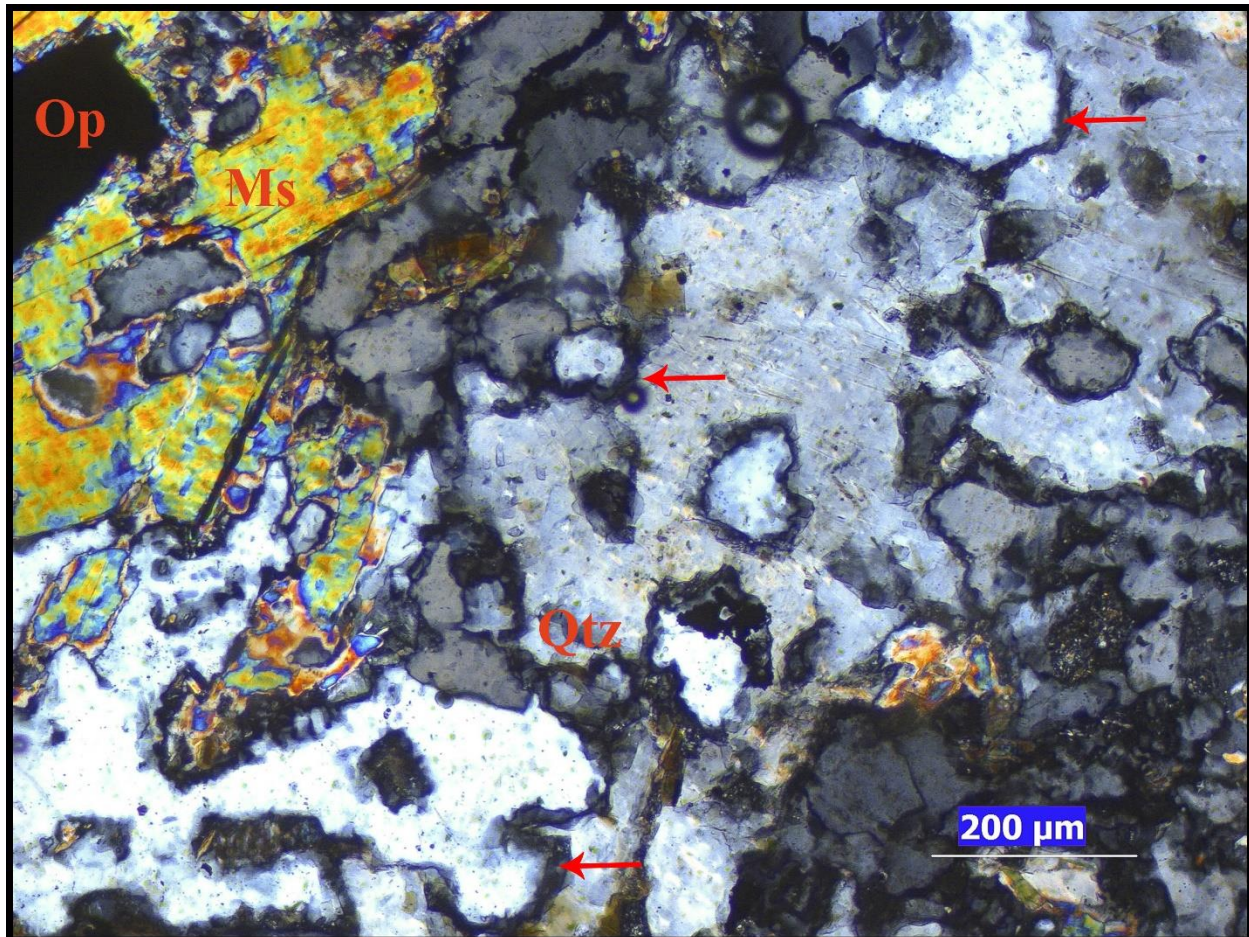
Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa apreciable en cuarzo y biotita (Figura 75), indicando que las redes cristalinas de los minerales se han flexionado

levemente y contienen una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente y no ha habido recuperación.

Recristalización dinámica: se presenta recristalización BLG en cuarzo. Se presentan límites lobulados debido a la movilidad de los límites de grano por el aumento de temperatura. Los límites lobulados son de pequeña amplitud y se muestran como protuberancias o abultamiento sobre el grano adyacente, indicando que los granos con menor densidad de dislocaciones han empezado a consumir a los granos vecinos con mayor cantidad de dislocaciones. Algunas protuberancias se han separado, dando paso a nuevos granos independientes y de menor tamaño que el grano anfitrión. La recristalización BLG presente en cuarzo, indica temperaturas entre los 300°C a 400°C (Figura 76).

Figura 76

Fotomicrografía recristalización dinámica BLG, sección HQ-79



Nota. En la fotomicrografía se presenta recristalización dinámica BLG en cuarzo, se observan límites ameboides y lobulados, como protuberancias. Se evidencian algunos granos nuevos de tamaño de grano más fino que el grano anfitrión, estos nuevos granos son producto de la separación de las protuberancias.

16.3 Clasificación

Los mecanismos de deformación y las microestructuras asociadas identificadas en cuarzo y feldespato potásico y la ausencia de cizalla, permiten clasificar la roca como una roca

metamórfica cuarzo feldespática, deformada a una temperatura aproximada entre los 300°C a 400° y presiones entre los 3Kbar y los 5Kbar.

17. SECCIÓN DELGADA HQ-80

17.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: Serpentina, tremolita, piroxeno

Minerales menores: talco, anfíbol, olivino, clorita, cuarzo

Minerales accesorios: opacos

17.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

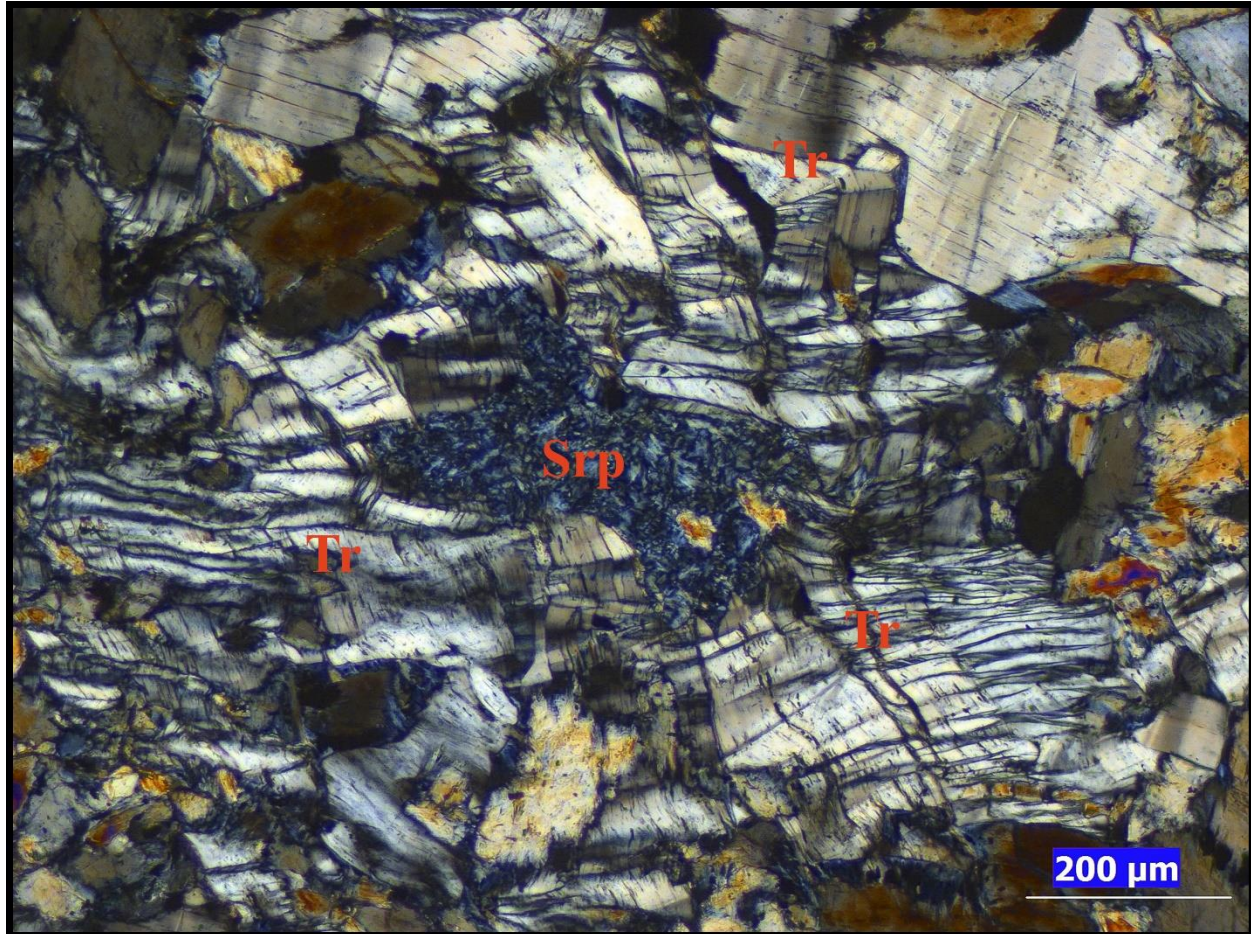
Microfracturamiento: Se presentan principalmente microfracturas intergranulares que afectan tremolita, piroxeno y serpentina, las microfracturas se encuentran rellenas por minerales opacos. Las microfracturas intergranulares se presentan típicamente en rocas poco porosas y compactas.

Dúctiles

Deformación intracristalina: Se presenta extinción ondulosa en tremolita, indicando que las redes cristalinas de los granos de tremolita se han flexionado muy ligeramente y contienen una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente o sin agruparse. Por otra parte, la extinción ondulosa en los granos de tremolita indica que no ha habido recuperación (Figura 77).

Figura 77

Fotomicrografía deformación intracristalina, sección HQ-80

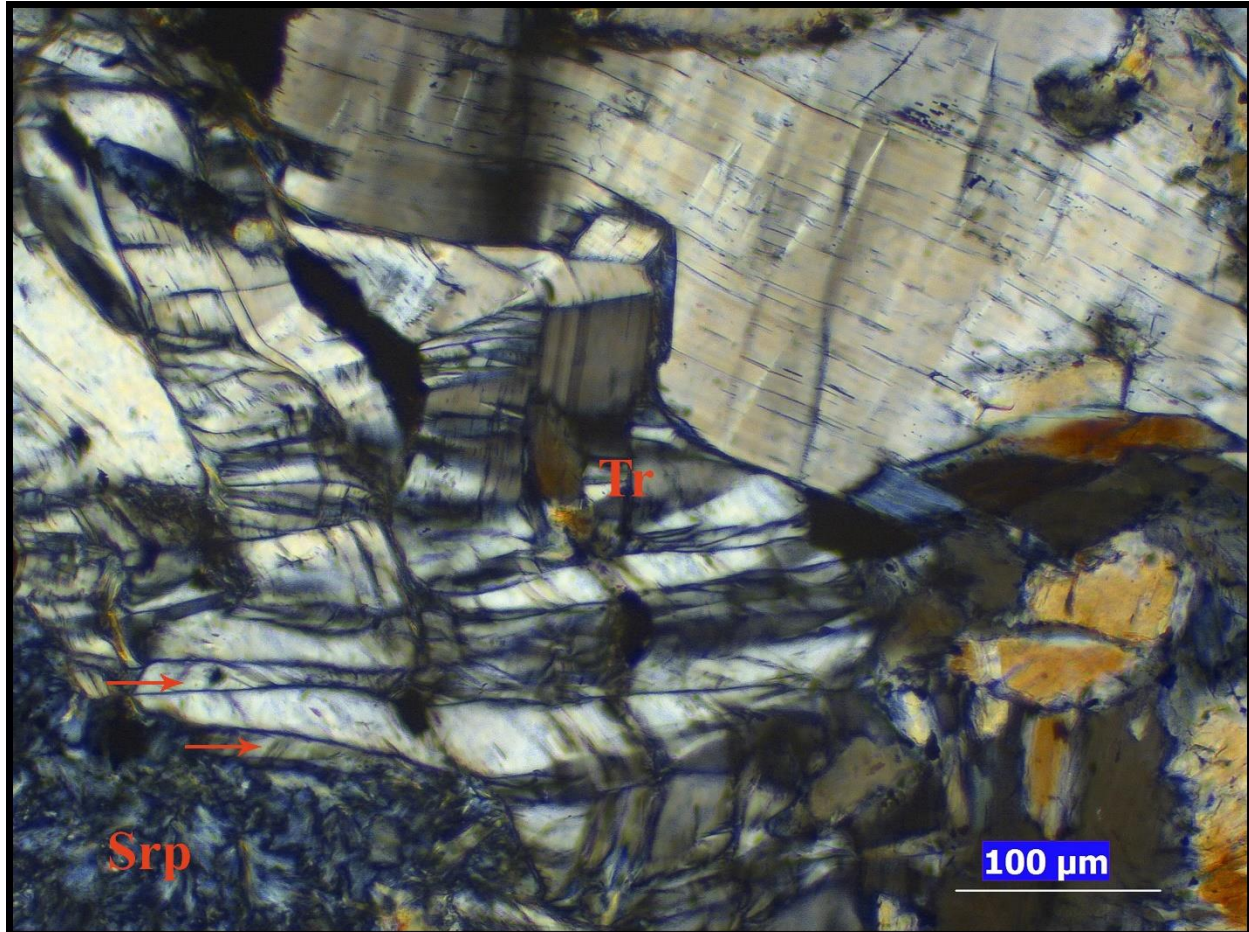


Nota. En la fotomicrografía se observa extinción ondulosa notable en tremolita con bajo contenido de hierro, a lo cual debe su color blanco. Por otra parte, también se presenta fuerte kinking en tremolita. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Kinking: se presenta kinking en tremolita con bajo contenido de hierro, indicando una fuerte flexión de una parte del grano con respecto a otras partes que no experimentan flexión. Las partes del grano que experimentan la flexión se identifican como bandas kink (Figura 77 y 78).

Figura 78

Fotomicrografía kinking, sección HQ-80



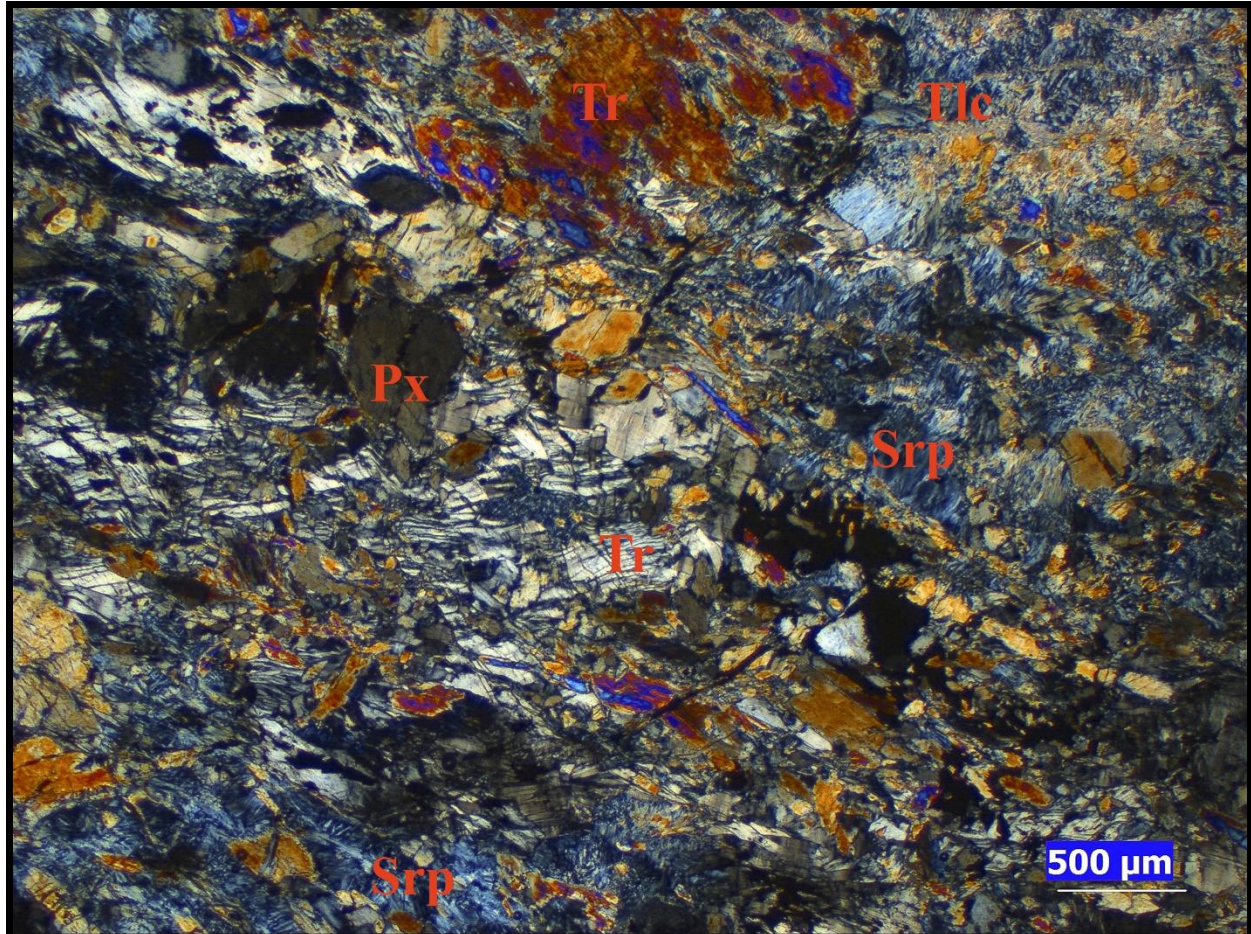
Nota. En la fotomicrografía se observa kinking en tremolita, las flechas rojas señalan las bandas kink. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

17.3 Clasificación

Según la composición mineralógica se clasifica como una roca ultramáfica, no presenta foliación milonítica. La roca se clasifica como cataclasita ultramáfica que presenta deformación dúctil en menor medida, indicando que la deformación sucedió en ambiente de transición entre el régimen frágil y dúctil. (Figura 79).

Figura 79

Fotomicrografía cataclasita, sección HQ-80



Nota. En la fotomicrografía se observa una roca ultramáfica con deformación cataclástica predominante, no se presenta foliación. Se observan granos con microfracturas intragranulares y microfracturas intergranulares afectando varios minerales. Los granos microfracturados presentan bordes angulares y semirectos. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

18. SECCIÓN DELGADA HQ-81

18.1 Composición mineralógica:

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita

Minerales accesorios: opacos. epidota, moscovita.

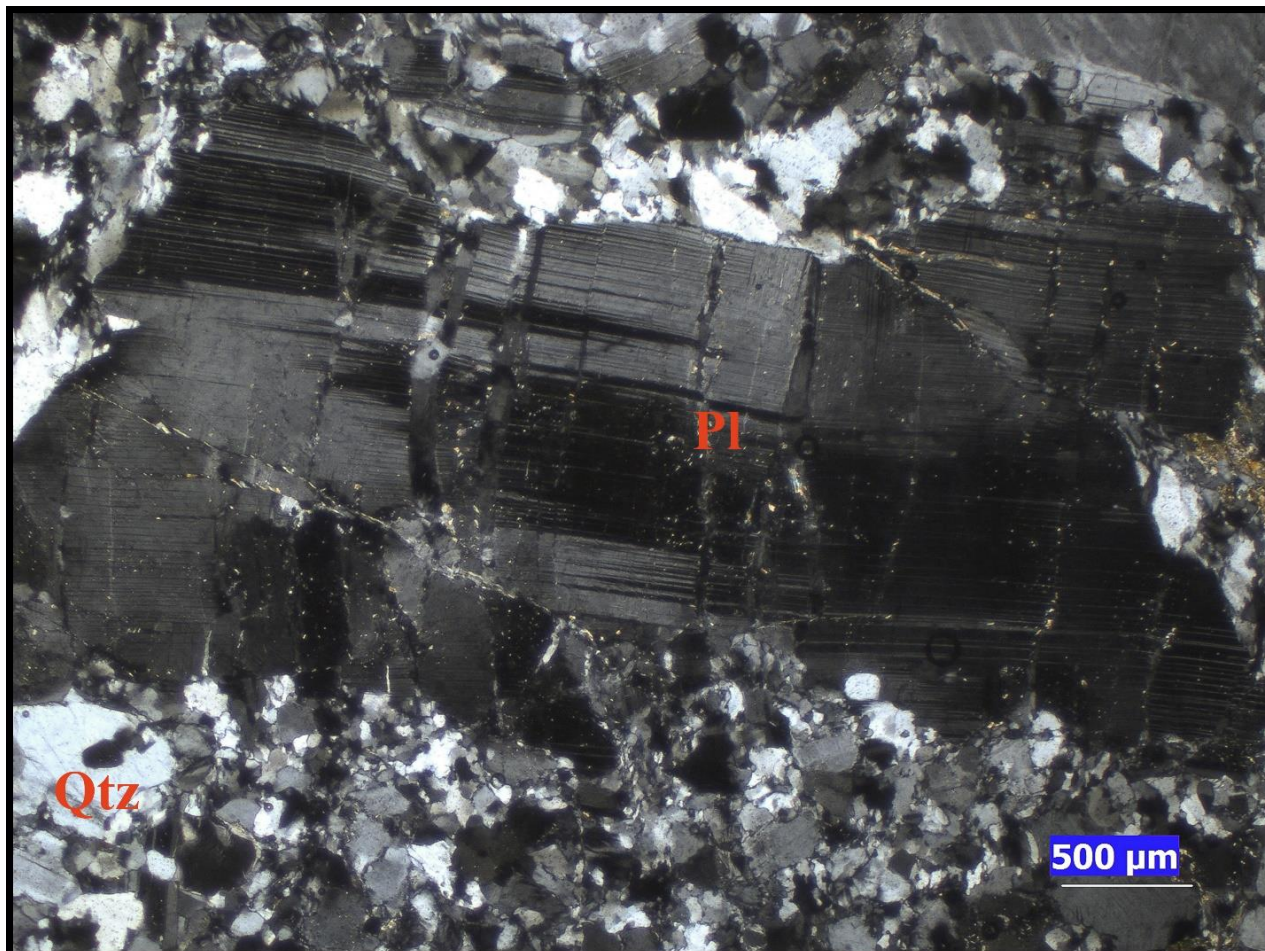
18.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: Se presentan microfracturamiento intragranular en plagioclasa. El microfracturamiento en feldespato es el comportamiento típico ante la deformación en temperaturas en entre los 300°C y los 450°C, (Figura 80).

Figura 80

Fotomicrografía microfracturamiento intragranular, sección HQ-81



Nota. En la parte central de la fotomicrografía se observa un grano grueso de plagioclasa, el cual presenta microfracturamiento exhibiendo un juego de microfracturas intragranulares, algunas de ellas son semiparalelas y presentan recristalización dinámica. Por otro lado, se observan maclas de deformación y extinción ondulosa. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Dúctiles

Maclado por deformación: se presenta en plagioclasa, indicando que las redes cristalinas de los granos de plagioclasa fueron afectadas por un microcizallamiento a lo largo de los planos

de maclas, los cuales son la evidencia de que una parte de la red cristalina experimento torsión con respecto a otra parte de la red cristalina que no experimento torsión. Las maclas de deformación generalmente se nuclean en partes de alta tensión entre los granos (Figura 81).

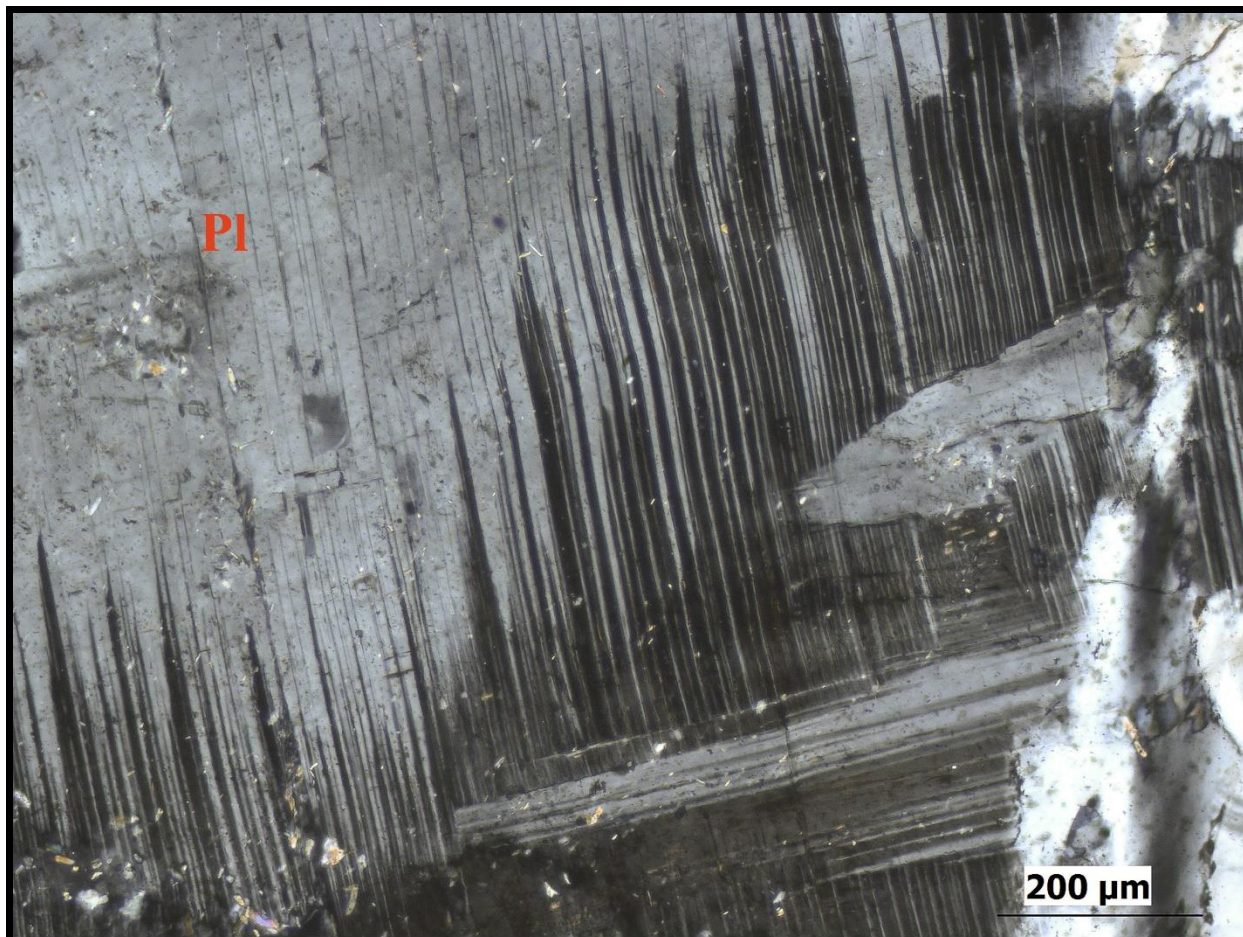
Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa en plagioclasa y feldespatos potásico y en menor medida en cuarzo, La extinción ondulosa en plagioclasa, feldespatos potásico y cuarzo indica que sus redes cristalinas se han flexionado muy levemente y contiene una gran densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

Kinking: se presenta en plagioclasa, indicando que ciertas partes de los granos de plagioclasa experimentaron una fuerte flexión con respecto a otras partes del mismo grano que no experimentaron flexión. El kinking en plagioclasa es dominante en condiciones de grado medio, entre los 400°C a 500°C (Figura 82 y 83).

Recuperación: se presentan evidencias de recuperación en cuarzo, se observan algunas bandas de deformación y algunos subgranos, indicando que hubo un agrupamiento progresivo de las dislocaciones presentes en los granos de cuarzo debido al aumento de temperatura.

Figura 81

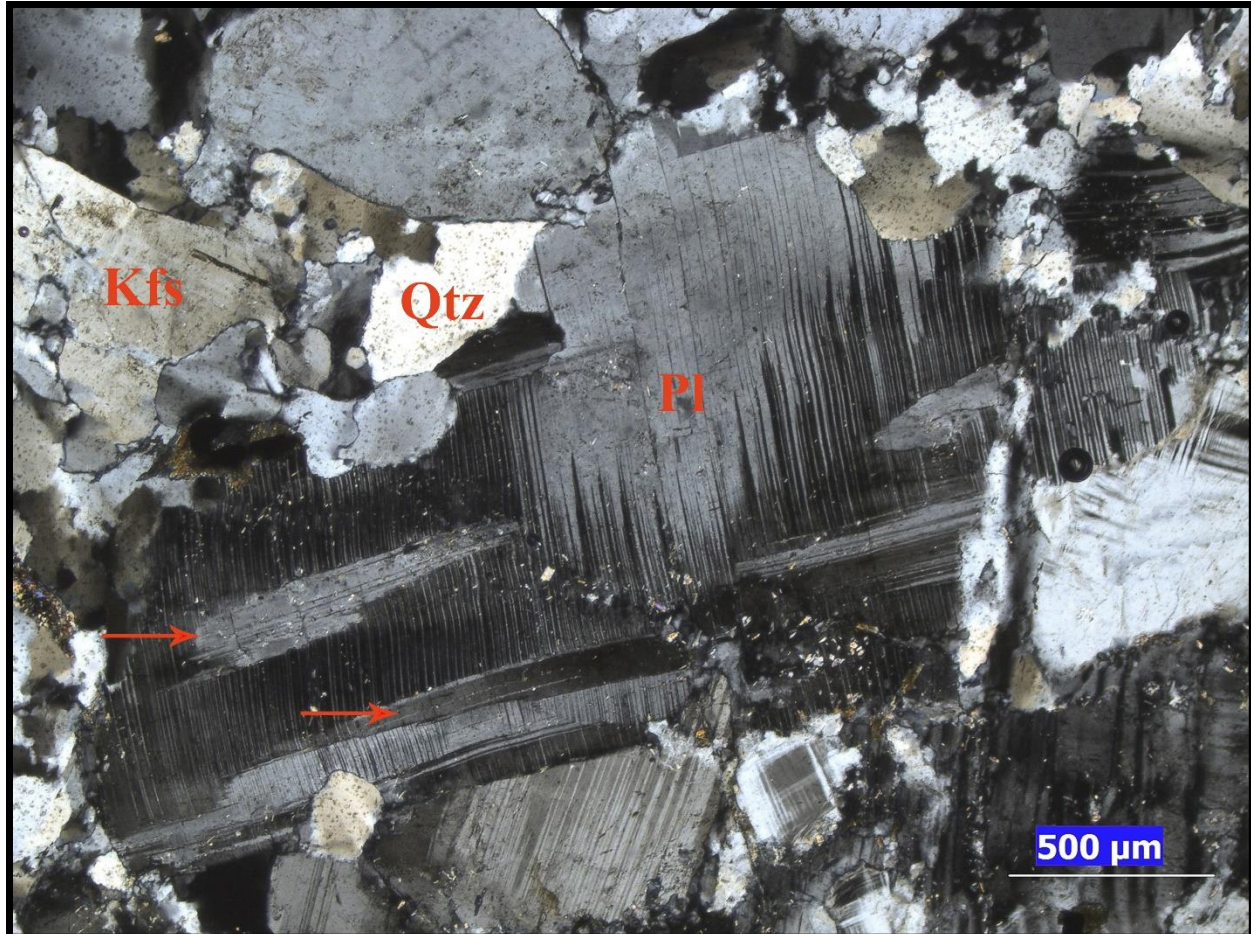
Fotomicrografía maclado por deformación, sección HQ-81



Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de plagioclasa que presenta maclado por deformación, las maclas tienen forma de cuña y se vuelven más estrechas hacia el centro del cristal y se encuentran ligeramente plegadas por microkinking. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 82

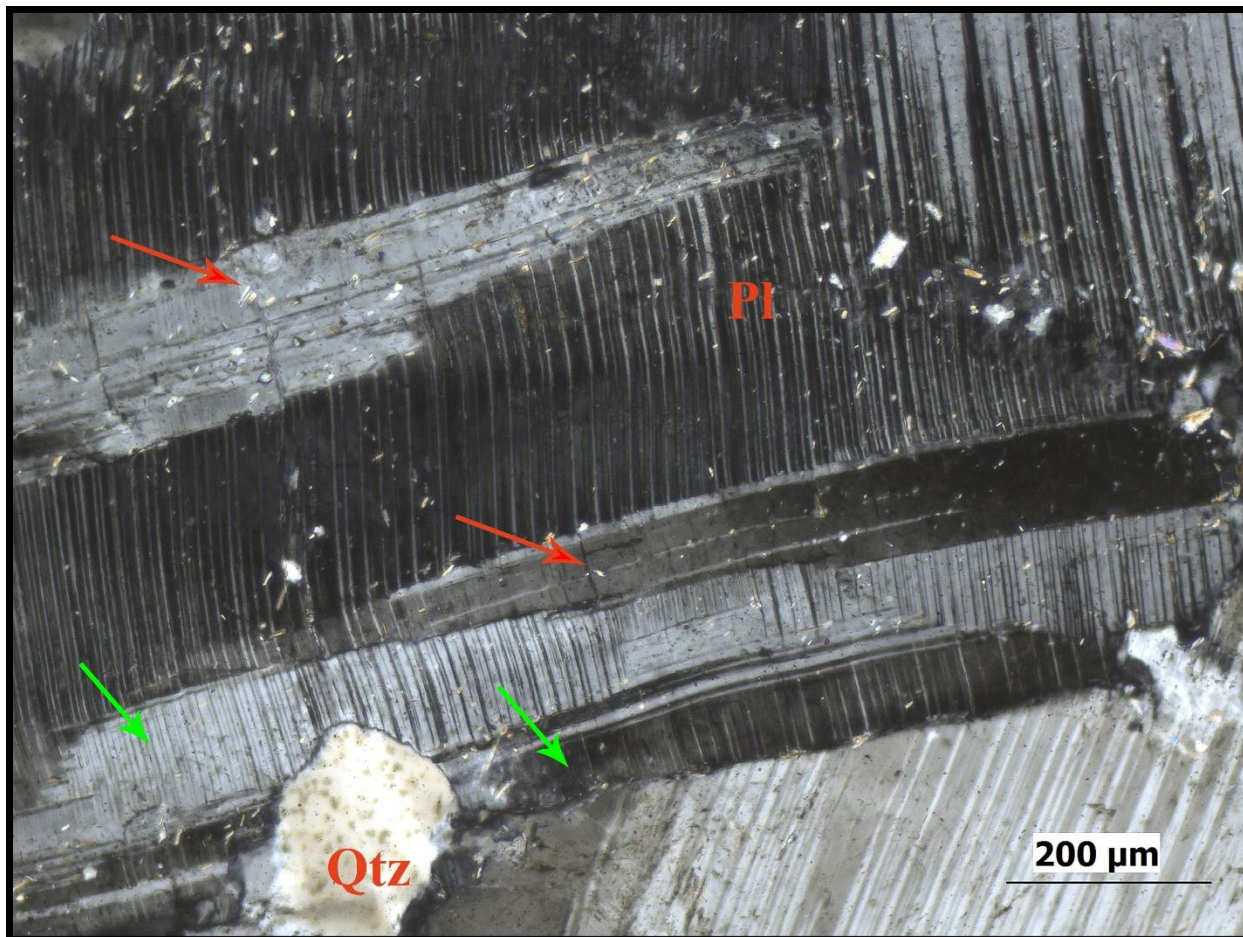
Fotomicrografía kinking, sección HQ-81



Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de plagicolasa deformado por kinking, las flechas rojas señalan las bandas kink. También se presentan maclas de deformación con su típica forma de cuña. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 83

Fotomicrografía kinking, sección HQ-81



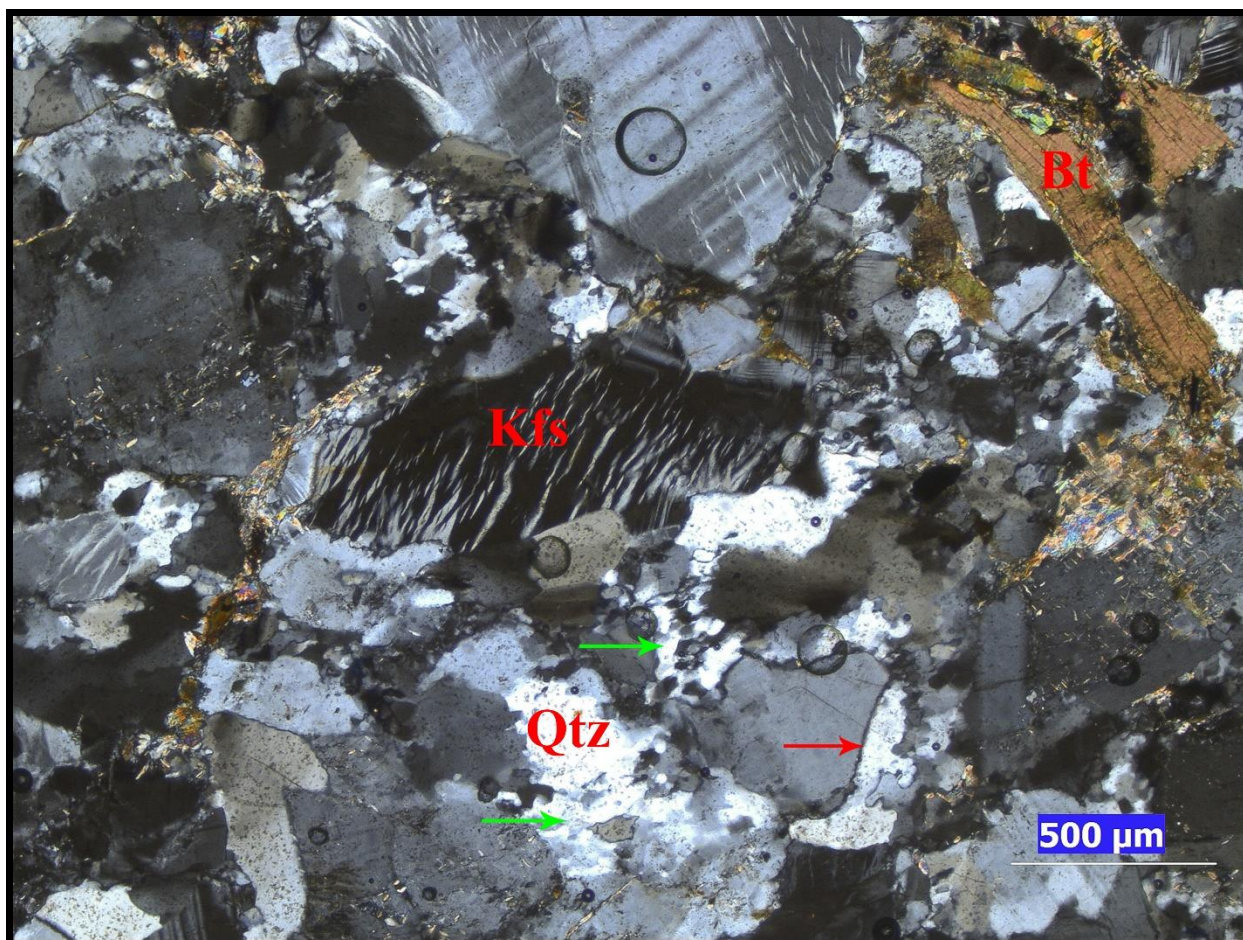
Nota. Zoom de la figura 83, en esta fotomicrografía se observa con más detalle las bandas kink señaladas con flechas verdes. Las flechas rojas señalan maclas de deformación con una orientación diferente. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: se presenta recristalización dinámica SGR dominante en cuarzo exhibiendo algunos nuevos granos producto de la rotación progresiva de los subgranos, indicando condiciones de deformación dominantes de grado medio, entre los 400°C a 500°C. Por otra parte, en menor intensidad se presenta recristalización BLG en cuarzo, se observan

protuberancias y límites lobulados de poca amplitud y se presentan algunos nuevos granos de tamaño de grano fino a lo largo de los límites de grano producto de la separación de las protuberancias (Figura 84).

Figura 84

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-81



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas verde una transición entre subgranos y nuevos granos por recristalización dinámica SGR y con la flecha roja la recristalización dinámica BLG a lo largo de los límites de grano, las dos afectando granos de cuarzo. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

18.3 Clasificación

Según su composición mineralógica, la roca se clasifica como un granito. Los mecanismos de deformación presenten en cuarzo indican condiciones de deformación dominantes de grado medio, entre los 400°C y 500°C. Por otro lado, los mecanismos de deformación y características texturales como la peritita identificados en feldespato potásico, indican condiciones de deformación dominantes de grado medio – bajo, entre los 400°C a 500°C. La roca se clasifica como un granito de estructura cataclástica deformado en un rango de temperatura entre los 400°C a 500°C con presiones entre los 4Kbar y los 5Kbar.

19. SECCIÓN DELGADA HQ-82

19.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, biotita, feldespato potásico

Minerales menores: anfíbol, epidota, clinozoisita, clorita

Minerales accesorios: circón, óxidos de hierro, opacos.

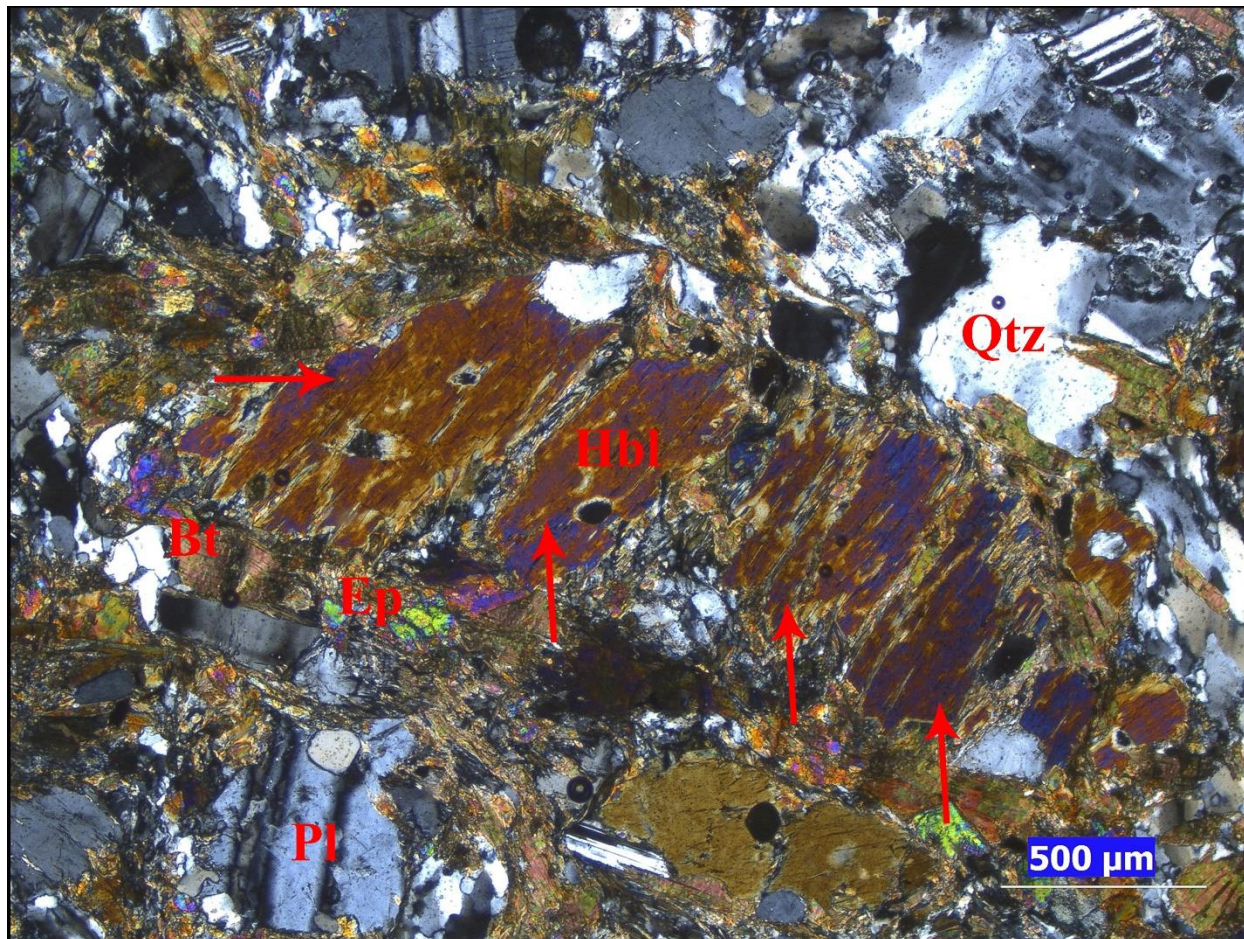
19.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta con una leve intensidad microfracturamiento intragranular en plagioclasa, indicando condiciones máximas de temperatura de hasta 500°C en la cual todavía puede deformarse por microfractura interna. Por otra parte, se presenta microfracturamiento tipo domino en anfíbol, indicando que este sucedió en temperaturas menores a los 650°C. También se presentan microfracturamiento intragranular en epidota y clinozoisita (Figura 85).

Figura 85

Fotomicrografía microfracturamiento intragranular, sección HQ-82



Nota. En la parte central de la fotomicrografía se observa un grano de anfíbol el cual presenta microfractura intragranular tipo domino o bookshelf, exhibiendo fragmentos alargados señalados por las líneas verdes. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

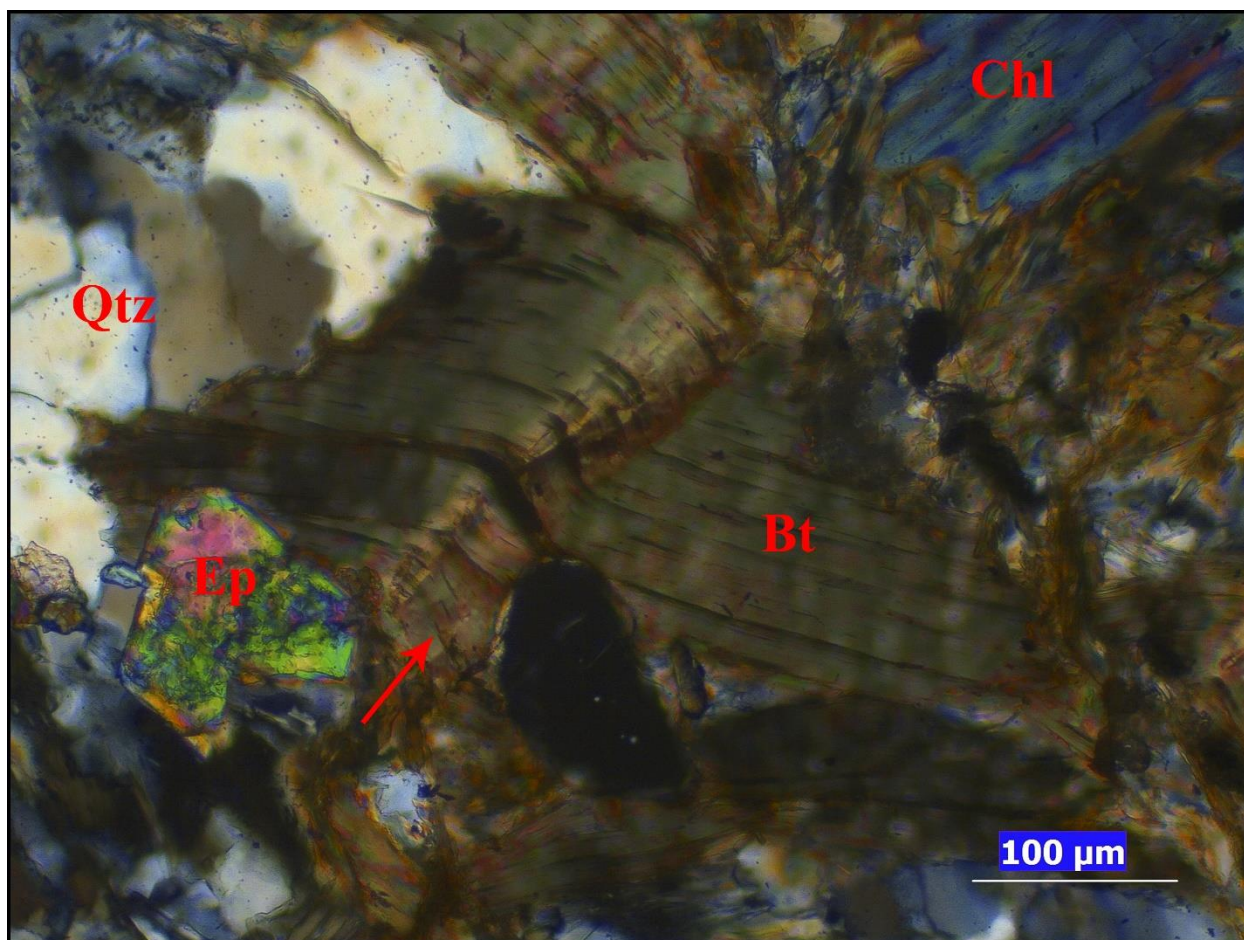
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta en granos de plagioclasa, cuarzo y biotita, indicando que las redes cristalinas de los granos están flexionadas levemente y contienen una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

Kinking: se presenta en biotita, indicando que parte del grano se encuentra fuertemente flexionada, creando bandas que concentran la deformación conocidas como bandas kink. El comportamiento dúctil de la biotita indica que fue deformada en condiciones de temperatura superiores a los 250°C (Figura 86).

Figura 86

Fotomicrografía kinking, sección HQ-82

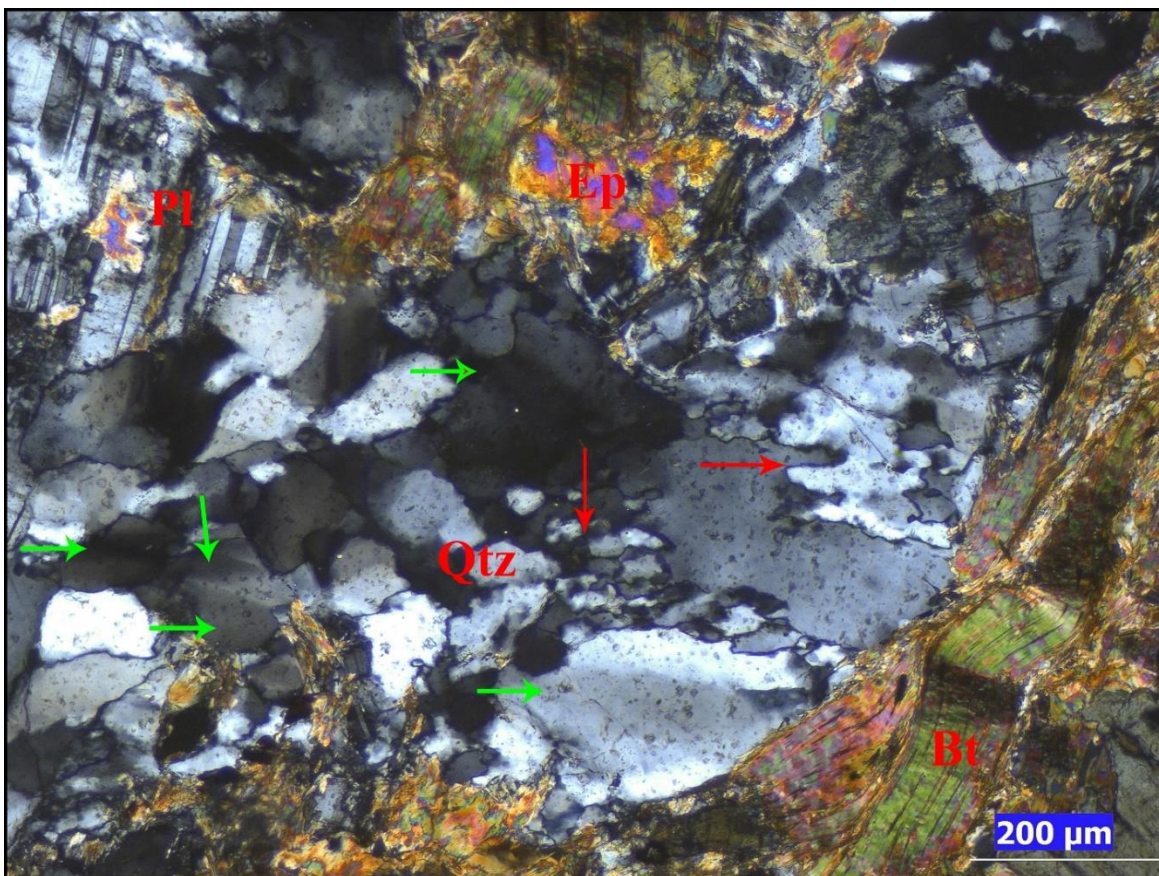


Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de biotita deformado por kinking, mostrando una fuerte flexión de una parte del grano, con una flecha roja señala la banda kink. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

Recuperación: se presenta principalmente en cuarzo. Debido al aumento progresivo de temperatura las dislocaciones se han empezado a movilizar o migrar, agrupándose primero en bandas de deformación y en algunos límites de subgrano. Las microestructuras de recuperación en cuarzo son típicas en condiciones de temperatura entre los 400°C a 500°C (Figura 87).

Figura 87

Fotomicrografía recuperación, sección HQ-82



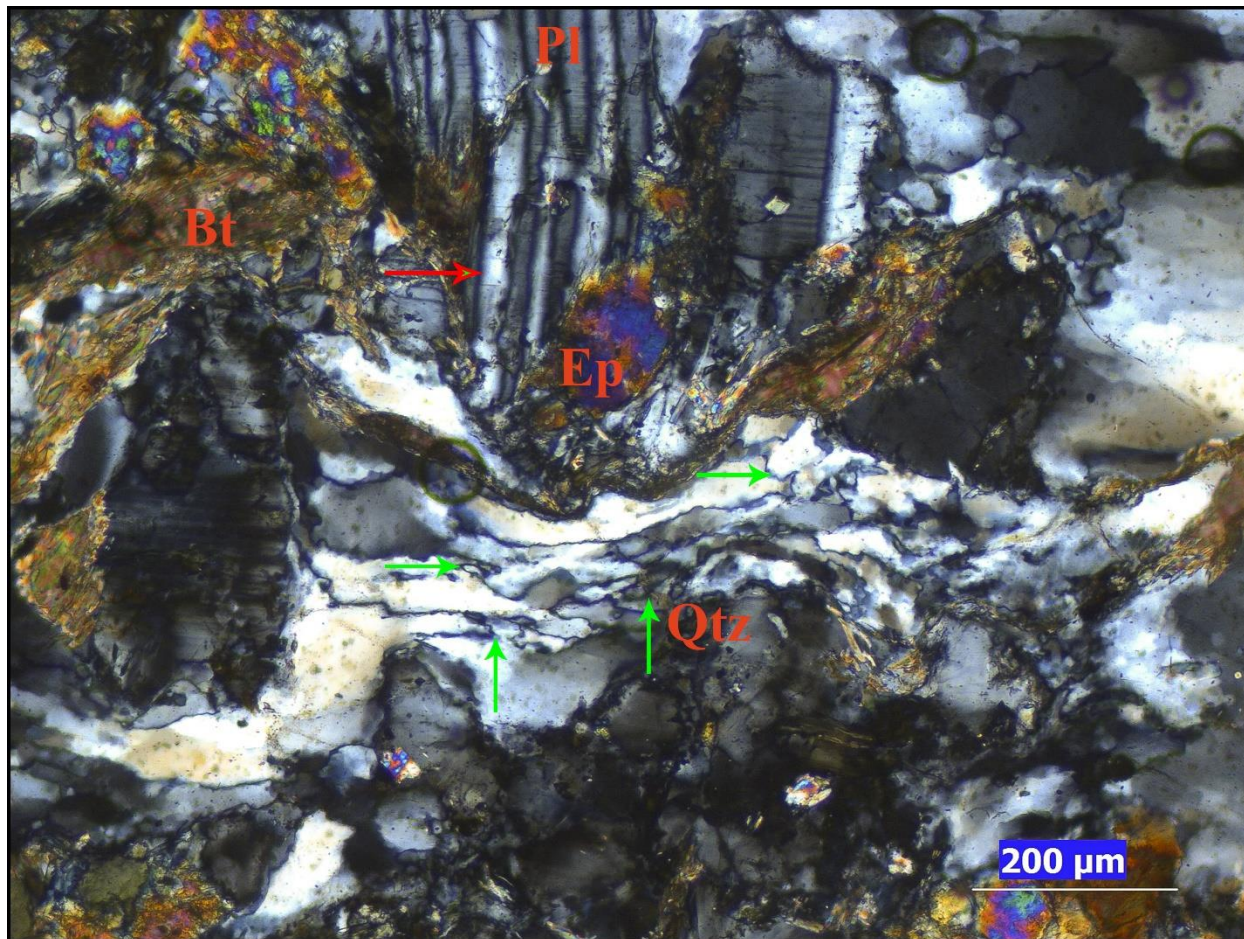
Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas verdes, bandas de deformación y algunos límites de subgrano. Con flechas rojas se señala un sector que presenta recristalización BLG y algunos nuevos granos por la separación de las bahías creadas en la recristalización BLG debido la

formación de límites de subgrano y rotación de estos por recristalización SGR. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: La recristalización dinámica SGR empieza a ser importante y se observa principalmente a lo largo de los límites de granos de cuarzo alargados, los límites de los granos son ameboides de pequeña amplitud, indicando que hubo una movilidad o migración de estos debido a una previa recristalización BLG, indicando que se deforma en condiciones aproximadas de temperatura de 400°C. Por otra parte, se presenta recristalización de migración de los límites de macla en plagioclasa, en la cual los límites de macla empiezan a migrar y a consumir las partes no macladas del grano, esta recristalización solo afecta el interior del grano sin que se vean afectados los límites de grano, indicando condiciones aproximadas de 400°C a partir de las cuales la recristalización en plagioclasa puede empezar a suceder (Figura 88 y 89).

Figura 88

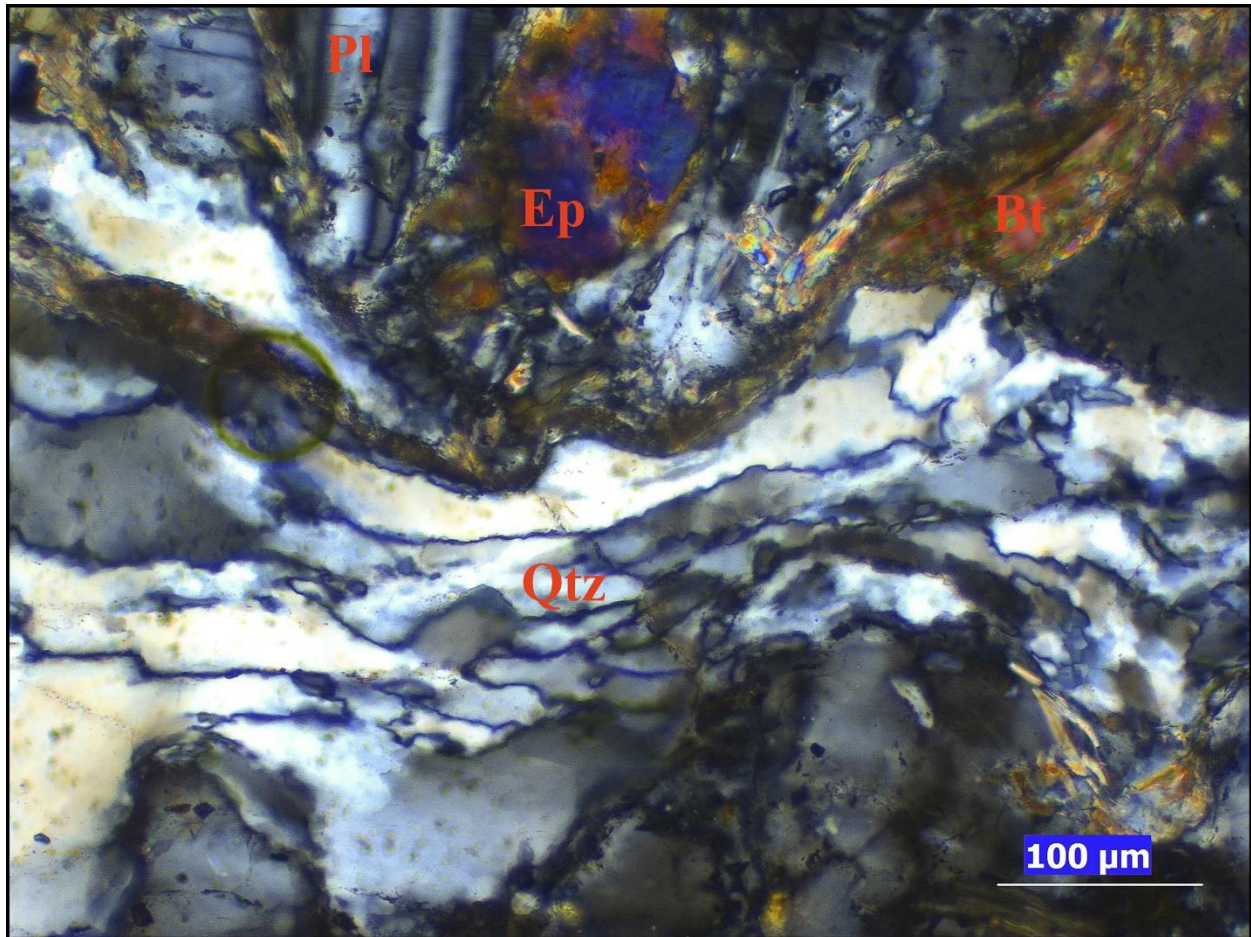
Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-82



Nota. Se señala con una flecha roja un grano de plagioclasa que presenta recristalización de la migración de los límites de macla, se observan como los límites de macla sobresalen y han empezado a consumir las partes no macladas del grano. Con flechas verdes se señalan granos de cuarzo alargados que presentan deformación intracrystalina y microestructuras de recuperación, algunos límites de grano son ameboides de pequeña amplitud debido a la recristalización BLG y a lo largo de los límites se han formado subgranos y posteriormente nuevos granos debido a la recristalización SGR. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 89

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-82

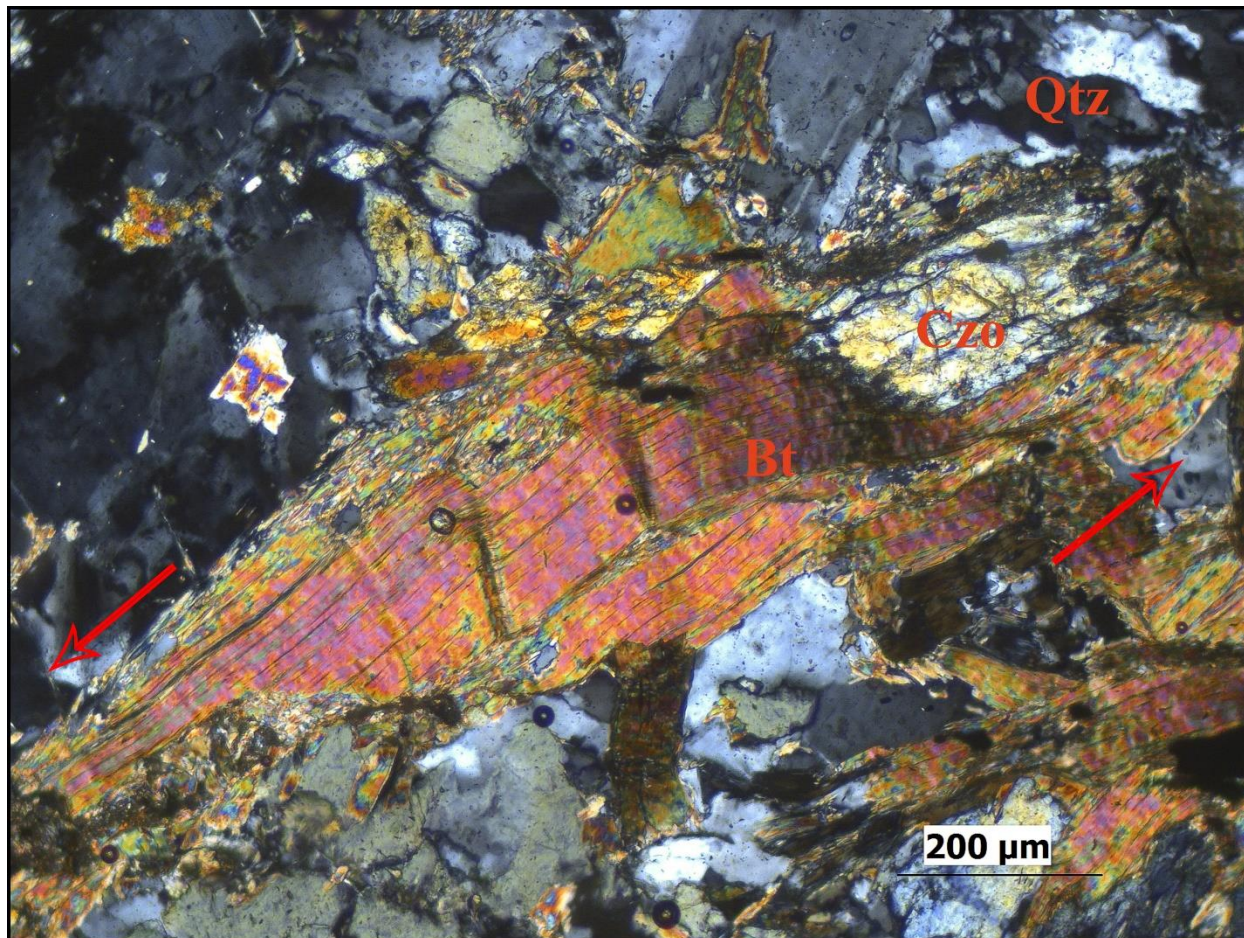


Nota. Zoom figura 80. En la fotomicrografía se observan granos de cuarzo alargados que presentan deformación intracristalina y microestructuras de recuperación, algunos límites de grano son ameboides de pequeña amplitud debido a la recristalización BLG y a lo largo de los límites se han formado subgranos y posteriormente nuevos granos debido a la recristalización SGR. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

19.3 Indicadores del sentido de cizalla

Figura 90

Fotomicrografía micafish, sección HQ-82



Nota. En la fotomicrografía se observa un grano biotita fish, las flechas rojas indican un sentido de cizalla sinistral. Se presenta kinking en el grano biotita fish. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

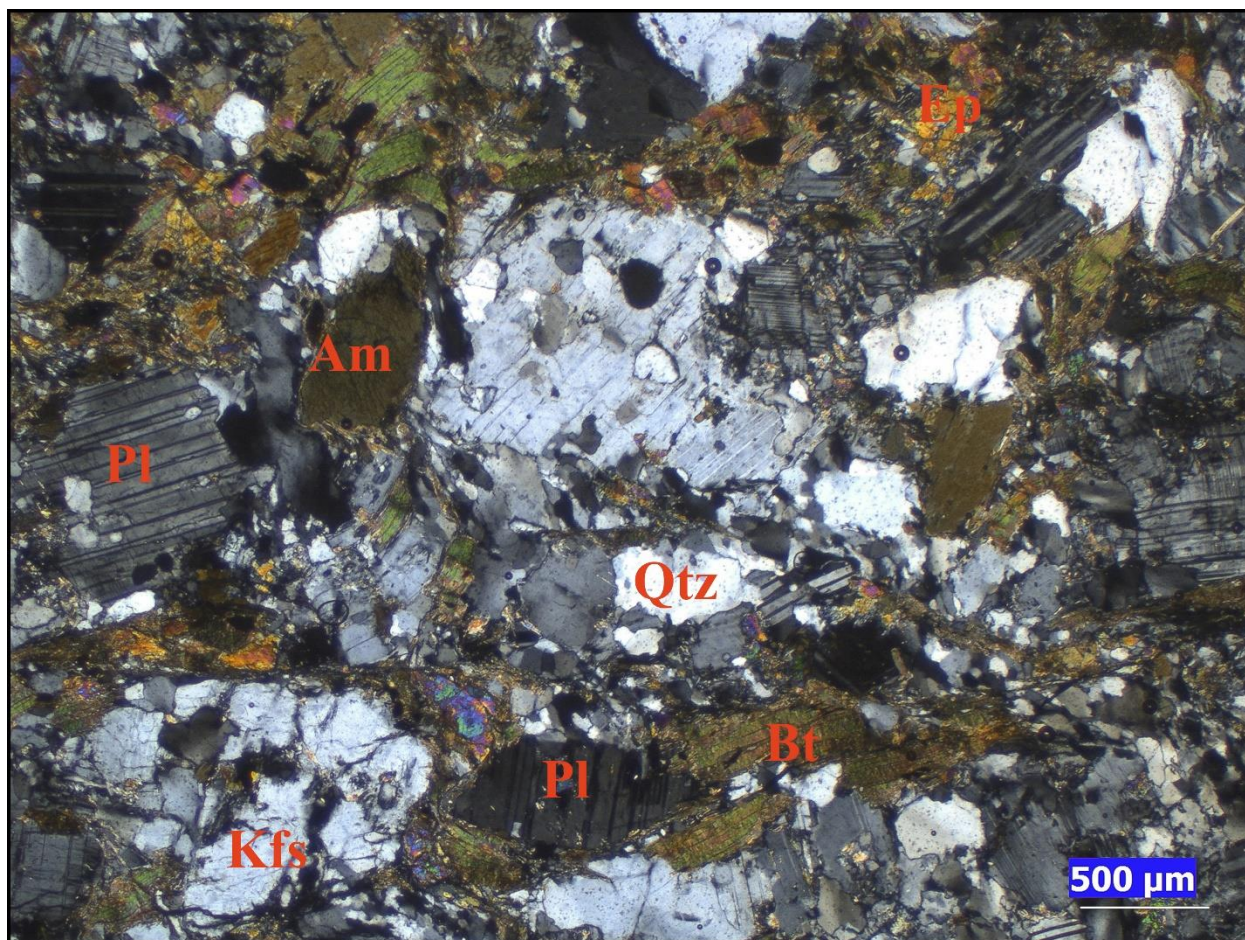
19.4 Clasificación

Según su composición mineralógica, en la cual predomina el cuarzo, el feldespato y la biotita y con menos del 5% de minerales maficos, se clasifica como un granito. Los mecanismos

de deformación y microestructuras asociadas identificadas en cuarzo y plagioclasa permiten estimar una temperatura de deformación de 400°C y una presión de 4Kbar. La roca se clasifica como un granito deformado. (Figura 91).

Figura 91

Fotomicrografía general, sección HQ-82



Nota: en la fotomicrografía se observa una textura cataclástica predominante. En la parte inferior se presenta una muy ligera foliación milonítica, indicando que la roca se deformó en una zona de transición de un régimen frágil a un régimen dúctil. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

20. SECCIÓN DELGADA HQ-83

20.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico biotita

Minerales accesorios: óxidos de hierro, opacos.

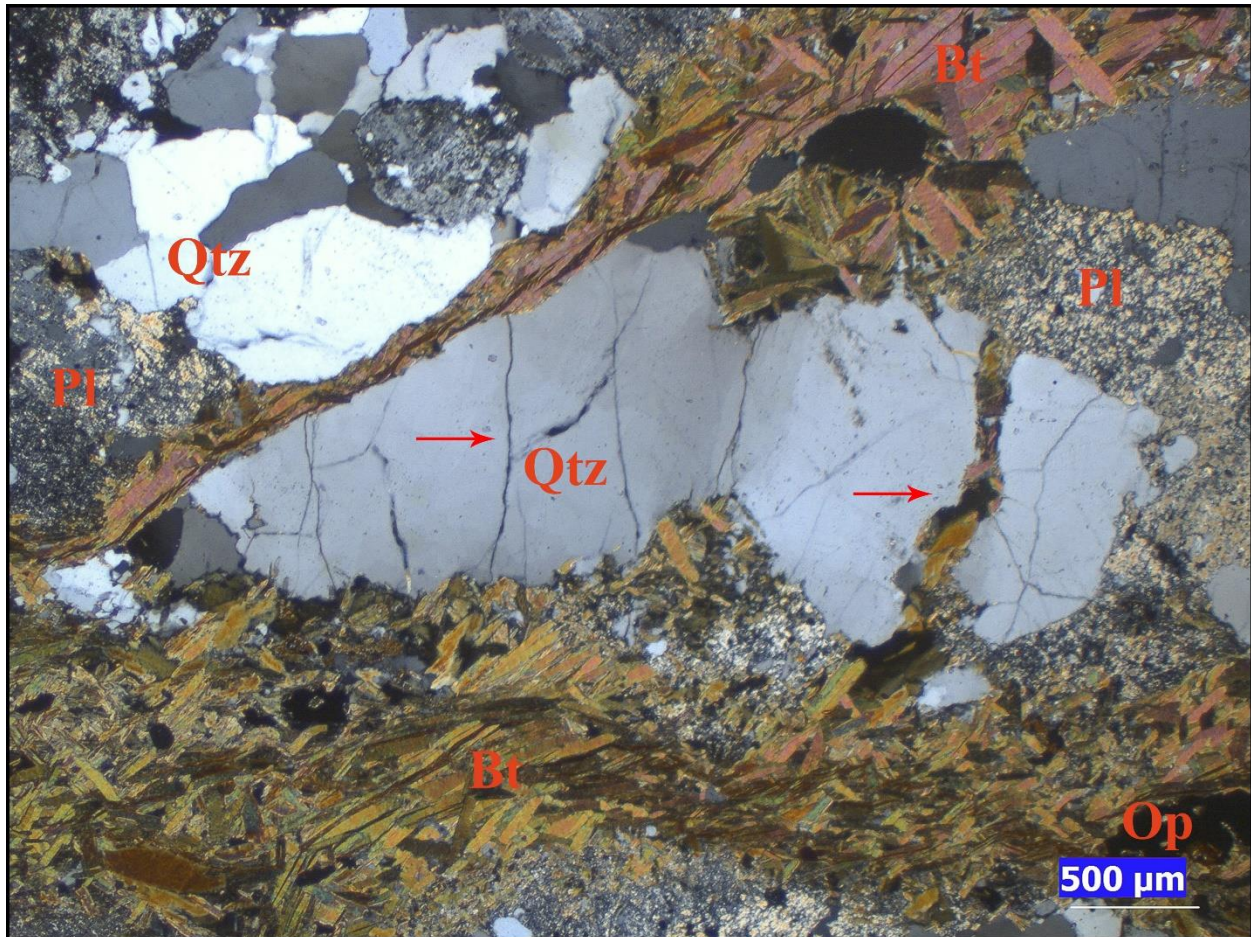
20.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intragranular e intergranular afectando a granos de cuarzo y plagioclasa. Las microfracturas no presentan ninguna orientación preferencial y algunas se encuentran rellenas por minerales como opacos, óxidos de hierro o moscovita. El microfracturamiento en cuarzo es predominante hasta los 300°C y en plagioclasa hasta los 400°C (Figura 92).

Figura 92

Fotomicrografía microfracturamiento, sección HQ-83



Nota: en la fotomicrografía se señala con flechas rojas microfracturas, intragranular en la izquierda e intergranular a la derecha. Las microfracturas se encuentran rellenas por biotita. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

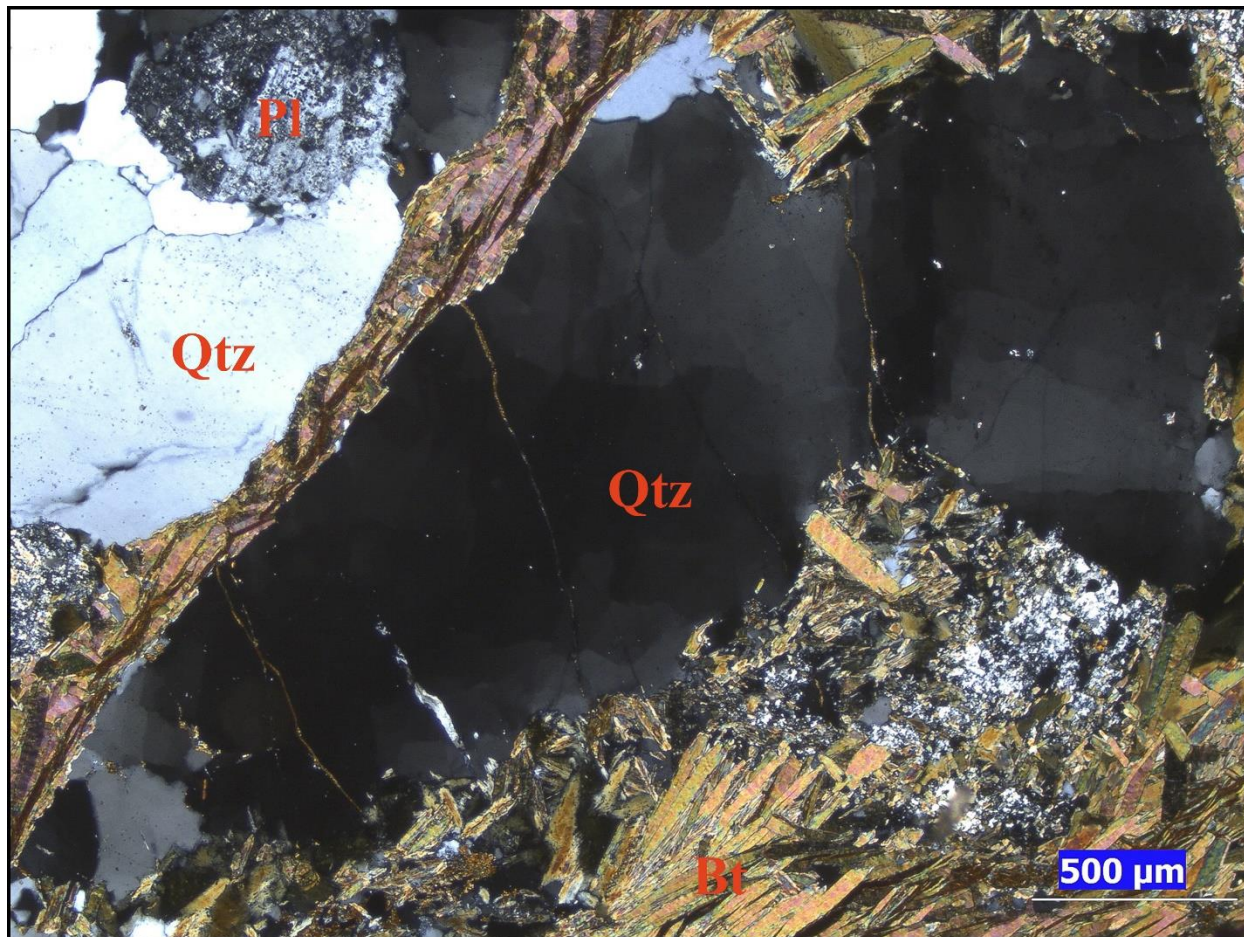
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa observable principalmente en cuarzo y plagioclasa, indicando que las redes cristalinas de los granos se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una gran densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. La intensa

extinción ondulosa en cuarzo es característica en condiciones aproximadas de temperatura de hasta 400°C (Figura 93).

Figura 93

Fotomicrografía extinción ondulosa, sección HQ-83



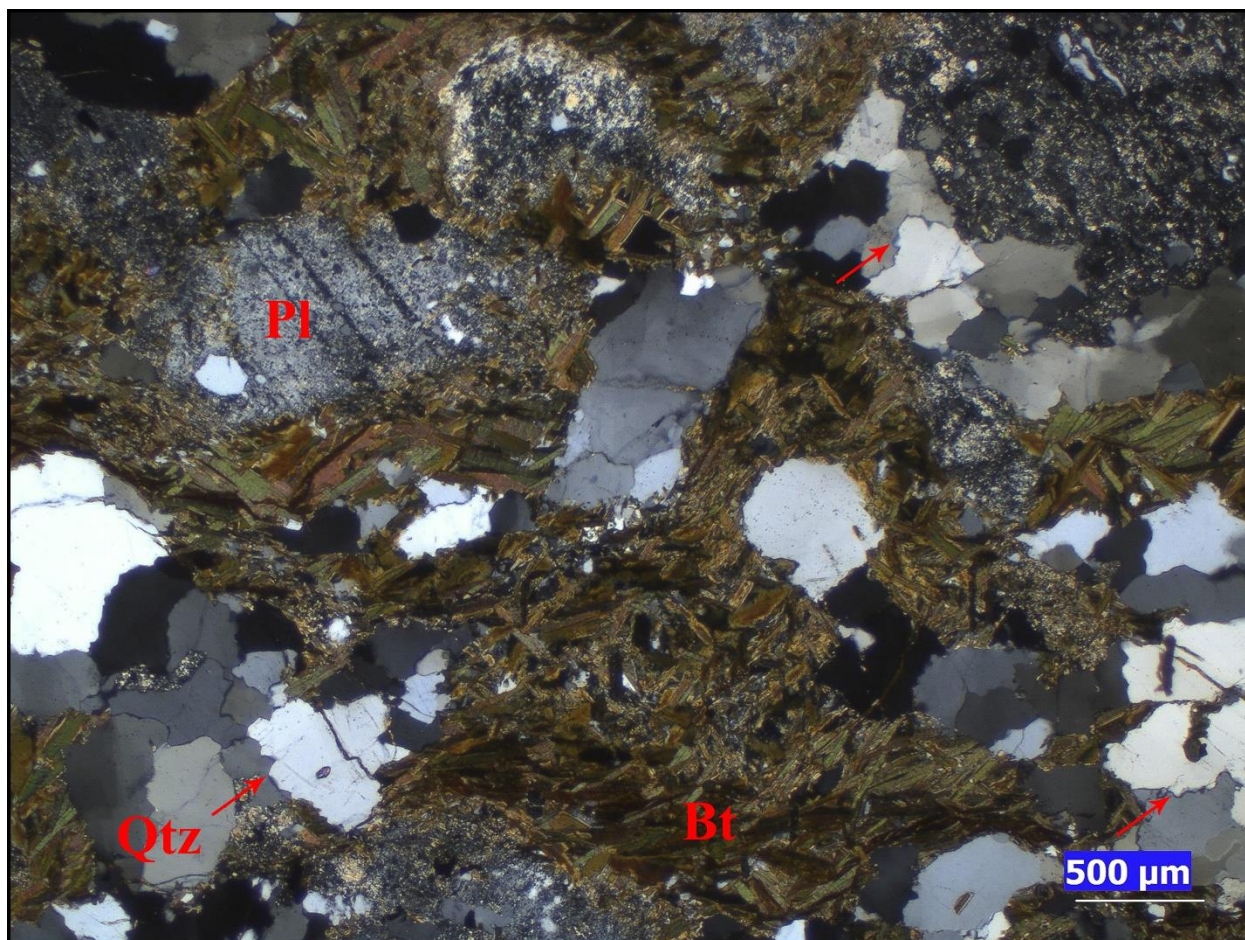
Nota: en la fotomicrografía se observa un grano de cuarzo que presenta extinción ondulosa o irregular. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Recristalización dinámica: se presenta recristalización dinámica BLG incipiente en cuarzo, se observan los límites de los granos ameboides de pequeña amplitud y pequeñas protuberancias, indicando que los límites de grano han empezado a migrar del grano con menor

cantidad de dislocaciones o menos deformado al grano con mayor cantidad de dislocaciones o más deformado. No se presenta nuevos granos producto de la recristalización BLG. Estas características indican una temperatura aproximada de 300°C (Figura 94).

Figura 94

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-83



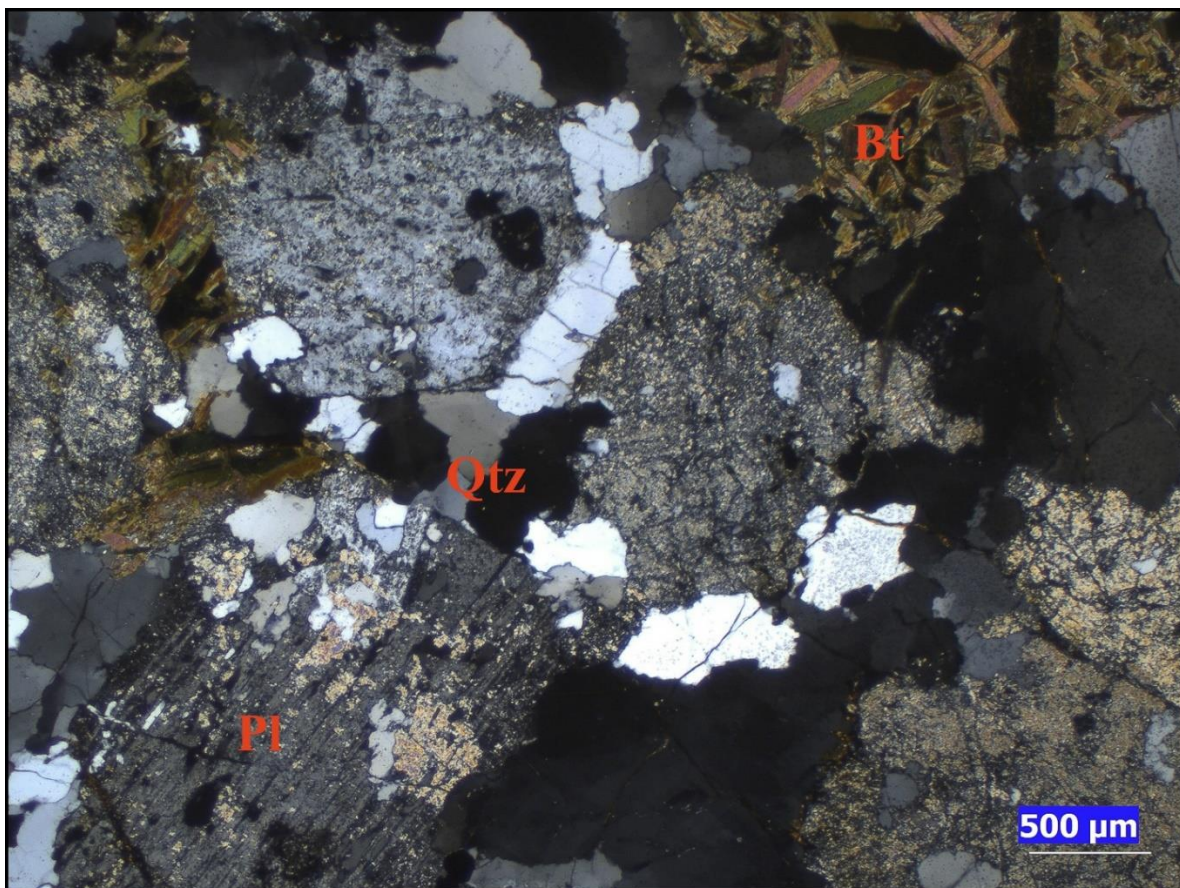
Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas, zonas donde la roca ha empezado a ser afectada por la recristalización dinámica BLG, evidenciada por los límites ameboides, de pequeña amplitud y pequeñas protuberancias. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

20.3 Clasificación

Según su composición mineralógica se clasifica como roca cuarzo feldespática. Los mecanismos de deformación presentes en cuarzo como el microfracturamiento, deformación intracristalina y una leve recrystalización, indican que la deformación sucedió en un régimen de transición entre el régimen frágil al dúctil, a una temperatura aproximada de 300°C y una presión de 3Kbar. La textura general de la roca es cataclástica, siendo masiva (Figura 95). La roca se clasifica como una cataclasita.

Figura 95

Fotomicrografía textura cataclástica, sección HQ-83



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura cataclástica general de la sección MD-37.

Se presentan abundantes microfracturas, intensa alteración y no se evidencia foliación. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

21. SECCIÓN DELGADA HQ-84

21.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita

21.2 Mecanismos de deformación

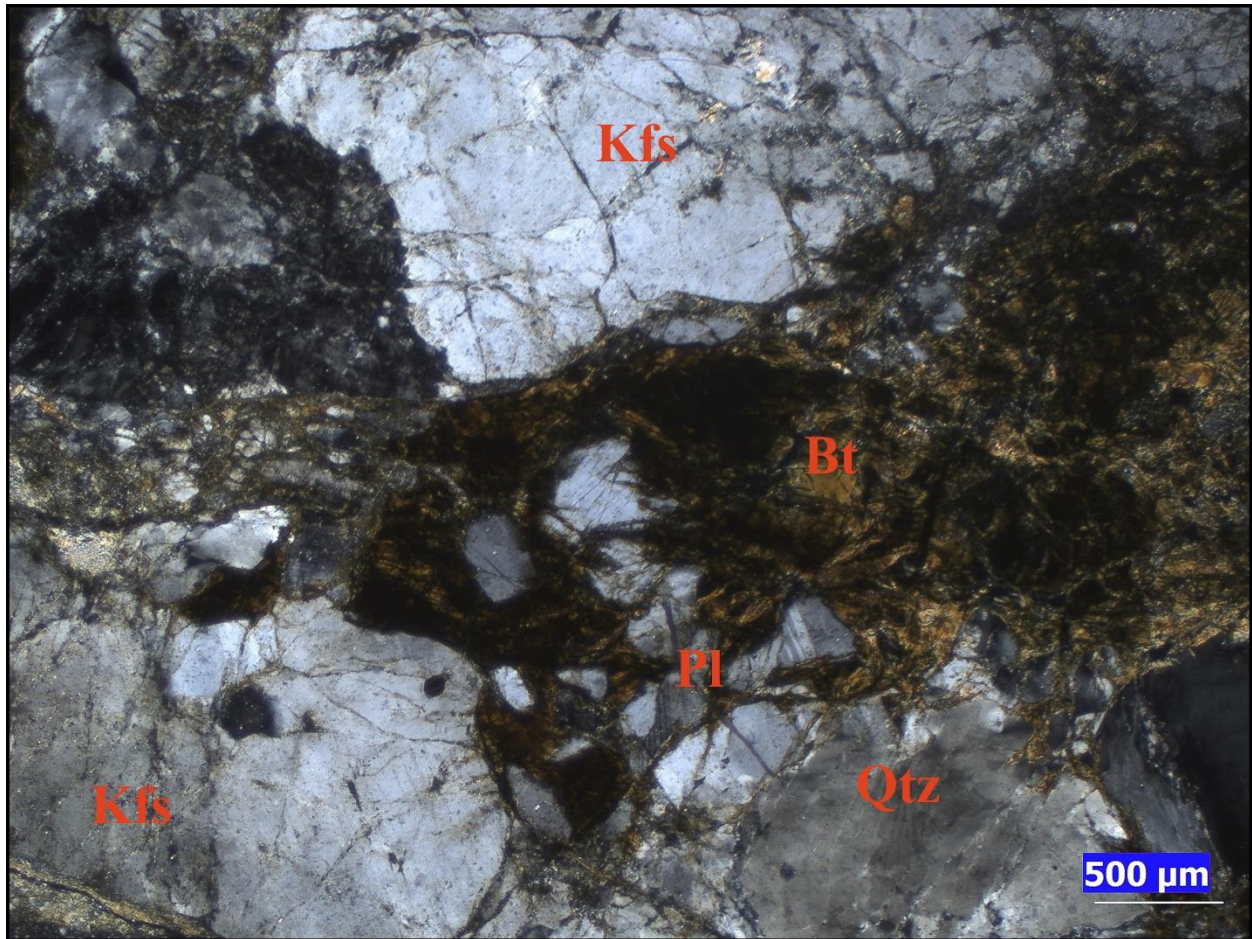
Frágiles

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intragranular intenso en plagioclasa, feldespato potasico, biotita y en menor intensidad en cuarzo (Figura 96). Por otro parte, se observa microfracturamiento intergranular con desplazamiento o microfallas, afectando la matriz, granos de cuarzo (Figura 7) y plagicolasa (Figura 98 y 99).

Las microfallas son indicadores de esfuerzos de cizalla. El comportamiento frágil de la plagioclasa y feldespato potásico, indica condiciones de temperatura de deformación de hasta 400°C; para el cuarzo, el comportamiento frágil indica condiciones de temperatura de deformación de hasta 300°C.

Figura 96

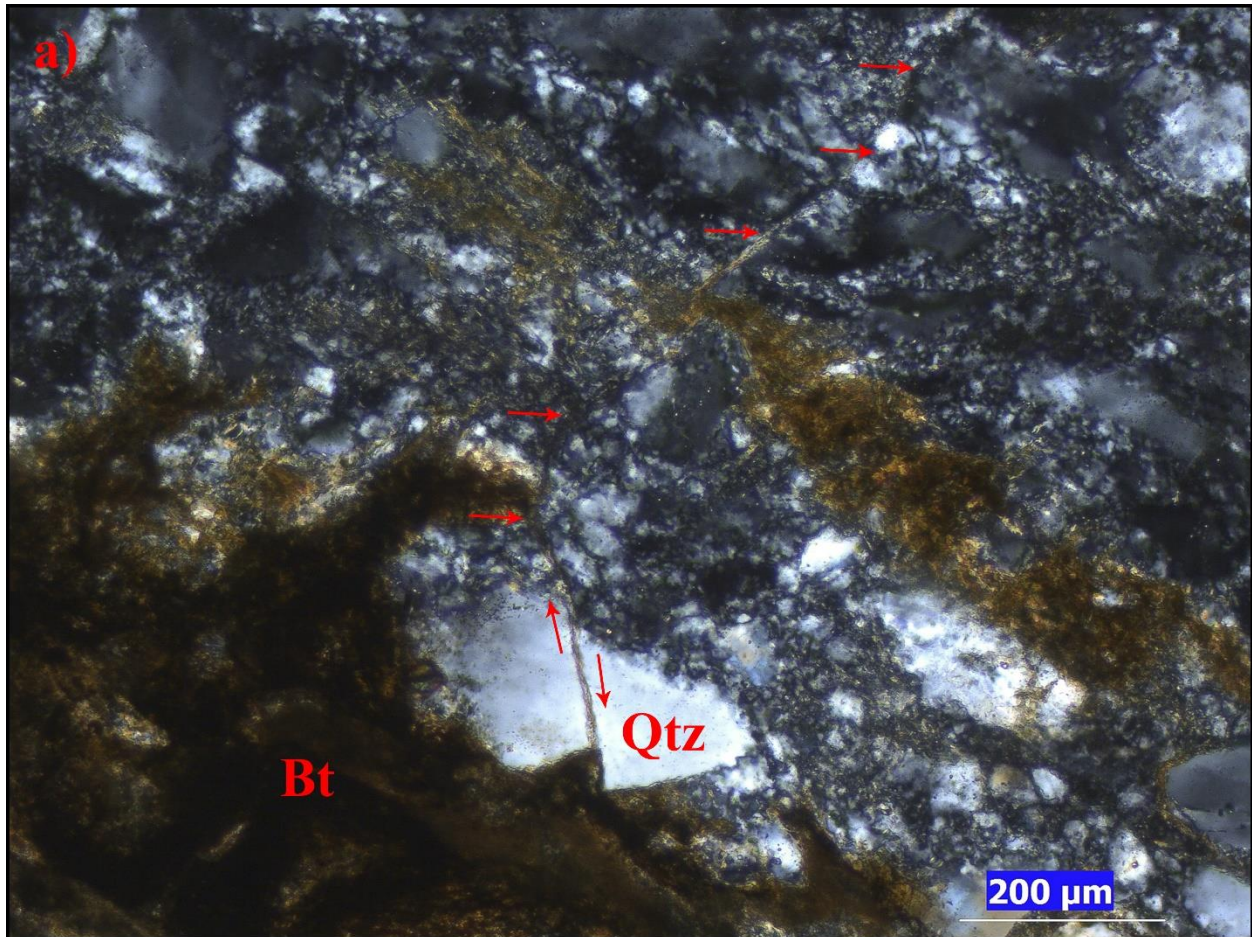
Fotomicrografía microfracturamiento, sección HQ-84



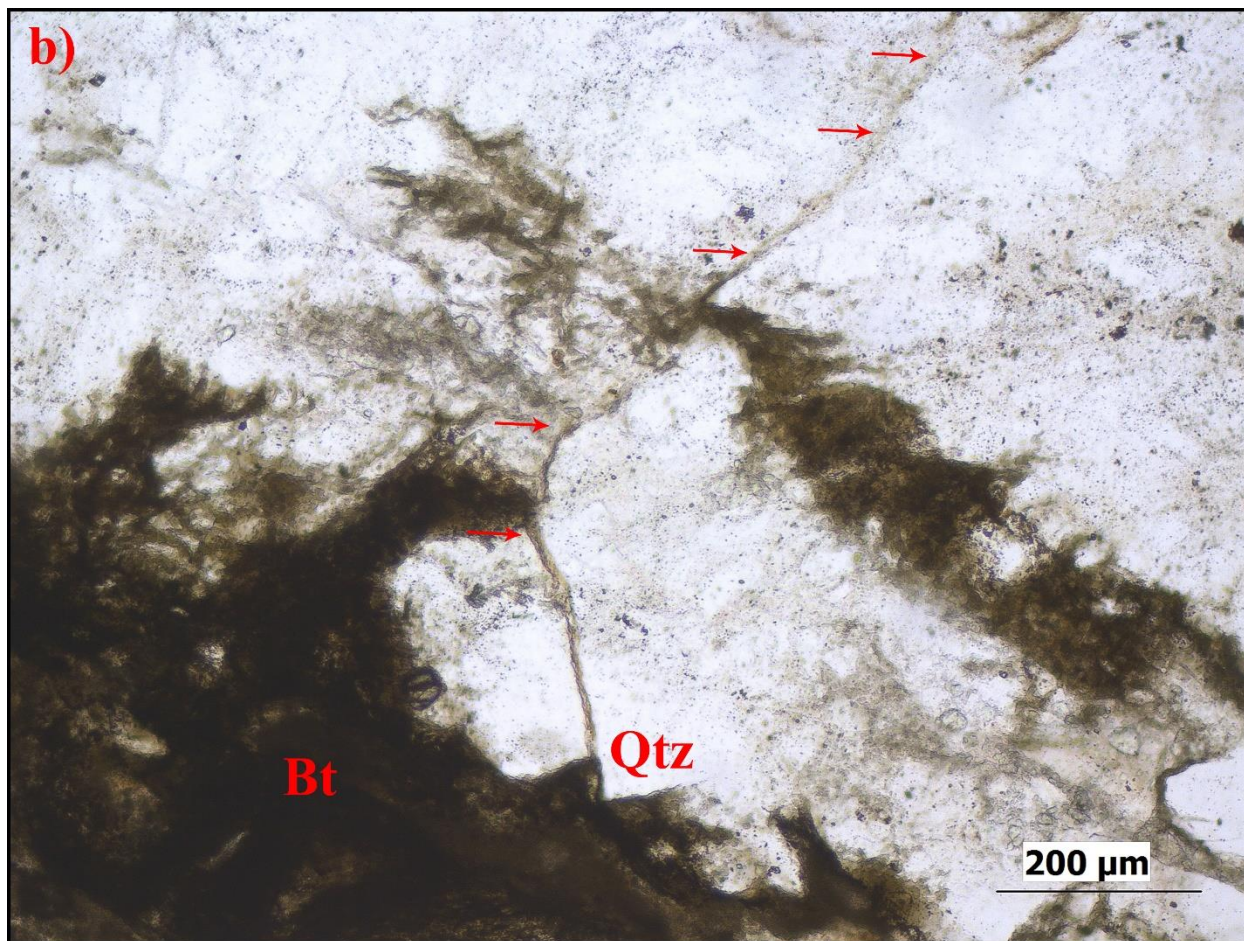
Nota. En la fotomicrografía se observan granos de feldespato potásico, biotita y plagioclasa que presentan microfracturamiento intragranular. Las microfracturas no presentan ninguna orientación preferencial y los fragmentos de los granos exhiben límites semirectos y angulosos. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 97

Fotomicrografía microfalla, sección HQ-84



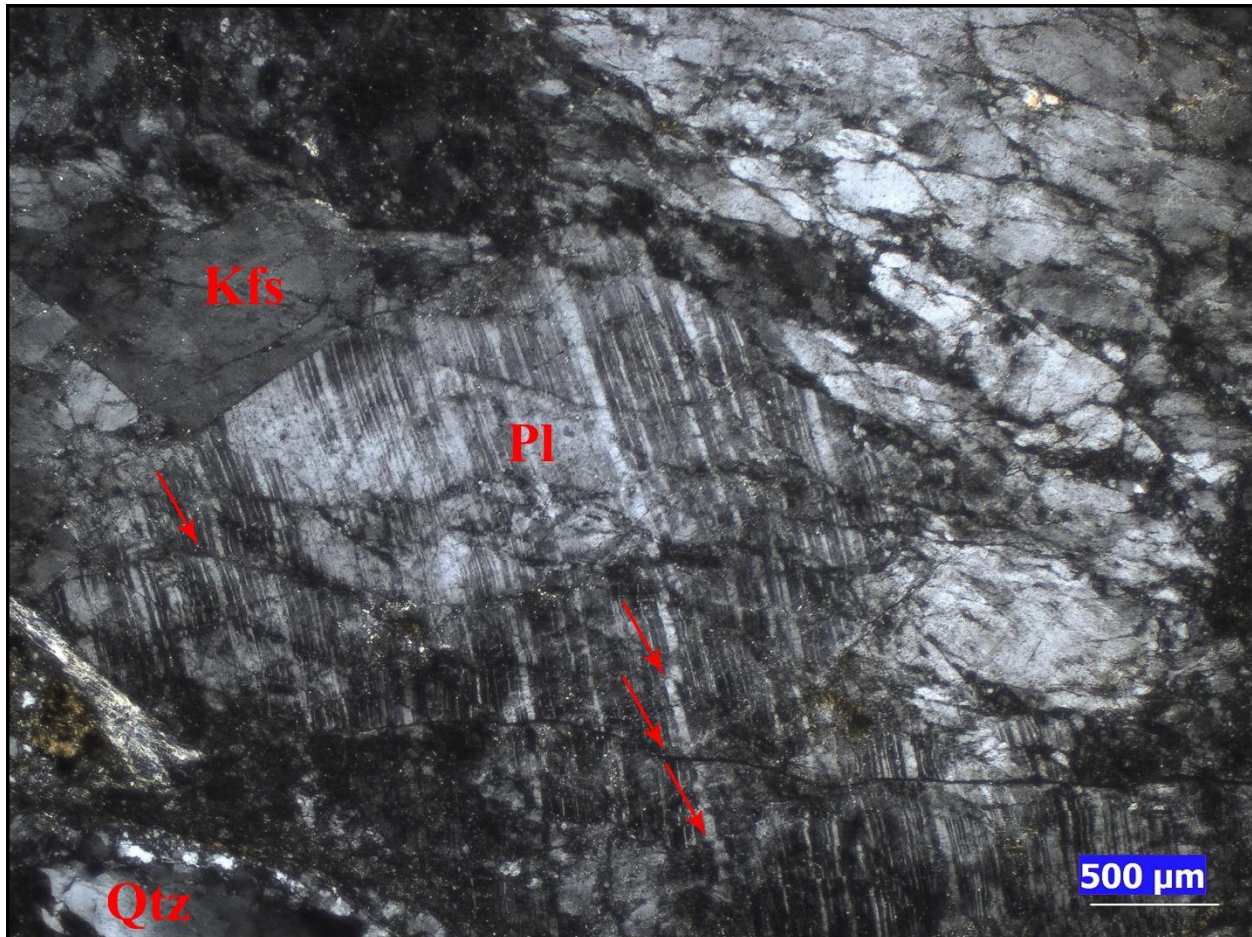
Nota. En la fotomicrografía se señala en rojo el plano de la microfalla, se observa que afecta a la matriz y a un grano de cuarzo, indicando un sentido dextral. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.



Nota: polarizadores paralelos, objetivo 10x.

Figura 98

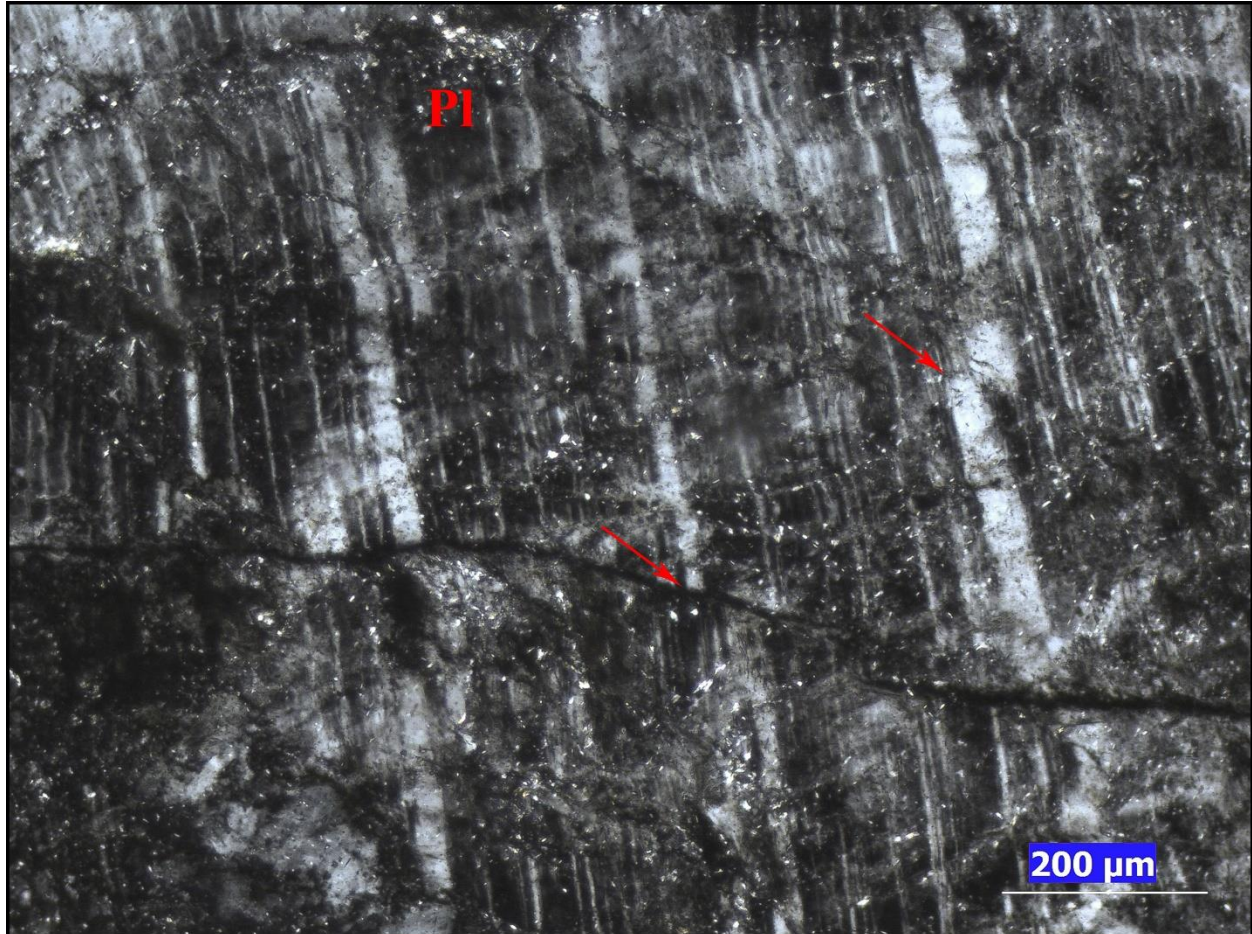
Fotomicrografía microfallas, sección HQ-84



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas, cuatro microfallas dispuestas horizontalmente que muestran diferentes sentidos de movimiento. Los dos superiores indican un sentido dextral y las 2 inferiores un sentido sinistral. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x

Figura 99

Fotomicrografía microfallas. sección HQ-84



Nota. Zoom figura 100. Se señalan con flechas rojas los planos de las microfallas. La microfalla superior indica un sentido dextral y la inferior un sentido sinistral. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

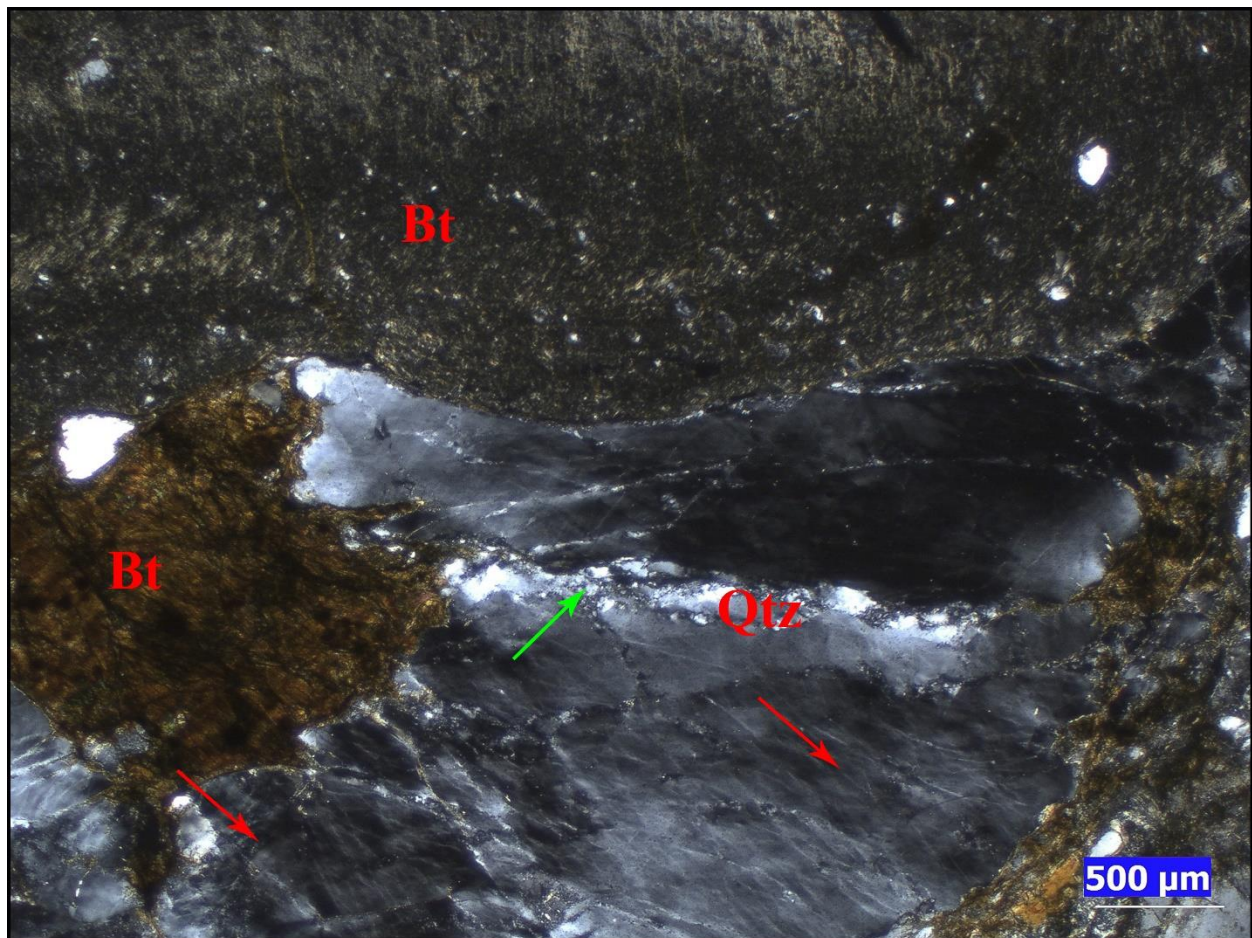
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta intensa extinción ondulosa en cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita, indicando que la red cristalina de los granos se encuentra ligeramente flexionada y contiene una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente.

(Figura 100). Por otra parte, la extinción ondulosa prominente indica que no ha habido procesos de recuperación por medio de la movilización y agrupamiento de las dislocaciones presentes en los granos. La extinción ondulosa intensa en cuarzo, indica condiciones aproximadas de temperatura de deformación de hasta 400°C y en el feldespato potásico y plagioclasa indica temperaturas de deformación aproximadas de hasta 500°C (Figura 100)

Figura 100

Fotomicrografía de deformación intracrystalina, sección HQ-84



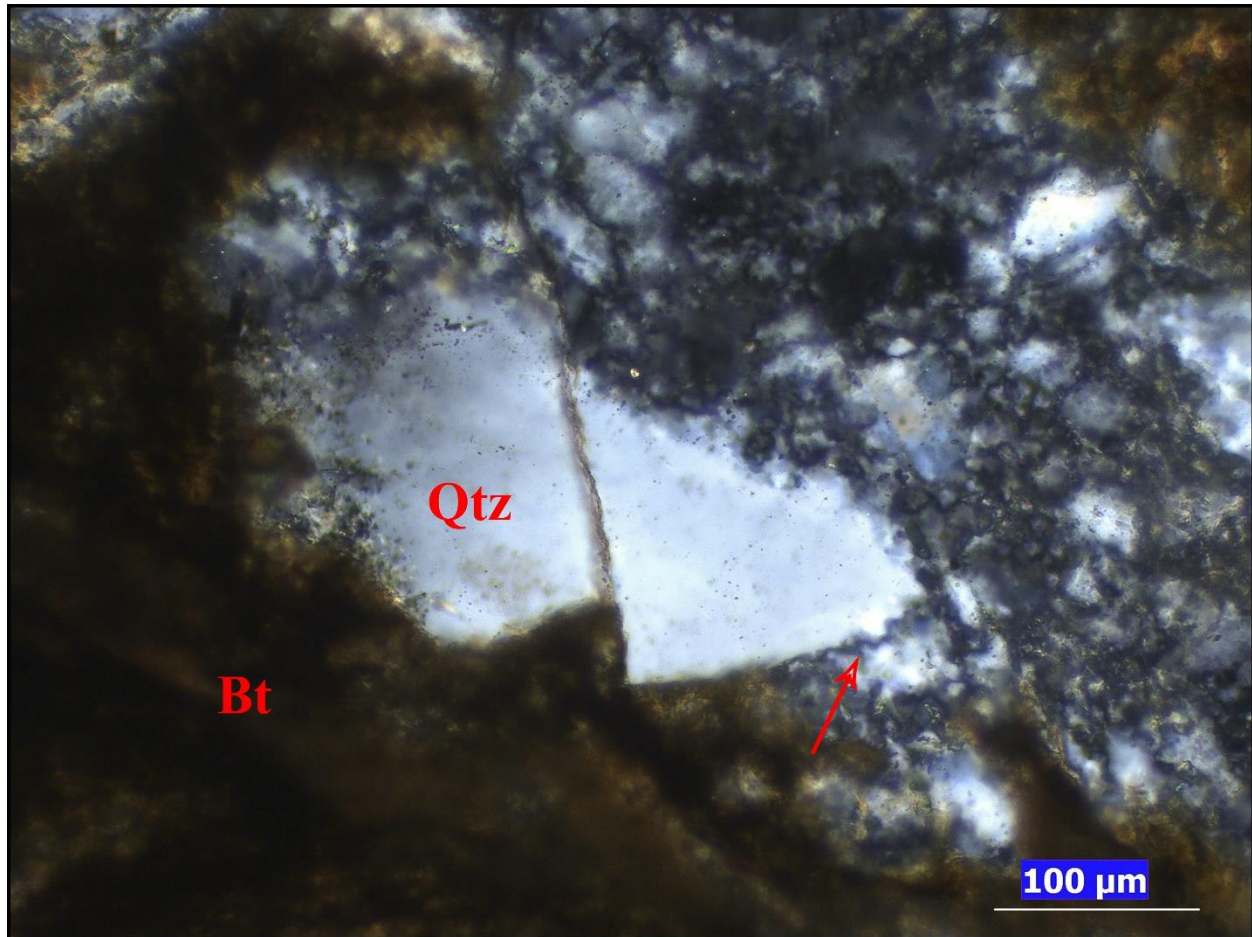
Nota. En la fotomicrografía se observan granos de cuarzo en la parte central, que presentan una fuerte extinción ondulosa o irregular señalada con flechas rojas. La flecha verde señala una zona

de recristalización BLG la cual sucede a lo largo de los límites de los granos de cuarzo. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Recristalización dinámica: se presenta recristalización BLG en cuarzo, indicando una movilidad de los límites de grano por el aumento de temperatura, evidenciado por bordes ameboides o lobulados de pequeña amplitud y pequeñas protuberancias, algunas de estas protuberancias se han separado y han formados nuevos granos independientes de tamaño de grano fino. La recristalización dinámica BLG en cuarzo indica condiciones de temperatura de deformación entre los 300°C a 400°C (Figura 101).

Figura 101

Fotomicrografía recristalización dinámica BLG, sección HQ-84



Nota. En la fotomicrografía se señala en rojo la evidencia de la recristalización dinámica BLG en cuarzo, se observan límites ameboides y lobulados y pequeñas protuberancias, mostrando como el grano con menor densidad de dislocaciones o menos deformado está consumiendo el grano adyacente con mayor cantidad de dislocaciones o más deformado. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

21.3 Clasificación

La presencia de mecanismos de deformación frágil y una recristalización BLG en una etapa

temprana en cuarzo, indica que la roca se deforma en una zona de transición del régimen frágil al régimen dúctil, en condiciones aproximadas de temperatura de deformación de 300°C y presión de 3Kbar. La roca se clasifica como una cataclasita.

22. SECCIÓN DELGADA HQ-85

22.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita

Minerales menores: anfíbol, epidota, clinozoisita, piroxeno

Minerales accesorios: opacos, olivino.

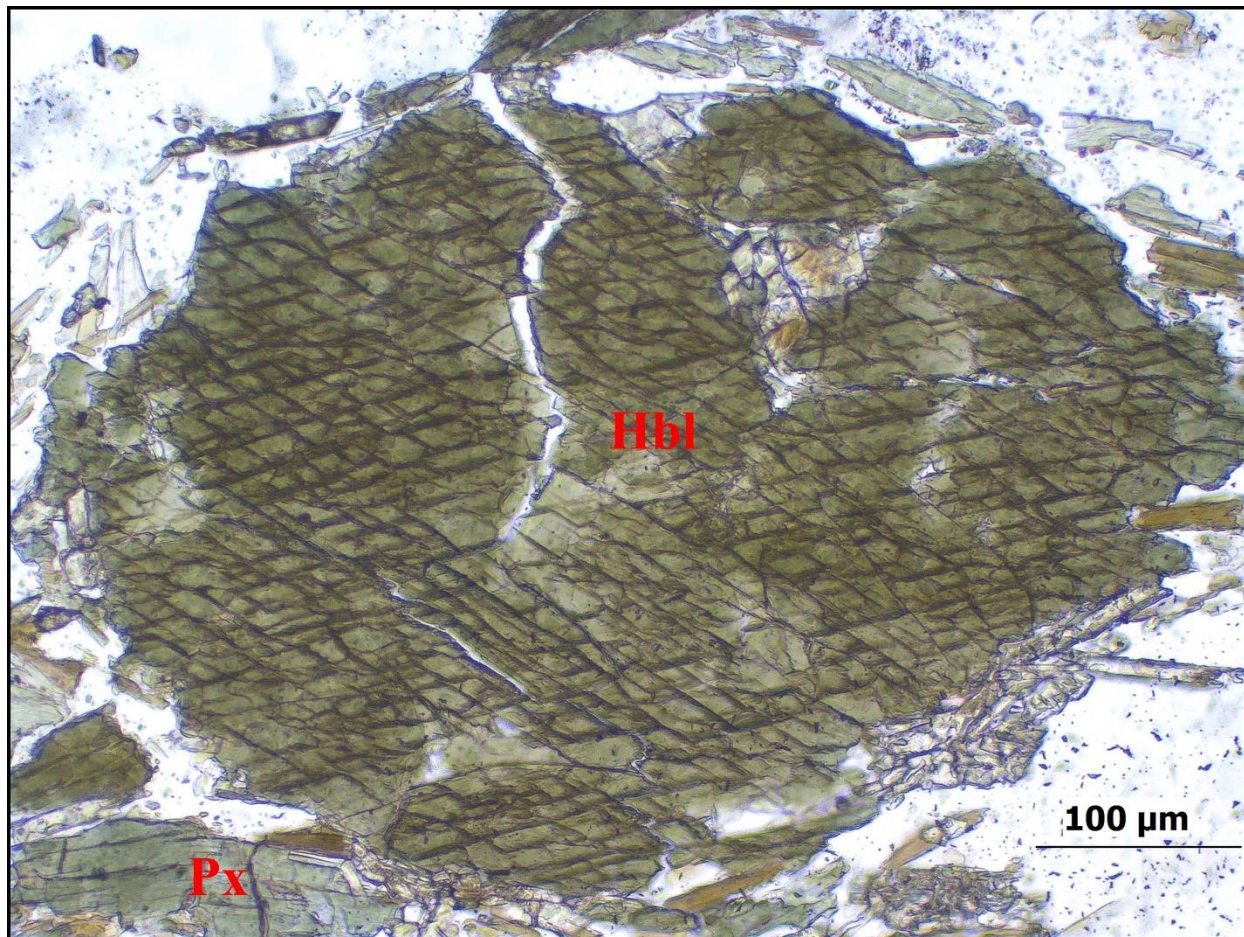
22.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presentan microfracturamiento intragranular en anfíbol, clinozoisita y epidota. El microfracturamiento en anfíbol indica que la deformación ocurrió por debajo de condiciones de temperatura de 650°C a 700°C aproximadamente (Figura 102 y 103).

Figura 102

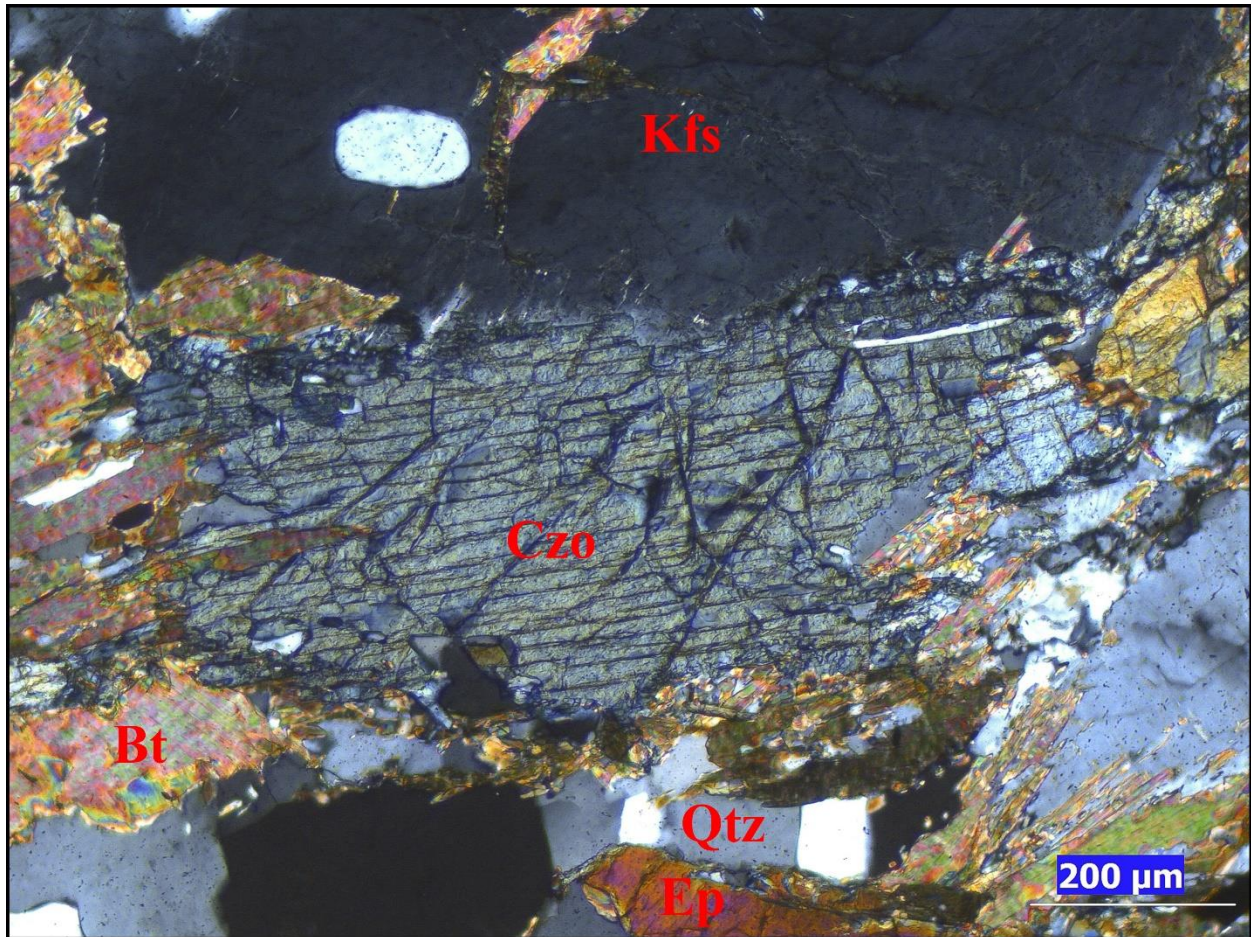
Fotomicrografía microfracturamiento intragranular, sección HQ-85



Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de anfíbol que presenta microfracturamiento intragranular, las microfracturas no se encuentran rellenas. Polarizadores paralelos, objetivo 20x.

Figura 103

Fotomicrografía microfracturamiento intragranular, sección HQ-85



Nota. En la fotomicrografía se observa en la parte central, un grano de clinozoisita que evidencia un fuerte microfracturamiento intragranular. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

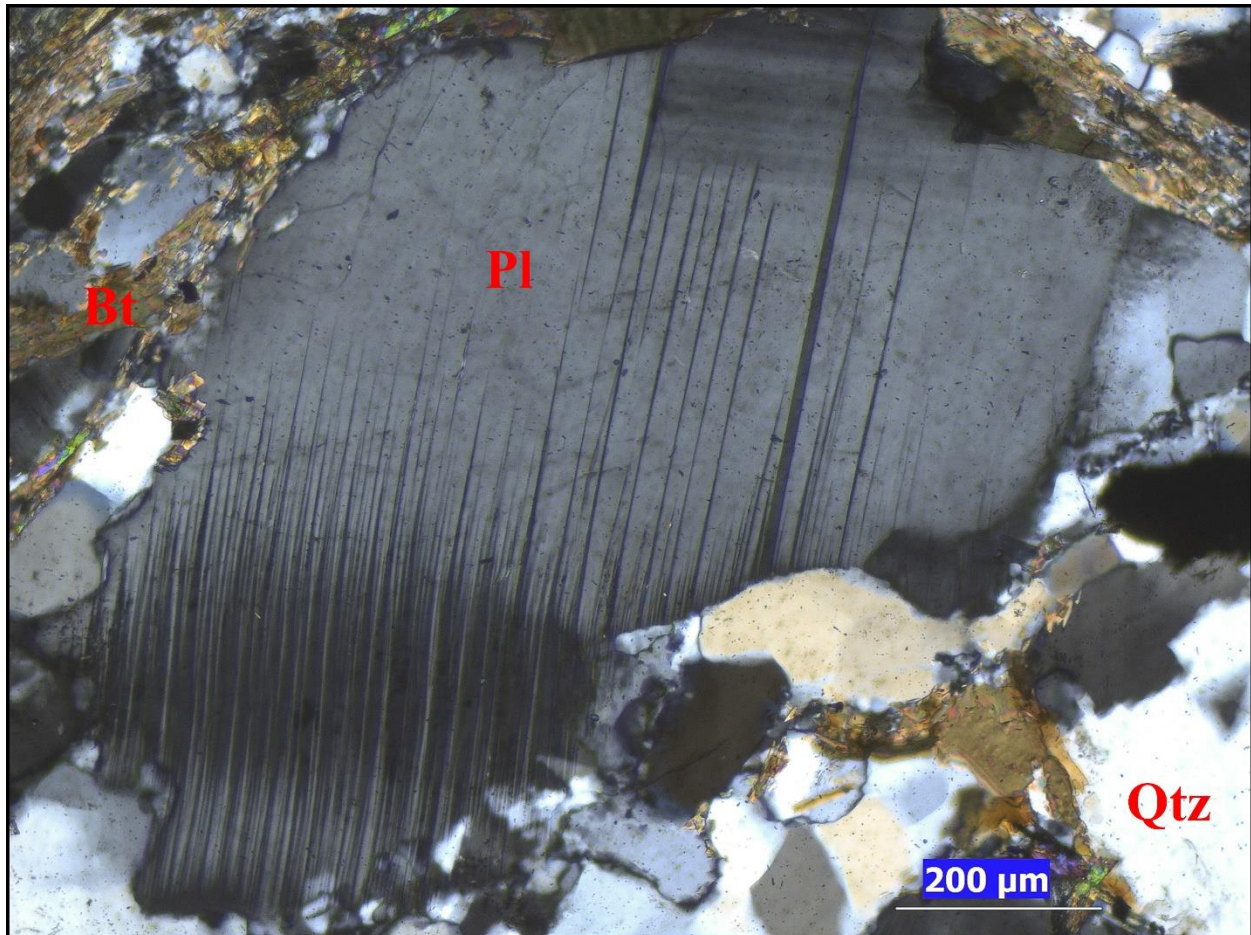
Dúctiles

Maclado por deformación: se presenta en plagioclasa, indicando que partes de los granos han experimentado torsión con respecto a otras partes del mismo grano que han experimentado torsión creando una imagen especular. Se nuclea en sitios de altas tensiones como los bordes de

contacto entre dos granos. El maclado por deformación puede ser prominente hasta temperaturas aproximadas de 500°C (Figuras 104 y 105).

Figura 104

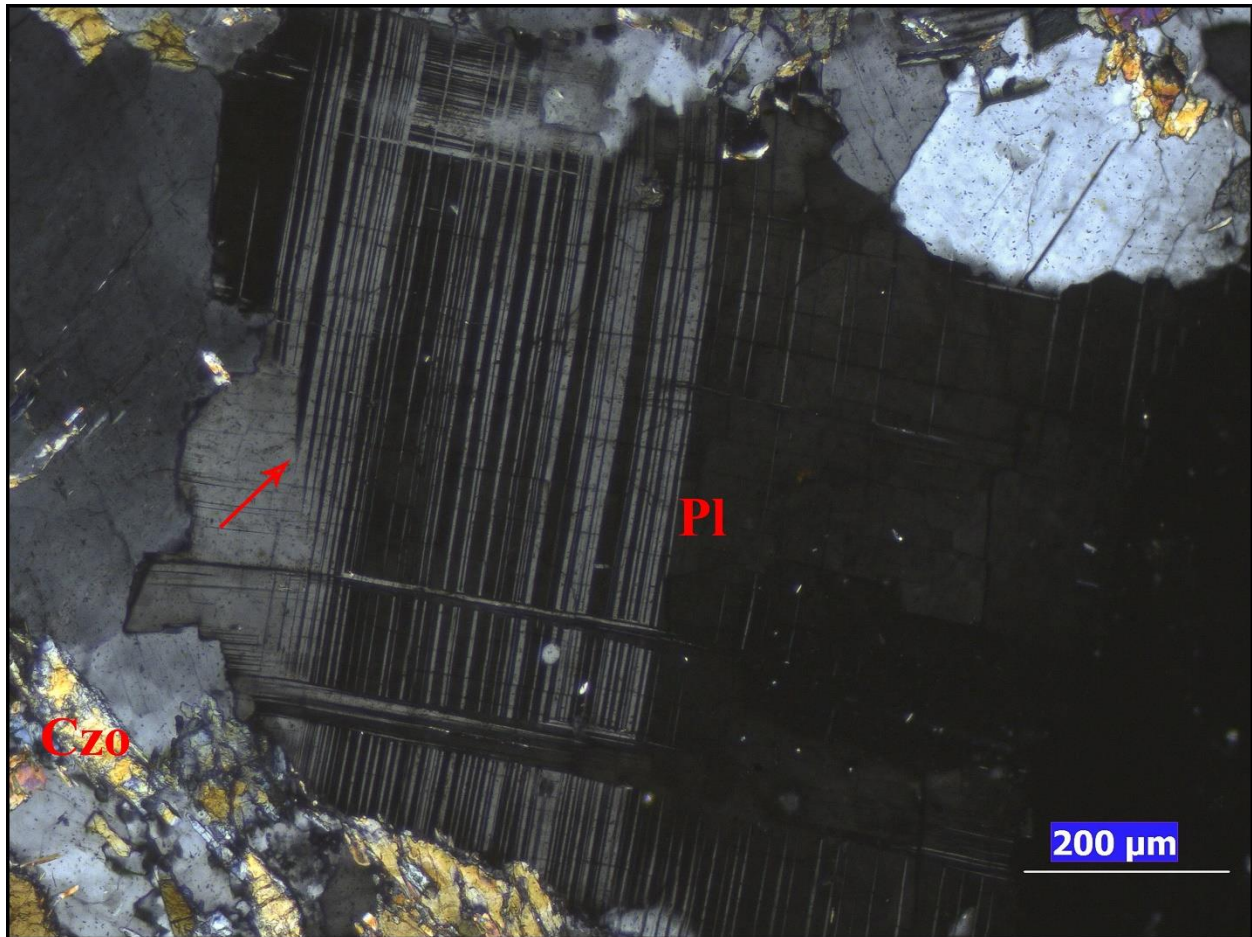
Fotomicrografía maclado por deformación, sección HQ-85



Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de plagioclasa que presentan maclado por deformación. Las maclas presentan forma de cuña, volviéndose más estrechas hacia el centro del grano y se encuentran levemente flexionadas. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 105

Fotomicrografía maclado por deformación, sección HQ-85



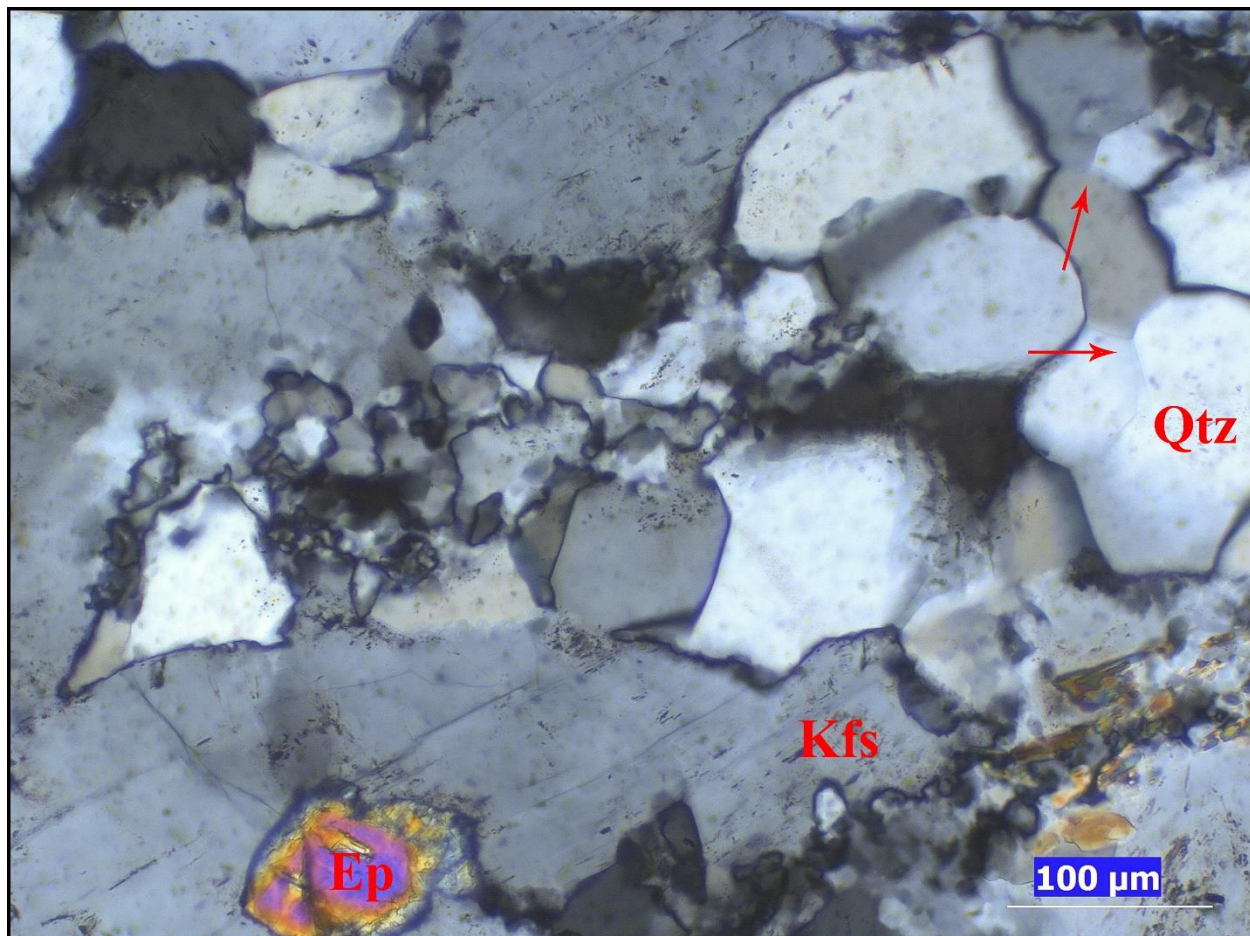
Nota. En la fotomicrografía se presenta un grano de plagioclasa que presenta maclado por deformación señalado por la flecha roja, se observa la forma de cuña estrechándose hacia el centro del grano. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa apreciable en plagioclasa, indicando que las redes cristalinas de los granos de plagioclasa se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una gran cantidad de dislocaciones que no se encuentran agrupadas.

Recuperación: se evidencia recuperación en granos de cuarzo, indicando que los granos experimentaron procesos que los intentaron llevar a un estado no deformado por medio del agrupamiento de las dislocaciones en límites de subgranos y por consiguiente la creación de subgranos. Las microestructuras de recuperación en cuarzo pueden estar presentes desde los 400°C hasta los 700°C (Figura 106).

Figura 106

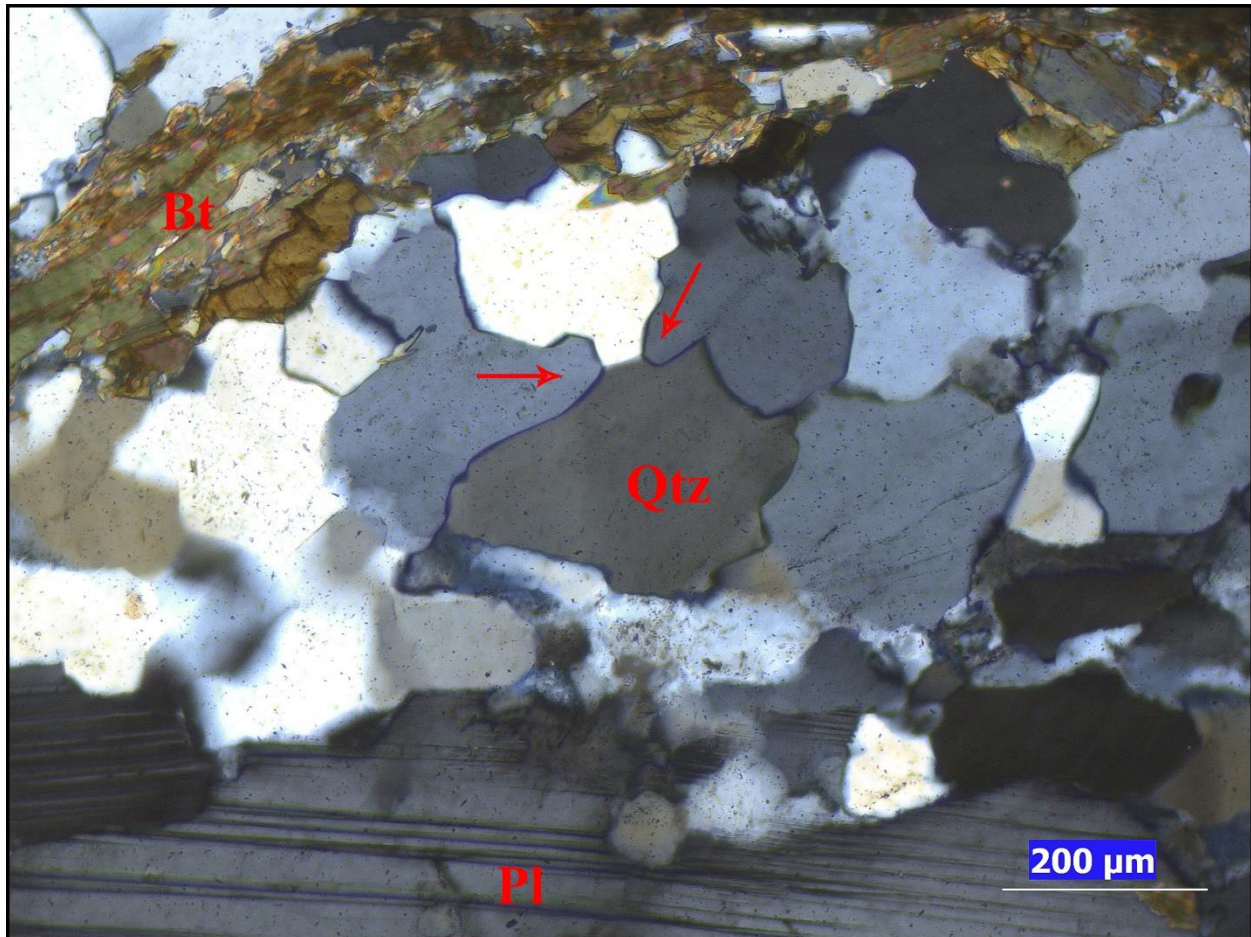
Fotomicrografía recuperación, sección HQ-85



Nota. En la fotomicrografía se observa señalado en flechas rojas, subgranos producto de la recuperación. En la parte inferior derecha de la fotomicrografía se presenta en grano de

feldespato potásico que presentan recristalización BLG a largo del borde, exhibiendo protuberancias y bordes lobulados de pequeña amplitud y algunos nuevos granos. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

Recristalización dinámica: la recristalización dinámica dominante es la recristalización GBM, la cual se evidencia en cuarzo, indicando que debido a la alta temperatura los límites de los granos se han vuelto muy móviles y han empezado a consumir granos vecinos para eliminar las dislocaciones presentes. Los granos presentan límites lobulados de gran amplitud y algunos tienen un aspecto libre de deformación, es decir, sin subgranos y extinción ondulosa, además se presentan microestructuras de fijación, las cuales indican la dirección de la migración de los límites de grano; estas microestructuras en cuarzo, indican condiciones aproximadas de temperatura de deformación de 500° a 700°C (Figura 107). Por otra parte, se presenta recristalización dinámica BLG y recristalización SGR incipiente en feldespato potásico y plagioclasa indicando una temperatura de deformación de aproximadamente 600°C (Figura 106).

Figura 107*Recristalización dinámica GBM, sección HQ-85*

Nota: en la fotomicrografía se observa recristalización dinámica GBM en cuarzo, se presentan bordes lobulados de gran amplitud y algunos granos exhiben un aspecto libre de deformación, es decir, sin extinción ondulosa y subgranos. En rojo se señala una microestructura de fijación, las flechas rojas indican la dirección de la migración de los límites de grano. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

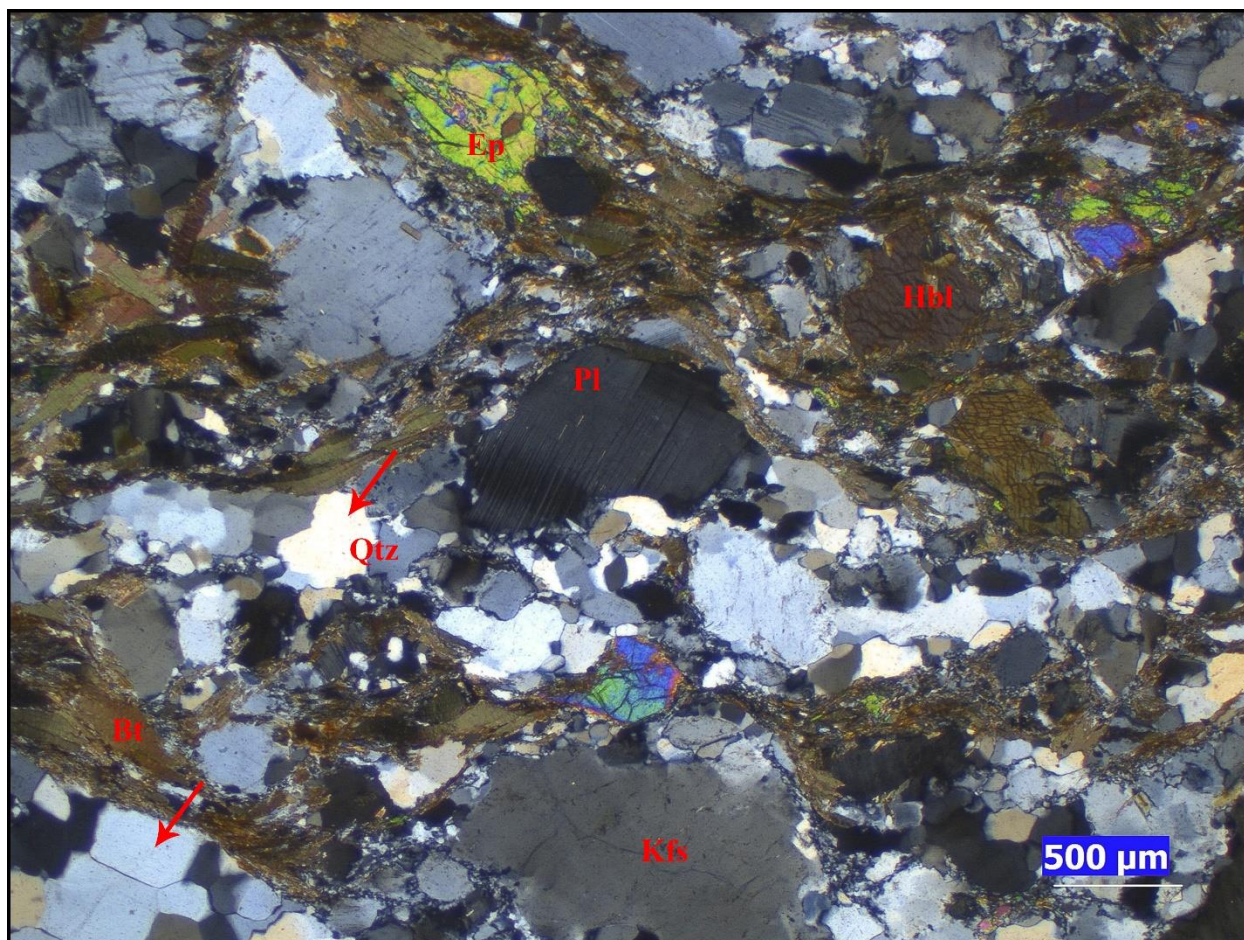
22.3 Clasificación

Según la composición mineralógica se clasifica como una roca mafica. Los mecanismos

deformación y las microestructuras asociadas en cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa, permiten estimar una temperatura de deformación de 600°C y una presión de 6Kbar. La roca se clasifica como una milonita (Figuras 108, 109, 110 y 111)

Figura 108

Fotomicrografía textura general, sección HQ-85

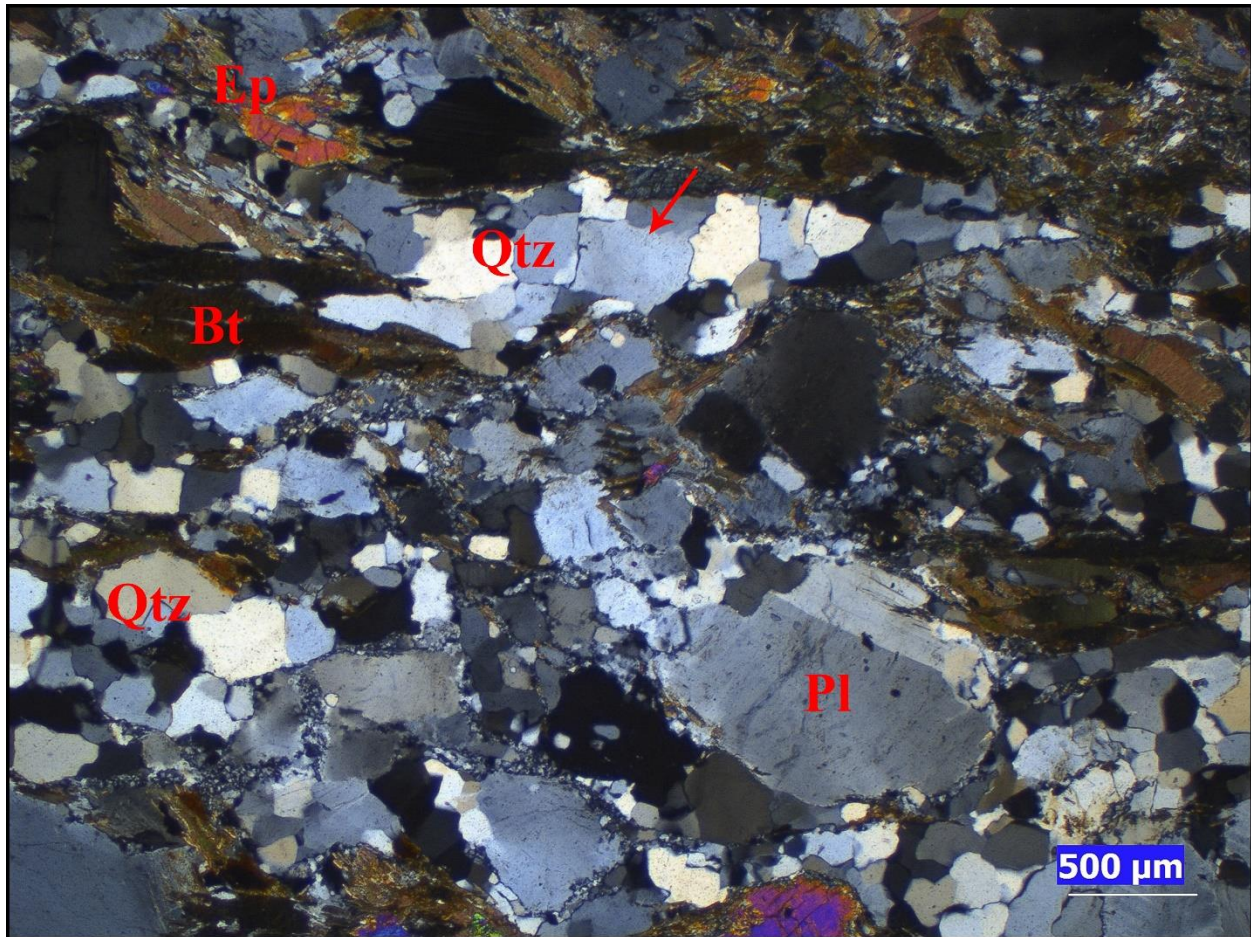


Nota. En la fotomicrografía se presenta la microtextura general de la roca, se evidencia una leve foliación milonítica definida por una orientación preferencial de la biotita. Se observa microfracturamiento intragranular en epidota y anfíbol, maclado por deformación en porfiroclasto de plagioclasa, recristalización dinámica BLG a lo largo de los límites de granos de

feldespato potásico, subgranos en cuarzo recristalización dinámica GBM en cuarzo señalada con flechas rojas. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 109

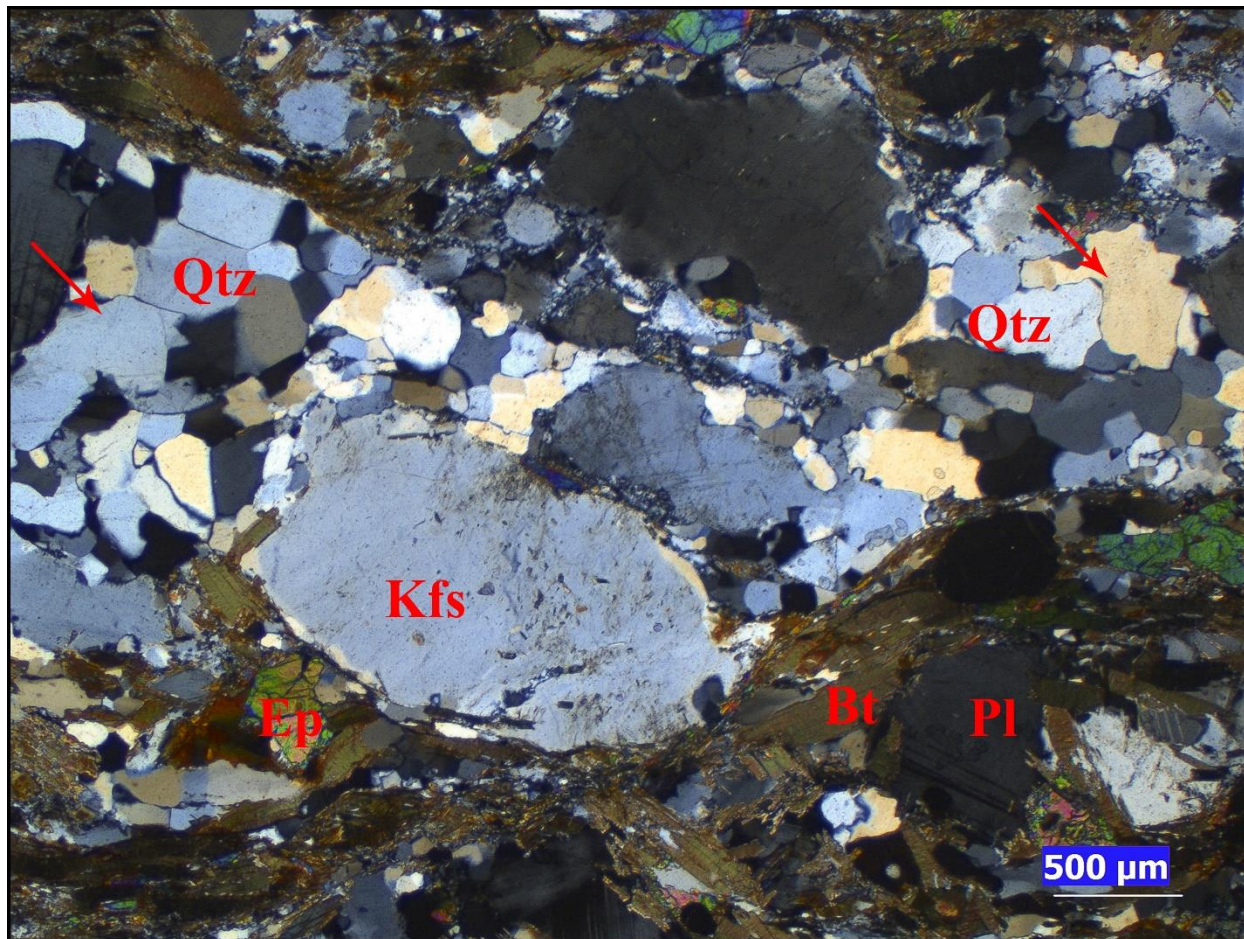
Fotomicrografía textura general, sección HQ-85



Nota. En la fotomicrografía se señala con una flecha roja una zona de recristalización dinámica GBM en cuarzo. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 110

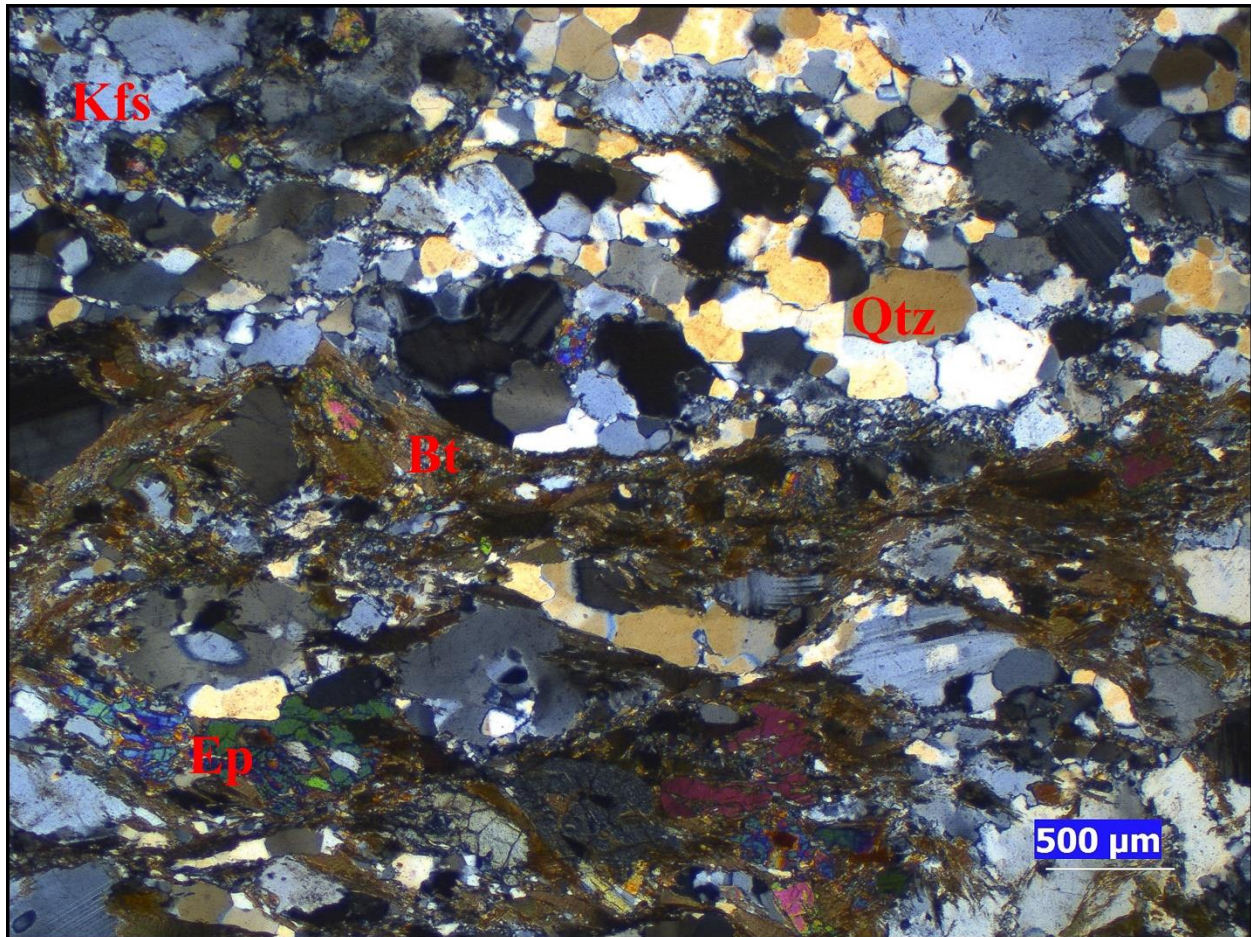
Fotomicrografía textura general, sección HQ-85



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas recristalización dinámica GBM en cuarzo y indicando una temperatura aproximada de deformación de 600°C. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 111

Fotomicrografía textura general, sección HQ-85



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura general de la roca. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

23. SECCIÓN DELGADA HQ-86

23.1 Composición mineralógica

Minerales principales: calcita

Minerales mayores: dolomita

Minerales menores: Opacos.

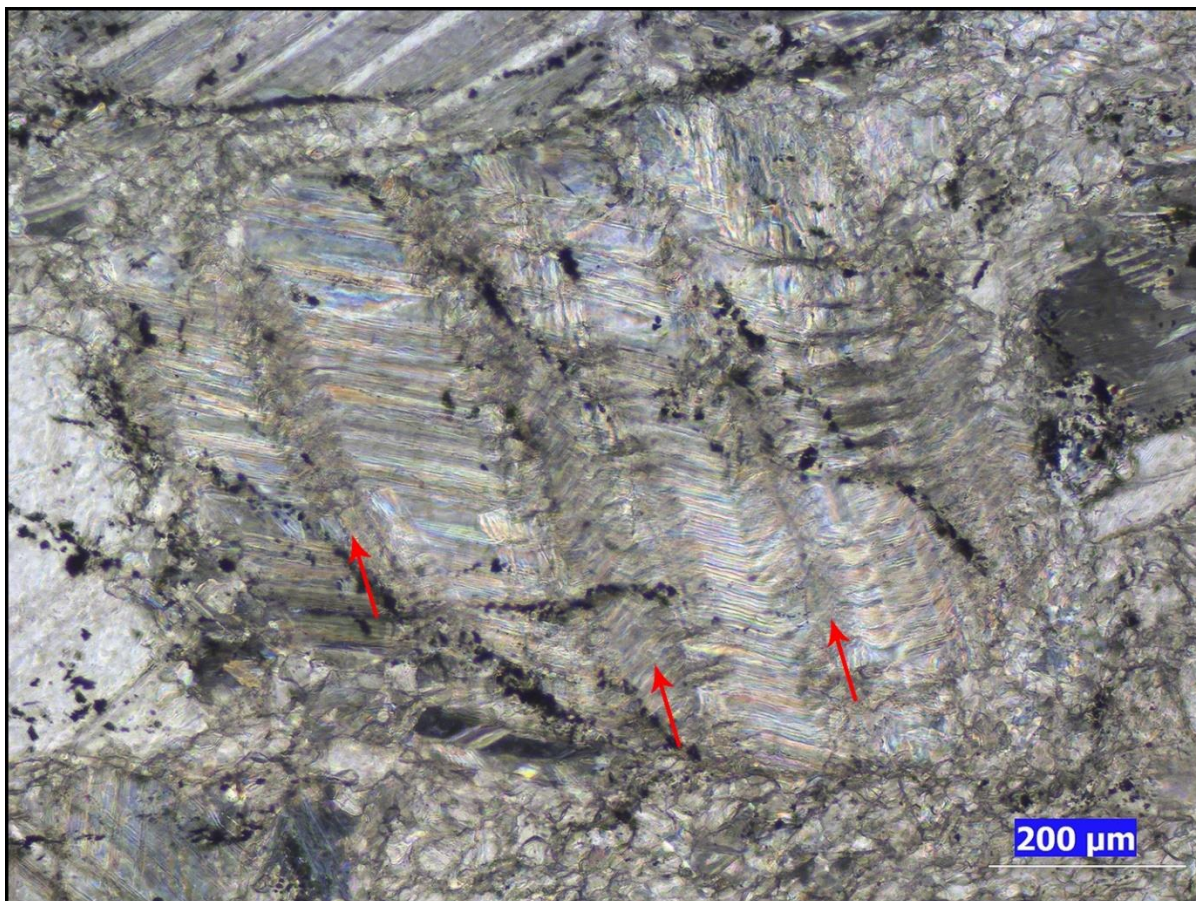
23.2 Mecanismos de deformación

Dúctiles

Kinking: se presenta en calcita, indicando que hubo una fuerte flexión de una parte del grano con respecto a otra parte del grano que no experimentó flexión, la deformación por flexión se concentra en bandas kink (Figura 112).

Figura 112

Fotomicrografía kinking, sección HQ-86



Nota. En la fotomicrografía se presenta kinking en calcita. Las flechas rojas señalan las bandas

kink, delimitadas por las líneas rojas. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recuperación: se evidencian bandas de deformación con límites difusos en calcita, indicando que debido al aumento de temperatura algunas de las dislocaciones presentes en los granos se han movilizadado y agrupado en planos de dislocaciones (Figura 113).

Figura 113

Fotomicrografía recuperación, sección HQ-86



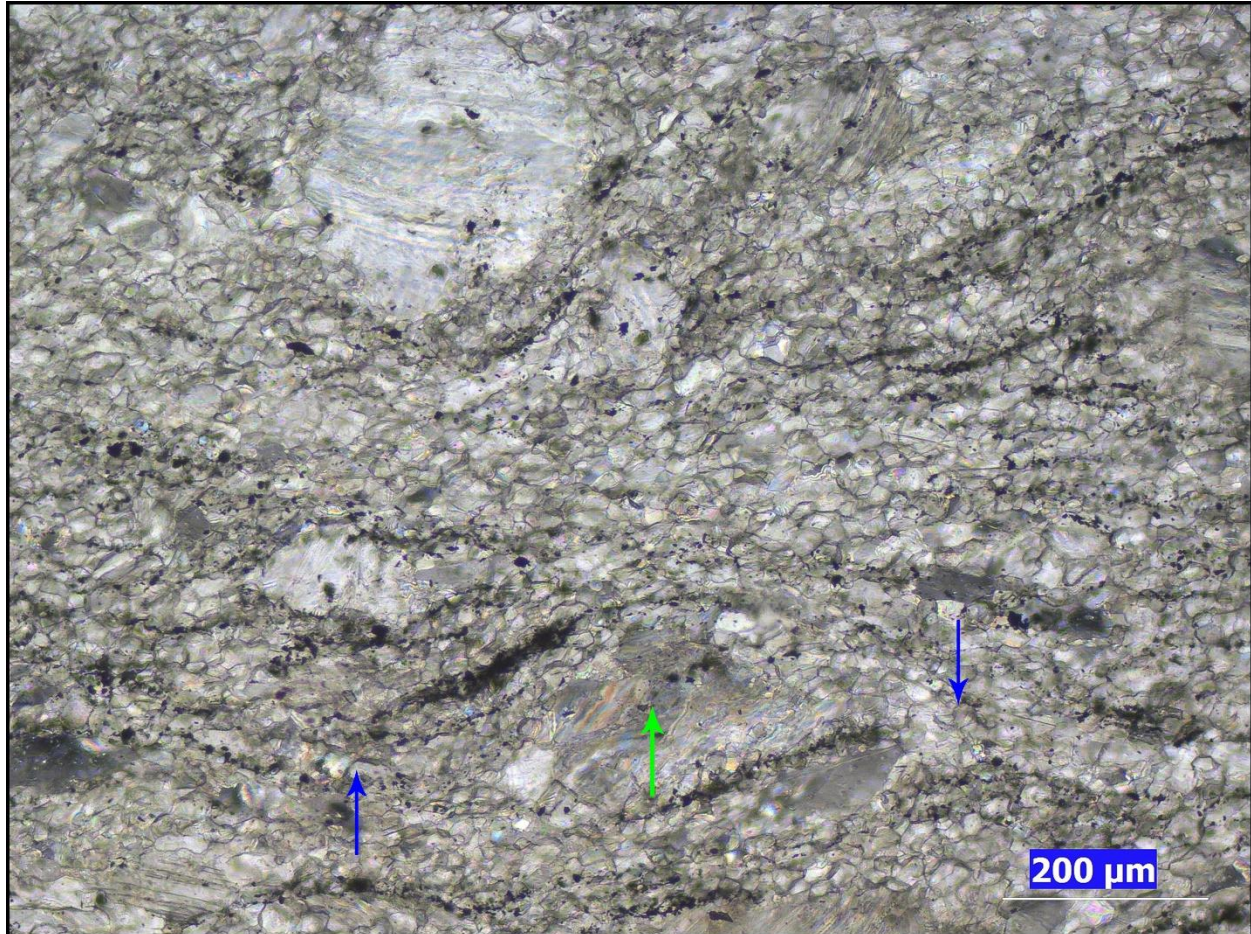
Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas las bandas de deformación en un porfiroclasto de calcita. Se pueden observar algunas bandas de cizalla definidas por minerales opacos, los granos de tamaño de grano fino son producto de la recristalización dinámica

progresiva desde los bordes de antiguos granos de tamaño de grano grueso. Polarizadores cruzados, objetivo 4x

Recristalización dinámica: se presentan recristalización dinámica BLG en calcita a lo largo de los bordes de antiguos granos, creando nuevos granos de tamaño de grano fino producto de la separación de las protuberancias. Se presentan porfiroclastos de núcleo y manto, con un límite entre el núcleo y manto poco definido. Los granos finos que componen la matriz son producto de la recristalización dinámica BLG. La recristalización BLG en calcita indica condiciones aproximadas de temperatura de deformación de 300°C a 500°C (Figura 114).

Figura 114

Fotomicrografía recristalización BLG, sección HQ-86



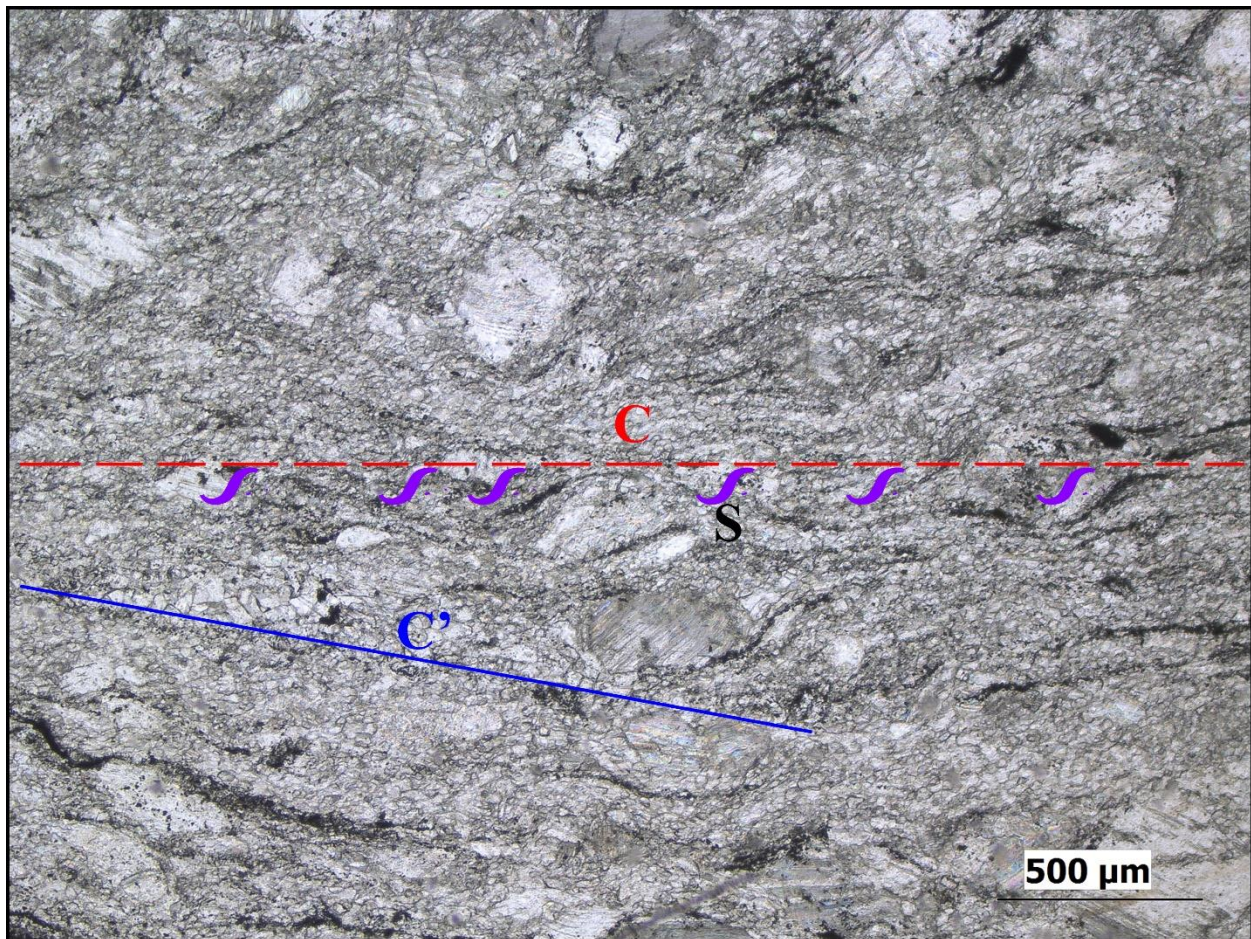
Nota. En la fotomicrografía se observa en la parte inferior se presenta un porfiroclasto de núcleo y manto tipo σ , las flechas azules señalan las alas que forman parte del manto y la flecha verde señala el núcleo. El manto es de tamaño de grano fino producto de la recristalización BLG de antiguos granos de tamaño de grano grueso. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

23.3 Indicadores del sentido de cizalla

Se presentan porfiroclastos de núcleo y manto tipo σ , que muestran un sentido de cizalla dextral (Figura 114). Por otra parte, se presentan bandas de cizallamiento S y C', indicando un sentido de cizalla dextral (Figura 115).

Figura 115

Fotomicrografía bandas de cizalla, sección HQ-86



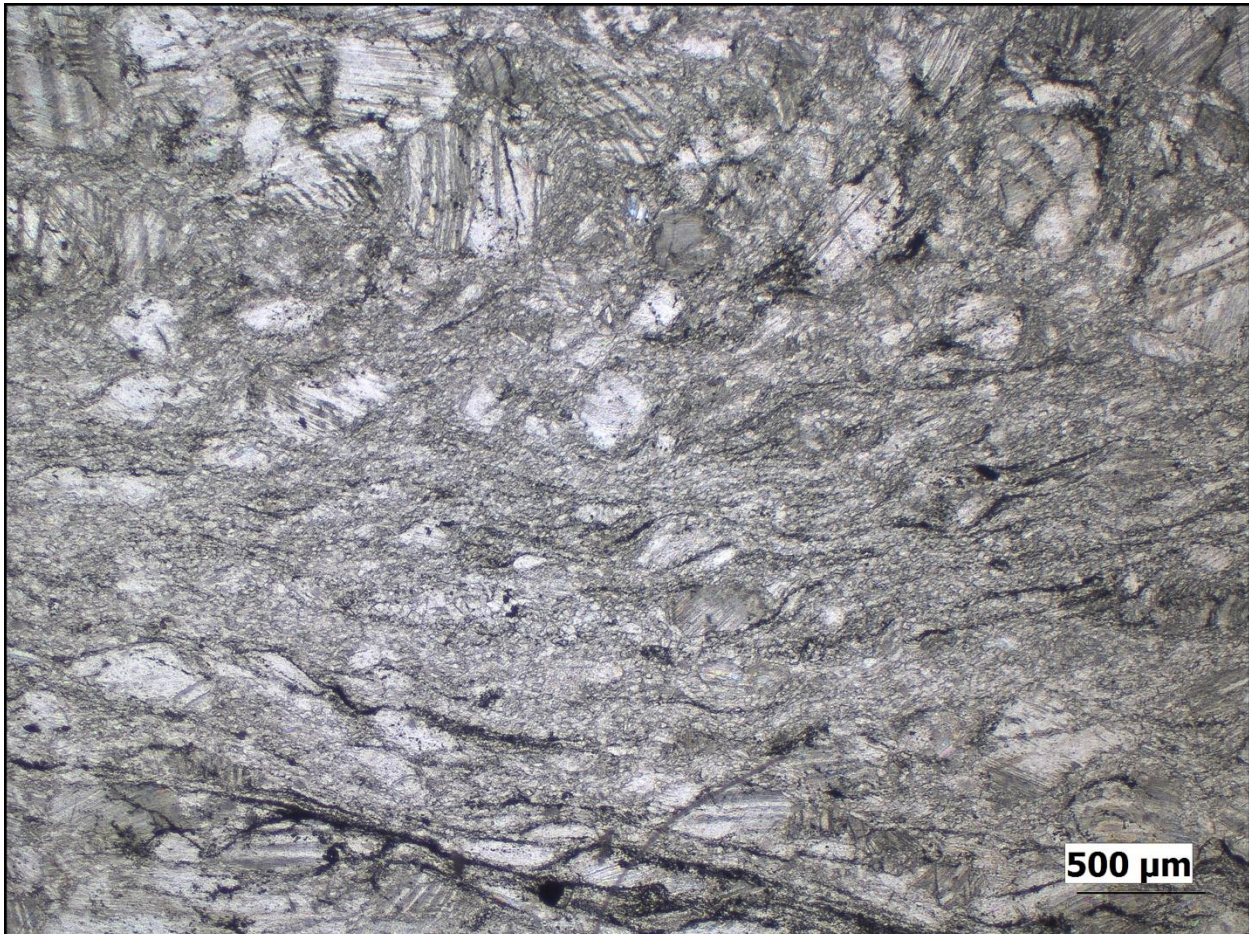
Nota. En la fotomicrografía se delimita en rojo una banda de cizalla C, en purpuras las bandas S y en azul una banda de cizalla C', indicando un sentido de cizalla dextral. Polarizadores paralelos, objetivo 4x.

23.4 Clasificación

Según la composición mineralógica, se clasifica como un mármol. Los mecanismos de deformación y microestructuras identificadas como la recristalización dinámica BLG, indican temperaturas aproximadas de deformación entre los 300°C a 500°C y presiones entre los 3Kbar y los 6Kbar. La roca se clasifica como un mármol milonitizado (Figura 116).

Figura 116

Fotomicrografía textura general, sección HQ-86



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura general de un mármol milonitizado.

Polarizadores paralelos, objetivo 2.5x.

24. SECCIÓN DELGADA HQ-87

24.1 Composición mineralógica

Minerales principales: cuarzo

Minerales mayores: feldespato potásico

Minerales menores: plagioclasa

Minerales accesorios: biotita, sericita, opacos.

24.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presentan un microfracturamiento intragranular en cuarzo y feldespato potásico.

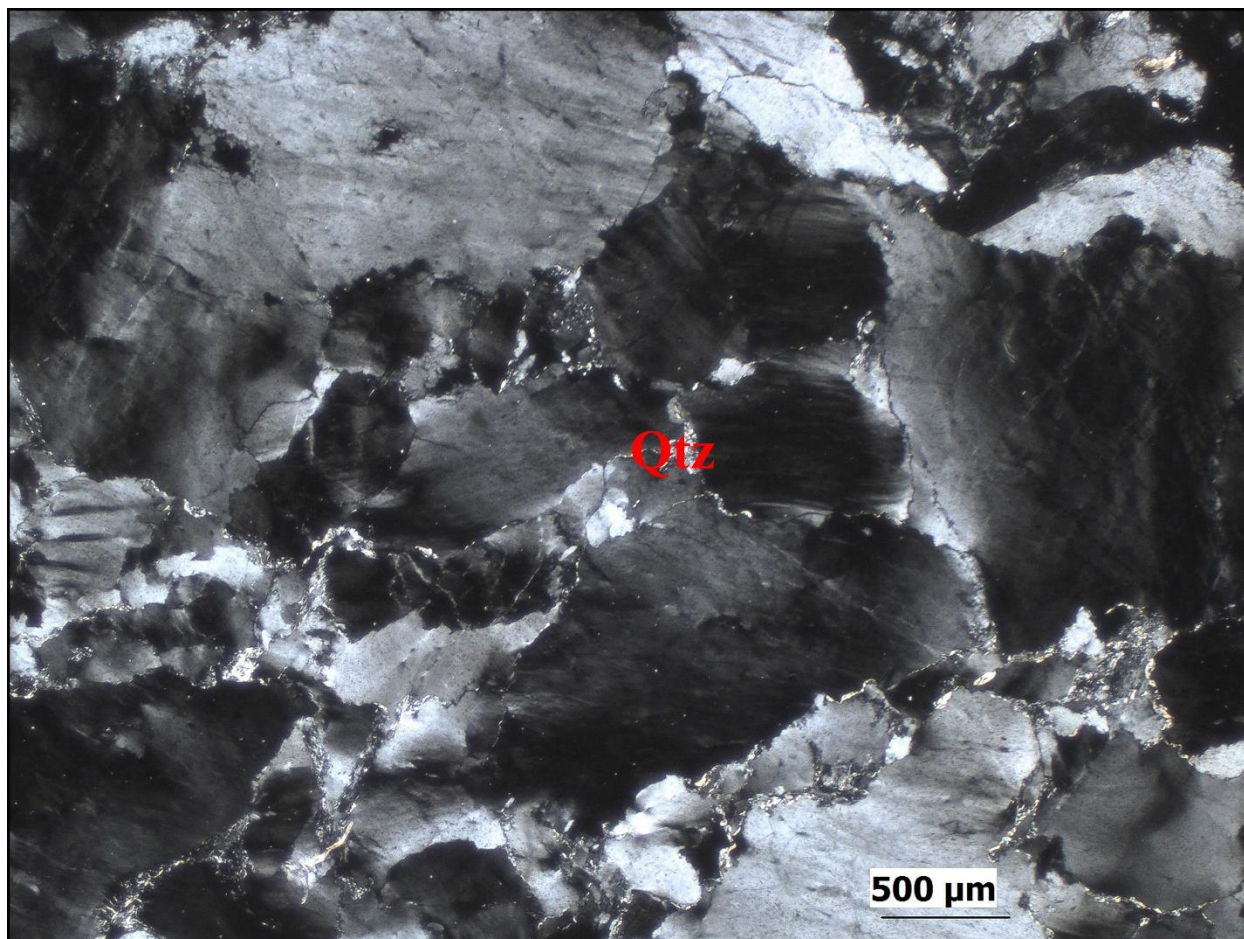
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa apreciable en cuarzo y feldespato potásico, indicando que las redes cristalinas de los granos de plagioclasa y cuarzo se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente (Figura 117).

Por otra parte, en cuarzo se presentan laminillas de deformación, las cuales son evidencia de que las redes cristalinas de algunos granos se encuentran dañadas (Figura 118). La extinción ondulosa y las laminillas de deformación en cuarzo, indican una deformación en condiciones de bajo grado metamórfico, correspondiente a temperaturas aproximadas entre los 300° a 400°C.

Figura 117

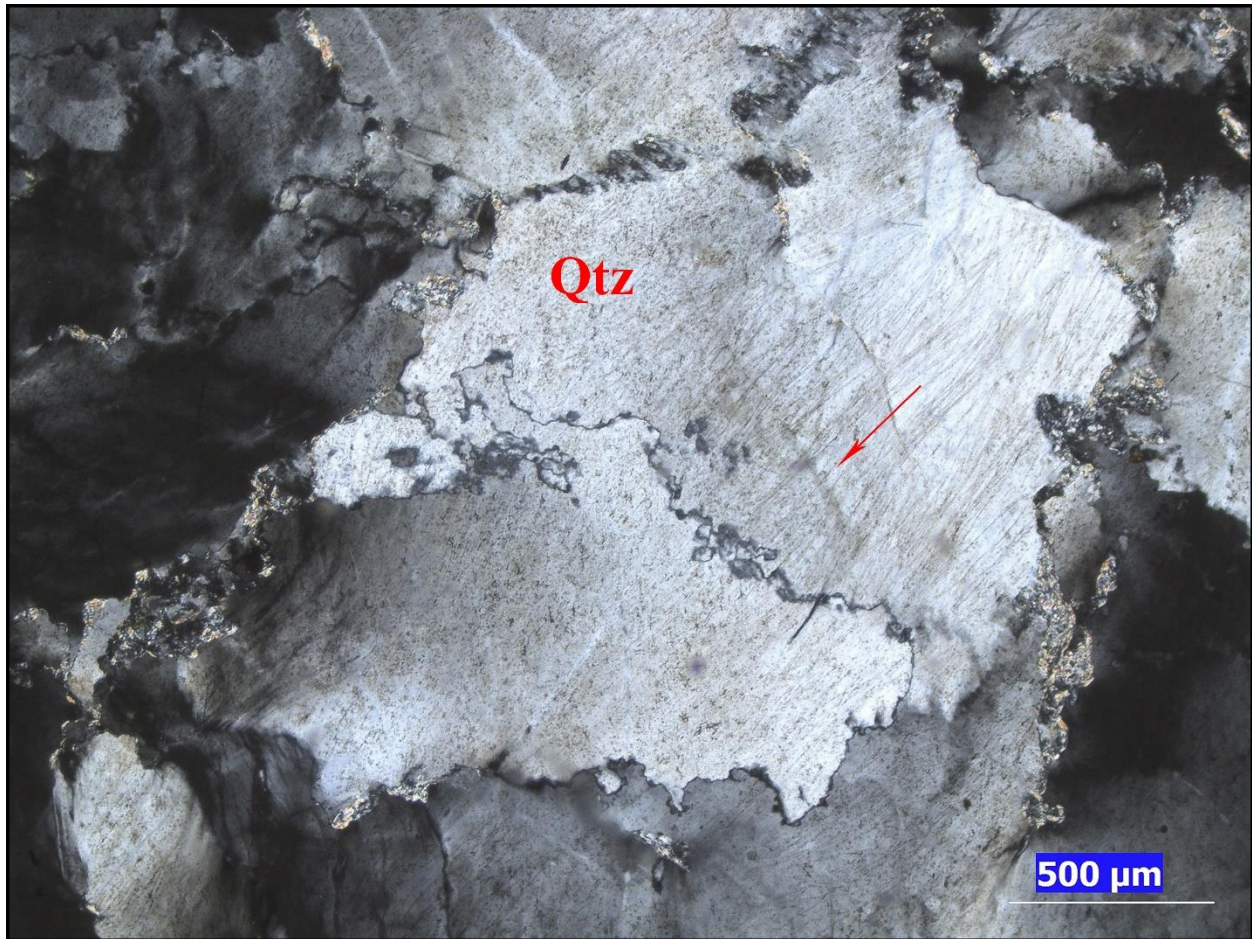
Fotomicrografía extinción ondulosa, sección HQ-87



Nota. En la fotomicrografía se observan granos de cuarzo que presentan una fuerte extinción ondulosa debido a una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x

Figura 118

Fotomicrografía laminillas de deformación, sección HQ-87



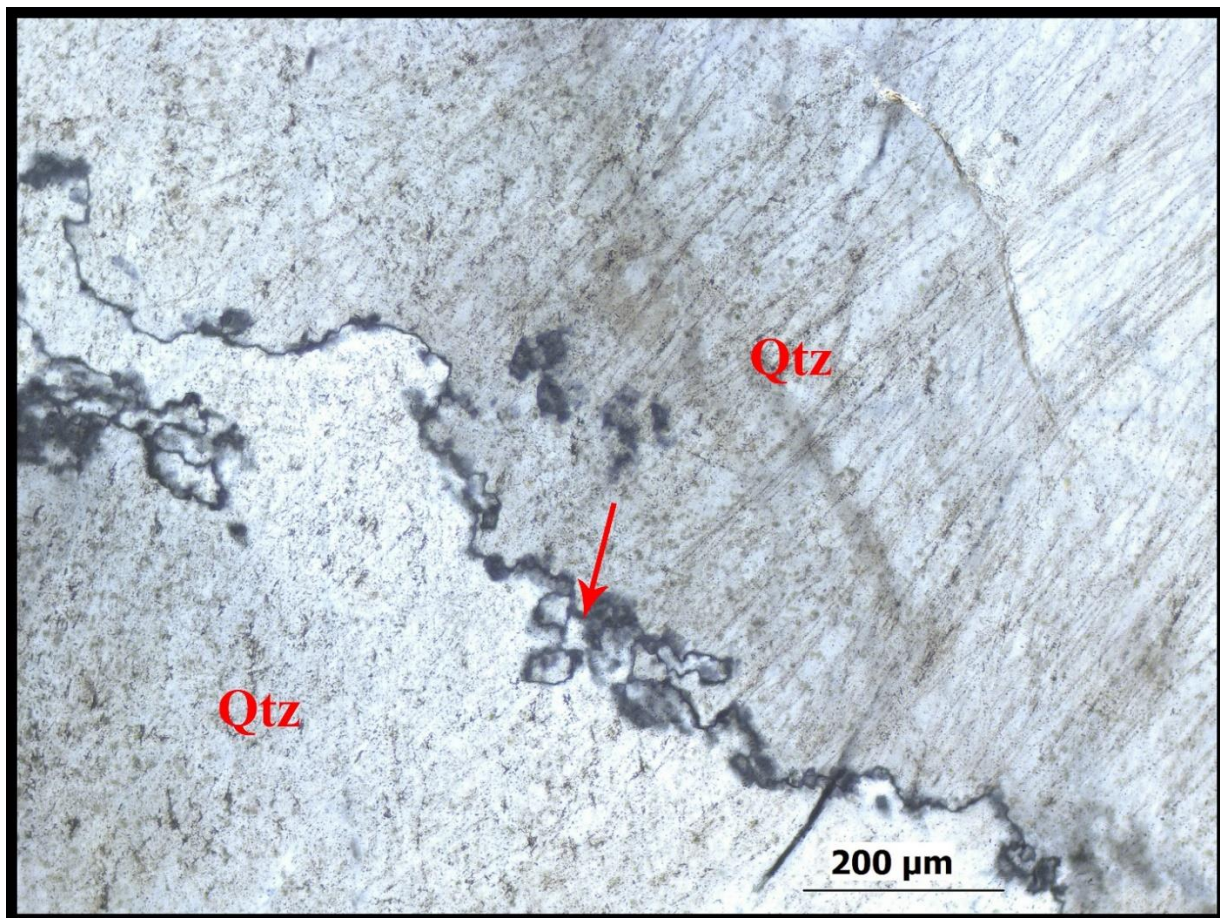
Nota. En la fotomicrografía se observan laminillas de deformación en granos de cuarzo, las laminillas presentan una única orientación dentro del grano, la cual se señala con una flecha roja, algunas son un poco curvas y tiene un ligero relieve. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Recristalización dinámica: se presentan recristalización dinámica BLG en cuarzo, se observa que ha habido movilidad de los límites de grano a baja temperatura, evidenciado por los bordes de grano lobulados de pequeña amplitud y protuberancias. La recristalización indica que debido a al aumento de temperatura, los bordes de grano se empezaron a movilizar desde los granos

menos deformados a los granos más deformados, es decir, los granos con menor cantidad de dislocaciones se han comenzado a abultar desde los bordes hacia los granos con mayor cantidad de dislocaciones creando protuberancias, algunas de las cuales se han separado creando nuevos granos independiente y de menor tamaño de grano que el grano anfitrión. La recrystalización dinámica BLG dominante en cuarzo, indica condiciones aproximadas de temperatura de deformación de 300°C a 400°C (Figura 119 y 120).

Figura 119

Fotomicrografía recrystalización dinámica BLG, sección HQ-87

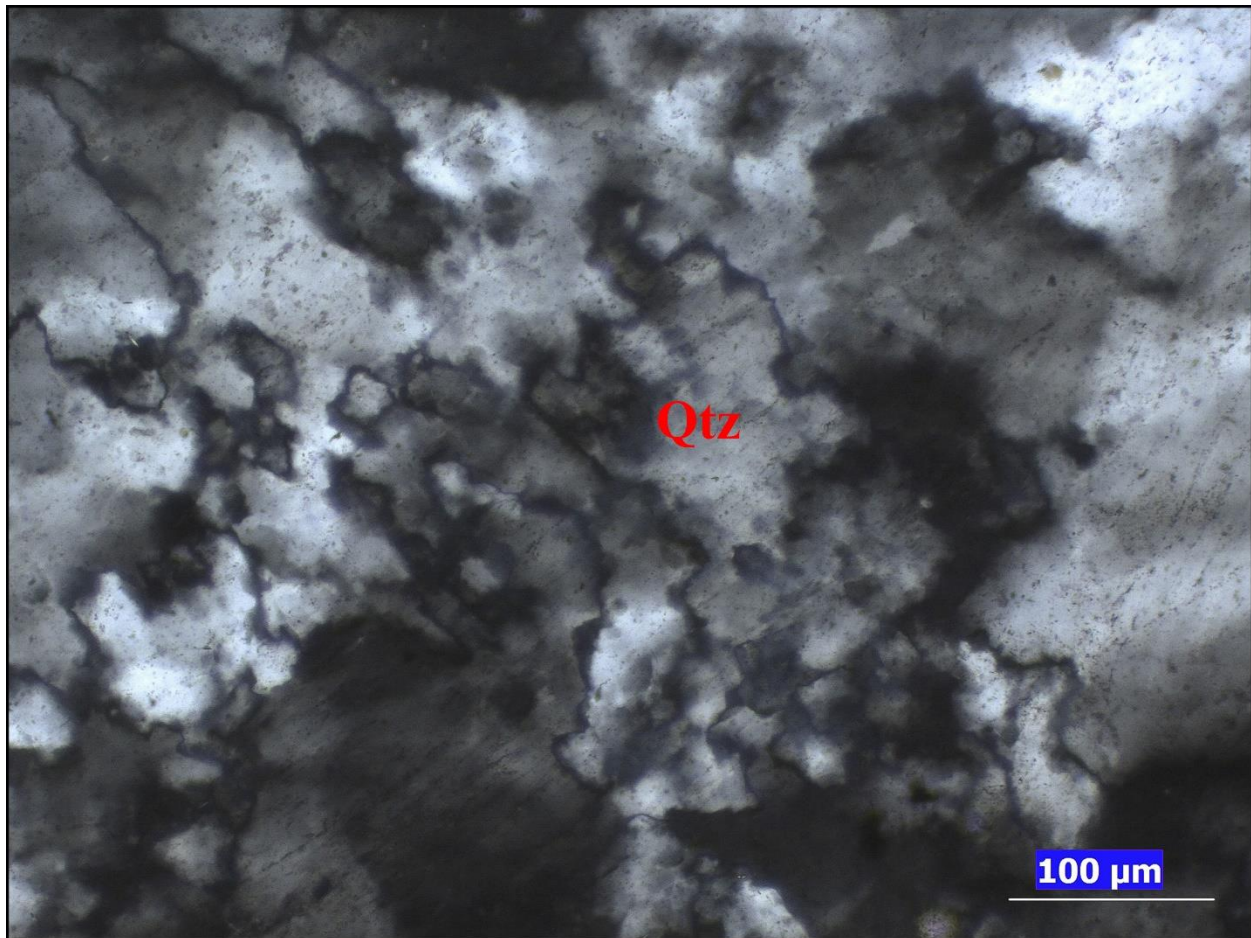


Nota. En la fotomicrografía se señala con una flecha roja recrystalización dinámica la cual

empieza a afectar desde los bordes de los granos, se evidencian bordes lobulados de pequeña amplitud, protuberancias y algunos nuevos granos por la separación de las protuberancias. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 120

Fotomicrografía recristalización dinámica BLG, sección HQ-87



Nota. En la fotomicrografía se observan granos de cuarzo con una intensa extinción ondulosa y que han sido afectados por recristalización dinámica, indicando una deformación en condiciones de baja temperatura. Los bordes de los granos son lobulados de pequeña amplitud, con

protuberancias y se presentan algunos nuevos granos nuevos de menor tamaño que los granos anfitriones debido a la separación de las protuberancias.

24.3 Clasificación

Según su composición mineralógica, la roca se clasifica como una cuarcita que no presenta foliación milonítica. Los mecanismos de deformación y microestructuras identificadas en cuarzo como: extinción ondulosa, laminillas de deformación y recristalización dinámica BLG, indican que principalmente la roca se vio afectada por una deformación cristal-plástica y recristalización dinámica BLG, correspondientes a un ambiente de transición del régimen frágil al régimen dúctil para el cuarzo, estimando una temperatura de deformación de 300°C y una presión de 3Kbar. La roca se clasifica como una cuarcita deformada.

25. SECCIÓN HQ-88

25.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, plagioclasa, biotita, sericita

Minerales menores: calcita, clorita, epidota, feldespato potásico

Minerales accesorios: anfíbol, titanita, opacos.

25.2 Mecanismos de deformación

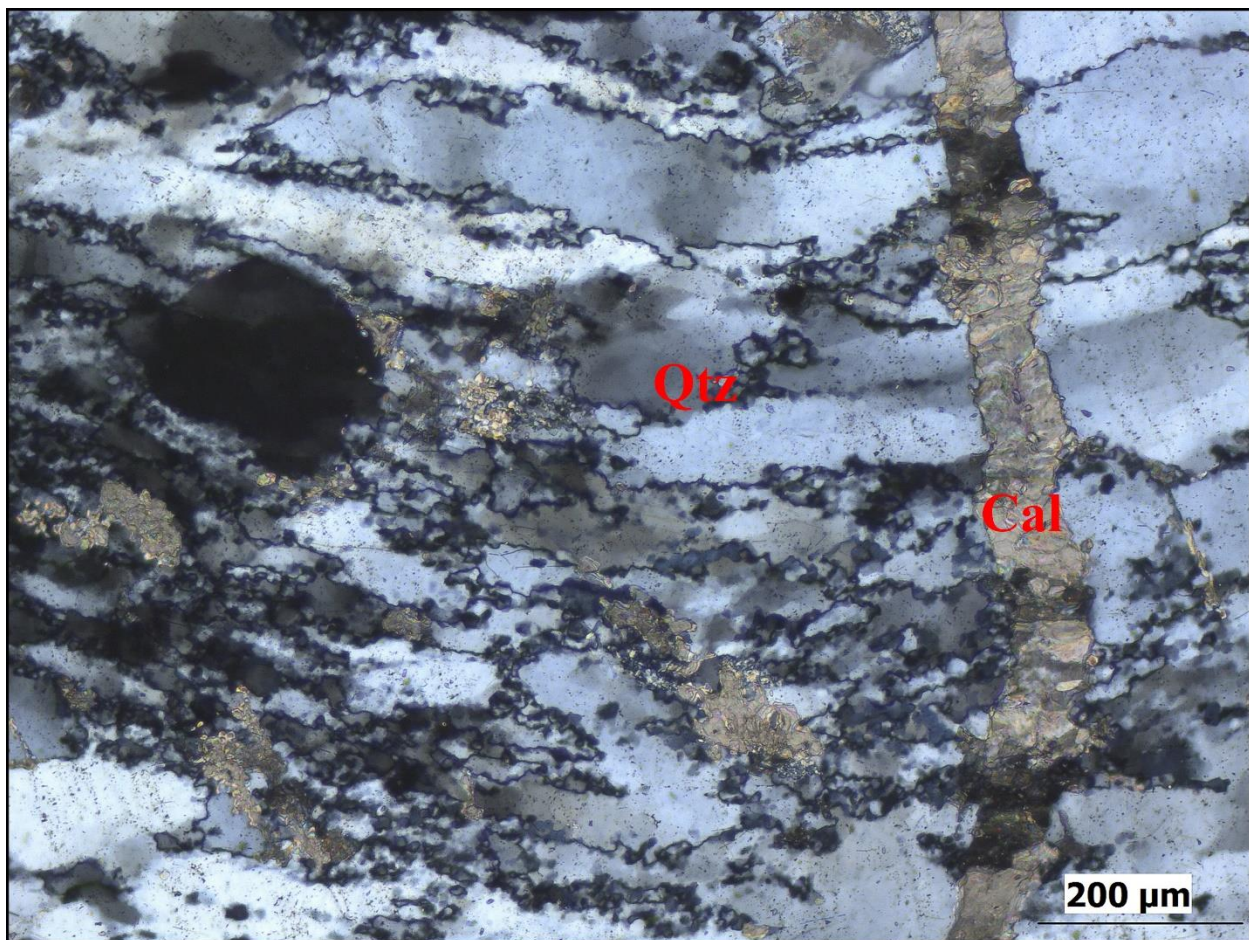
Frágiles

Microfracturamiento: se presentan algunas microfracturas intragranulares en minerales como plagioclasa, feldespato potásico y epidota. Por otra parte, se presenta microfracturamiento intergranular que corta granos de cuarzo recristalizados dinámicamente, indicando un evento

deformativo en condiciones de bajo grado metamórfico, posterior a la recristalización dinámica. La microfRACTURA intergranular presenta dilatación y se encuentra relleno por calcita originada probablemente por el paso de un fluido hidrotermal (Figura 121). En feldespato potásico se presenta microfracturamiento tipo domino (Figura 122).

Figura 121

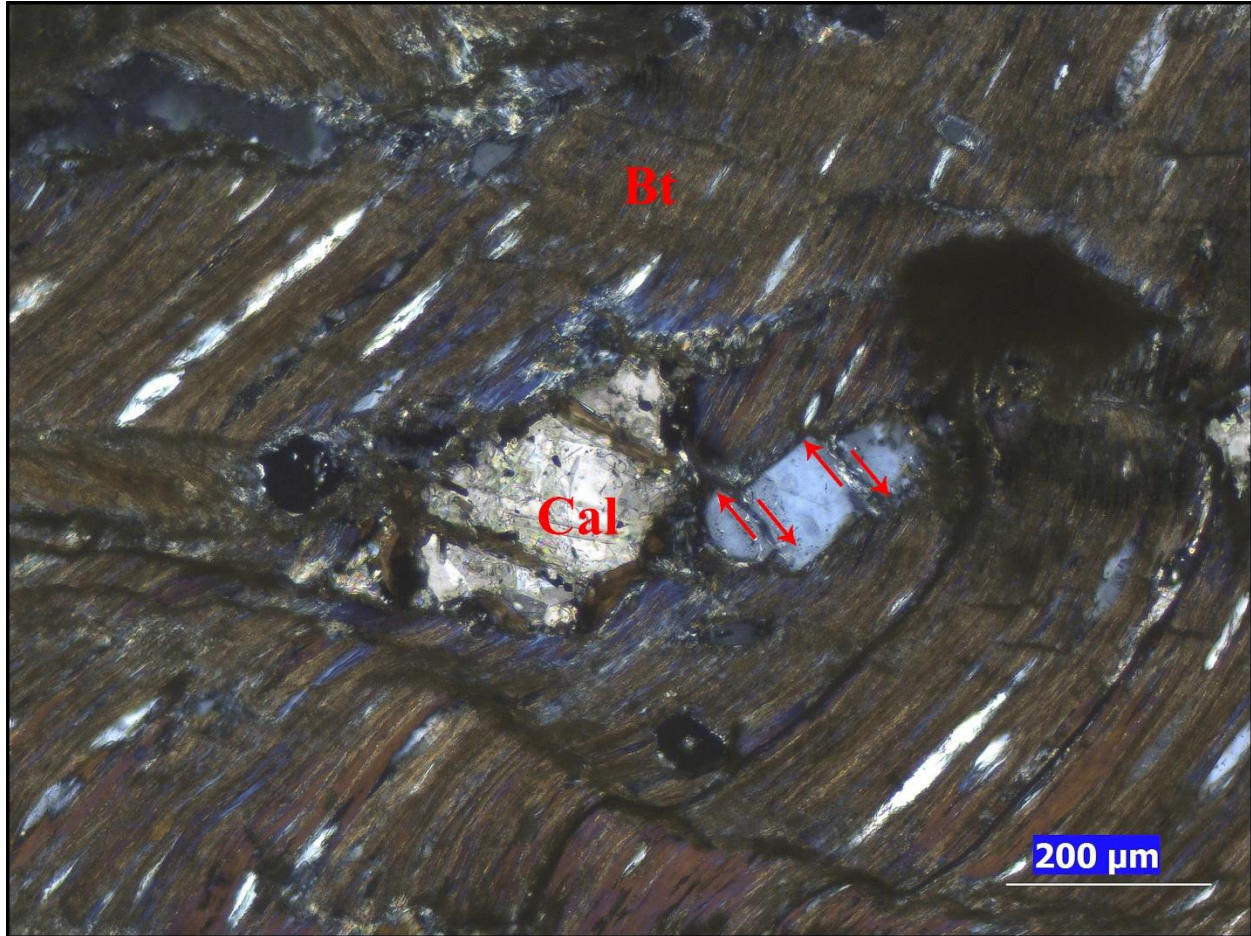
Fotomicrografía microfracturamiento intergranular y recristalización dinámica, sección HQ-88



Nota: en la parte derecha de la fotomicrografía se observa una microfRACTURA intergranular que presenta dilatación y se encuentra rellena por calcita. La microfRACTURA intergranular corta granos de cuarzo recristalizados dinámicamente. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 122

Fotomicrografía microfracturamiento tipo domino, sección HQ – 88



Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de que presenta microfracturamiento tipo domino, cuyos fragmentos indican un desplazamiento dextral. Se observa kinking en biotita. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

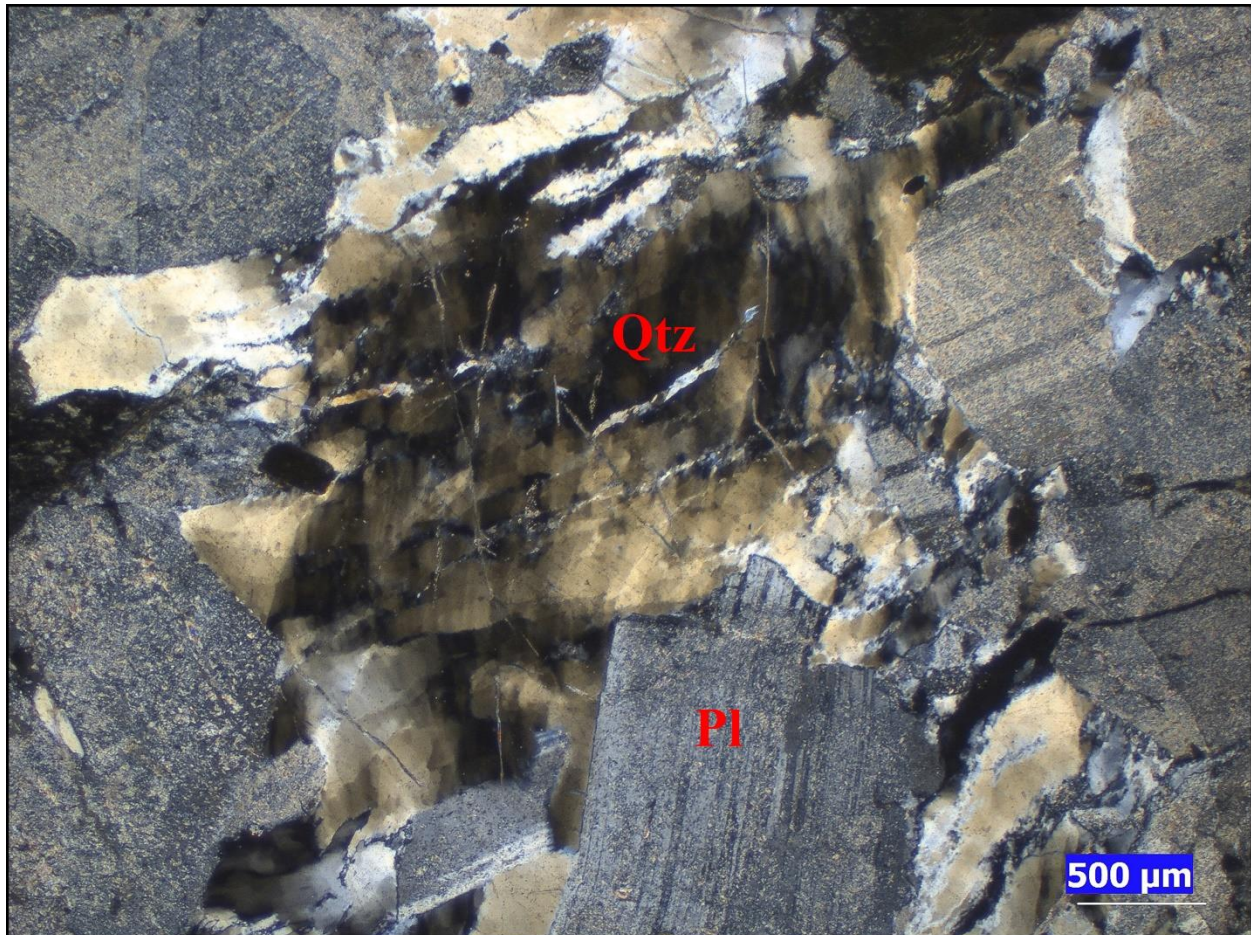
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presentan extinción ondulosa en granos de cuarzo y en plagioclasa es menor apreciable debido a la intensa alteración. La extinción ondulosa en granos de

cuarzo responde a un segundo evento deformativo en condiciones de bajo grado, en el cual se agregaron nuevas dislocaciones sin que hubiera algún agrupamiento de estas (Figura 123).

Figura 123

Fotomicrografía extinción ondulosa, sección HQ-88

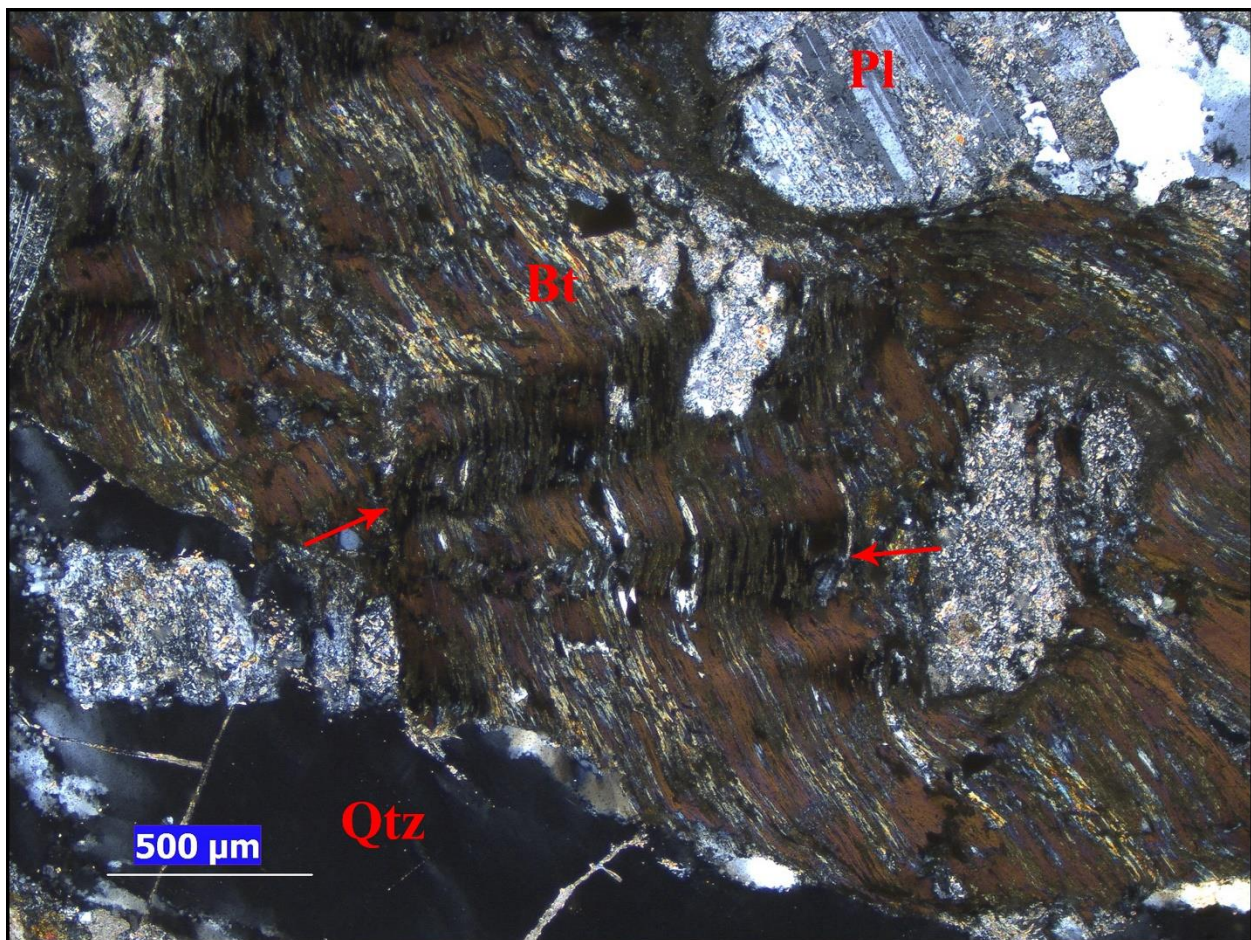


Nota. En la parte central de la fotomicrografía se observa un grano de cuarzo que presenta intensa extinción ondulosa, indicando que la red cristalina se encuentra ligeramente flexionada y contiene una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Kinking: se presenta kinking en plagioclasa y biotita y epidota, indicando que parte de los granos ha experimentado una fuerte flexión con respecto a otra parte del mismo grano que no ha experimentado flexión, la deformación producto de la flexión se concentra en bandas kink. La biotita presenta un comportamiento dúctil por encima de los 250°C. (Figura 124).

Figura 124

Fotomicrografía kinking, sección HQ-88

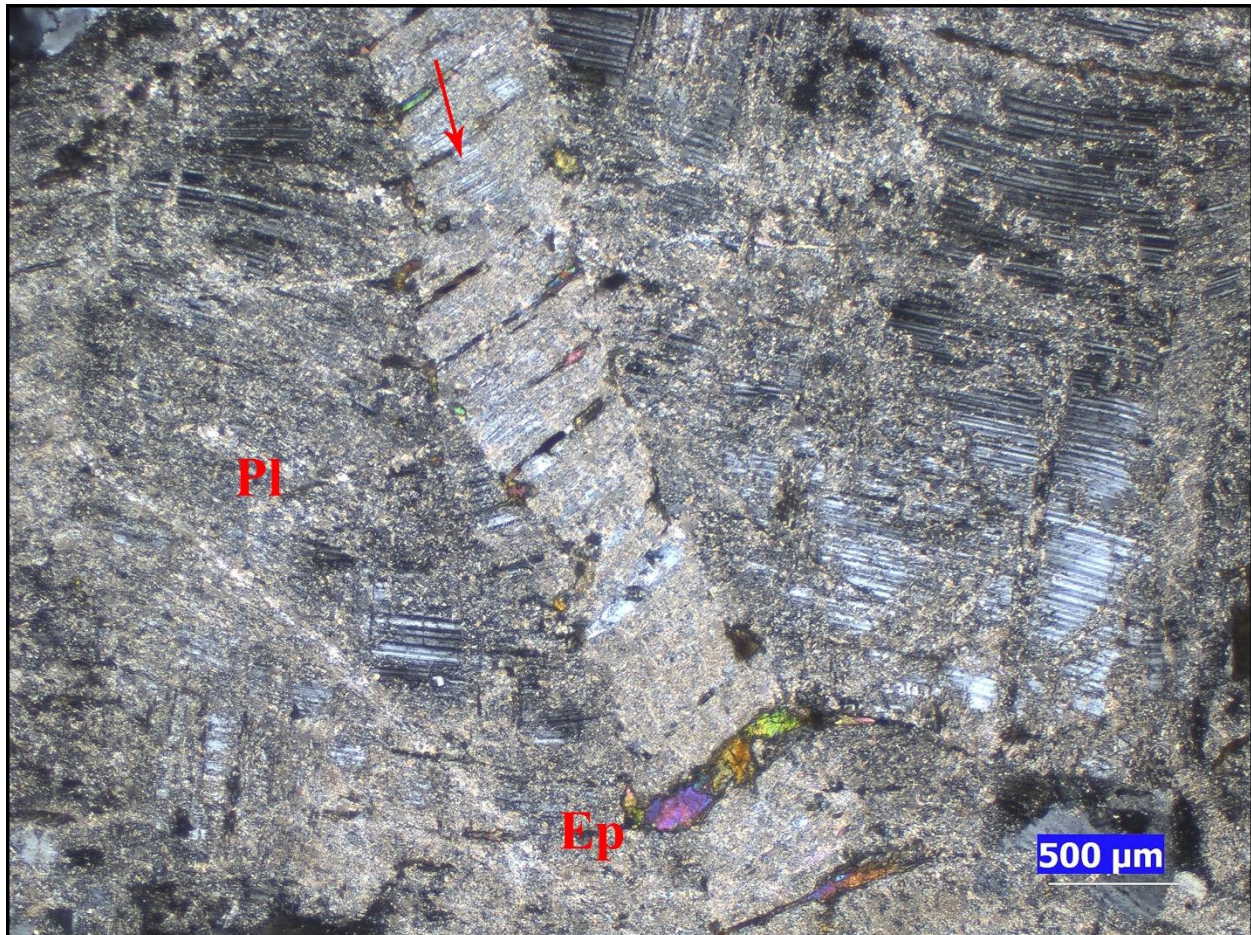


Nota. En la fotomicrografía se observa un grano de biotita fuertemente alterado a clorita, el cual está afectado por kinking y exhibe bandas kink delimitadas por las líneas rojas y señaladas por las flechas. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

El kinking con limites definidos en plagioclasa es típico en temperaturas entre los 400°C y los 500°C (Figura 125).

Figura 125

Fotomicrografía kinking, sección HQ-88



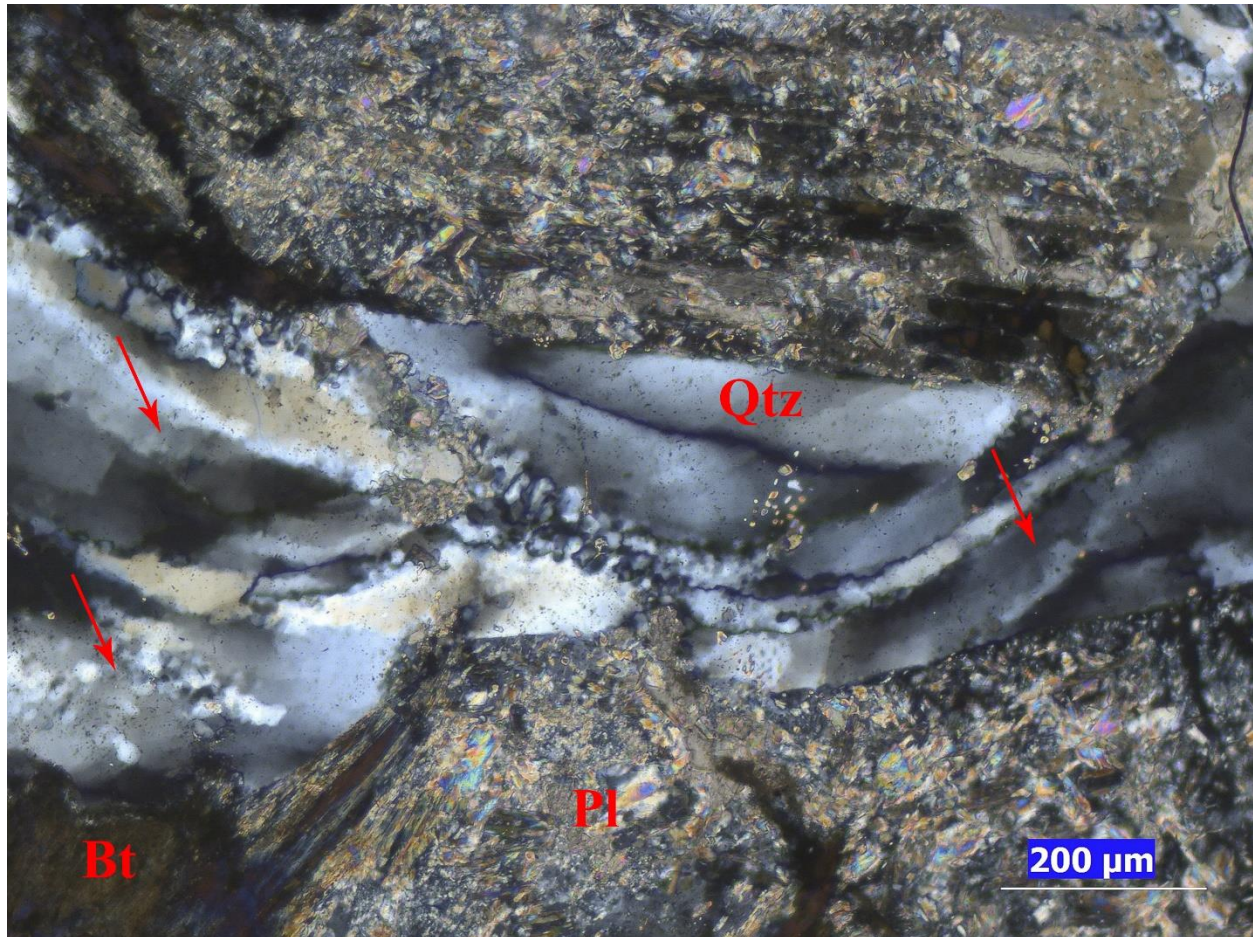
Nota. En la fotomicrografía se presenta un grano de plagioclasa afectado por kinking, la flecha roja señala rojas la banda kink. Se observan intercrecimientos de epidota los cuales son paralelos y están afectados por kinking. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Recuperación: se presentan microestructuras de recuperación como bandas de deformación y algunos subgranos en cuarzo indicando que, debido al aumento de temperatura,

algunas de las dislocaciones empezaron a moverse y se agruparon en redes planas. La recuperación en cuarzo es apreciable entre los 400°C a 500°C (Figura 126).

Figura 126

Fotomicrografía recuperación, sección MD-42



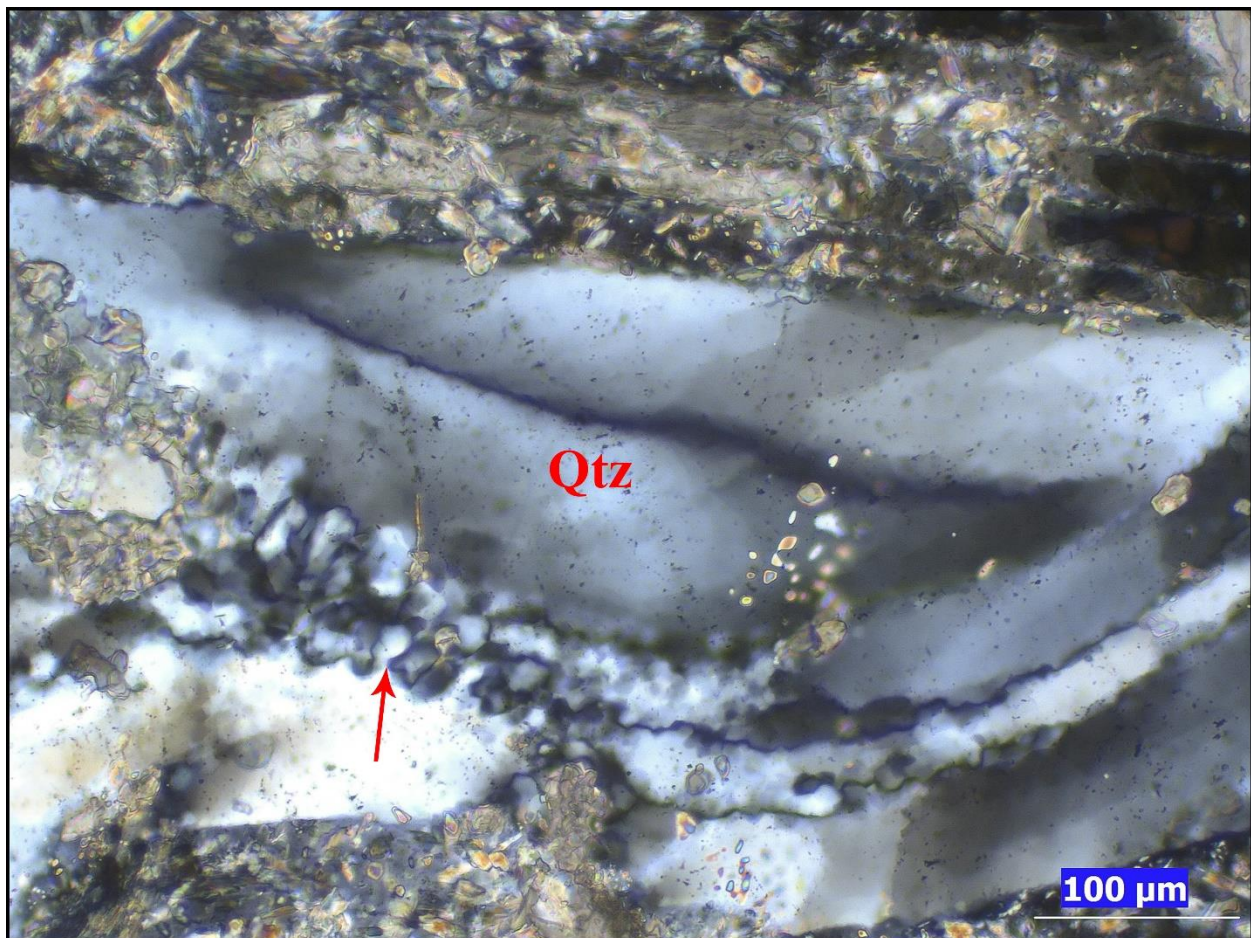
Nota. En la fotografía se señala con flechas rojas rojo recuperación en granos de cuarzo, evidenciada por las bandas de deformación y algunos subgranos. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Recristalización dinámica: se presenta un régimen combinado de recristalización dinámica BLG dominante y SGR incipiente. Se aprecian grano de cuarzo elongados, con extinción

ondulosa y algo de recuperación, los cuales presentan límites lobulados de pequeña amplitud y protuberancias, indicando que ha habido movilidad de límites de granos, el límite del grano menos deformado o con menor densidad de dislocaciones empieza consumir al grano adyacente más deformado o con mayor cantidad de dislocaciones desde el abultamiento de sus límites (Figura 127 y 128).

Figura 127

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-88

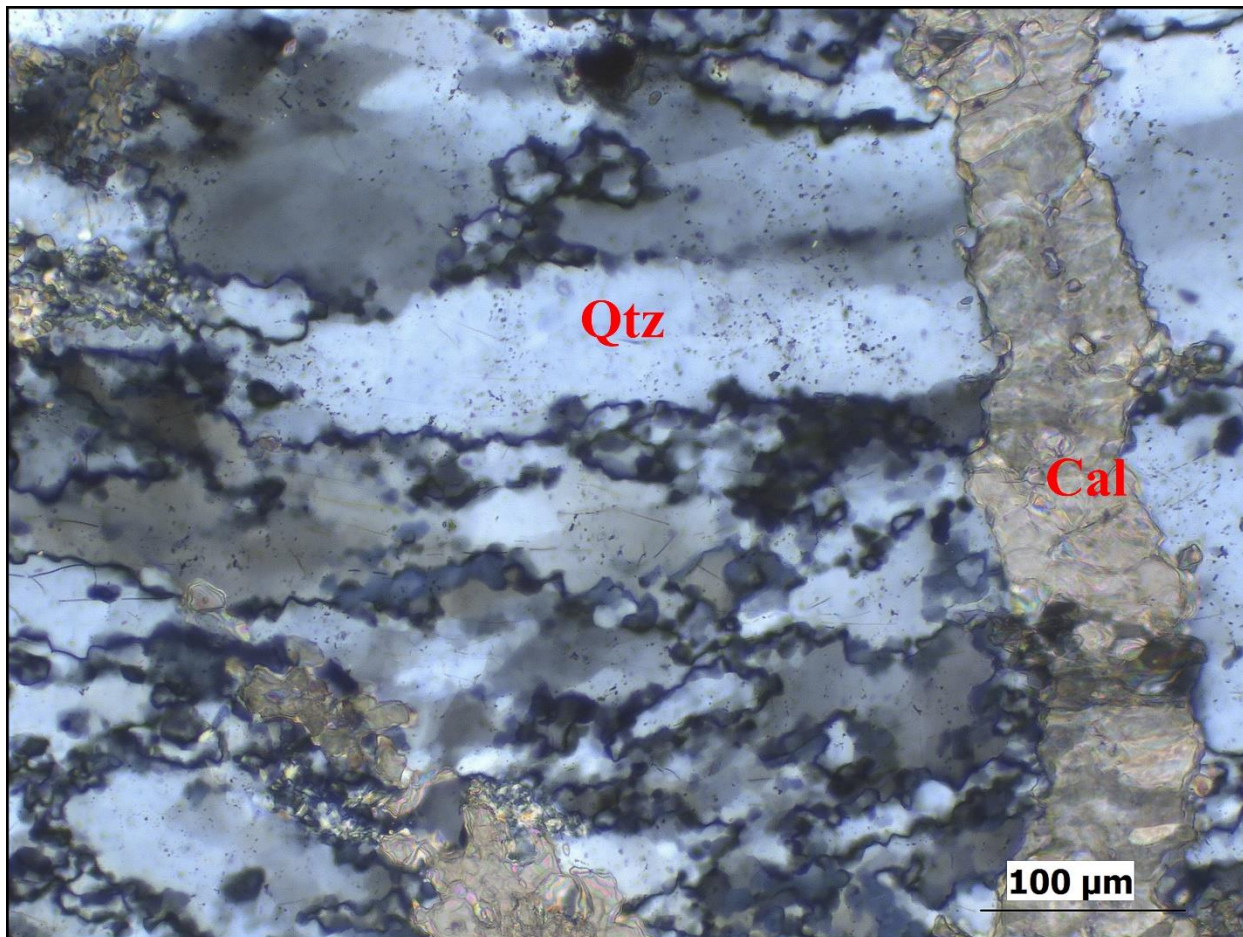


Nota. En la fotomicrografía se señala con una flecha roja recristalización BLG observándose

bahías y protuberancias. Se observa una transición entre subgranos y nuevos granos. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

Figura 128

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-88



Nota. En la fotomicrografía se observan granos de cuarzo afectados por recristalización dinámica SGR, se observan nuevos granos con una orientación cristalográfica diferente a los granos anfitriones y antiguos los cuales presentan extinción ondulosa y un mayor tamaño de grano. Polarizadores cruzados, objetivo 20x.

25.3 Clasificación

Los mecanismos de deformación y microestructuras identificadas en cuarzo como: predominancia de extinción ondulosa, bandas de deformación y pocos subgranos, acompañado de un régimen combinado de recristalización BLG dominante y SGR incipiente permiten deducir una temperatura de deformación aproximada de 400°C y una presión entre 4Kbar y 5Kbar. La roca se clasifica como una milonita.

26. SECCIÓN DELGADA HQ-89

26.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: Cuarzo, plagioclasa, biotita, feldespato potásico

Minerales menores: clorita, opacos.

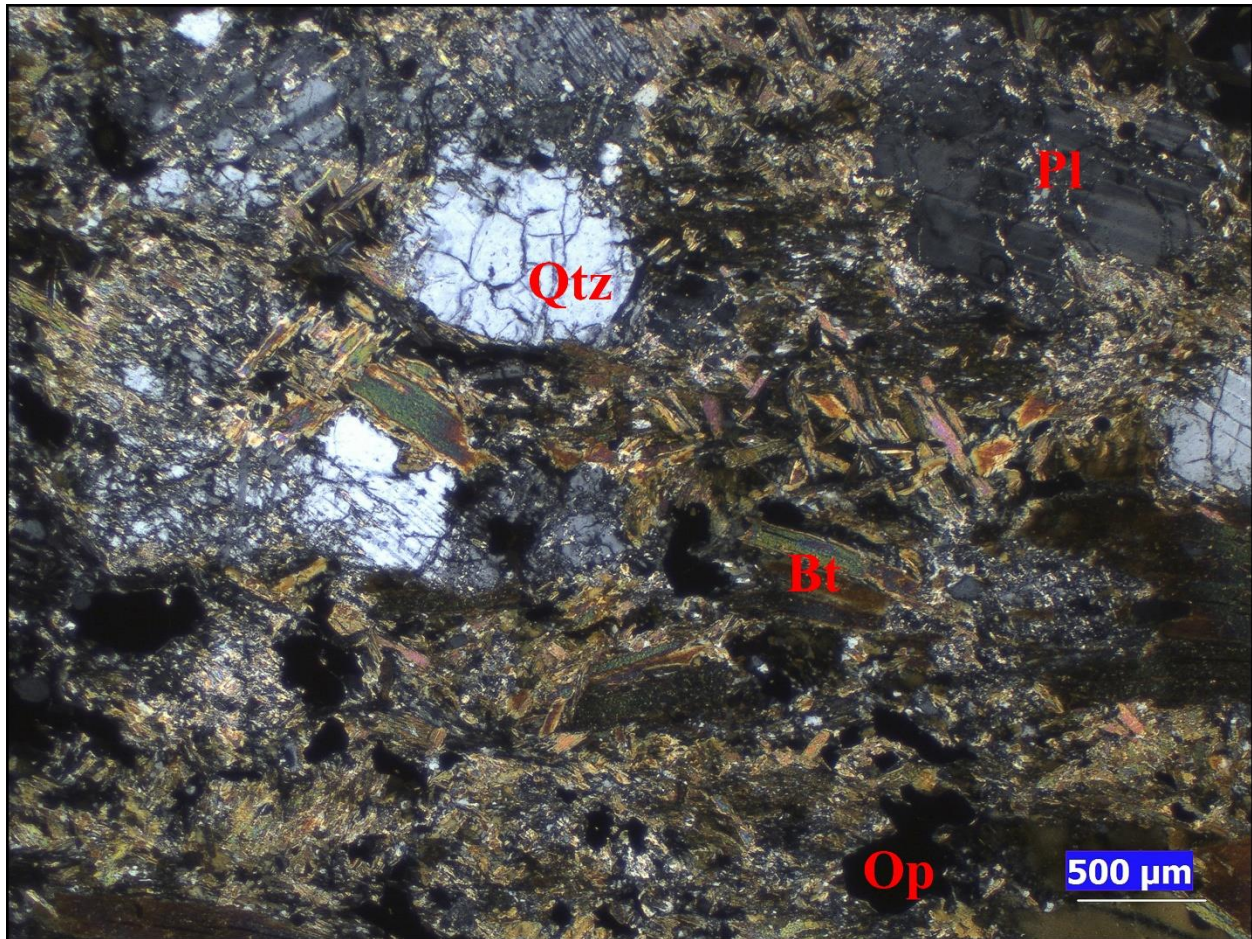
26.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intragranular en plagioclasa y cuarzo. En plagioclasa el microfracturamiento puede estar presente en condiciones aproximadas de temperatura de hasta 600°C. Por otra parte, el microfracturamiento en cuarzo puede estar presente hasta condiciones aproximadas de temperatura de 400°C. El microfracturamiento identificado en cuarzo indica un primer evento deformativo en condiciones de bajo grado metamórfico (Figura 129).

Figura 129

Fotomicrografía microfracturamiento, sección HQ-89



Nota. En la fotomicrografía se observan granos de cuarzo y plagioclasa que presentan microfracturamiento intragranular. Se observa extinción ondulosa en granos de plagioclasa y biotita. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Dúctiles

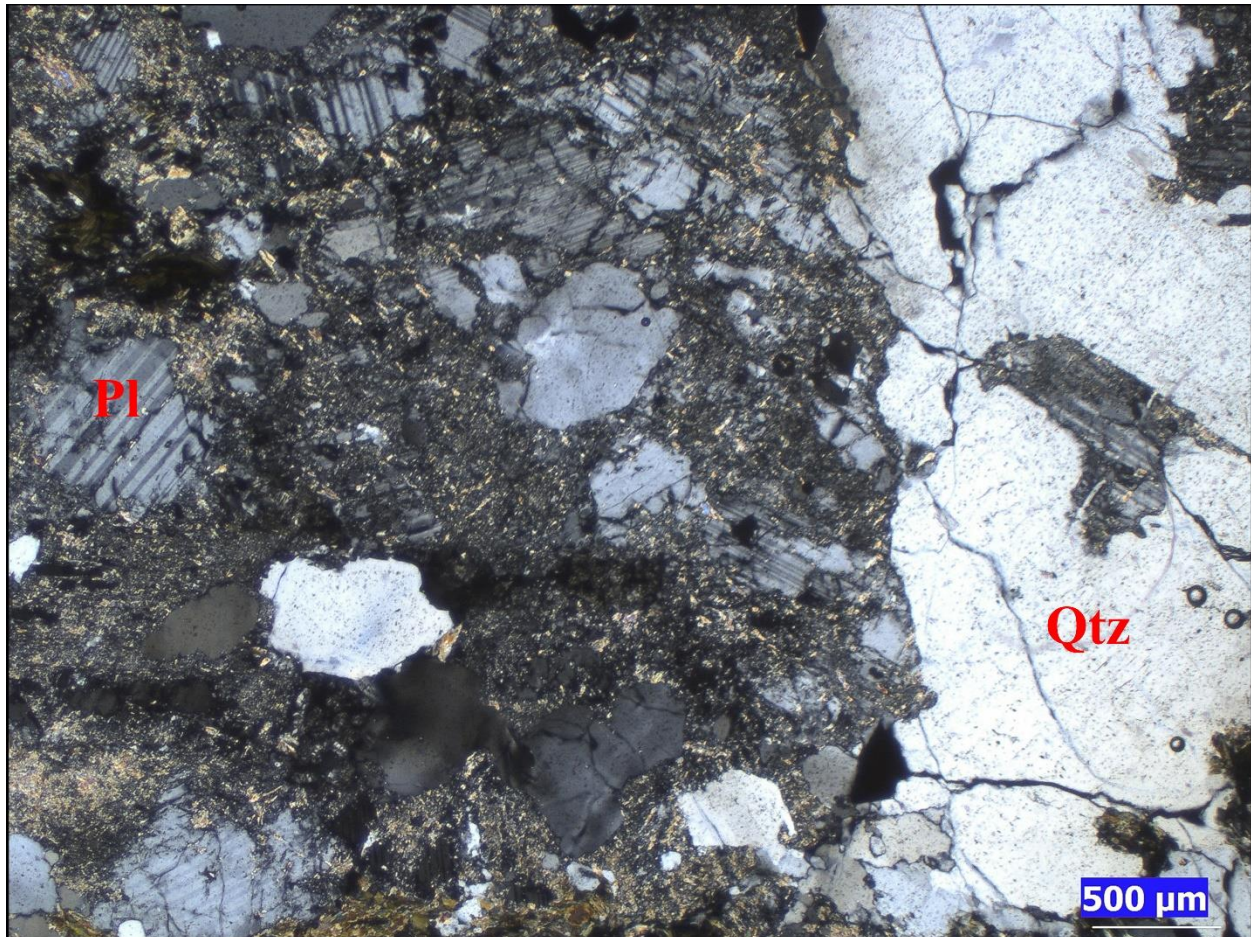
Deformación intracristalina: se presenta leve extinción ondulosa en plagioclasa y biotita, indicando que los granos de plagioclasa se encuentran ligeramente flexionados y contienen una

gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. La extinción ondulosa en plagioclasa puede estar presente en condiciones aproximadas de temperatura de hasta 600°C (Figura 129).

Recristalización dinámica: se presenta recristalización dinámica GBM en cuarzo, se observan granos de tamaño de grano grueso y con bordes lobulados de gran amplitud, que exhiben un estado no deformado, es decir, sin extinción ondulosa. La recristalización GBM en cuarzo indica que debido a la alta temperatura los límites de los granos se han vuelto muy móviles. La recristalización GBM en cuarzo, indica condiciones aproximadas de temperatura de deformación entre los 500°C a 700°C. Por otra parte, la recristalización BLG en plagioclasa y feldespato potásico empieza a ser importante, evidenciando por límites de granos curvos y algunos nuevos granos de tamaño de grano fino, indicando que la deformación para el feldespato potásico y plagioclasa ocurrió en condiciones aproximada de temperatura de 450°C a 600°C (Figura 130).

Figura 130

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-89



Nota. En la fotomicrografía se observa en cuarzo recristalización dinámica GBM en cuarzo, los granos presentan límites lobulados de gran amplitud y un aspecto de un estado no deformado. En plagioclasa empieza a ser importante la recristalización dinámica BLG, exhibiendo límites de grano curvos y lobulados de pequeña amplitud. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

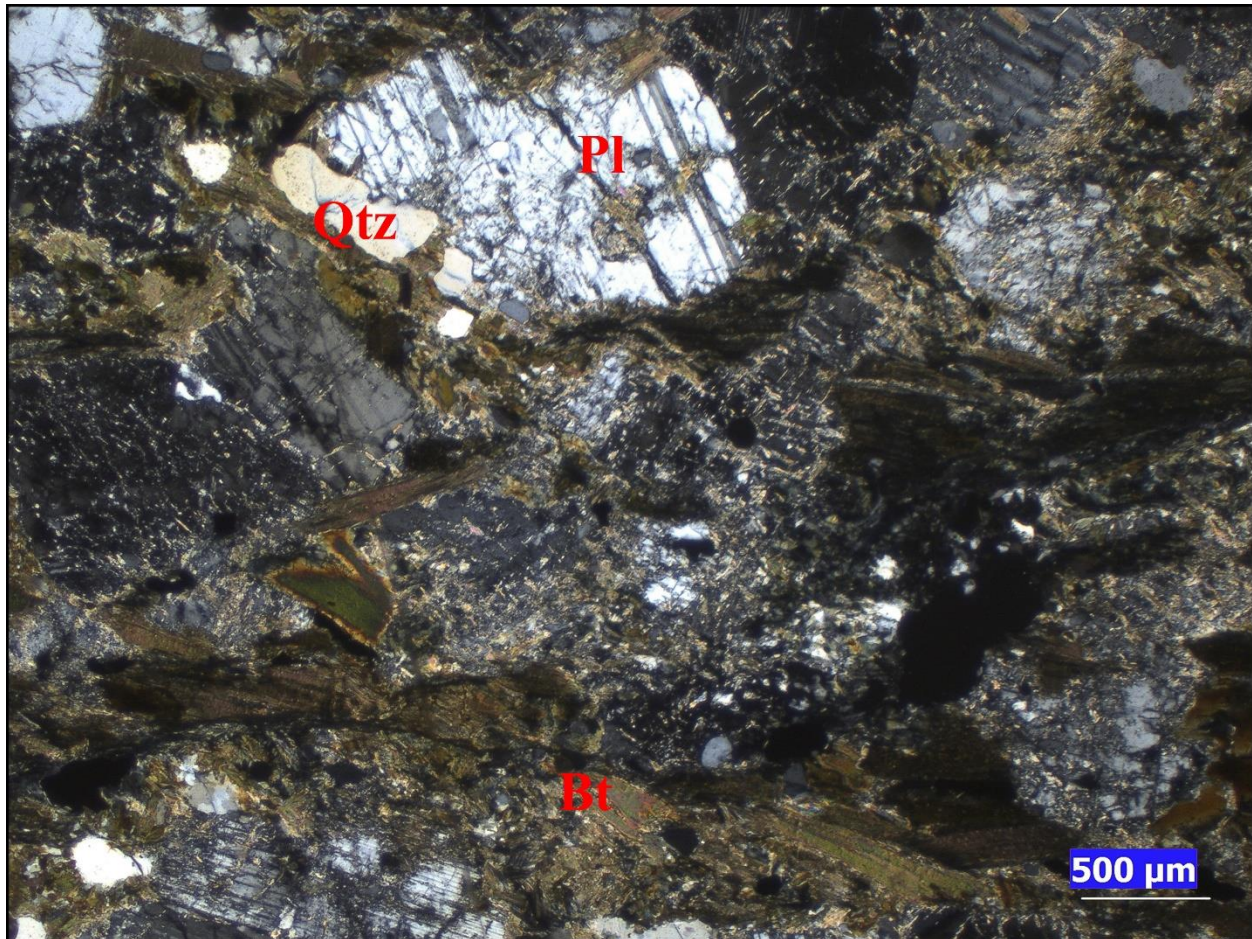
26.3 Clasificación

Los mecanismos de deformación y microestructuras presentes e identificadas en cuarzo como recristalización GBM y en plagioclasa y feldespato potásico como recristalización BLG,

indican temperaturas de deformación predominantes entre los 500°C a 600°C. La roca experimento dos eventos deformativos en diferentes condiciones metamórficas, evidenciado por los granos de cuarzo con recristalización dinámica GBM, sin deformación intracristalina y con microfracturamiento, indicando que el primer evento deformativo ocurrió en condiciones de bajo grado, seguido de un segundo evento deformativo en condiciones de alto a medio grado, evidenciado por la recristalización dinámica GBM y BLG en cuarzo y plagioclasa respectivamente. La roca no presenta foliación. La roca se clasifica como una roca mafica que presenta una microtextura cataclástica general (Figura 131).

Figura 131

Fotomicrografía textura cataclástica, sección HQ-89



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura de una cataclasita mafica con evidencia de deformación dúctil. Se observa recristalización GBM en cuarzo y microfracturamiento y recristalización BLG en plagioclasa.

27. SECCIÓN DELGADA HQ-90

27.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, feldespato potásico, biotita

Minerales menores: óxidos de hierro, opacos, moscovita

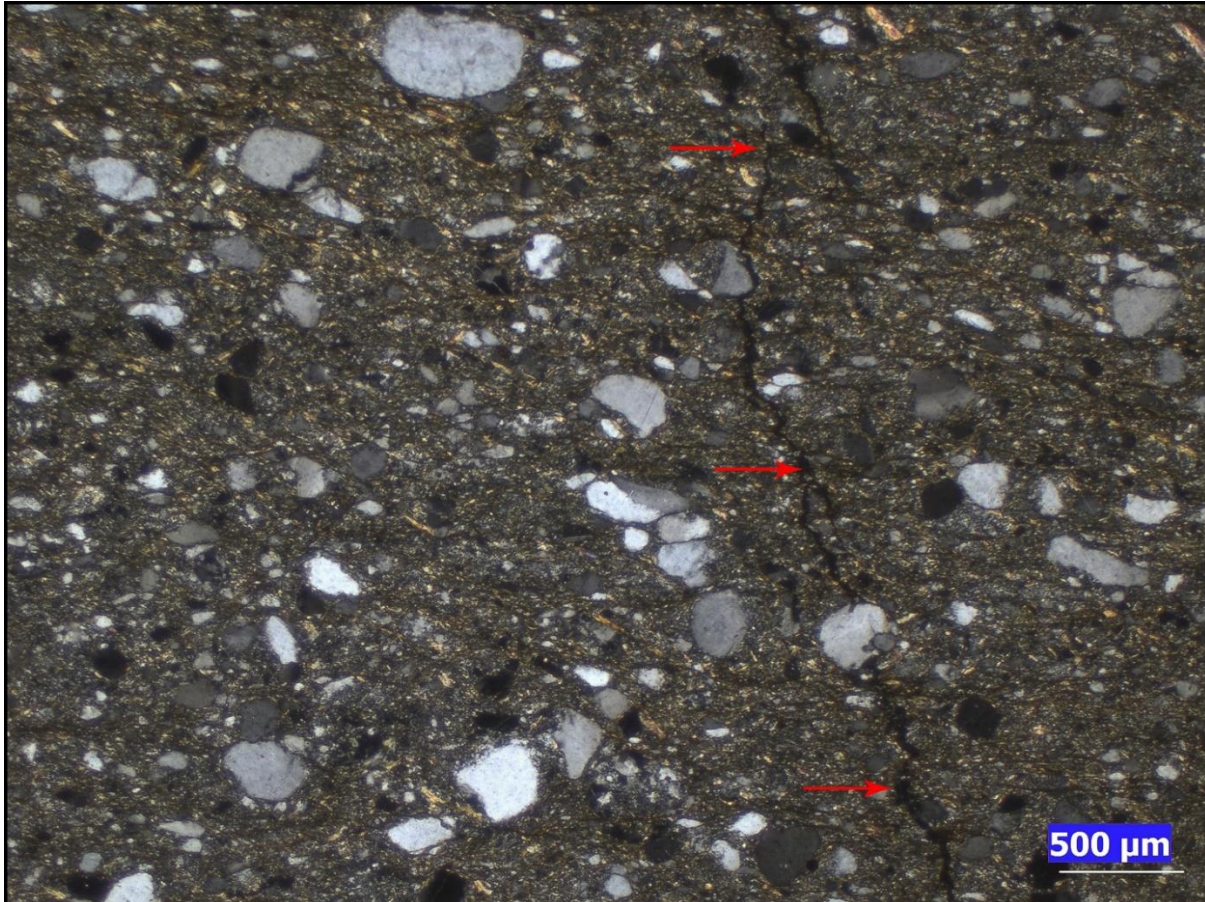
27.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta microfracturamiento intergranular que afecta porfiroclastos de feldespato potásico y la matriz compuesta de biotita de grano fino y nuevos granos de cuarzo y feldespato potásico producto de la recristalización dinámica de granos antiguos (Figura 132 y 133). Las microfracturas presentan dilatación y se encuentran rellenas por minerales opacos y óxidos de hierro. Características como el microfracturamiento intergranular que afecta predominantemente porfiroclastos de feldespato potásico con extinción ondulosa (Figura 134).

Figura 132

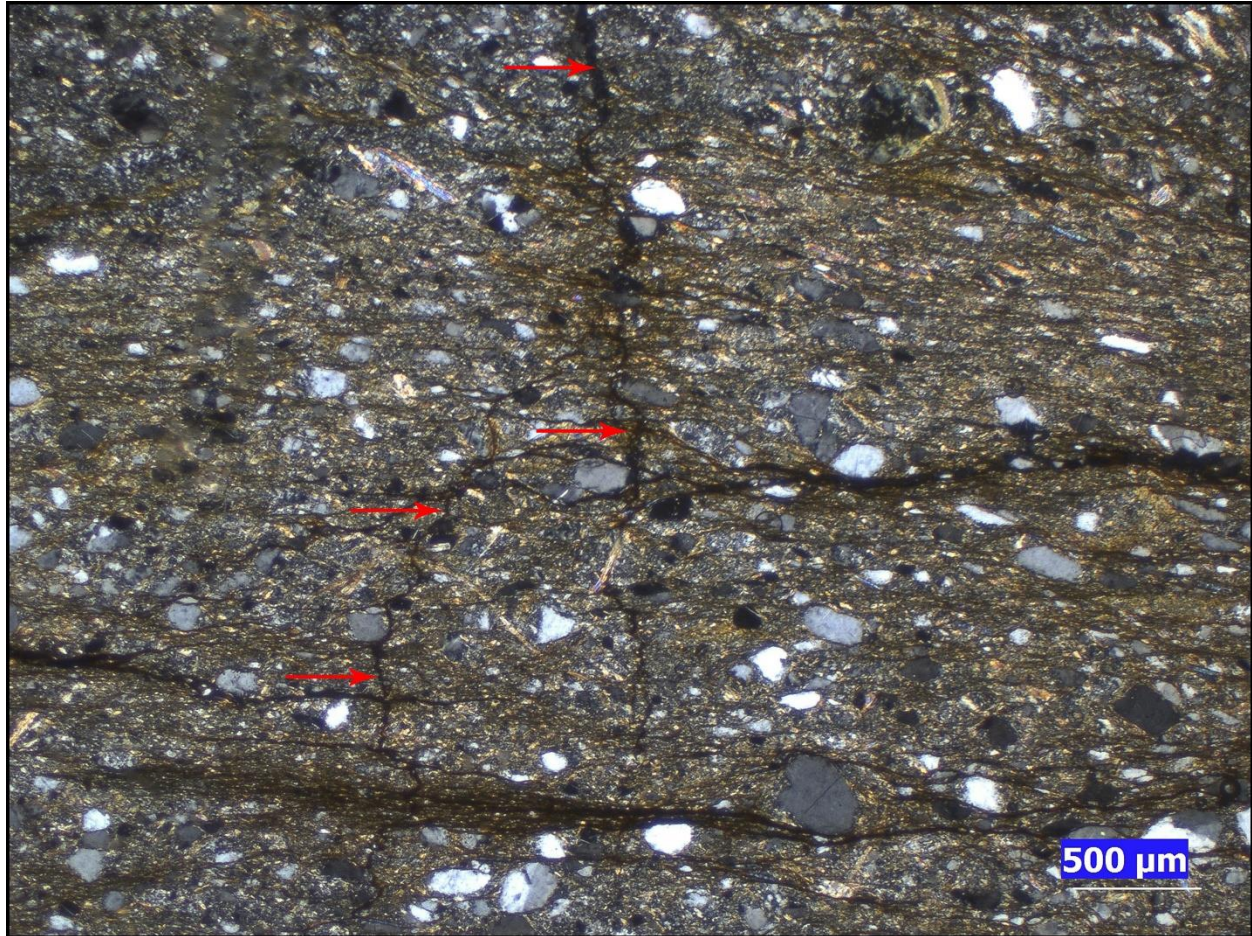
Fotomicrografía microfracturamiento intergranular, sección HQ-90



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas el plano de una microfractura intergranular rellena por minerales opacos y oxidos de hierro, la cual afecta la matriz compuesta de cuarzo, feldespato potasico y biotita de tamaño de grano fino. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 133

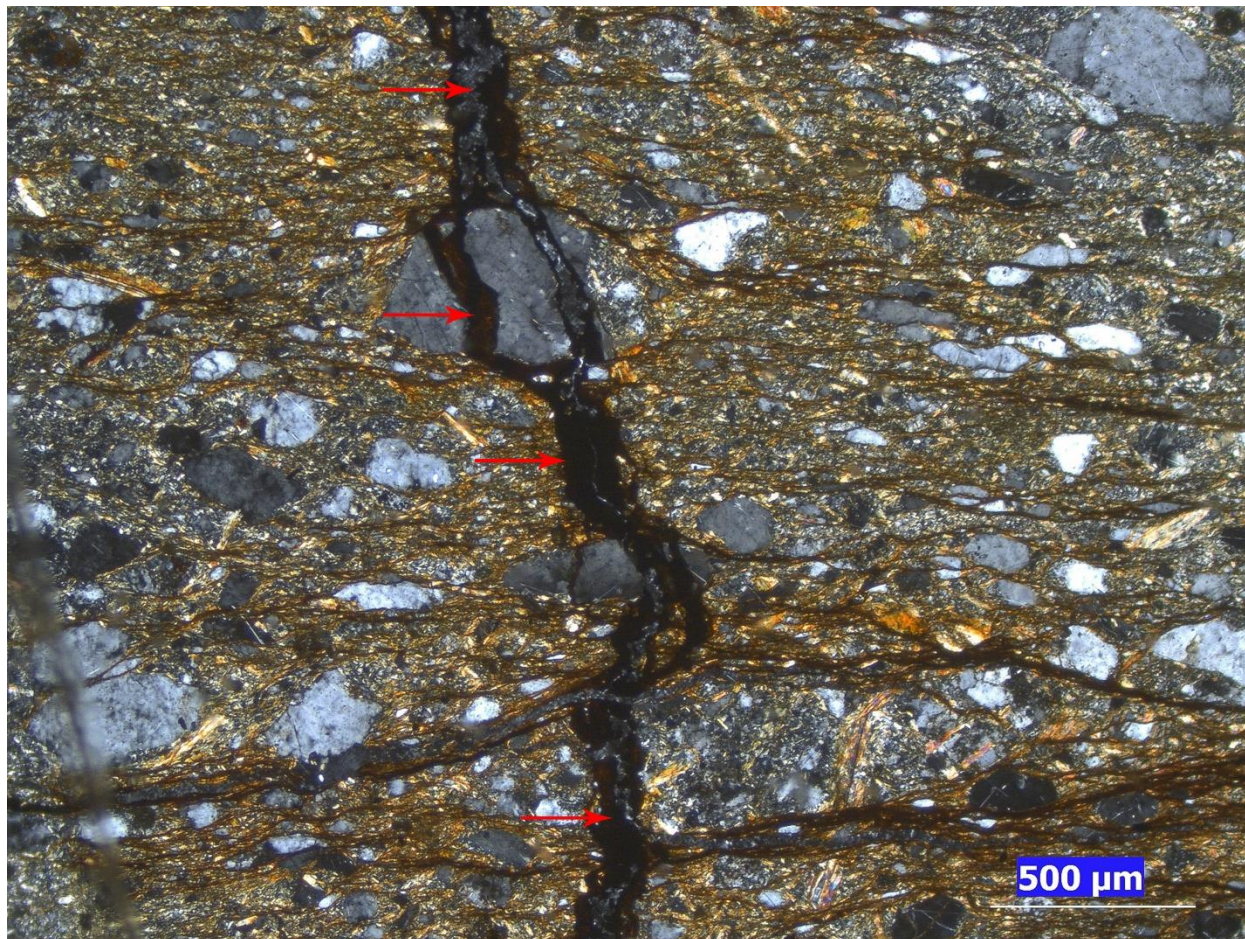
Fotomicrografía microfracturamiento intergranular, sección HQ-90



Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas los planos de microfracturas intergranulares rellenas por minerales opacos y óxidos de hierro, las cuales afectan la matriz compuesta de cuarzo, feldespato potásico y biotita de tamaño de grano fino. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Figura 134

Fotomicrografía microfracturamiento intergranular, sección HQ-90



Nota. En la fotomicrografía se observa señalado en rojo, el plano de una microfractura intergranular con dilatación y rellenas por óxidos de hierro y minerales opacos. La microfractura intergranular afecta la matriz y porfiroclastos de feldespato potásico. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa en porfiroclastos de feldespato potásico, indicando que las redes cristalinas de los porfiroclastos se encuentran

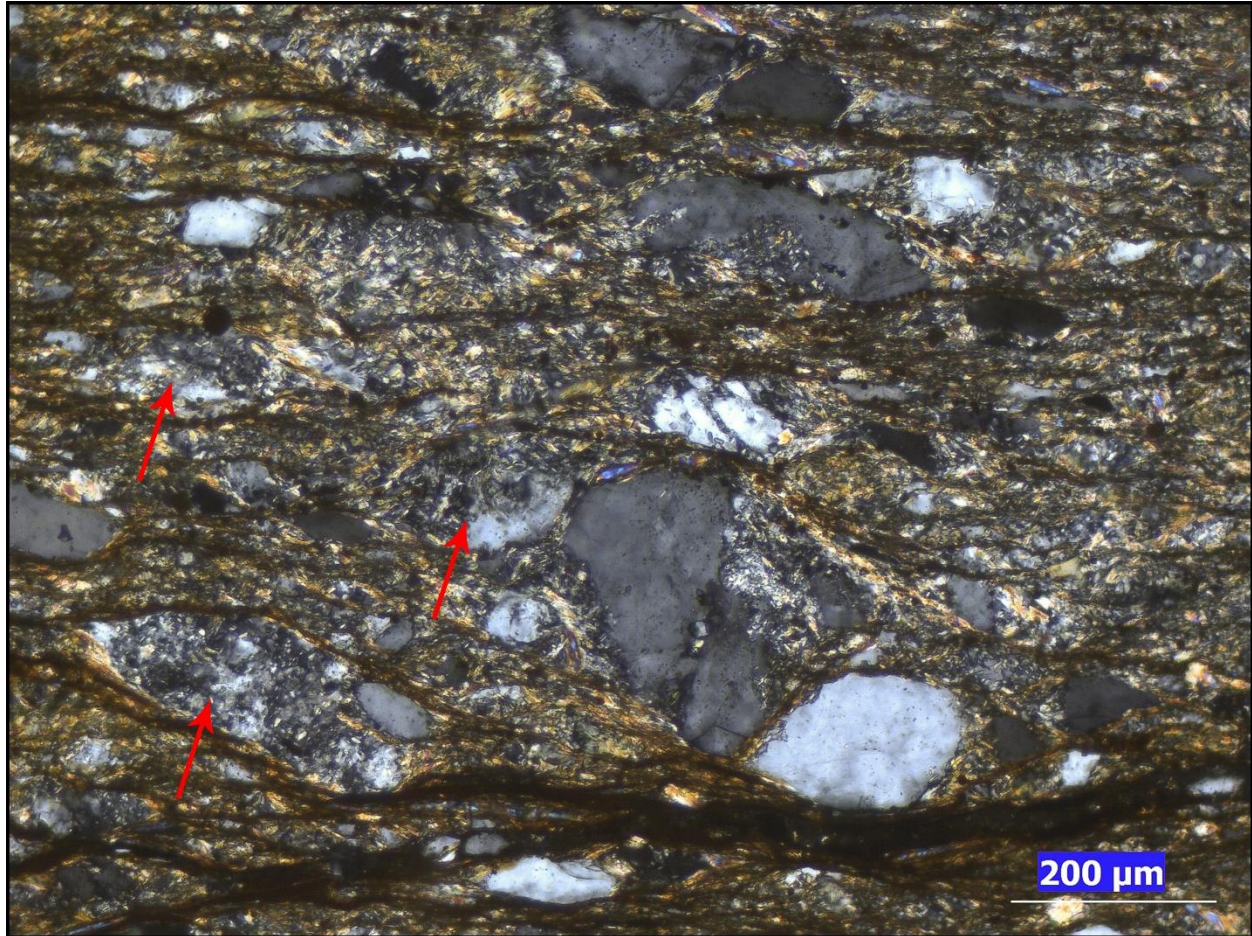
ligeramente flexionadas y contienen una gran cantidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. Para el feldespato potásico la extinción ondulosa puede estar presente hasta aproximadamente los 600°C y en condiciones de alta presión.

Recuperación: se observan algunas microestructuras de recuperación como bandas de deformación y subgranos en feldespato potásico, indicando que debido al aumento de temperatura algunas de las dislocaciones que contienen los porfiroclastos se han movilizadado y agrupado en límites de subgranos dando paso a la creación de subgranos. Las microestructuras de recuperación en feldespato potásico son típicas en temperaturas aproximadas por encima de los 600°C.

Recristalización dinámica: en feldespato potásico se presenta recristalización dinámica BLG y SGR creando nuevos granos de tamaño de grano fino. Se presentan estructuras de núcleo y manto, cuyo núcleo presenta en recristalización parcial y el límite con el manto no es muy definido, indicando temperaturas de deformación aproximadas para el feldespato potásico de 600°C (Figura 135 y 136). Por otra parte, se presentan porfiroclastos de cuarzo con una apariencia libre de deformación, es decir, granos aplanados, limpios, sin extinción ondulosa y con bordes lobulados, indicando que empezaron a ser afectados por la recristalización GBM a una temperatura aproximada de 500°C a 700°C.

Figura 135

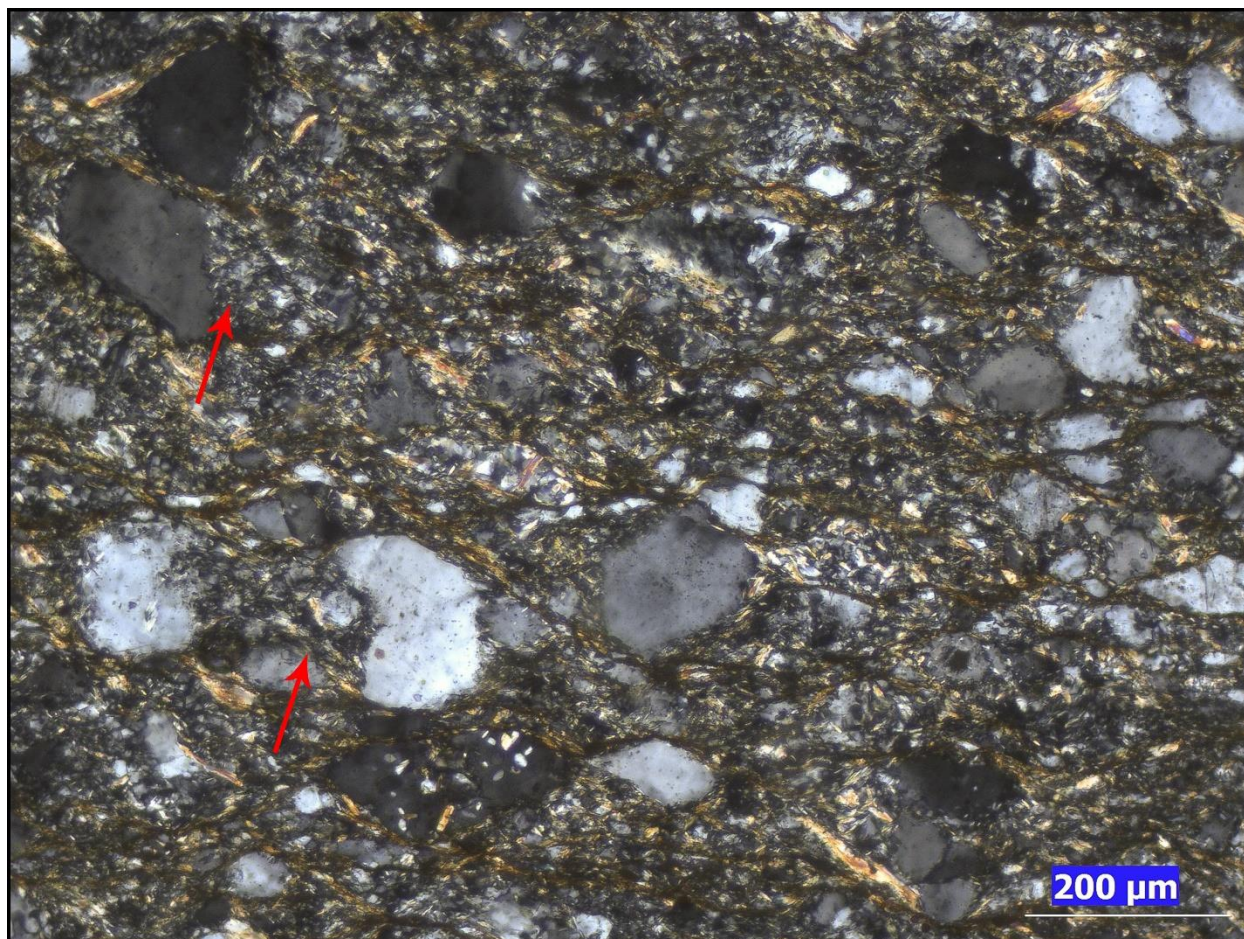
Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-90



Nota. En la fotomicrografía se encierran en rojo porfiroclastos de núcleo y manto de feldespato potásico que presentan una recristalización parcial del núcleo y cuyo límite con el manto no es muy definido. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

Figura 136

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-90

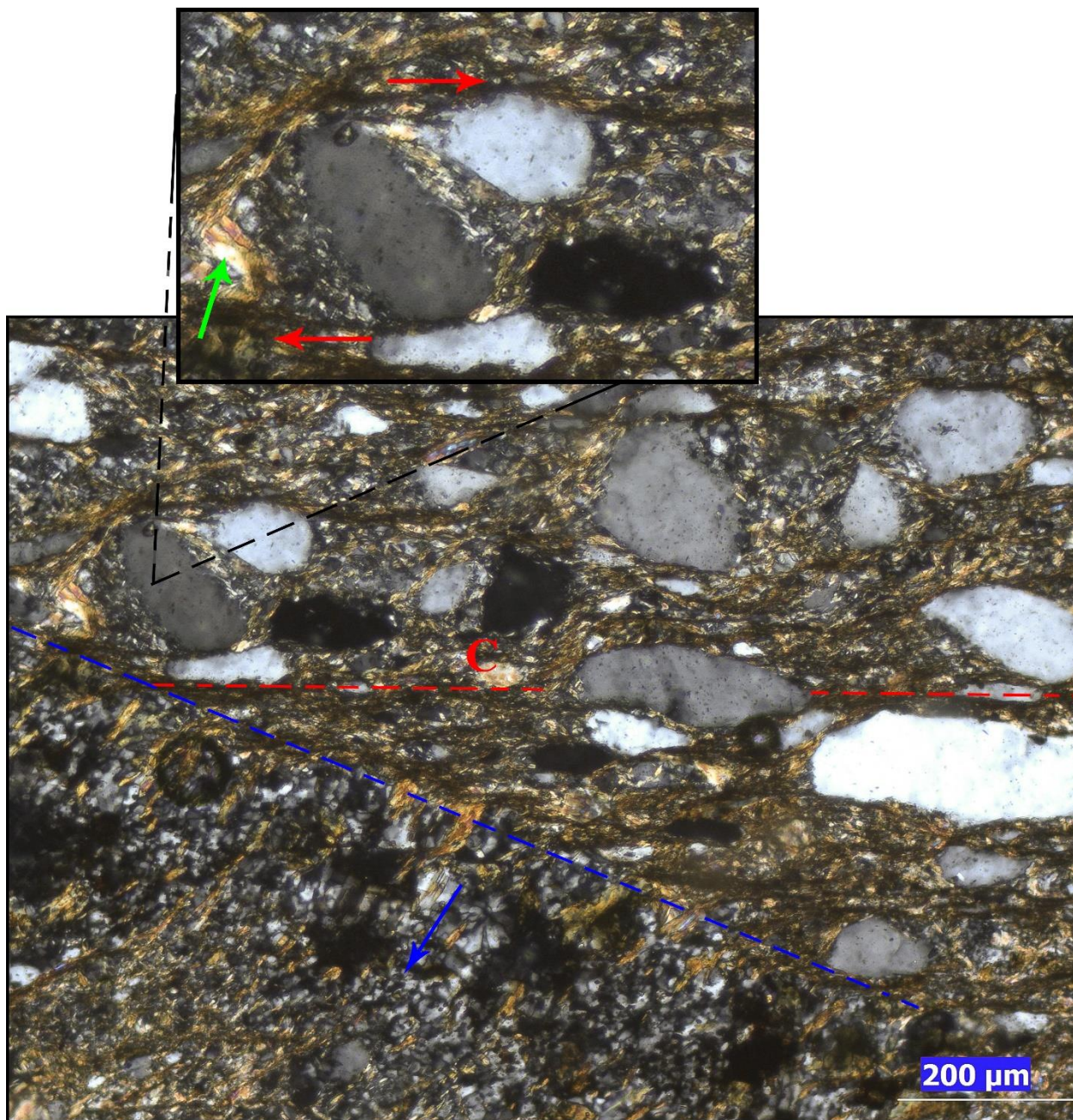


Nota. En la fotomicrografía se señala con flechas rojas porfiroclastos de núcleo y manto de feldespato potásico que presentan una recristalización parcial del núcleo y cuyo límite con el manto no es muy definido. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

27.3 Indicadores del sentido de cizalla

Figura 137

Fotomicrografía indicadores sentido de cizalla, sección HQ-90



Nota. En la parte superior de la fotomicrografía se presenta un zoom de una estructura tipo

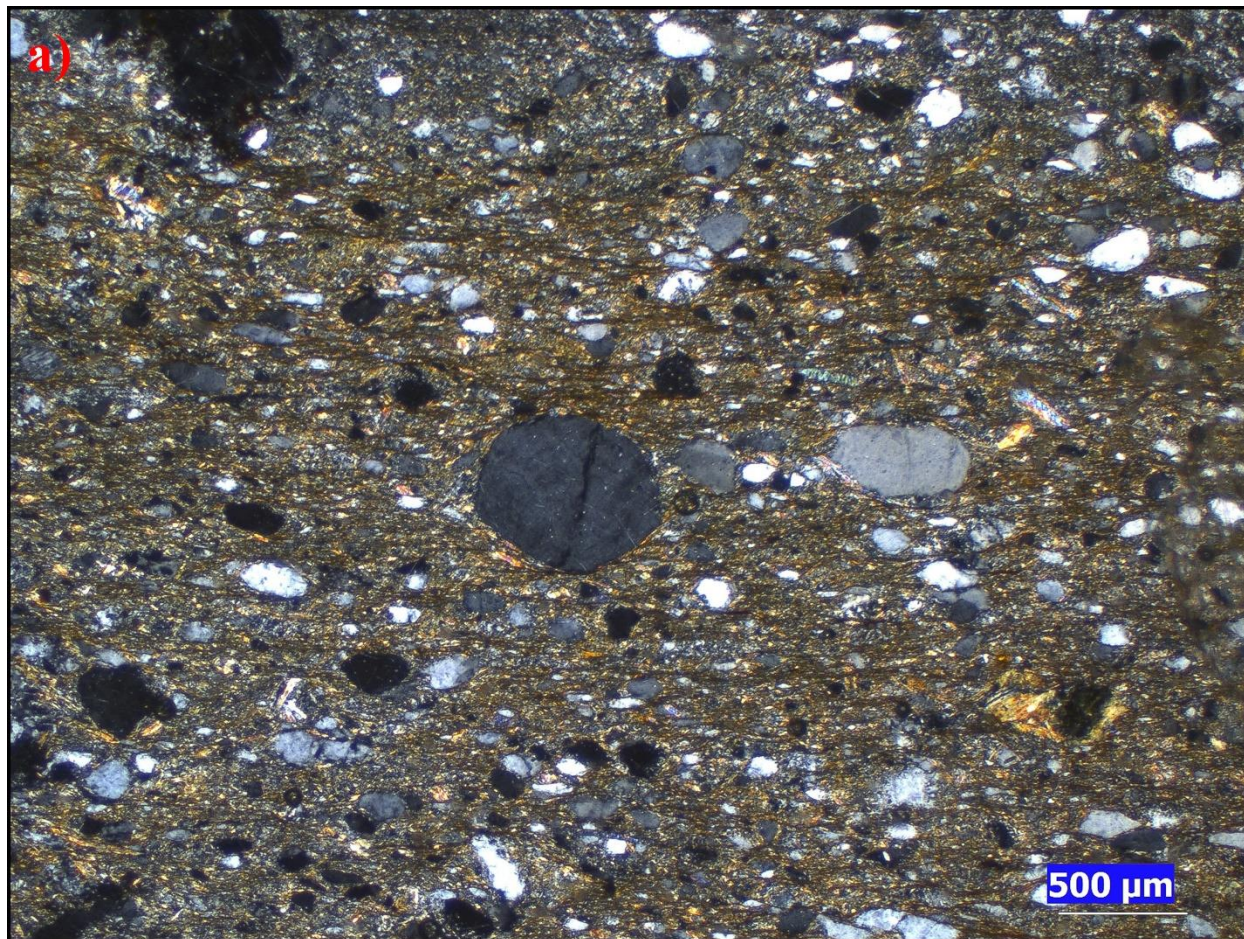
pliegues en cuartos que indica un sentido de cizalla dextral, con una flecha verde se señala el microplegamiento de la foliación circundante al porfiroclasto. En la parte inferior se delimita en azul una deflexión de la foliación milonítica C, indicando un sentido de cizalla dextral. Los granos finos son producto de recristalización dinámica SGR de cuarzo y feldespatos, la flecha azul señala su orientación cristalográfica. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.

27.3.1 Clasificación

Se realizó un conteo modal de 353 puntos donde la relación matriz-porfiroclastos es: matriz 145 puntos y porfiroclastos 208 puntos, en este caso la matriz representa el 41.1% y los porfiroclastos el 58.9%, la matriz es menor al 50% por consiguiente se clasifica como una mesomilonita. Los mecanismos de deformación y microestructuras identificados, indican que la roca se deforma predominantemente en unas condiciones aproximadas de temperatura de 500°C a 600°C y presiones entre los 5Kbar y 6Kbar. La roca se clasifica como una mesomilonita (Figura 138).

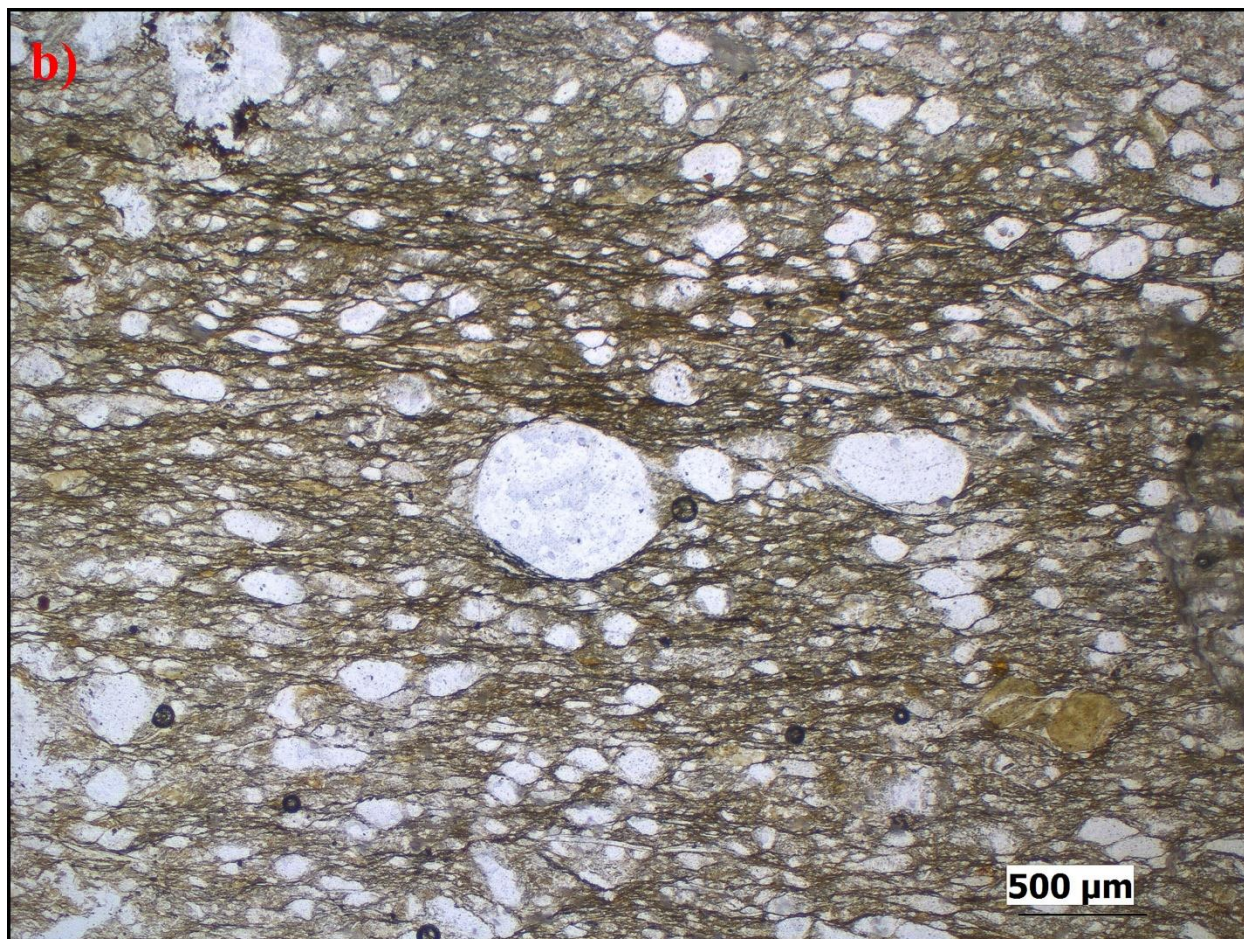
Figura 138

Fotomicrografía textura protomilonítica, sección HQ-90



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura protomilonítica general de la sección HQ-90.

Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura protomilonítica general de la sección HQ-90. Polarizadores paralelos, objetivo 2.5x.

28. SECCIÓN DELGADA HQ-91

28.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, feldespato potásico, biotita

Minerales accesorios: óxidos de hierro, opacos, moscovita.

28.2 Mecanismos de deformación

Frágiles

Microfracturamiento: se presenta un leve microfracturamiento intragranular en algunos granos de feldespato potásico. La microfractura en feldespato potásico deja de ser prominente en condiciones aproximadas de temperatura de 450°C a 600°C.

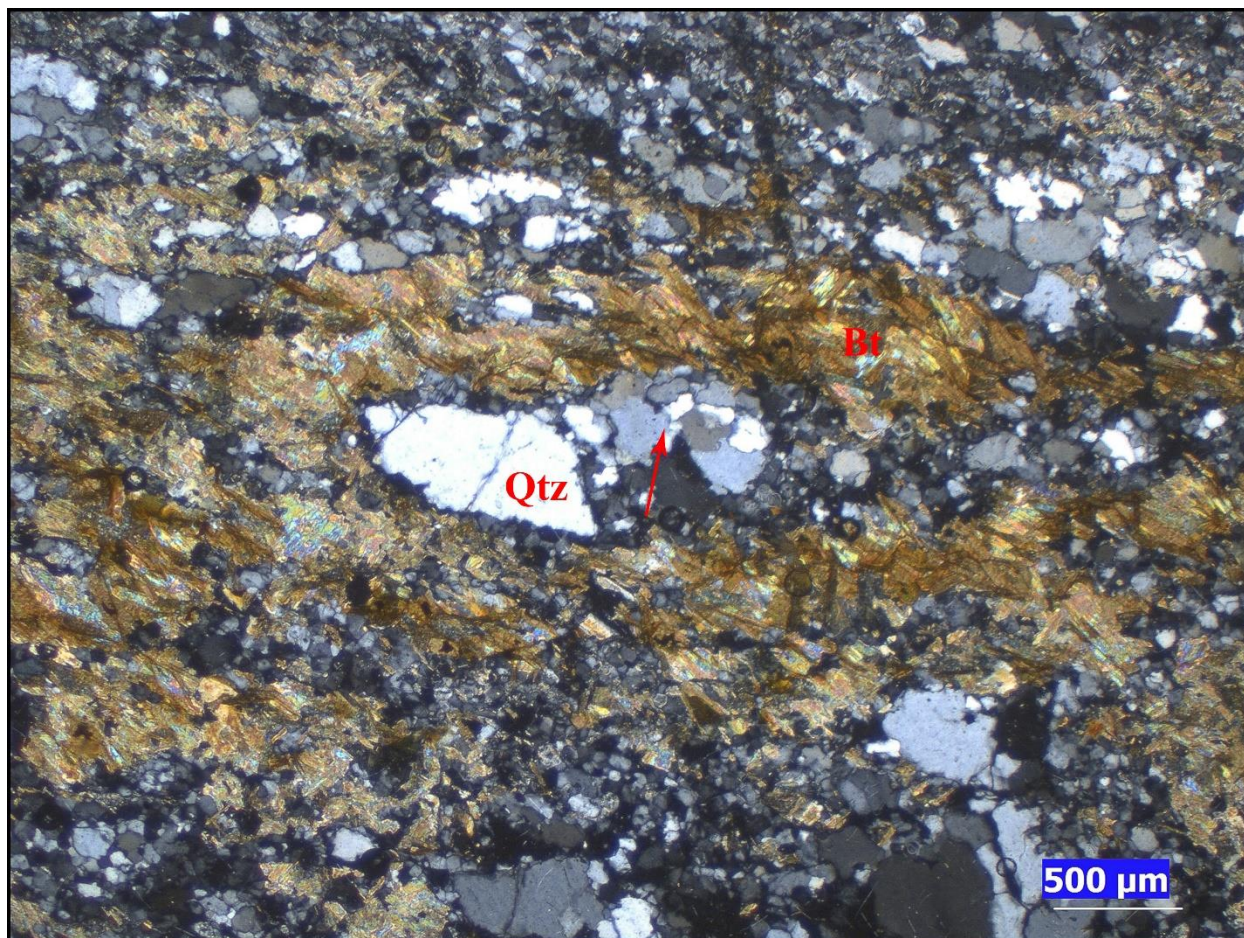
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa en feldespato potásico, indicando que las redes de los granos de feldespato potásico se encuentran ligeramente flexionadas y contienen dislocaciones distribuidas aleatoriamente. La extinción ondulosa no es muy apreciable pues está presente en agregados de grano fino de feldespato potásico recristalizados dinámicamente.

Recuperación: se presentan algunas microestructuras de recuperación como límites de subgranos y subgranos en cuarzo, indicando que debido a la alta temperatura las dislocaciones que no han sido eliminadas por la recristalización dinámica se han agrupado en límites de subgranos. La baja densidad de estructuras de recuperación es común en altas temperaturas de aproximadamente 700°C para el cuarzo, en la cual el cuarzo presenta una apariencia de no deformado, con una microtextura plana y limpia, sin extinción ondulosa y sin microestructuras de recuperación debido a la eliminación de las dislocaciones por la recristalización dinámica (Figura 139).

Figura 139

Fotomicrografía recuperación, sección HQ-91



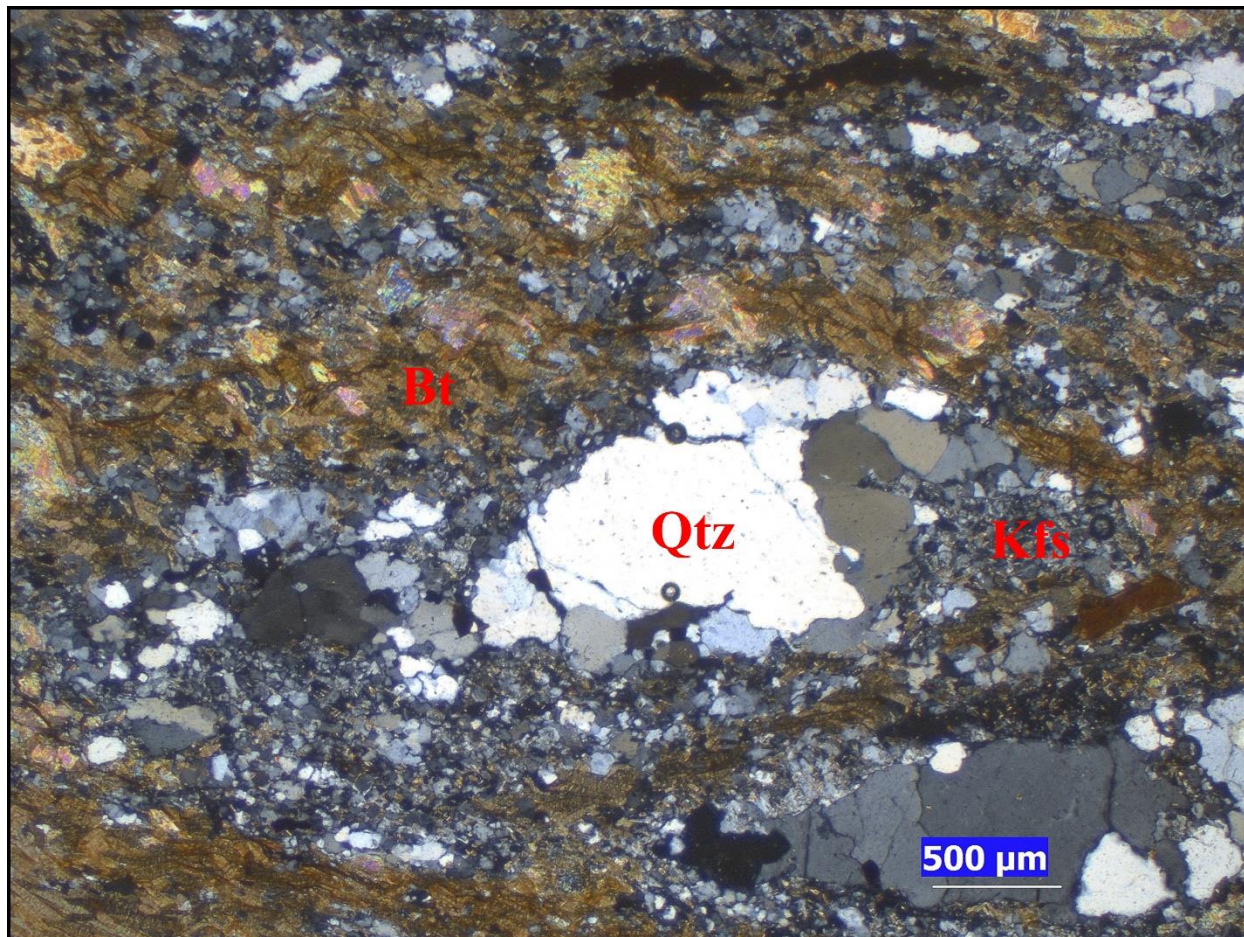
Nota. En la fotomicrografía se señala con una flecha roja algunos subgranos en granos en cuarzo producto de la recuperación. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

Recristalización dinámica: se presenta una fuerte reducción del tamaño de grano en feldespato potásico, producto de la recristalización dinámica BLG por nucleación y crecimiento de nuevos granos, indicando que hubo movilidad de los límites de grano creando protuberancias las cuales luego se separaron por la creación de límites de subgrano, dando lugar a nuevos granos

finos de feldespato potásico. Por otra parte, en menor medida se presenta recristalización dinámica SGR, creando nuevos granos finos por la rotación progresiva de algunos subgranos en feldespato potásico, el régimen combinado de recristalización dinámica BLG y SGR en feldespato potásico indica temperaturas aproximadas de deformación de 600°C. En cuarzo se presenta recristalización dinámica GBM, se observan granos de cuarzo con límites lobulados de gran amplitud y presentan una apariencia libre de deformaciones, es decir, granos planos y limpios, sin extinción ondulosa y con algunas microestructuras de recuperación como los subgranos debido a que la recuperación y recristalización actuaron de forma rápida y en simultáneo, creando límites de subgrano por el agrupamiento de dislocaciones y a su vez la eliminación de estas por recristalización dinámica por medio de la movilidad de los límites de grano, indicando una temperatura aproximada de deformación de 700°C (Figura 140).

Figura 140

Fotomicrografía recristalización GBM, sección HQ-91



Nota. En el centro de la fotomicrografía se observan granos de cuarzo que presentan recristalización dinámica GBM, exhiben una apariencia libre de deformación y con límites de grano lobulados. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

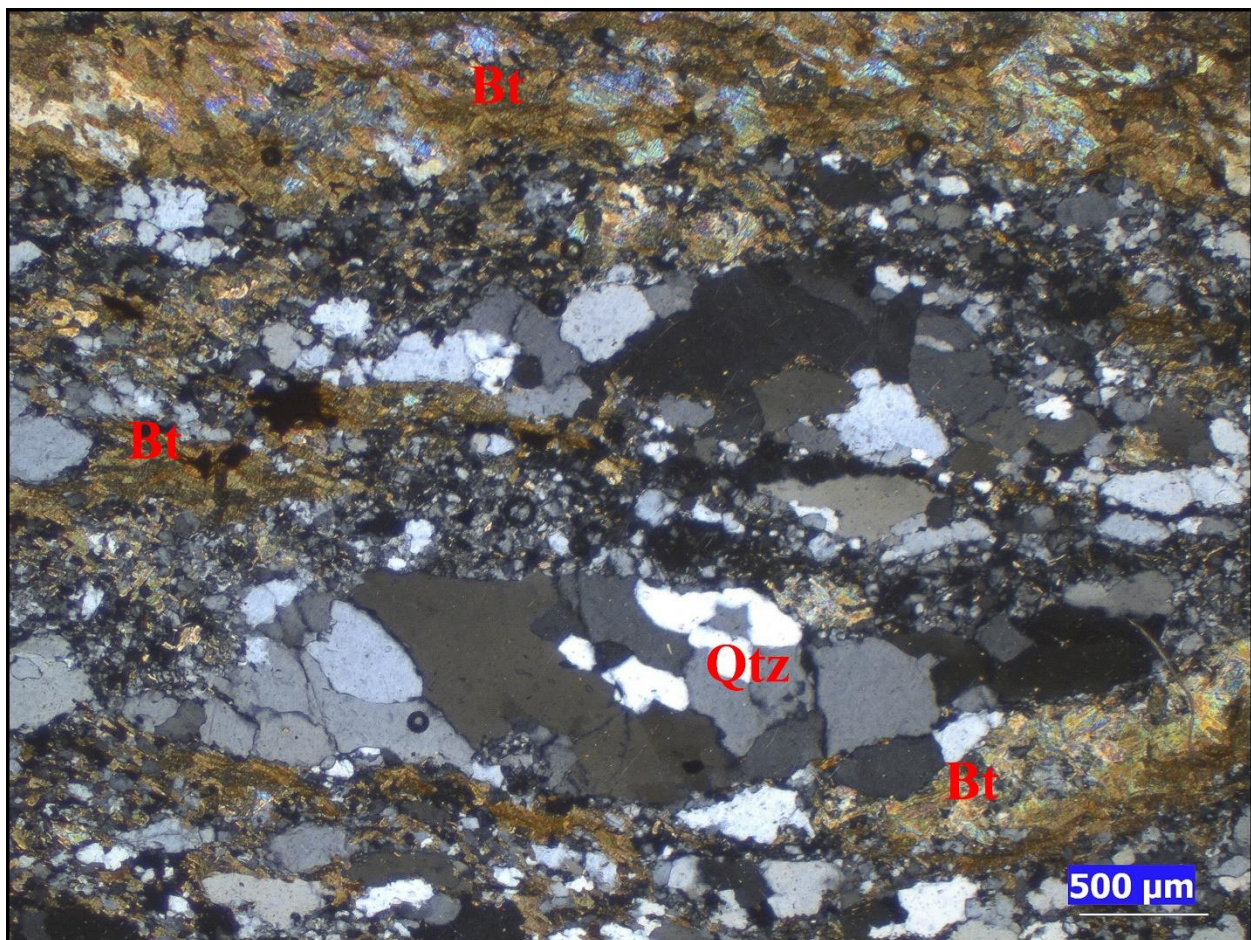
28.3 Clasificación

Se realizó un conteo modal de 315 punto donde la relación matriz-porfiroclastos es: matriz 91 puntos, porfiroclastos 224 puntos, en este caso la matriz representa el 28.9% y los porfiroclastos el 71.1%, la matriz es menor al 50% por consiguiente se clasifica como una protomilonita. La

evidencia de una ligera foliación milonítica definida por la biotita y los mecanismos de deformación y microestructuras identificadas en cuarzo y feldespato potásico indican una temperatura general de deformación aproximada de 600°C a 700°C. La roca se clasifica como una protomilonita (Figura 141).

Figura 141

Fotomicrografía textura general, sección HQ-91



Nota. En la fotomicrografía se observa la textura protomilonítica general, se evidencia una ligera foliación milonítica marcada por la biotita. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

29. SECCIÓN DELGADA HQ-92

29.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: cuarzo, moscovita, feldespato potásico, plagioclasa

Minerales accesorios: biotita, opacos, olivino, clorita.

29.2 Mecanismos de deformación

Dúctiles

Deformación intracrystalina: se presenta extinción ondulosa en granos y porfiroclastos de feldespato potásico, evidenciando que las redes cristalinas de los granos y porfiroclastos se encuentran ligeramente flexionadas y contiene dislocaciones distribuidas aleatoriamente, indicando temperaturas aproximadas de deformación entre los 450°C a 600°C

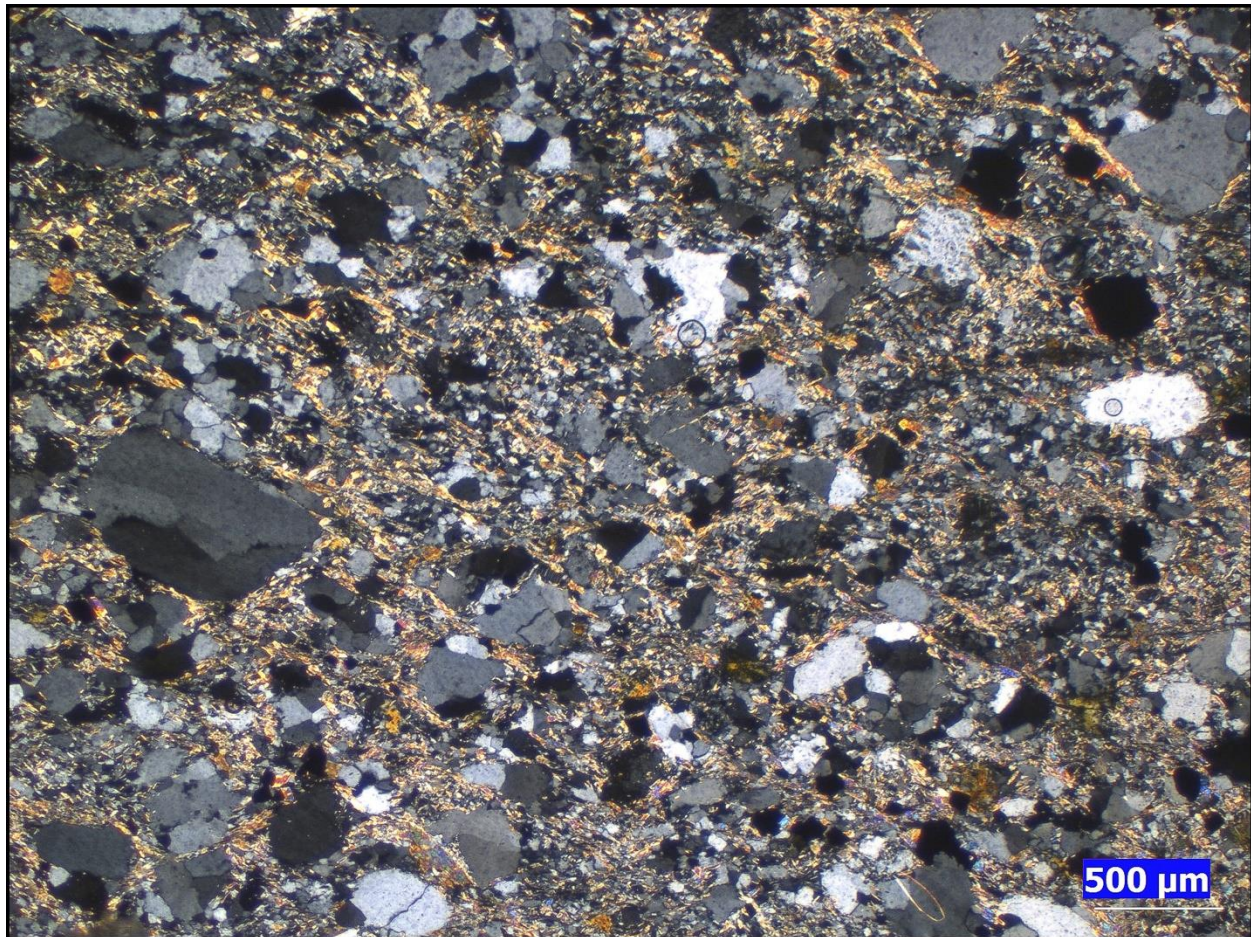
Recuperación: se presentan algunas microestructuras como límites de subgrano y subgranos en cuarzo evidenciando una movilidad y agrupamiento de las dislocaciones, indicando una temperatura de deformación aproximadas de 500°C.

Recristalización dinámica: se presenta recristalización dinámica bulging evidenciada en los granos finos de cuarzo de la matriz, los cuales son producto de la recristalización de antiguos granos, también se presenta recristalización por rotación de subgranos, indicando que hubo una deformación constante la cual introdujo más dislocaciones que se fueron acumulando en los límites de subgranos hasta hacerlos rotar más 10°, indicando una temperatura de deformación aproximada de 400°C a 500°C. Por otra parte, se presenta recristalización bulging a lo largo de los bordes de granos de feldespato potásico por nucleación de nuevos granos, dando paso a estructuras de núcleo y manto con un límite entre núcleo y manto poco definido, el núcleo presenta con extinción

ondulosa y un manto es de grano fino producto de la recristalización dinámica BLG, indicando temperaturas de deformación entre los 450°C a 600°C (Figura 142).

Figura 142

Fotomicrografía recristalización, sección HQ-92

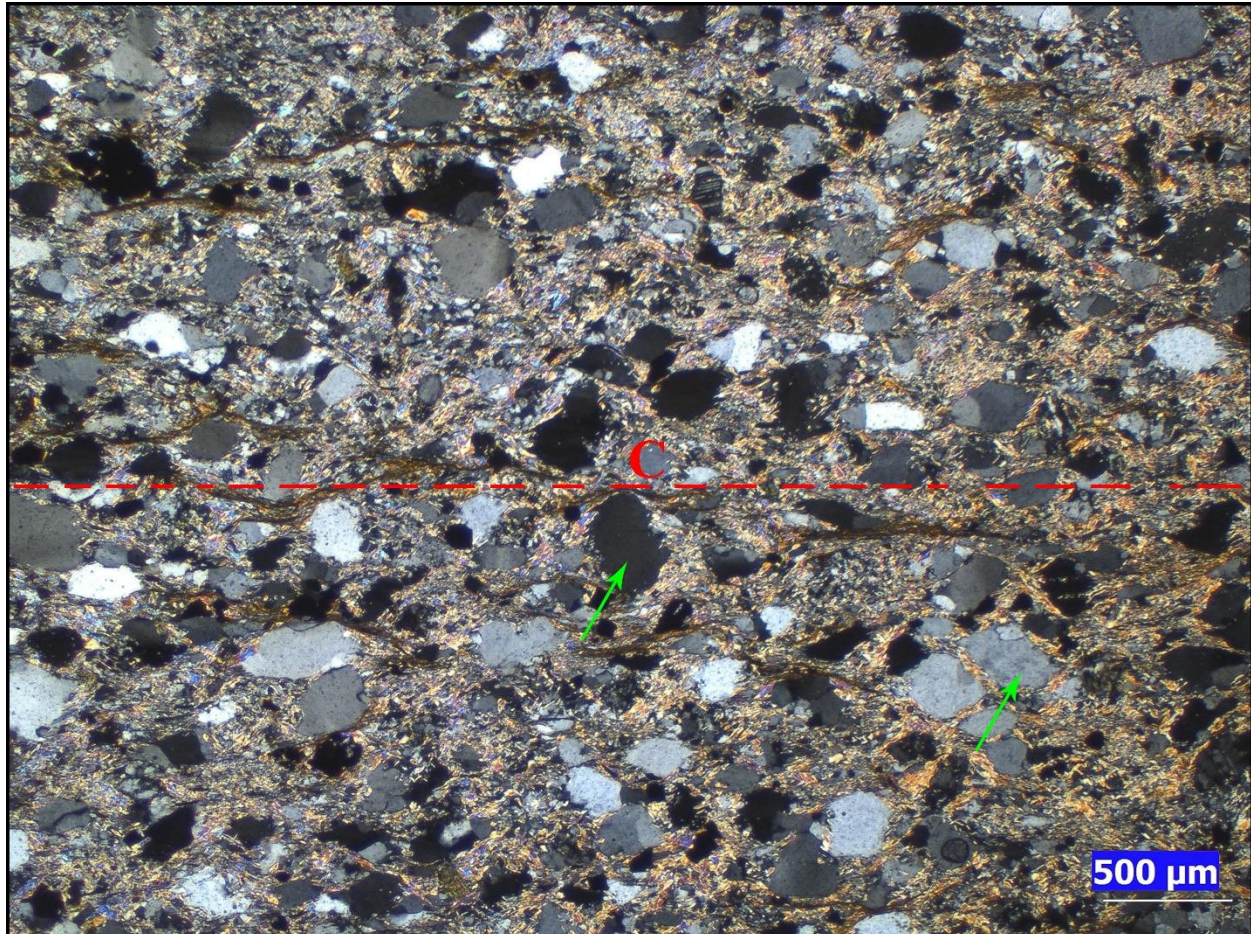


Nota. En la fotomicrografía se observa una matriz compuesta de granos finos de cuarzo y feldespatos potásico producto de la recristalización dinámica BLG y SGR de granos antiguos. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

29.3 Indicadores del sentido de cizalla

Figura 143

Fotomicrografía indicadores de cizalla, sección HQ-92



Nota. En la parte inferior izquierda se señala un sigmoide de feldespatos potásico indicando un sentido de cizalla sinistral. En la parte central se señala en rojo un porfiroclasto que presenta rotación indicando un sentido de cizalla sinistral. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

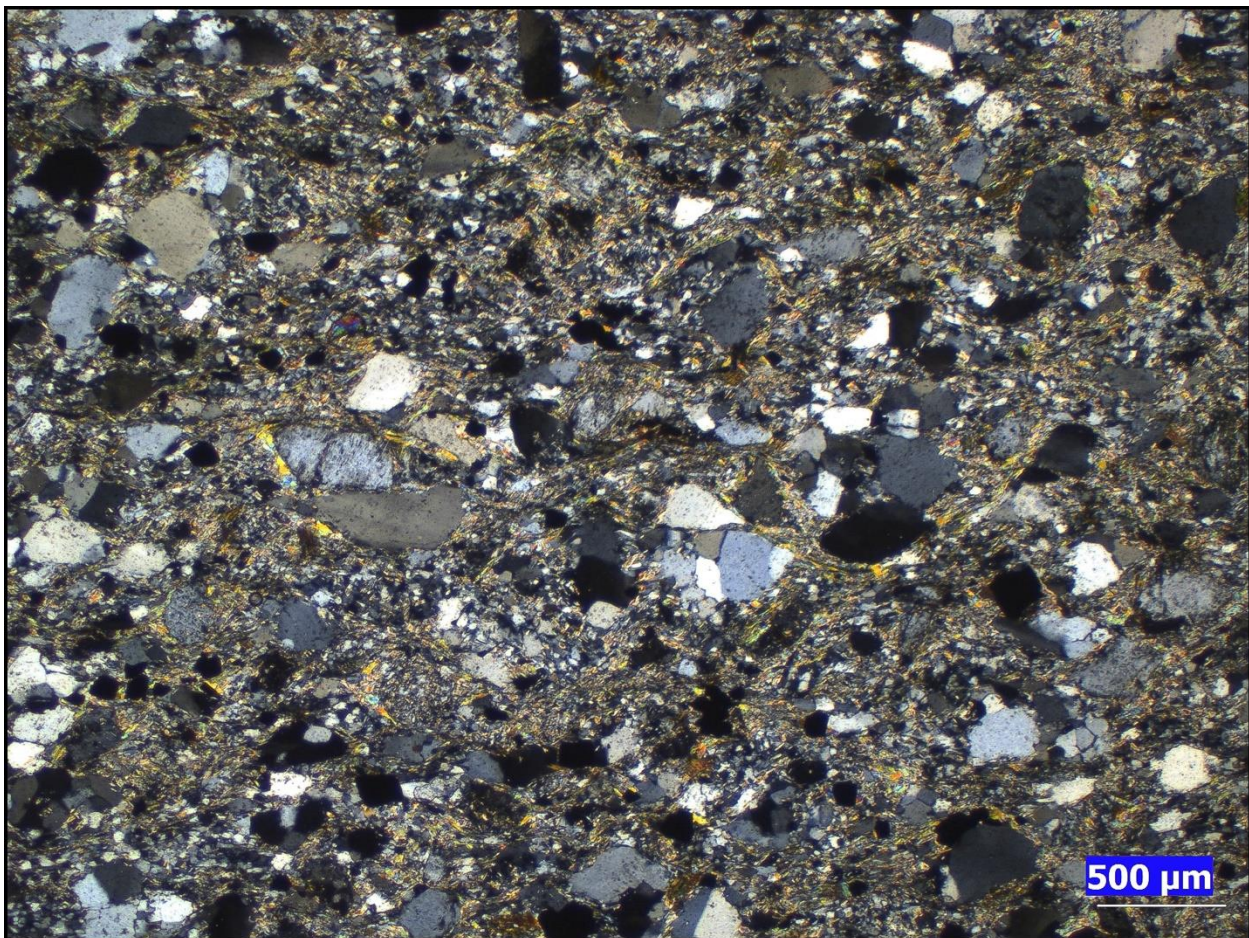
29.4 Clasificación

Se realizó un conteo modal de 423 puntos donde la relación matriz porfiroclastos es: 105 puntos matriz y 318 puntos porfiroclastos, en este caso la matriz representa el 24.8% y los

porfiroclastos el 75.2%, la matriz es menor al 50% por lo cual se clasifica como una protomilonita. Los mecanismos de deformación presentes en cuarzo y feldespato potásico indican una temperatura de deformación aproximada de 500°C y una presión de 5Kbar a 6Kbar. Se presenta una foliación milonítica definida por moscovita (Figura 144).

Figura 144

Fotomicrografía textura protomilonita, sección HQ-92



Nota: en la fotomicrografía se presenta una textura protomilonítica, se observa una proporción de porfiroclastos mayor al 50%. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

30. SECCIÓN DELGADA HQ-93

30.1 Composición mineralógica

Minerales mayores: feldespato potásico y plagioclasa levemente alterando a sericita y siendo reemplazados por carbonatos, cuarzo, biotita

Minerales menores: moscovita, opacos, clorita, oxidos de hierro

Minerales accesorios: circón, titanita

30.2 Mecanismos de deformación

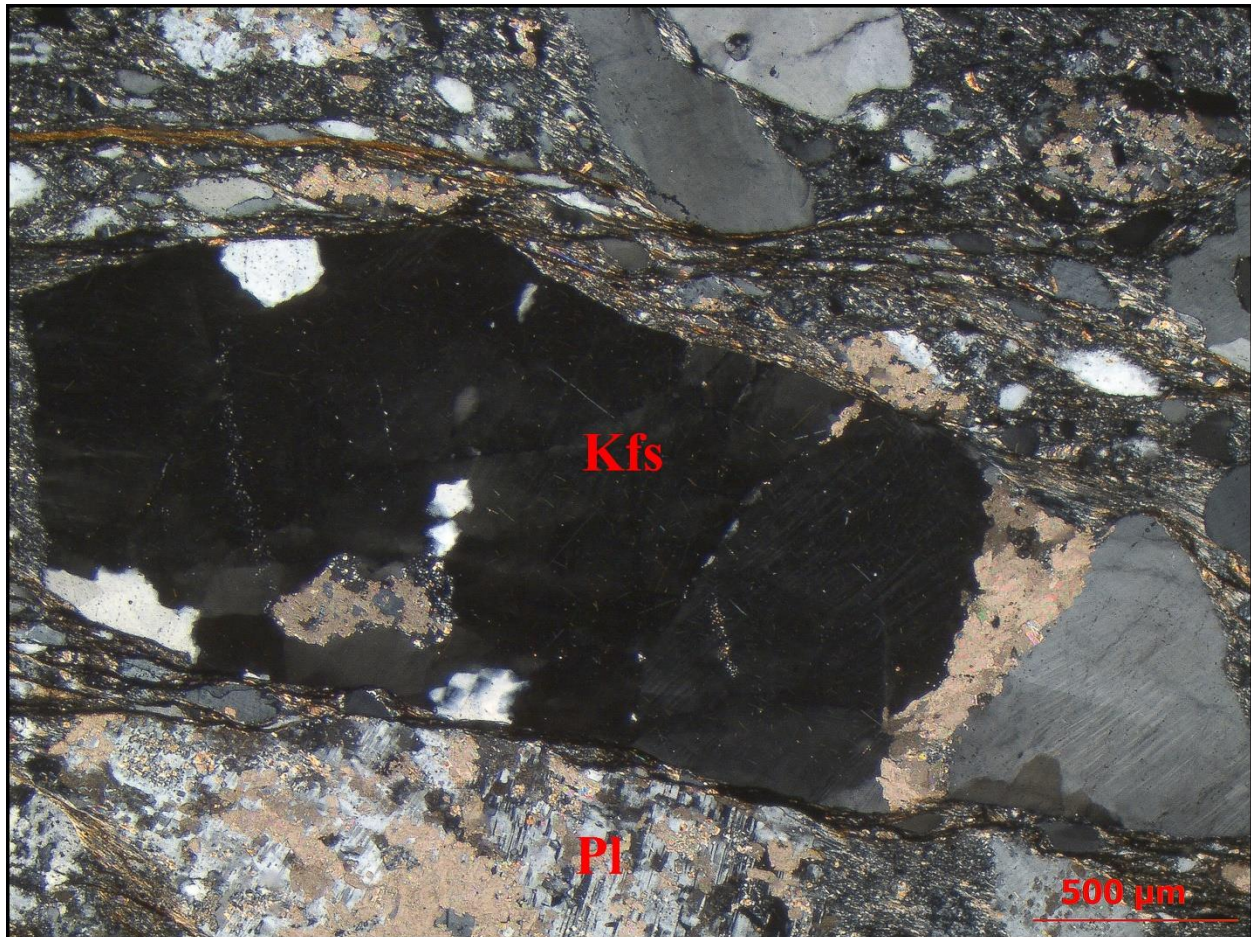
Dúctiles

Deformación intracristalina: se presenta extinción ondulosa apreciable en algunos porfiroclastos de feldespato potásico y plagioclasa, indicando que sus redes cristalinas se encuentran ligeramente flexionadas y contienen una alta densidad de dislocaciones distribuidas aleatoriamente. La extinción ondulosa en feldespato potásico y plagioclasa puede estar presente hasta aproximadamente los 600°C (Figura 145).

Recuperación: se evidencia en porfiroclastos de feldespato potásico y plagioclasa, debido al aumento de temperatura las dislocaciones en los porfiroclastos de feldespato potásico y plagioclasa se movilizaron y agruparon en planos de dislocaciones formando límites de subgranos y por consiguiente subgranos. Las microestructuras de subgranos en plagioclasa y feldespato potásico normalmente se forman por encima de aproximadamente los 600°C.

Figura 145

Fotomicrografía extinción ondulosa, sección HQ-93



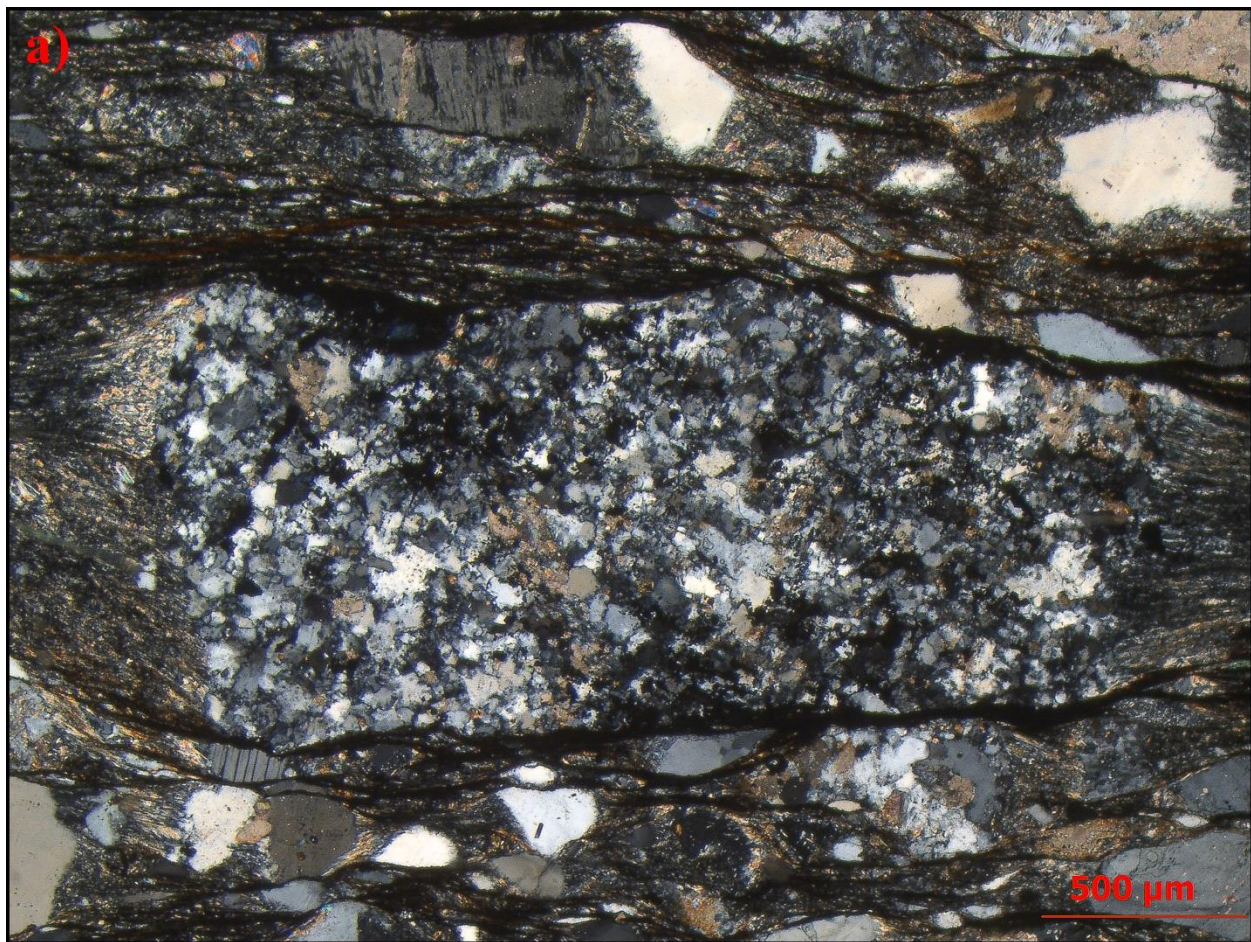
Nota. En la fotomicrografía se observa un porfiroclasto de feldespato siendo reemplazado por carbonatos y con extinción ondulosa. Se observa una recristalización dinámica incipiente en algunas partes de los bordes del porfiroclasto. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Recristalización dinámica: se presenta un régimen combinado de recristalización dinámica SGR dominante y BLG en menor medida en feldespato potásico y plagioclasa. La roca estuvo sometida a una deformación constante la cual adiciono continuamente dislocaciones a los granos de feldespato potásico y plagioclasa, debido al aumento de temperatura las dislocaciones

se vuelven muy móviles y empiezan a migrar y acumularse en los límites de subgrano, ocasionando que los subgranos empiecen a rotar, hasta que algunos de ellos roten 10° o más, dando paso a un nuevo grano independiente con una orientación diferente al grano anfitrión o grano afectado por la recristalización. El régimen combinado de recristalización SGR y BLG en feldespato potásico y plagioclasa indica temperaturas de deformación por encima de los 600° y hasta los 850°C (Figura 146 y 147).

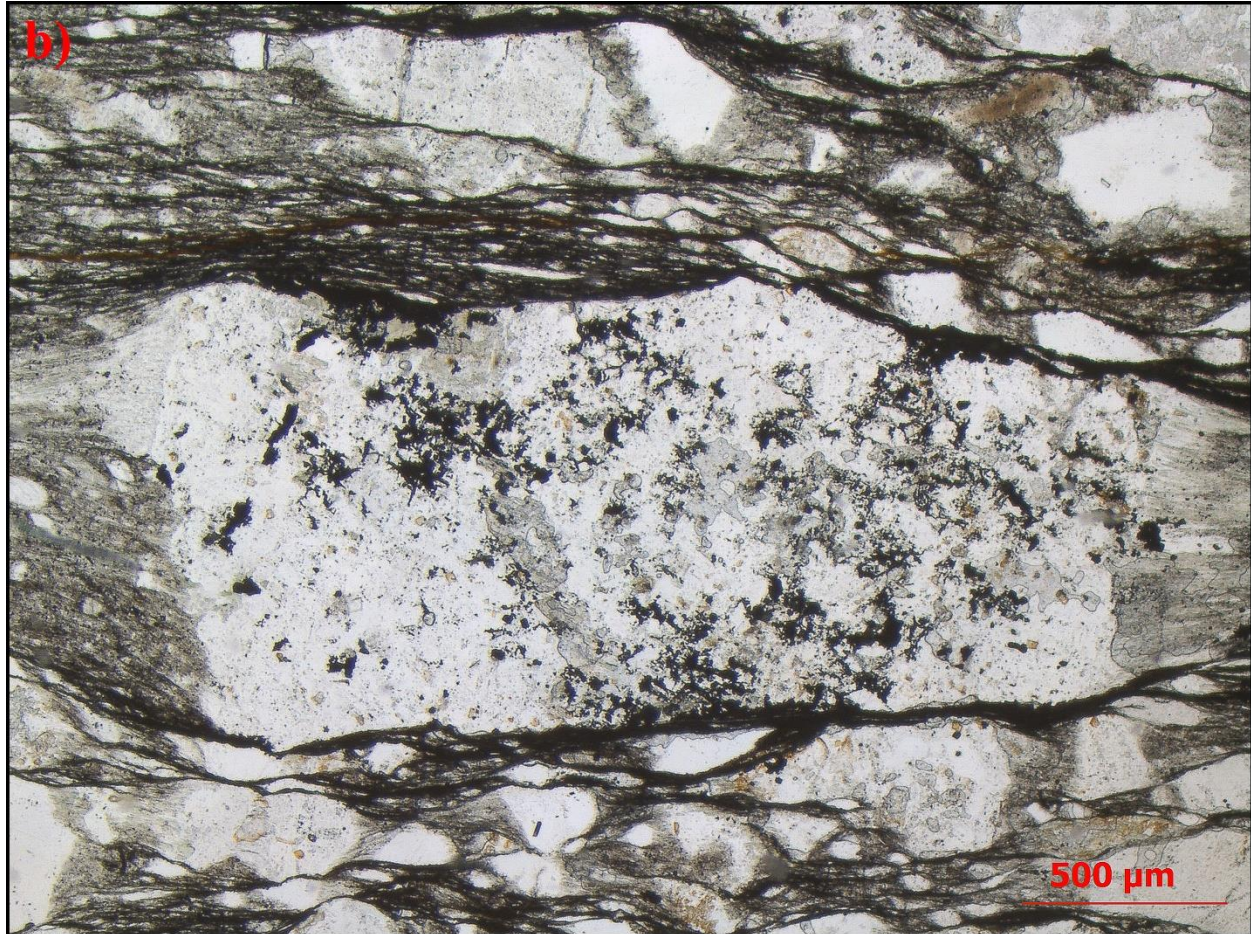
Figura 146

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-93



Nota. En la fotomicrografía se aprecia un porfiroclasto de feldespato potásico totalmente

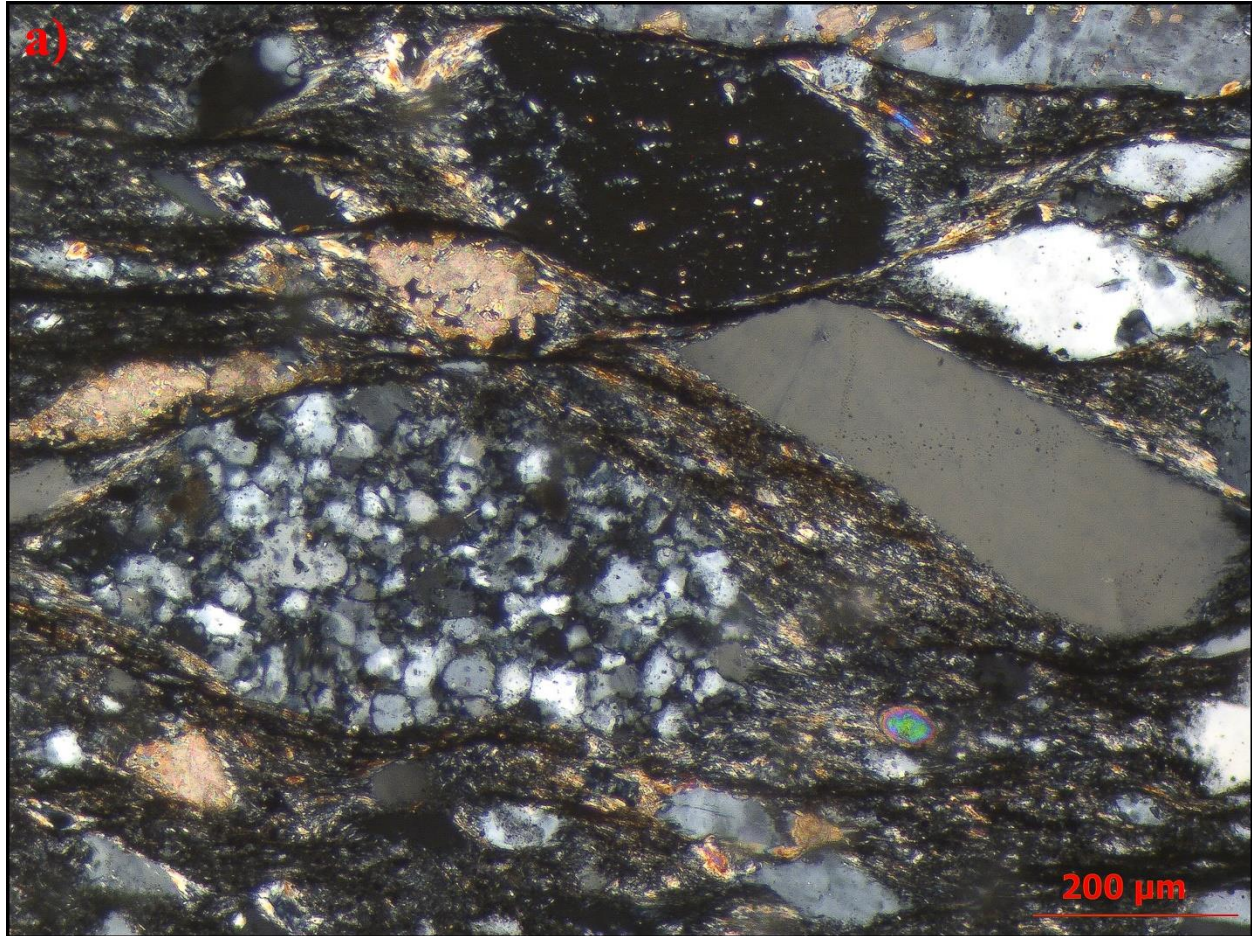
recristalizado por rotación de subgranos (SGR). El porfiroclasto presenta sombras de deformación simétricas. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.



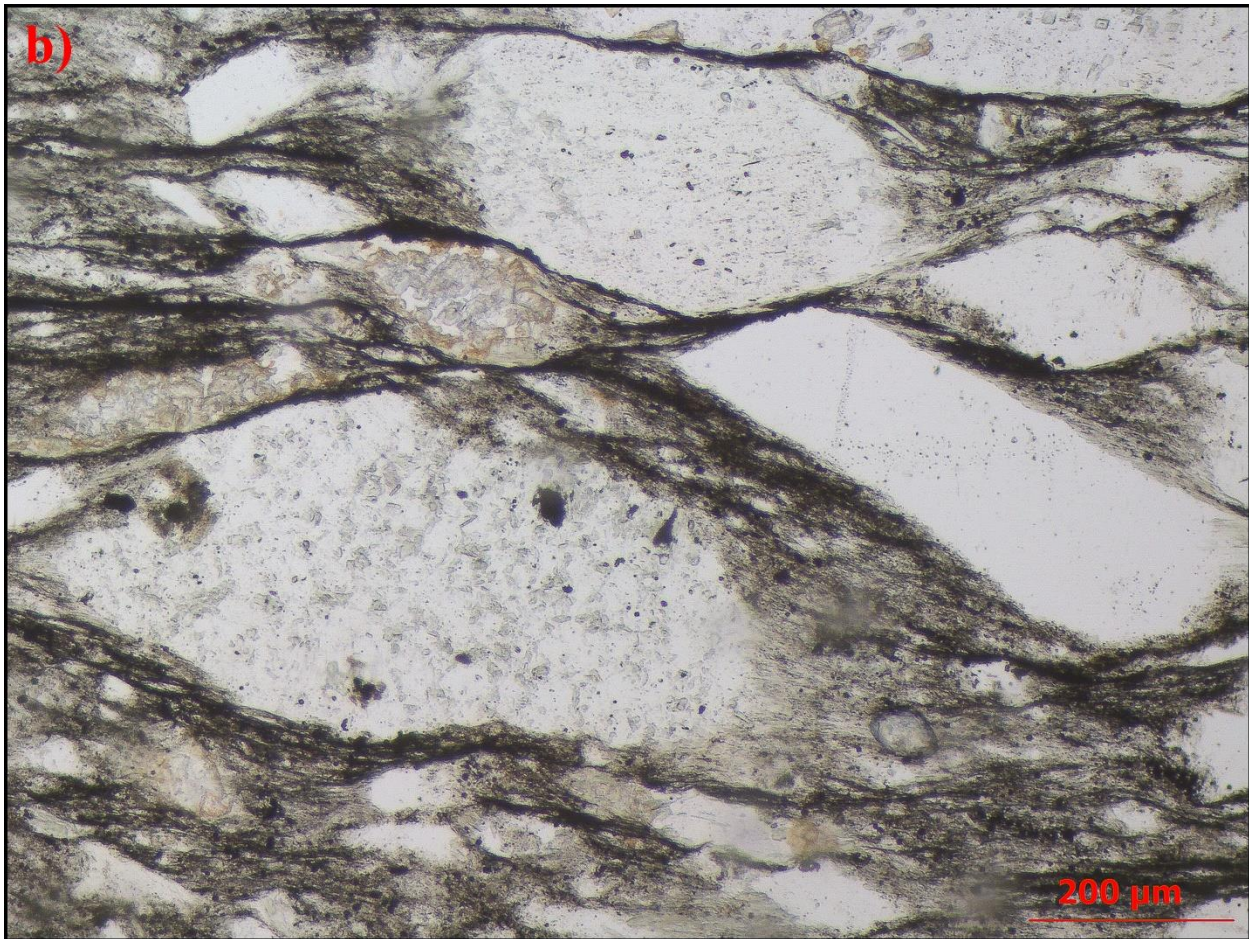
Nota. Se aprecian las sombras de deformación simétricas en el porfiroclasto central. Polarizadores paralelos, objetivo 4x.

Figura 147

Fotomicrografía recristalización dinámica, sección HQ-93



Nota. En la parte central izquierda se observa un porfiroclasto de feldespato potásico totalmente recristalizado por rotación de subgranos. En la parte central derecha se observa un sigmoide que indica un sentido de cizalla sinistral. En la parte superior se aprecia un porfiroclasto sintectónico pues presenta sombras de deformación e inclusiones concordantes con la foliación externa. Polarizadores cruzados, objetivo 10x.



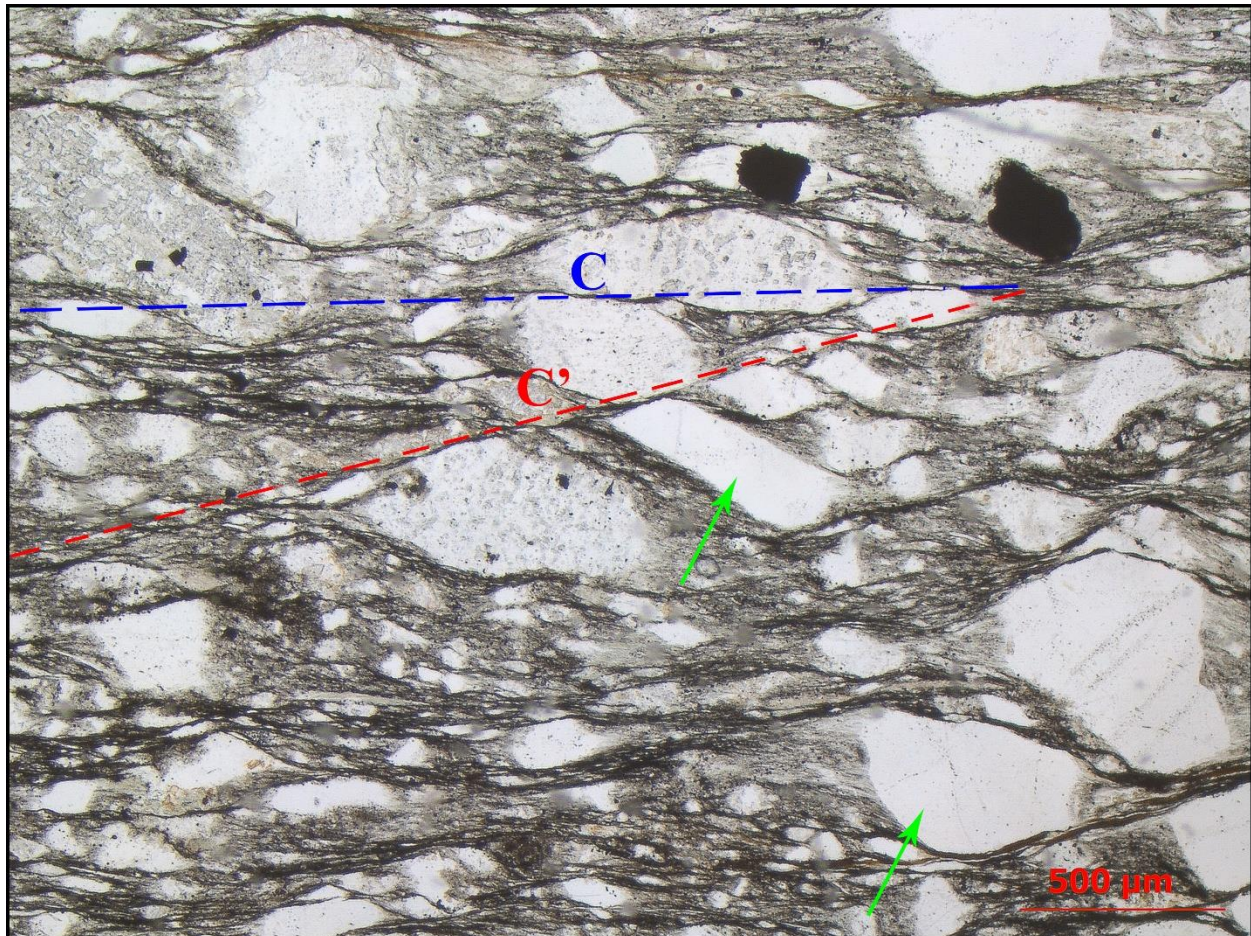
Nota. Polarizadores paralelos, objetivo 10x.

Por otra parte, se presentan granos de cuarzo con recristalización dinámica GBM, exhiben una apariencia libre de deformación, sin extinción ondulosa ni microestructuras de recuperación pues las dislocaciones han sido eliminadas por la recristalización. La recristalización dinámica GBM en cuarzo indica temperaturas de deformación aproximadamente entre los 500° a 750°C.

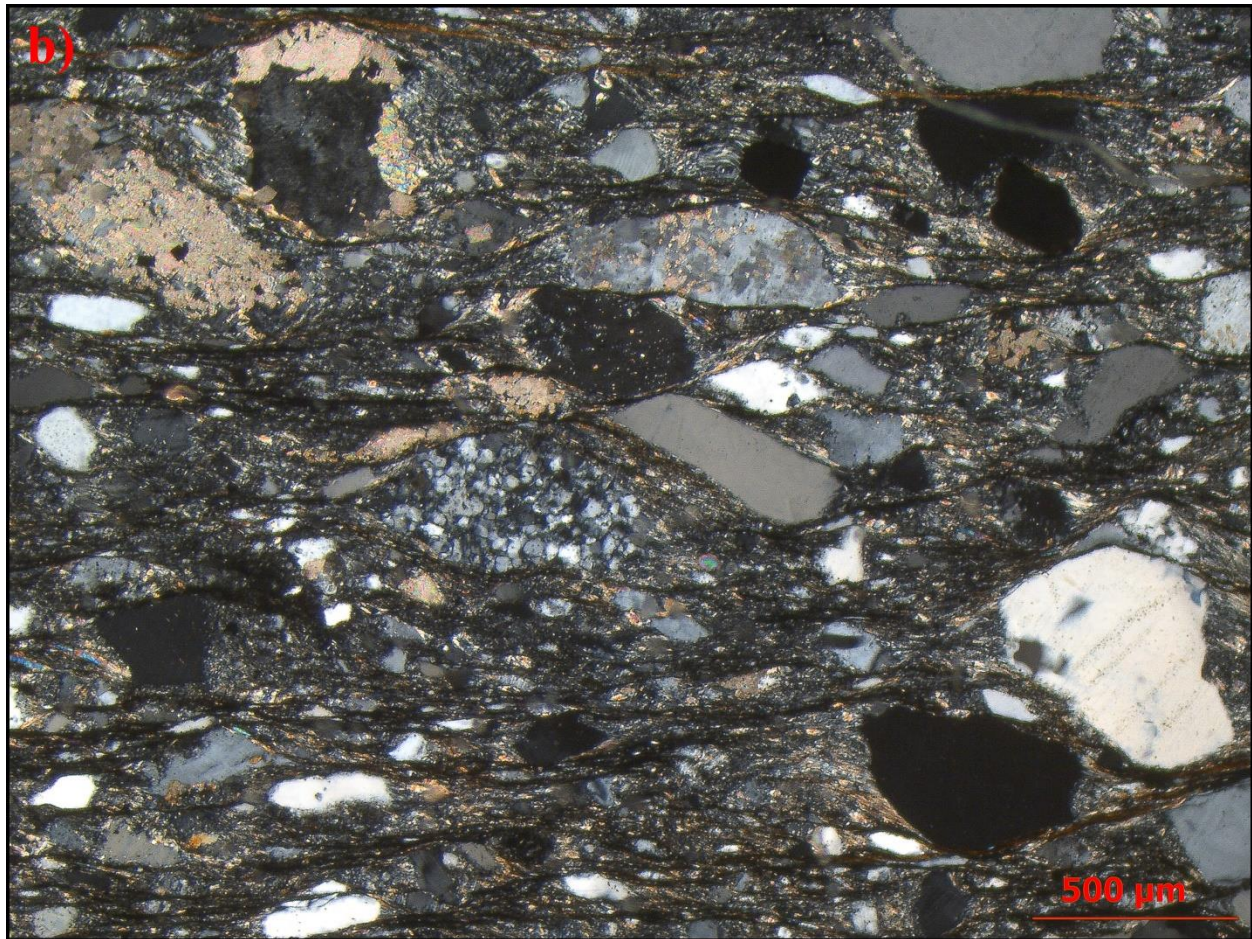
30.3 Indicadores del sentido de cizalla

Figura 148

Fotomicrografía indicadores de cizalla, sección HQ-93



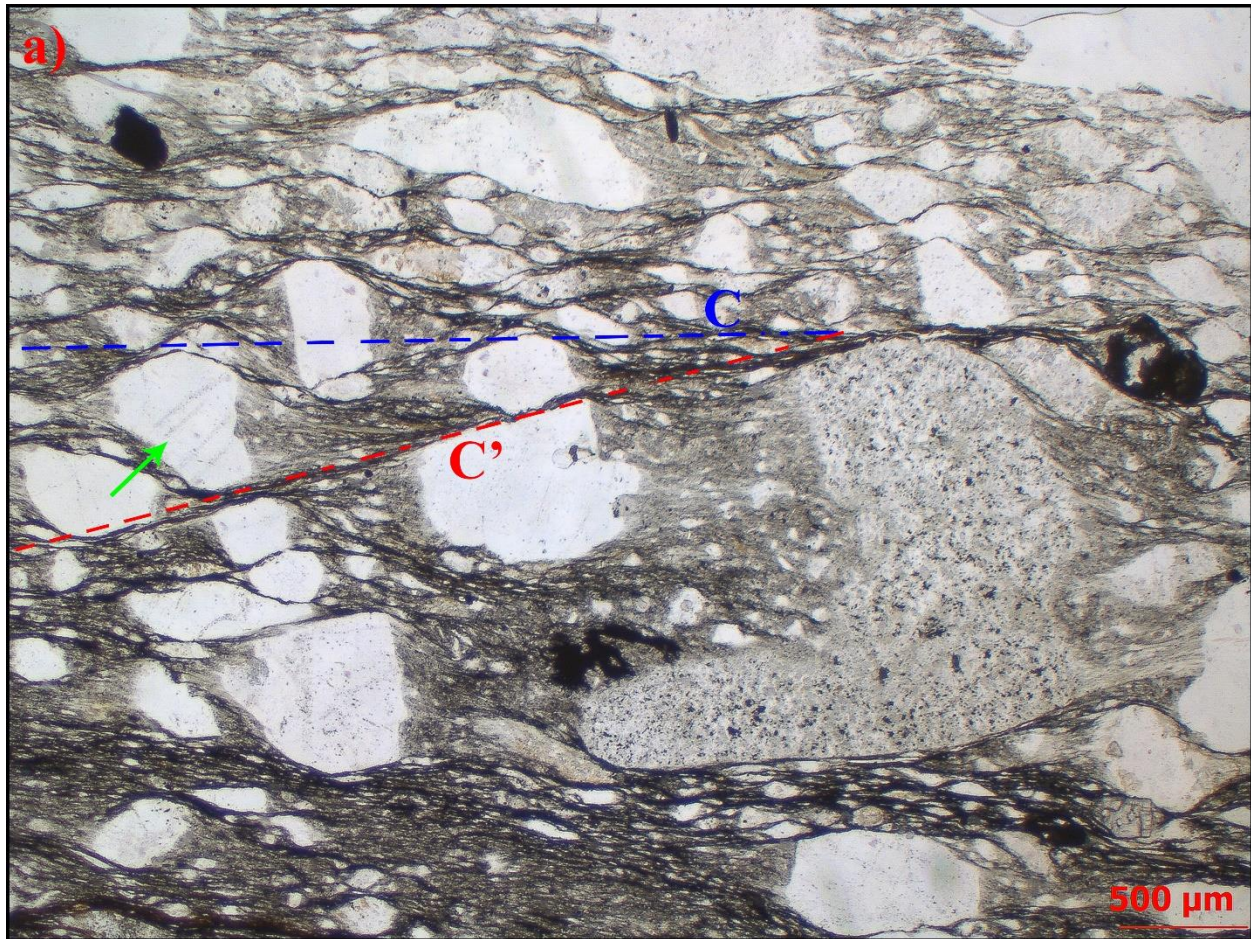
Nota. En la fotomicrografía se observa las bandas de cizalla C y C', en la parte central se señala con una flecha un sigmoide y en la parte inferior derecha un porfiroclasto con sombras de deformación asimétricas. Los 3 indicadores de cizalla indican un sentido sinistral. Polarizadores paralelos, objetivo 4x.



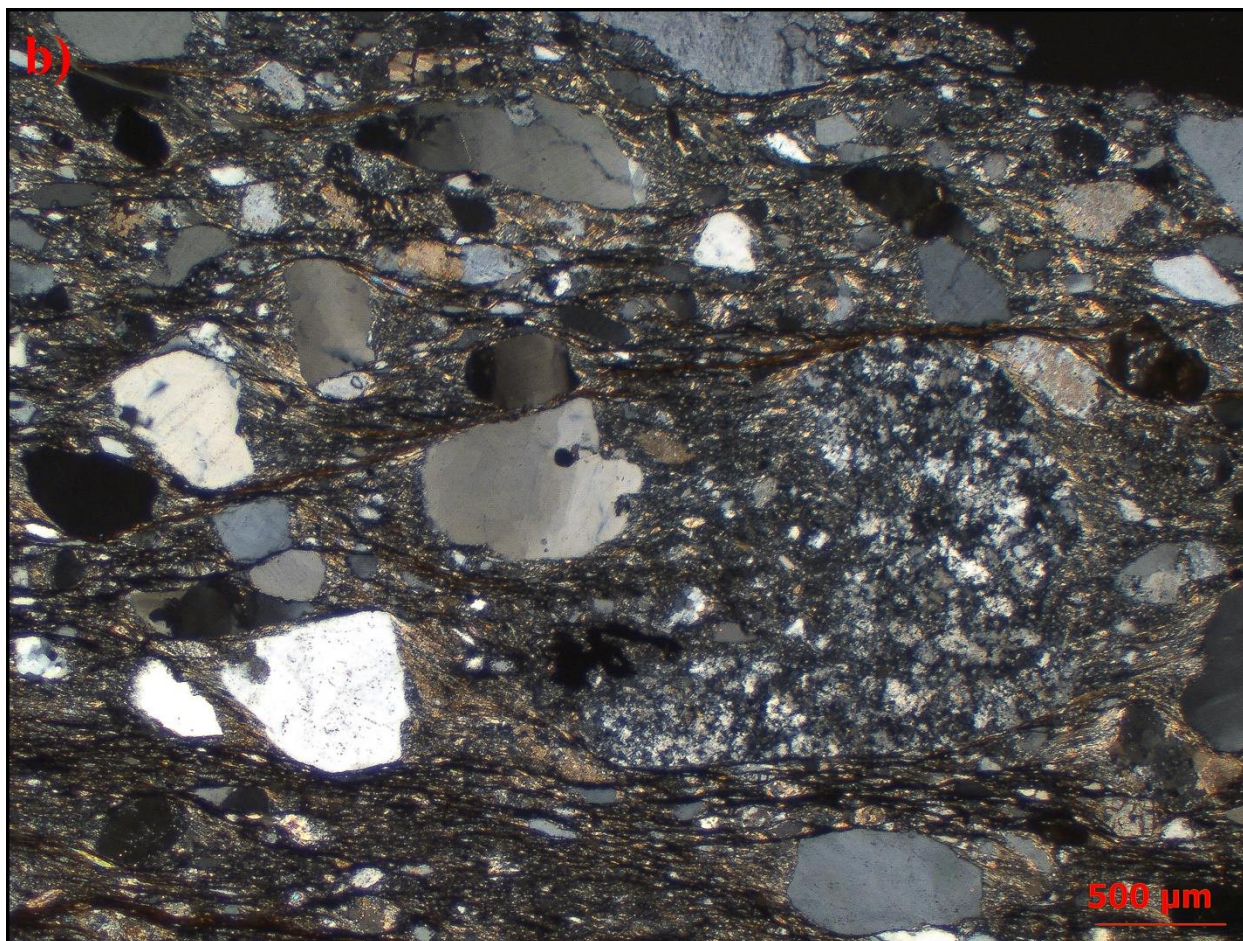
Nota. Polarizadores cruzados, objetivo 4x.

Figura 149

Fotomicrografía indicadores sentido de cizalla, HQ-93



Nota. En la fotomicrografía se observa una banda de cizalla C' y en la parte central izquierda se señala un porfiroclasto con sombras de presión asimétricas. Los indicadores de cizalla muestran un sentido sinistral. Polarizadores paralelos, objetivo 2.5x.



Nota. Polarizadores cruzados, objetivo 2.5x.

30.4 Clasificación

Se realizó un conteo modal de 207 puntos donde la relación matriz – porfiroclastos es: matriz, 59 puntos que representan el 28.5%; porfiroclastos, 148 puntos que representan el 71.5%. La proporción de la matriz es menor al 50%. Por consiguiente, se clasifica como una protomilonita. Los mecanismos de deformación y microestructuras asociadas identificadas en feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo, permiten deducir un rango de temperatura de deformación entre los 600°C a 700°C y presiones entre los 6Kbar y los 8Kbar (Figuras 150, 151 y 152)

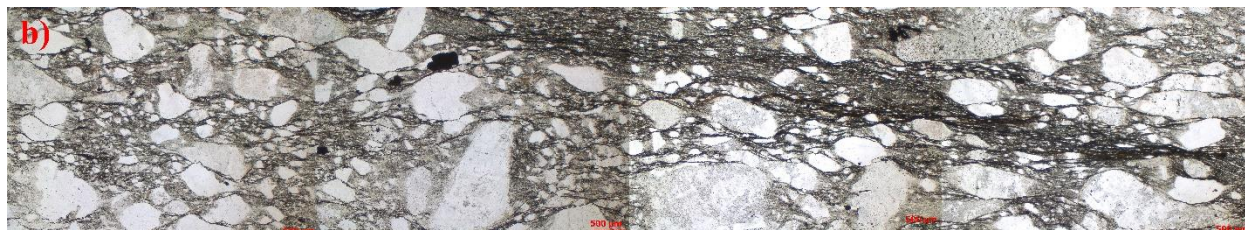
Figura 150

Fotomicrografía microtextura general, sección HQ-93



Nota. En la fotomicrografía se muestra la microtextura protomilonítica de la sección HQ-93.

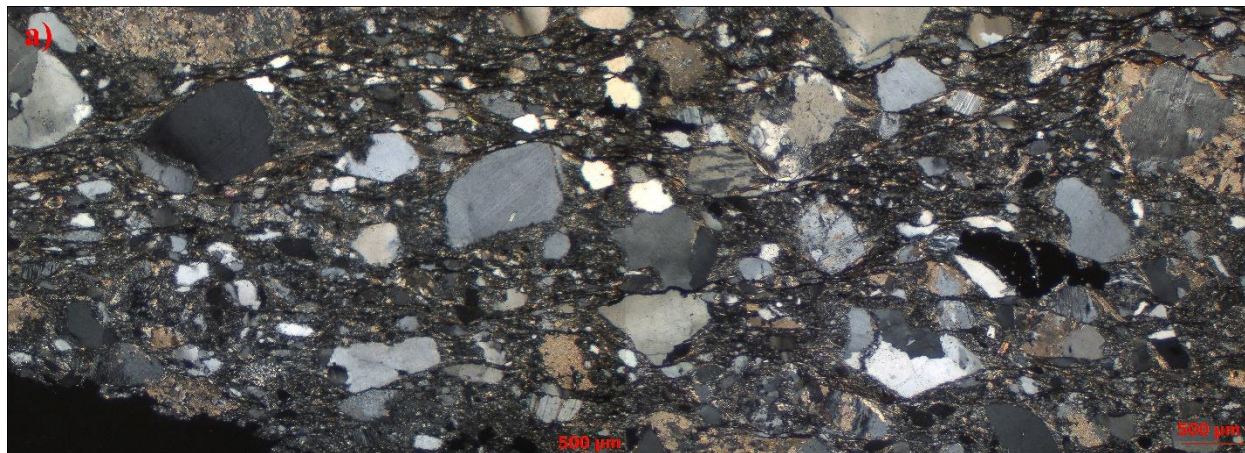
Polarizadores cruzados.



Nota. Polarizadores paralelos

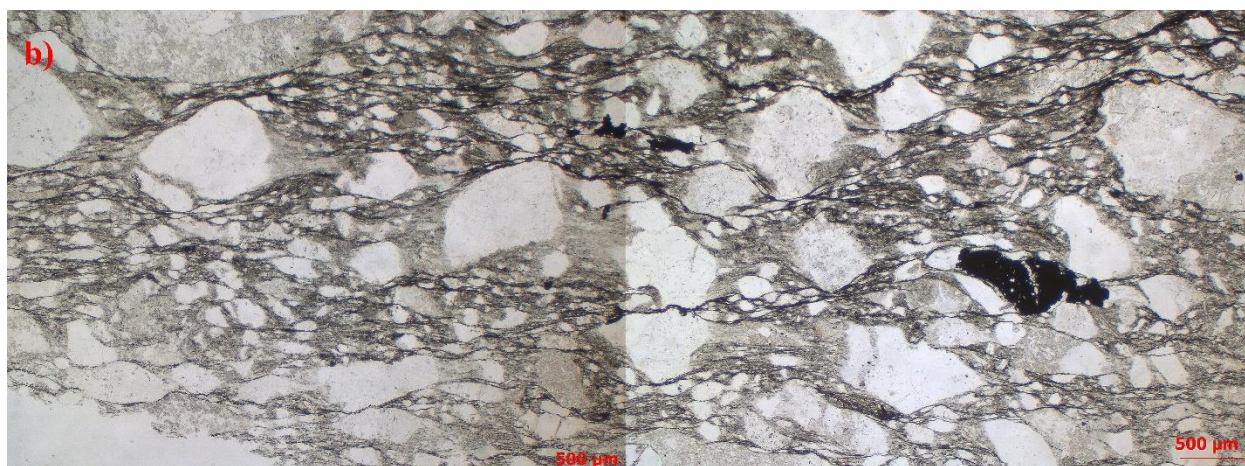
Figura 151

Fotomicrografía microtextura general, sección HQ-93



Nota. En la fotomicrografía se muestra la microtextura protomilonítica de la sección HQ-93.

Polarizadores cruzados.



Nota. Polarizadores paralelos

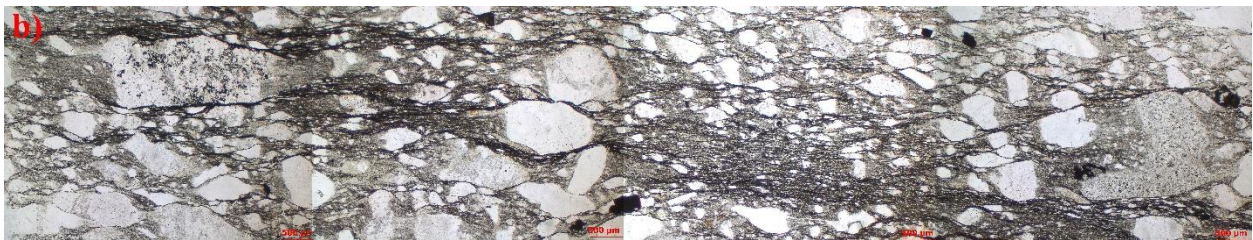
Figura 152

Fotomicrografía microtextura general, sección HQ-93



Nota. En la fotomicrografía se muestra la microtextura protomilonítica de la sección HQ-93.

Polarizadores cruzados.



Nota. Polarizadores paralelos